



# MEMORIA IAC - 2011

---

**INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS**

C/Vía Láctea s/n - 38205 La Laguna - (Tenerife) - España - Tfno: (34)922605200 - <http://www.iac.es>



**MEMORIA  
2011**

**“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  
PREIMPRESIÓN E IMPRESIÓN: Producciones Gráficas S.L.  
DEPÓSITO LEGAL: TF-1905/94

7-	<b>PRESENTACIÓN</b>
8-	<b>CONSORCIO PÚBLICO IAC</b>
11-	<b>LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS</b>
12-	- Observatorio del Teide (OT)
13-	- Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM)
14-	<b>COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO (CAT)</b>
18-	<b>ACUERDOS</b>
19-	<b>Gran Telescopio CANARIAS (GTC)</b>
23-	<b>ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b>
26-	- Estructura del Universo y Cosmología
42-	- El Universo Local
91-	- Física de las estrellas, Sistemas Planetarios y Medio Interestelar
125-	- El Sol y el Sistema Solar
147-	- Instrumentación y Espacio
176-	- Otros
193-	<b>ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN</b>
193-	- Ingeniería
206-	- Producción
213-	- Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)
225-	<b>ÁREA DE ENSEÑANZA</b>
225-	- Cursos de doctorado
227-	- Seminarios científicos
230-	- Coloquios
231-	- Becas
233-	- XXIII Escuela de Invierno: "Evolución Secular de Galaxias"
235-	<b>ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES</b>
235-	- Instituto de Astrofísica
236-	- Observatorio del Teide
237-	- Observatorio del Roque de los Muchachos
238-	- Centro de Astrofísica de la Palma
238-	- Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC)
241-	- Ejecución del Presupuesto 2011
243-	<b>GABINETE DE DIRECCIÓN</b>
243-	- Ediciones
245-	- Comunicación y divulgación
255-	- Web
257-	- Visitas a las instalaciones del IAC
259-	<b>SERVICIOS INFORMÁTICOS COMUNES (SIC)</b>
263-	<b>BIBLIOTECA</b>
264-	<b>PUBLICACIONES CIENTÍFICAS</b>
264-	- Artículos en revistas internacionales con árbitros
285-	- Artículos de revisión invitados (Invited Reviews)
285-	- Charlas invitadas (Invited Talks)
286-	- Comunicaciones a congresos internacionales
299-	- Comunicaciones a congresos nacionales
300-	- Artículos en revistas internacionales sin árbitros y comunicaciones cortas
302-	- Artículos en revistas nacionales
303-	- Libros y capítulos de libros
303-	- Tesis doctorales
305-	<b>REUNIONES CIENTÍFICAS</b>
312-	<b>TIEMPO DE OBSERVACIÓN FUERA DE CANARIAS</b>
313-	<b>DISTINCIONES</b>
315-	<b>RECURSOS HUMANOS</b>
319-	<b>PERSONAL</b>
332-	<b>DIRECCIONES Y TELÉFONOS</b>



*El cielo del Observatorio del Roque de los Muchachos, con los telescopios MAGIC II, en primer plano, y Gran Telescopio CANARIAS (GTC), bajo la Vía Láctea.*

*Foto: Daniel López (IAC).*

# PRESENTACIÓN

***Mientras la presentación de la Memoria del IAC del año 2010 fue extensa y reivindicativa, la de este 2011 es amable y breve.***

***De este año 2011 únicamente quiero destaca la concesión al Instituto de Astrofísica de Canarias IAC de la Certificación de Excelencia en Investigación “Severo Ochoa”, otorgada por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Solo ha habido ocho instituciones que han logrado tal distinción, la única de Astrofísica y la única no situada en Barcelona o Madrid. Con ello se nos ha señalado como uno de los centros de investigación más conocidos y prestigiosos. Entre los jurados internacionales había investigadores de los más distinguidos en el mundo, entre ellos varios Premios Nobel.***

***Gracias a los fondos asociados a este programa Severo Ochoa, el IAC avanzará más en la comprensión de las leyes que gobiernan el origen y la evolución de las distintas formas de materia y energía en el Universo. En los próximos años pretendemos profundizar en las cuestiones clave de la Astrofísica, desde fenómenos de muy alta energía inmediatos al Big-Bang y a los agujeros negros, hasta la génesis en el Universo de los rayos cósmicos y rayos gamma, pasando por la formación y evolución de las galaxias, y de manera especial en los procesos de su nacimiento y muerte. Continuaremos estudiando en profundidad la física de los campos magnéticos en el Sol, incluida la interacción Sol-Tierra. También se impulsarán los programas de búsqueda de planetas similares a la Tierra en estrellas cercanas.***

***El IAC hará uso de una gran variedad de instrumentos en la frontera tecnológica desde observatorios terrestres y espaciales y, en particular, del Gran Telescopio CANARIAS (GTC).***

***Se desarrollará también un programa específico para atraer y retener investigadores.***

***Vamos a ver cuantas de estas maravillosas y optimistas expectativas nos permite realizar la crisis económica que tenemos encima.***

***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  
2011 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

**Organos Directivos:**

**Nº Reuniones**

**\* CONSEJO RECTOR**

- |            |  |
|------------|--|
| PRESIDENTE | - Ministro de Ciencia e Innovación   |
| VOCALES    | - Presidente del Gobierno de Canarias<br>- Representante de la Administración del Estado<br>- Rector de la Universidad de La Laguna<br>- Presidente del CSIC<br>- Director del IAC |

**\* DIRECTOR**

**Organos Colegiados:**

**Nº Reuniones**

**\* COMISION ASESORA PARA LA INVESTIGACION (CAI)**

**\* COMITE DE DIRECCION (CD)**

**33**

- |                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| - Consejo de Investigadores | <b>1</b>  |
| - Comisión de Investigación | <b>14</b> |
| - Comisión de Enseñanza     | <b>*</b>  |
| - Comisión de Doctores      | <b>*</b>  |
| - Comité de la Biblioteca   | <b>*</b>  |

(\* = virtuales)

**\* COMITE CIENTIFICO INTERNACIONAL (CCI)**

**2**

**MEMORIA  
IAC 2011**

**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>2</b> |

**9**

**\* COMISION PARA LA ASIGNACION DE TIEMPO (CAT)**

- |   |          |
|---|----------|
| - Telescopios nocturnos (sala nocturna) | <b>2</b> |
| - Telescopios solares (sala diurna)     | <b>1</b> |

## **REUNIONES CELEBRADAS**

### **Reuniones del Comité Científico Internacional (CCI)**

Durante 2011 tuvieron lugar dos reuniones del CCI:

- El 5 de mayo en el Faculty Club de la Universidad de Lovaina (Bélgica), organizada por el STER, el CCI celebró su reunión número 65.

En la reunión se acordó conceder el Tiempo Internacional ITP disponible de 2011-2012 a KOTAK et al. para ampliar su programa de observación ITP 4/10, que ya estaba llevando a cabo con éxito (Ver Memoria 2010).

- La reunión número 66 del CCI, se celebró el 15 de noviembre en el Hotel Taburiente, en Los Cancajos, Breña Baja (La Palma).

En la reunión se acordó explorar las posibilidades de colaboración en temas de divulgación, especialmente escolar, entre los diferentes telescopios robóticos y/o de control remoto instalados en los Observatorios del Teide (OT) y del Roque de los Muchachos.

También se acordó elevar una petición a los gobiernos de España, de Canarias y autoridades de La Palma para que resuelvan definitivamente los problemas de la carretera dorsal de la Isla.



### Observatorio del Teide



Superficie: 59 hectáreas  
Altitud: 2.390 metros  
Ubicación: Izaña, Isla de Tenerife  
Longitud: 14° 30' 23" Oeste  
Latitud: 28° 15' 00" Norte



La Izaña en Canarias alberga en el Observatorio del Teide (IT) la mayor colección de telescopios astronómicos de España. El conjunto observacional se encuentra en un entorno privilegiado y de características únicas en Europa.



# LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS



### Observatorio del Roque de los Muchachos

Superficie: 109 hectáreas  
Altitud: 2.374 m.  
Ubicación: Izaña, Isla de Tenerife  
Longitud: 17° 02' 34" Oeste  
Latitud: 28° 14' 30" Norte



El Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), al igual que el Observatorio del Teide, alberga una gran variedad de telescopios astronómicos de España. El conjunto observacional se encuentra en un entorno privilegiado y de características únicas en Europa.



# 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
20	Monitor de <i>seeing</i> automático (DIMMA)	IAC (E)	2010
30	Telescopio EARTHSHINE	New Jersey Inst. Technology (EEUU)	2009
		IAC (E)	
30	Telescopio robótico Bradford	Univ. de Bradford (RU)	2005
40 x 2	Red de telescopios ópticos (OTA)	Sociedad del Telescopio (EEUU)	2004
40 x 2	Telescopio MASTER-IAC	Univ. Estatal de Moscú (R)	2013 *
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 SONG	Univ. de Aarhus (D)	2011
		Univ. de Copenhague (D)	
100	Telescopio OGS	IAC-ESA (E-Intern.)	1996
120 x 2	Telescopios robóticos STELLA	Inst. Postdam (A)	2005 y 2006
		Obs. Hamburgo (A)	
150	Telescopio solar GREGOR	Inst. Kiepenheuer (A)	2012 *
		Univ. Gottingen (A)	
		Inst. Postdam (A)	
155	Telescopio infrarrojo Carlos Sánchez (TCS)	IAC (E)	1972
40 x 3	LCOGT	LCOGT Network (EEUU)	2013 *
100 x 2			
350	Experimento QUIJOTE CMB	IAC (E)	2012
	<u>Instrumentos en el LABORATORIO SOLAR:</u>		
	- Espectrofotómetro integral MARK-I		1977
		Univ. Birmingham (RU)	
	- Tacómetro de Fourier GONG-T	IAC (E)	1996
	- Fotómetro estelar EAST	NSO (EEUU)	2006
		Univ. Tsing-Hua (Taiwán)	

\* 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

Diámetro (cm)	INSTRUMENTO	PROPIETARIO	Operativo (año)
	Cámara robótica SuperWASP	Consorcio SuperWASP *	2004
18	Círculo de Tránsitos Automáticos (CTA)	IAC-ROA (E)	1984
20	Monitor de <i>seeing</i> automático (DIMMA)	IAC (E)	2007
45	Telescopio solar Abierto Holandés (DOT)	Univ. Utrecht (PB)	1997
60	Telescopio óptico	R. Academia de Ciencias (S)	1982
97	Refractor solar (SST)	R. Academia de Ciencias (S)	2002
100	Telescopio óptico SAFT	Consorcio SuperWASP *	2012 *
100	Telescopio Jacobus Kapteyn (JKT)	STFC (RU-PB)	1984
120	Telescopio MERCATOR	Inst. Sterrenkunde (B) Univ. Leuven (B)	2002
200	Telescopio robótico Liverpool (LT)	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	Telescopio Cherenkov MAGIC I y MAGIC II	Consorcio MAGIC**	2004 y 2008
			* Previsto

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

\*\***Consorcio MAGIC:** Universidades de Göttingen, GH-Siegen y Würzburg, 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 Electrónicos, Transformadores, Cuarto de Máquinas, Taller de Soldadura y Gasolinera.

# COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO (CAT)

## En los Observatorios del IAC

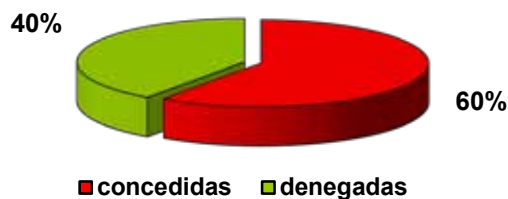
Entre los objetivos del IAC figura “promover la investigación astrofísica” y “fomentar las relaciones con la comunidad científica nacional e internacional”. La forma más directa que tiene el Instituto de actuar en tal sentido es facilitando el uso de tiempo de observación disponible en cada uno de los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

1.303,2 noches solicitadas en los telescopios nocturnos del ORM y OT



Factor de sobrepetición 1,7 (170%)

## Sala nocturna

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

**10, 11 y 12 de mayo  
8, 9 y 10 de noviembre**

Presidente  
*Juan A. Belmonte (IAC)*

Vicepresidente  
*José A. Acosta Pulido (IAC)*

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

Comisionado  
*Ignacio Trujillo Cabrera (IAC)*

Vice-comisionado  
*Patricia Sánchez Blázquez (UAM)*

Vocales  
*José I. González Serrano (IFCA)*  
*Ismael Pérez Fournon (IAC)*

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

Comisionado  
*Rainer Schödel (IAA)*

Vice-comisionado  
*Carme Jordi (UB)*

Vocales  
*Antonio Marín Franch (CEFCA)*  
*Angels Riera Mora (UPC)*  
*Tarik Shahbaz (IAC)*

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

Comisionado  
*Guillermo Torres (CfA) - CCI*

Vice-comisionado  
*Hans Deeg (IAC)*

Vocales  
*Nuria Huélamo Bautista (LAEFF)*  
*Josep M. Trigo (CSIC-IEEC)*  
*Clara Régulo Rodríguez (IAC)*

## 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:

**25 de enero**

Presidente  
*Pere Lluís Pallé (IAC)*

Vocal del IAC  
*Andrés Asensio*

Vocales de la Comunidad Nacional  
*José C. del Toro (IAA-CSIC)*  
*Javier Rodríguez Pacheco (UAH)*

Vocal Comité Científico Internacional  
*Arturo López (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:

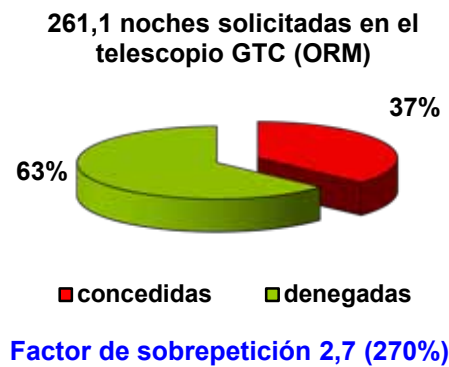
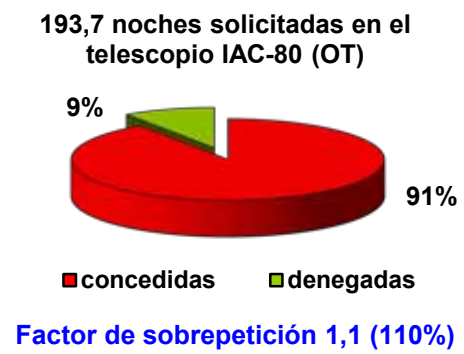
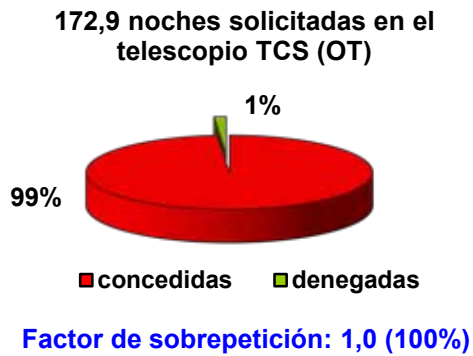
- telescopios solares: <http://www.iac.es/cat/pages/cat-solar/es/introducciasup3n.php>
- telescopios nocturnos: <http://www.iac.es/cat/pages/cat-nocturno/es/presentacion.php>

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

**MEMORIA  
IAC 2011**

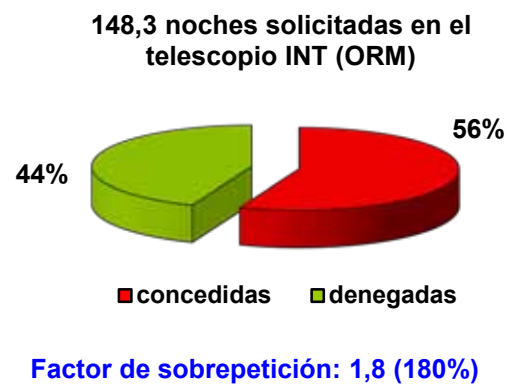
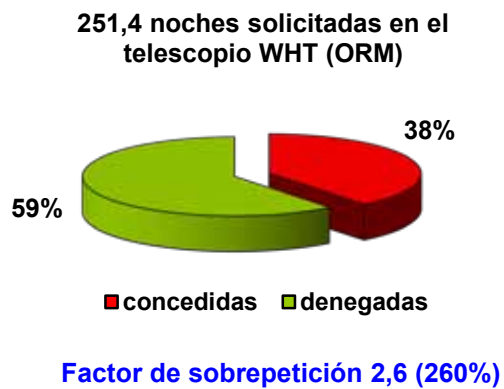
## FACTORES DE SOBREPETICION PARA EL TIEMPO ESPAÑOL EN LOS TELESCOPIOS NOCTURNOS DEL OT Y DEL ORM

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



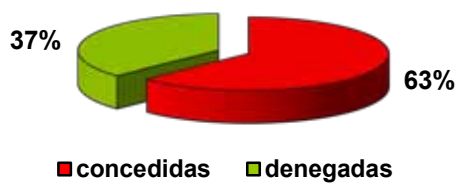
MEMORIA  
2011 IAC

16



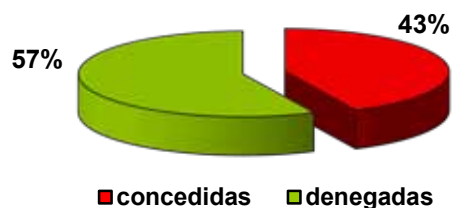


92,3 noches solicitadas en el telescopio NOT (ORM)



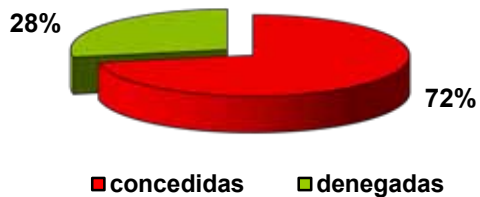
**Factor de sobrepetición: 1,6 (160%)**

69 noches solicitadas en el telescopio LT (ORM)



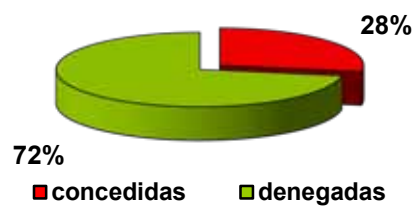
**Factor de sobrepetición: 2,3 (230%)**

78,5 noches solicitadas en el telescopio TNG (ORM)



**Factor de sobrepetición 1,4 (140%)**

36 noches solicitadas en el telescopio MERCATOR (ORM)



**Factor de sobrepetición 3,6 (360%)**

# ACUERDOS

## CONVENIO DE COLABORACIÓN CON EL INSTITUTO CERVANTES

En el año 2011, el Instituto Cervantes y el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) renovaron el convenio de colaboración para la organización de los encuentros titulados “Los caminos desconocidos del Universo” con el fin de seguir llevado a los Centros Cervantes en el exterior actividades que tienen como objetivo la divulgación cultural de la Astronomía.

El IAC se hará cargo de diseñar los contenidos de los citados encuentros, asignar las ponencias y la selección de los ponentes que irán a los centros. El Instituto Cervantes, por su parte, asumirá los viajes, honorarios y traducción simultánea además de poner a disposición del IAC las infraestructuras oportunas.

La colaboración se organizó a través de dos líneas generales de actuación:

- “Arqueoastronomía” (Área de Ciencia e Historia). Charlas-coloquio en las sedes del Instituto Cervantes de El Cairo (Egipto), Lyon (Francia), Gibraltar (Reino Unido) y Túnez.

- “Starlight: el derecho a la luz de las estrellas” (Área de Ciencia e Historia). En el marco de esta línea se promovió la iniciativa Starlight que difunde la protección del cielo nocturno y el derecho a ver las estrellas en lugares protegidos de todo el mundo. El cielo se mostró como un Patrimonio de todos, que tenemos derecho a heredar, elemento esencial en el desarrollo de todas las culturas y cuya contemplación ha sido el fundamento de innumerables avances científicos y técnicos, y fuente de continua inspiración artística y cultural. Se impartieron charlas en las sedes del Instituto Cervantes de: Amman (Jordania), Belgrado (Serbia), Burdeos y Toulouse (Francia), Curitiba (Brasil), Milán y Palermo (Italia).

## CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE EL MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN Y EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS PARA LA COFINANCIACIÓN DE EQUIPAMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

El 19 de diciembre de 2011, el Ministerio de Ciencia e Innovación MICINN y el IAC firmaron un convenio de colaboración para la ejecución de dos grandes proyectos de equipamiento científico y tecnológico, cofinanciados por fondos FEDER, para su ejecución antes del 31 de diciembre de 2013.

Se trata de equipamiento tecnológico altamente especializado para el desarrollo y fabricación de instrumentación científica, equipamiento informático, así como para la adecuada explotación de los Observatorios de Canarias. En su conjunto, representa una inversión de 1,5 millones de euros, con una cofinanciación FEDER del 70%.

# GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)



MEMORIA  
IAC 2011

19

*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 2011A (marzo a agosto 2011) y 2011B (septiembre 2011 a febrero 2012) se ha completado el tercer 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 el correcto funcionamiento de **CanariCam**: el basculamiento del espejo secundario para realizar medidas diferenciales, y la puesta en fase de los segmentos del espejo primario; y las actividades relativas a la puesta en marcha del propio instrumento **CanariCam**.

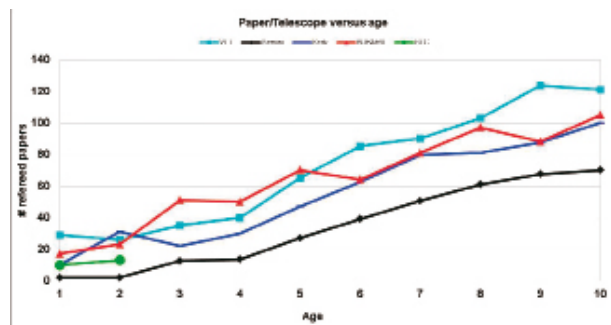
El tiempo de observación se ha destinado a satisfacer las solicitudes de un total de 102 programas de observación de los que casi un 45% se han podido completar con éxito. Más del 31% del tiempo de observación fue dedicado a los programas científicos de la organización ESO, en pago por la entrada de España en esta organización internacional.

Como resumen de los seis primeros semestres de observación con el telescopio GTC (desde marzo de 2009) se pueden aportar las siguientes cifras:

- 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 4,4.

Las primeras publicaciones científicas en revistas internacionales, con árbitro, basadas en datos obtenidos con el telescopio GTC, se publicaron en el año 2010. En ese año se publicaron los primeros 10 artículos.

En 2011 han sido otros 13 artículos los publicados con datos del GTC. La figura adjunta compara estos números con lo que ha sido la historia de publicaciones de los mayores telescopios en operación (fuente: D. Crabtree, *GEMINI Newsletter*, Dec 2008; y ESO publication statistics, version July 2010).



Además, en este año 2011, se iniciaron, bajo contratos con GRANTECAN S.A., los Diseños Preliminares de los futuros nuevos espectrógrafos del telescopio GTC. **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

**MEMORIA  
2011 IAC**

- El total de solicitudes de observación recibidas ha sido 550 (80% de centros españoles).
- Estas solicitudes totalizaron 9.128 horas de observación solicitadas.
- En estos seis primeros semestres se han completado un total de 2.084 horas de observación, correspondientes a 224 propuestas de observación atendidas (95 completadas).

Electrónica de México. Y **MIRADAS**, bajo el liderazgo de la Universidad de Florida (EEUU), en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias, la Universidad Complutense de Madrid y el Instituto de Física de Altas Energías de Barcelona. Los trabajos de Diseño Preliminar deberán completarse a lo largo del año 2012, una vez terminados se tomará la decisión de continuar con los desarrollos hasta su instalación en el telescopio GTC entre los años 2015 y 2017.

En el mes de noviembre, aprovechando el Congreso de "Ciencia con el GTC" celebrado en La Palma, se anunció y abrió a acceso público el archivo científico de datos del telescopio GTC. En este archivo, gestionado por el Centro de Astrobiología de Madrid, una vez transcurrido el año de embargo en favor del investigador que propuso las observaciones, estarán para acceso público todos los datos obtenidos con el telescopio.

Además de todo lo expuesto anteriormente, a lo largo de 2011 se realizaron las siguientes actividades destacadas:

- Se puso a disposición de la comunidad la resolución 2500 en el modo de espectroscopia de **OSIRIS**.

- En la llamada de propuestas de observación para el semestre 2012A (de marzo a agosto de 2012), realizada en septiembre de 2011, se ofreció ya la posibilidad de utilizar CanariCam en los modos de imagen (en 10 y 20 micras) y espectroscopia de baja resolución en la banda de 10 micras. Los restantes modos de observación se están caracterizando y se ofrecerán en semestres posteriores.

- La empresa IDOM, adjudicataria del suministro de los mecanismos de los focos Cassegrain plegados o "Folded Cass", fabricó y realizó las pruebas de aceptación de estos rotadores en su factoría a finales de año. La entrega en el Observatorio del Roque de los Muchachos está planificada para los primeros meses de 2012.

#### *En el terreno de la instrumentación científica*

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

- El IAC, en colaboración con los restantes miembros del Consorcio que lo respalda, ha avanzado significativamente en la fase de

*Imagen de la nebulosa conocida como Sharpless 2-106 obtenida con el telescopio GTC y el instrumento OSIRIS, situado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma). La imagen fue elegida como "imagen astronómica del día" por la NASA, el 7 de noviembre de 2011. El astrofotógrafo Daniel López fue el encargado de su procesado.*



fabricación del instrumento **EMIR**. Algunos elementos ópticos se han caracterizado y será en el año 2012 cuando de comienzo la fase de integración. Las pruebas en los talleres del IAC están planificadas para la segunda mitad de 2013 y su recepción en el Observatorio del Roque de los Muchachos para la primera mitad de 2014.

- El Instituto de Astronomía de la UNAM (México), en colaboración con otras instituciones como el IAC, la Universidad de Florida (EEUU) y la Universidad Complutense de Madrid realizaron, en septiembre de 2011, la revisión de diseño

de detalle del instrumento **FRIDA**. Aunque quedan algunos aspectos de esta revisión que por completar ya se ha iniciado la fase de fabricación del instrumento. La planificación actual establece que su llegada al Observatorio del Roque de los Muchachos para el año 2015.

- El instrumento **CIRCE**, que fabrica la Universidad de Florida (UF), será un instrumento visitante en el telescopio GTC ofrecido por la esta Universidad a toda la comunidad del telescopio. Su instalación se ha retrasado y actualmente está prevista para la primera mitad del año 2013.



*Imágenes astronómicas obtenidas con OSIRIS en el telescopio GTC.  
Arriba: la galaxia espiral NGC7331.  
Abajo: la región de formación estelar Nebulosa de la Burbuja.*



*Imágenes procesadas por Daniel López.*

# ÁREA DE INVESTIGACIÓN

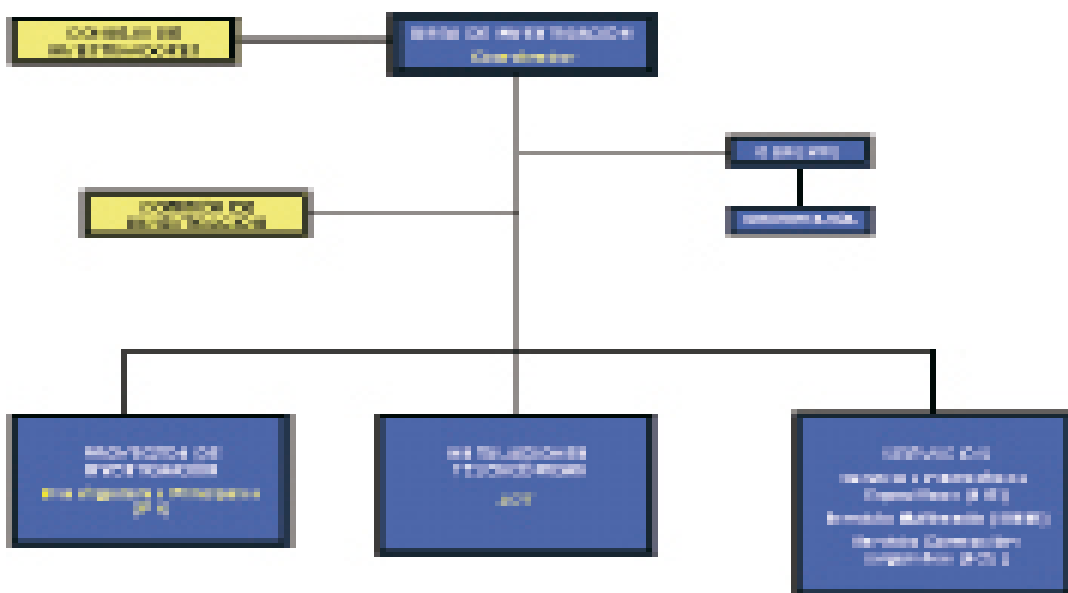
Corresponde al Área de Investigación la “elaboración y desarrollo de Proyectos de Investigación en el campo de la Astrofísica y en áreas relacionadas con ella”. A fin de cumplimentar sus objetivos, el Área tiene una estructura organizativa, de gestión y de servicios enfocada a facilitar y encauzar el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

MEMORIA  
2011 IAC

- 24 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 138 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 2011 se aprobaron 10 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 2.462.000 €. Asimismo, el IAC ha sido seleccionado como “Centro o Unidad de Excelencia Científica en España” en el marco del Programa Severo Ochoa con una validez de cuatro años y una concesión total de 4.000.000 €. A través de los proyectos del Plan Nacional se incorporaron al IAC 19 investigadores postdoctorales, más 4 Ramón y Cajal y 2 Juan de la Cierva.

También, se aprobó la incorporación de 1 nuevo investigador a través del Subprograma Ramón y Cajal y 2 más a través del Subprograma Juan de la Cierva 2011 cuyos contratos comenzarán a lo largo del 2012.

Igualmente ha habido una intensa actividad de Seminarios y Coloquios en el Área. A lo largo de este año, 9 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 55 investigadores han impartido Seminarios, Charlas y *Breaking News*.

Finalmente, cabe destacar que durante 2011 se ha alcanzado la cifra de 356 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 (310586)

R. Rebolo López.

J.A. Rubiño Martín, R. Génova Santos, H. López Caraballo, S. Iglesias Groth, C.M. Gutiérrez de la Cruz, C. Scóccola y A.E. Peláez Santos.

Colaborador del IAC: R. Hoyland.

M. Hobson, A. Lasenby, K. Grainge, P. Scott (Univ. de Cambridge, Reino Unido); L. Piccirillo, B. Watson, R. Davis, 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 (Max-Planck Inst. für Astrophysics, Garching, Alemania); 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.

26 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 abordo para control del instrumento. El 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 pretende desarrollar un experimento en el Observatorio del Teide (QUIJOTE CMB) que complementa al satélite Planck en un rango de frecuencias más bajo (entre 10 y 30 GHz) proporcionando 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.

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

## Hitos

Utilizando datos del satélite WMAP en la región del complejo molecular de Perseo se ha conseguido imponer la cota más precisa publicada hasta ahora sobre el nivel de polarización de la emisión anómala de microondas. Con este satélite y utilizando datos del experimento COSMOSOMAS se ha logrado detectar emisión anómala de microondas en las nubes de reflexión del cúmulo estelar de las Pléyades. El agente causante de esta emisión está todavía pendiente de identificación, aunque es muy probable que sean moléculas carbonáceas que giran a alta velocidad en el medio interestelar de dichas regiones, emitiendo radiación dipolar eléctrica. Las cotas sobre polarización hacen cada vez más improbable que la emisión sea de carácter dipolar magnético.

Utilizando datos del satélite Planck se ha logrado detectar supercúmulos de galaxias a alto desplazamiento al rojo y varios cúmulos muy masivos muy lejanos.

## Evolución del Proyecto

El análisis de los datos del satélite Planck ha dado lugar a una veintena de publicaciones que cubren aspectos muy diversos; desde estudios sobre la emisión anómala de microondas en regiones de formación estelar y complejos moleculares de nuestra Galaxia (ej. Perseo) a los catálogos de fuentes extragalácticas realizados con el satélite. Se ha investigado la emisión de microondas de nuestra Galaxia, trazando la emisión térmica

asociada al polvo frío, se ha estudiado y catalogado la emisión de “cores” de material interestelar muy frío y actualmente se están analizando decenas de posibles regiones con emisión anómala de microondas. Además se ha investigado la existencia de emisión asociada con fenómenos de emisión de radiación de muy alta energía detectados por el satélite Fermi en dirección al centro de nuestra Galaxia. En galaxias cercanas se ha estudiado la emisión de microondas (ej. Andrómeda) con mayor detalle de lo que se había hecho anteriormente en el rango centimétrico y milimétrico.

En cúmulos de galaxias el satélite Planck está realizando una labor especialmente significativa. El grupo de ciencia coordinado por J.A. Rubiño-Martín (IAC) y E. Pointecoteu (Toulouse) ha identificado decenas de nuevos cúmulos de galaxias gracias a la medida del efecto Sunyaev-Zeldovich. Además de participar en las actividades de análisis de los datos de Planck, el grupo ha llevado a cabo múltiples observaciones de cúmulos SZ en el óptico e infrarrojo utilizando los telescopios de los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos. Este trabajo se complementa con Observatorios de ESO y de Estados Unidos.

Se ha continuado la participación en los desarrollos del satélite Euclid. Esta misión ha sido aprobada por la ESA y actualmente se encuentra preparando los paquetes para su Preliminary Design Review. La participación del IAC está muy vinculada a la de la Univ. Politécnica de Cartagena. Ambas instituciones tienen como compromiso proporcionar al consorcio internacional la Unidad de Control Electrónico del Instrumento Infrarrojo del satélite. También se participa en el centro de procesamiento de datos (Science Ground Segment) y en los grupos de preparación científica. Euclid es una misión espacial cuyo objetivo central es estudiar las propiedades de la Energía Oscura a partir de la evolución de la Estructura a Gran Escala del Universo.

## ASTROFÍSICA RELATIVISTA Y TEÓRICA (310688)

**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. de Valparaiso, Chile); P. Gómez (ESAC, España); T. Mediavilla, O. Ariza (UCA); C. González-Morcillo (UCLM); J. Jiménez (UGR).

### Introducción

#### *Lentes Gravitatorias*

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

Otra de las aplicaciones de las lentes gravitatorias es el estudio de la materia oscura en galaxias a partir de la detección de eventos de microlensing. Varios de los programas que se desarrollan en este Proyecto están relacionados con la materia oscura directamente o a partir del estudio de los modelos de lente gravitatoria: detección de eventos de microlensing en las curvas

de luz de los sistemas bajo seguimiento fotométrico, estudio teórico y observacional de la influencia del microlensing en las líneas de emisión de los QSOs en el óptico y en rayos X y observaciones espectroscópicas en 2D de los sistemas lente conocidos. La detección de eventos de microlensing y su análisis teórico constituyen, también, una herramienta poderosa para el estudio de las regiones no resueltas en los núcleos activos de galaxias y cúasares.

#### *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 ha estimado un tamaño medio de 4 días-luz para el disco de acreción alrededor del agujero negro supermasivo que hay en el centro de los quásares. Esta estimación está basada en el estudio del efecto microlente en 19 quásares y es casi un orden de magnitud mayor que las predicciones del modelo teórico de disco fino.

## **Evolución del Proyecto**

Este año se ha profundizado y avanzado en el estudio del tamaño del disco de acreción a partir del estudio de la cromaticidad. Se han publicado datos de banda estrecha obtenidos con el telescopio NOT de 0435 que han permitido inferir un tamaño de unos 10 días-luz. También se han publicado espectros de 0909 obtenidos con los telescopios WHT, el HST y LIRIS (cubriendo desde el UV hasta el NIR) que han permitido estimar un tamaño de unos 5 días-luz. Con datos de banda estrecha del HST se ha obtenido un tamaño de 4 días-luz en el caso de 1104. Además de estos resultados ya publicados, de dispone de una determinación adicional de 7 días-luz para 1004 obtenida con espectroscopia de los telescopios VLT y MMT. Para obtener una estimación más robusta del tamaño, basada en muestras más amplias de quásares sujetos a efecto lente, se ha justificado una técnica más sencilla basada en el uso de medidas de microlensing hechas a una única longitud de onda. Aplicando esta técnica a una muestra de 19 quásares sujetos a efecto lente y aplicando un procedimiento de máxima verosimilitud se ha estimado 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 ha usado el efecto microlente para estudiar el tamaño de la región emisora de líneas anchas en los quásares. Para ello se han usado los espectros de una muestra de 17 quásares. Comparando las líneas de emisión de imágenes diferentes se ha estimado el microlensing diferencial entre las alas (que supuestamente vienen de la región más interna) y de la parte central de la línea (menos proclive a verse afectada por microlensing). Los resultados muestran una incidencia muy baja de microlensing en el perfil de las líneas, lo que confirmaría que la zona en la que se generan es substancialmente mayor que la del continuo. En el caso de que la región central de la línea no se viera afectada nada por microlensing (algo discutible dependiendo del modelo cinemático de la región en que se generan las líneas anchas), se obtendrían tamaños de unos 50 días-luz.

Dentro de la línea de investigación de métodos de cálculo aplicados a las lentes gravitatorias, se han publicado las mejoras a la técnica de la transformación inversa de polígonos fundamentadas en la definición de una partición que evite las curvas críticas y en la selección óptima del tamaño de los polígonos. También se han empezado a estudiar nuevos desarrollos para mejorar la eficiencia basados en la definición de pseudo-partículas y en el desarrollo multipolar del campo gravitatorio.

Se ha avanzado en el estudio de la curva de microlensing histórico de 0957 obtenida a partir de datos del telescopio IAC-80. Para interpretar estos datos se recurre a las simulaciones de microlensing trazando aleatoriamente trayectorias en mapas de magnificación correspondientes a 0957. Mediante métodos Bayesianos, se contrastan las simulaciones con los datos observacionales y se determinan los valores medios de los parámetros físicos de interés que en este caso serían la velocidad transversal y el tamaño del disco de acreción.

Por último, se ha continuado con los estudios de la función de masas de los microdeflectores en galaxias lente, centrados en el caso de 2237. La idea básica es relacionar la presencia de un rango en masas en los microdeflectores con la concentración de cáusticas en los mapas de magnificación, determinando así la verosimilitud de una cierta distribución de masas. Se han hecho algunas pruebas tomando como parámetros de interés la masa media y la velocidad transversal. Los resultados son interesantes pero se necesita mejorar la capacidad de cálculo para aumentar la fiabilidad estadística de las simulaciones.

## **SIMULACIÓN NUMÉRICA DE PROCESOS ASTROFÍSICOS (3I1303)**

**F. Moreno Inertis.**

**J. Trujillo Bueno, A. Asensio Ramos, H. Socas Navarro, D. Fabbian, E. Khomenko, L. Yelles Chaouche y J.A. Bonet Navarro.**

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

K Galsgaard, A. Nordlund (Niels Bohr Institute/Univ de Copenhagen, Dinamarca); N. Schukina (Obs de Kiev, Ucrania); J. Martínez Sykora (Lockheed Martin Solar & Astrophysical Lab., EEUU); V. Hansteen (Univ. de Oslo, Noruega); I. Ugarte-Urra (NRL, Washington, EEUU); J. Meléndez (Río, Brasil).

### **Introducción**

**MEMORIA  
2011 IAC**

**30**

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 experimental. La Astrofísica no es excepción a lo anterior, habiéndose desarrollado desde finales de los años 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 pocos años.

## Hitos

Se ha obtenido confirmación de que es crucial incluir el campo magnético a la hora de obtener correcciones a las abundancias solares mediante modelos tridimensionales de la atmósfera. Usando una lista de líneas espectrales extensa, sobre todo de Fe I, se han medido los cambios en la anchura equivalente de las líneas debido a la presencia de campos magnéticos en las celdas de convección. Esos cambios llevan a correcciones en las estimaciones de abundancia que no son mucho más pequeñas que la diferencia entre las abundancias obtenidas usando modelos 1D tradicionales y las obtenidas con los modelos 3D puramente hidrodinámicos que revolucionaron este campo en la década pasada. Se determinó que los efectos del campo magnético son causados sobre todo por la modificación que producen en la estratificación promedio de temperatura a alturas fotosféricas. El cambio, más obvio en principio, debido al ensanchamiento Zeeman se ha visto, en cambio, que juega un papel menos importante en las líneas del rango visible del espectro.

## Evolución del Proyecto

*Estudio de magnetoconvección y aplicación a la determinación de abundancias solares*

D. Fabbian, L. Khomenko y F. Moreno-Insertis. (Colaborador externo: A. Nordlund, NBI, Copenhague).

Se ha llevado a cabo el primer estudio sistemático de correcciones en la determinación de abundancias atómicas cuando se utilizan modelos de atmósfera tridimensionales que incluyen celdas de convección realistas incluyendo campo magnético. En la década pasada Asplund y colaboradores revolucionaron el campo

de determinación de abundancias cósmicas indicando que la inclusión de campos de velocidad convectiva realistas en el modelado de la atmósfera llevaba a una considerable corrección a la baja de las abundancias de elementos atómicos importantes comparado con lo obtenido hasta entonces con modelos 1D tradicionales. Estos modelos de Asplund y otros investigadores ignoraban el efecto del campo magnético. Sin embargo, la convección solar es *magnetoconvección*, y la presencia de campo magnético puede modificar los perfiles espectrales emergentes de manera que haga necesaria una modificación en los resultados de corrección de abundancias. Siguiendo nuestra primera investigación en este sentido, que llevó a una publicación en 2010, se estudiaron sistemáticamente los perfiles espectrales de líneas (sobre todo del Hierro) emergentes de modelos realistas 3D de celdas de magnetoconvección en el Sol y estudiado los cambios en la determinación de abundancias correspondientes. Se ha utilizado un gran número de líneas (unas 30 en total), sobre todo de Fe I, y, adicionalmente, de Fe II, C, N, O. Se confirmó que la presencia de campo magnético tiene un doble efecto sobre los perfiles espectrales: por un lado, se tiene el efecto Zeeman usual y esperado. Por otro, y de manera cualitativa y cuantitativamente más importante, la presencia de campo magnético lleva a un cambio en la estratificación promedio de temperatura en las capas superficiales y/o atmosféricas de las celdas de convección lo que causa también cambios importantes en los perfiles espectrales. Se ha concluido que la inclusión de campo magnético con valores de flujo total en el rango esperado en el Sol lleva a una importante revisión de las correcciones de abundancia basadas en modelos 3D.

*Estudio de chorros de rayos X en la atmósfera solar*

F. Moreno-Insertis. (Colaborador externo: K. Galsgaard, NBI, Copenhague).

Gracias a la concesión de un número muy elevado (64 millones CPU\*hora) de horas de cálculo en instalaciones de supercomputación en el marco de la convocatoria Europea

PRACE, se pudo llevar a cabo un cálculo completo de emergencia de flujo magnético desde el interior solar a la corona en un agujero coronal con elevada resolución espacial. Dicho proceso da lugar, tras reconexión magnética de los sistemas en colisión, a flujos colimados de alta velocidad y temperatura (*chorros de rayos X*). En la campaña asociada al presente informe se pudo incluir las fases muy avanzadas del proceso. Estos objetos se están estudiando intensamente por la comunidad observacional gracias a los telescopios de rayos X y detectores de EUV en órbita en los pasados años (sobre todo HINODE/XRT, HINODE/EIS y SDO/AIA). Se ha obtenido que en las fases terminales del chorro se produce la erupción violenta del material emergido remanente, con consecuencias interesantes para la comparación con observación de estos objetos. También se han obtenido resultados sobre la emisión de material denso y frío en las fases iniciales del fenómeno, sobre la reconexión *pulsante* que tiene lugar en fases iniciales e intermedias y sobre la complicada topología tridimensional del campo magnético que resulta de la reconexión. Estos resultados están siendo redactados en la actualidad y serán publicados a lo largo de 2012.

#### *Modelado numérico 3D de espículas de tipo II*

F. Moreno-Insertis. (Colaboradores externos: J. Martínez Sykora, Lockheed Martin solar & Astrophysical Lab., EEUU y V. Hansteen, Univ. de Oslo, Noruega).

Usando el código STAGGER de Oslo, se han obtenido claves importantes para la identificación de las espículas de tipo II, un objeto identificado observacionalmente hace sólo unos años con el satélite HINODE y cuya comprensión teórica no se había obtenido hasta ahora. Como herramienta numérica se ha utilizado el código STAGGER de Oslo (diferente del código STAGGER de A. Nordlund, utilizado en otros subproyectos en este informe); dicho código incluye transporte radiativo NLTE, necesario para estudiar en detalle determinados aspectos de la

evolución del plasma sobre todo en alturas cromosféricas. Como resultado de este estudio se han identificado las espículas de tipo II como objetos resultantes del ascenso de zonas magnetizadas de pequeña escala desde la fotosfera hasta la cromosfera; la colisión de zonas ascendentes con el plasma cromosférico da lugar a la formación de regiones de elevada presión, cuyo plasma es entonces lanzado en forma de pequeño *jet* hacia alturas coronales. Este proceso es diferente al de formación de chorros de rayos X en la corona estudiado en otros subapartados de este Proyecto; en el último la reconexión magnética es protagonista y se produce como consecuencia de la emergencia de una región magnética bipolar ordenada de escala intermedia (por ej. de tamaño de región efímera); en la formación de espículas de tipo II estudiadas aquí, en cambio, la emergencia ocurre a nivel granular y es un episodio individual dentro de un proceso de emergencia global.

#### *La estructura 3D de un filamento de región activa*

L. Yelles Chaouche, F. Moreno-Insertis. Colaboradores: C. Kuckein y V. Martínez Pillet.

Se ha investigado las propiedades de un filamento de región activa usando extrapolaciones de campo magnético de tipo Nonlinear force-free field (NLFFF) sobre observaciones simultáneas en dos alturas en la atmósfera. Para ello se ha usado la línea del Sil a 1082.7 nm que se forma en alturas fotosféricas, y el triplete a 1083.0 nm del Hel obtenidas con el Tenerife Infrared Polarimeter (TIP) en el telescopio VTT del Observatorio del Teide. Las dos extrapolaciones han sido llevadas a cabo independientemente una de otra; el campo de visión de ambas se superpone en gran medida y también hay superposición en parte del dominio en altura. Esto abre nuevas posibilidades de diagnóstico adicionalmente a las utilizadas en el pasado en base a una sola línea espectral que, típicamente, ha sido una línea fotosférica. Entre otras posibilidades este método permite la determinación de



una altura promedio de formación de la señal del HeI 1083.0 de aproximadamente unos 2 Mm sobre la superficie del Sol. También permite confirmar mutuamente las distribuciones de campo magnético obtenido y, en particular, determinar posibles desviaciones de la estructura *libre de fuerza* (force free) sobre todo en la fotosfera, que es en donde se esperan dichas desviaciones. Las extrapolaciones que se ha llevado a cabo arrojan como resultado un filamento formado por un tubo magnético de líneas retorcidas cuyo eje está situado a 1.4 Mm sobre la superficie del Sol. Las líneas de campo magnético dan algo más de una vuelta entera a lo largo del filamento en nuestra caja, o, equivalentemente, un total de 0.055 vueltas por Mm. La parte convexa de las líneas de campo (vistas desde la superficie solar) constituyen *hondonadas* en que el plasma puede acumularse y ser soportado mediante la fuerza de Lorentz asociada al campo magnético. La estructura magnética 3D obtenida depende de la determinación de la ambigüedad de 180° en las componentes horizontales del campo magnético. En el marco de este trabajo se ha aplicado un método que resuelve dicha ambigüedad.

#### *Espectros de potencias de los campos de velocidad fotosféricos*

L. Yelles Chaoycge y F. Moreno-Insertis.

Se ha puesto en marcha un proyecto de estudio de espectros de potencias de campos de velocidad fotosféricos a partir tanto de modelado numérico tridimensional de magnetoconvección como de observaciones de muy alta resolución espacial obtenidas con la misión SUNRISE (detector IMAx). La determinación del espectro de potencias de campos de velocidad fotosféricos es uno de los métodos mediante los cuales observación y modelado numérico interactúan y se apoyan mutuamente. La región de alto número de ondas espacial está sin explorar, dadas las limitaciones en resolución espacial de los detectores. La llegada de observaciones de muy alta resolución (Hinode, IMAx) permite extender el rango

de comparación a este dominio importante. Nótese que las cascadas turbulentas 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 de resolución angular. La obtención de observaciones con resolución de hasta 0.15 segundos de arco permite realizar una exploración sobre base firme en este dominio. En el estadio actual de este Proyecto se están obteniendo espectros promedio de series temporales de experimentos de magnetoconvección obtenidos por el grupo utilizando el código STAGGER. Para ello se usa síntesis espectral a posteriori mediante el paquete NICOLE, desarrollado por otros dos miembros del Proyecto (H. Socas-Navarro y A. Asensio).

#### *Desarrollo de código para realización de síntesis espectral a posteriori de modelos de atmósfera e inversión de datos observacionales*

H. Socas Navarro y A. Asensio Ramos. (Colaborador externo: J. de la Cruz).

Se ha completado el código NICOLE para realización de cálculos de transporte radiativo sobre cubos de datos 3D de simulaciones numéricas así como para la realización de inversiones a partir de datos espectrales observados o sintéticos. Este código está siendo usado por diferentes ramas del presente Proyecto para realizar síntesis espectral con polarización en líneas fotosféricas así como para la obtención de perfiles espectrales de líneas cromosféricas.

#### *Reconstrucción de imágenes anisoplanáticas sin necesidad de fragmentar el campo*

MEMORIA  
IAC 2011

J.A. Bonet Navarro. (Colaborador externo: M.G. Loefeldahl).

33

La inhomogeneidad de las aberraciones en el campo de visión (FOV) de un telescopio produce degradación diferencial en la imagen observada, con una PSF (Point Spread Function) específica en cada punto del campo (anisoplanatismo). Una aproximación

típica es caracterizar las PSFs y sus inversas en una red discreta de puntos a lo largo del campo de visión y hacer la reconstrucción de la imagen (convolución con las PSF inversas) por fragmentos supuestamente isoplanáticos. El acoplamiento a modo de mosaico de los fragmentos ya restaurados requiere afrontar problemas de discontinuidad entre ellos. En este Proyecto trabajamos en un método numérico alternativo para hacer la reconstrucción sin necesidad de fragmentar el campo. El método se basa en expandir las PSF inversas en una base de funciones con coeficientes (pesos) específicos para cada subcampo. Un proceso de interpolación de estos coeficientes en puntos intermedios entre los nudos de la red discreta permitirá caracterizar de forma continua las PSF inversas a lo largo del FOV y resolver el problema de restauración de imágenes como un proceso de convolución con kernel variable evitando de esta forma la fragmentación del campo y las consiguientes discontinuidades en la reconstrucción del mosaico.

#### *Inferencia de campos magnéticos solares y estelares en la aproximación de campo débil*

A. Asensio Ramos.

Cuando el campo magnético de un plasma astrofísico es débil, hay una relación simple entre los parámetros de Stokes y las proyecciones del campo magnético sobre la línea de visión y el plano perpendicular. En este trabajo se han desarrollado expresiones analíticas para las distribuciones posteriores de probabilidad para los parámetros físicos de este modelo. Esto permite acelerar significativamente los cálculos Bayesianos y poner barras de error estadísticamente relevantes, teniendo en cuenta las degeneraciones.

#### *Diagnóstico Hanle fotosférico en estrellas con dipolos magnéticos débiles*

A. Asensio Ramos. (Colaboradores externos: A. López Ariste, de Themis y C. González Fernández).

Se ha propuesto y explorado una nueva técnica de diagnóstico de campos

fotosféricos estelares mediante la observación de polarización lineal en líneas con sensibilidad Hanle. El cálculo de la polarización emergente se hace integrando numéricamente la polarización local en cada punto del disco visible. La polarización resultante es baja pero al alcance de los instrumentos actuales.

#### *Polarización de la radiación emergente de plasmas magnetizado*

J. Trujillo-Bueno. Colaboradora: N. Shchukina.

Se ha continuado investigando en profundidad el problema de la simulación numérica de la polarización de la radiación que emerge de un sistema atómico cuyo estado de excitación está significativamente influenciado por la anisotropía de la radiación incidente y por la acción de un campo magnético. Los códigos de transporte radiativo desarrollados han permitido realizar cálculos de la intensidad y polarización de la radiación emergente (sin suponer LTE) en modelos 3D de la fotosfera solar (resultantes de simulaciones magneto-hidrodinámicas). La comparación con observaciones espectroscópicas y espectropolarimétricas ha permitido obtener algunos resultados interesantes sobre la magnetización de la fotosfera solar y sobre las abundancias de algunos elementos químicos.

#### *Energía de ondas magnetoacústicas obtenida a partir de simulaciones de la umbra de una mancha solar observada*

E. Khomenko. Colaboradores: T. Felipe, M. Collados Vera.

El objetivo era simular numéricamente las oscilaciones observadas en la umbra de una mancha solar. Se utilizó con ese fin el código 3D MHD desarrollado por E. Khomenko y T. Felipe. La combinación de observaciones y simulaciones ha permitido evaluar la contribución de las ondas magnetoacústicas al calentamiento cromosférico. Para ello se construyó un modelo de mancha basado en las propiedades una mancha observada. Dicho modelo se tomó como equilibrio base, y se le añadieron perturbaciones con

nivel de fluctuación correspondiente a las medidas realizadas con la línea del Sil a 1082.7 nm. Los resultados de las simulación fueron comparados con las oscilaciones observadas simultáneamente en diferentes alturas mediante el uso de diferentes líneas espectrales (desde Hel 1083.0 nm, núcleo de Ca II H, *blends* de Fe I en las alas de la línea Ca II H). Las simulaciones muestran un acuerdo considerable con las observaciones. Reproducen los mapas de velocidad y los espectros de potencia en las alturas de formación de las líneas observadas, así como correspondencia en fase y amplificación entre varios pares de líneas. Se ha encontrado que los choques más fuertes en la cromosfera van acompañados de un desfase temporal entre la señal observada y la simulada en la altura correspondiente, indicando que los choques desplazan la altura de formación de las líneas cromosféricas a alturas superiores. Los resultados de este Proyecto indican que la energía aportada por estas ondas es demasiado baja para compensar las pérdidas radiativas cromosféricas.

## **FÍSICA DE LA MATERIA OSCURA – COSMOPARTÍCULAS (3I2005)**

**J.E. Betancort Rijo.  
M.A. Sánchez Conde.**

**Colaboradores del IAC: I. Trujillo Cabrera,  
y J.A. Rubiño Martín.**

### **Introducción**

Para resolver problema que presenta la formación de galaxias en un universo puramente bariónico se estableció el concepto de materia oscura fría (CDM), que crea los pozos de potencial primigenios donde se formaron las galaxias. En la radiación cósmica de microondas (fósil de la Gran Explosión) se observan pequeñísimas fluctuaciones de temperatura (desviaciones de  $10^{-5}$  en la radiación de cuerpo negro). Se piensa que estas fluctuaciones son precursoras de las estructuras que observamos actualmente. Sin embargo, si el

Universo estuviera constituido únicamente por bariones, las fluctuaciones serían demasiado pequeñas y no habría habido tiempo suficiente para que las galaxias se hubieran formado. Así pues, tiene que haber otro tipo de materia no bariónica que no observamos y que interactúa con los bariones gravitatoriamente.

Los experimentos más recientes indican que vivimos en un Universo plano ( $\Omega=1$ ) compuesto en un 70% por la denominada energía oscura y en otro 30% por materia (tanto oscura como bariónica).

Actualmente, el modelo estándar de formación de estructuras se basa en un Universo Friedmann-Robertson-Walker más materia oscura fría. En los últimos años se han venido realizando simulaciones numéricas cosmológicas de N-cuerpos que han permitido estudiar con gran precisión las propiedades de las estructuras de materia oscura. Sin embargo el poder computacional todavía no es suficiente para resolver directamente la componente bariónica de las galaxias (esto es, la evolución del gas), lo cual ha forzado a utilizar ciertos “atajos” para abordar este problema. Los métodos utilizados se denominan modelos semi-analíticos, ya que utilizan prescripciones analíticas para el tratamiento del gas (esto es, enfriamiento del gas, retroalimentación por supernovas, enriquecimiento químico, etc.) y para “poblar” los halos de materia oscura. De todas formas, estas técnicas se encuentran en pleno desarrollo y sólo en los últimos meses se han publicado predicciones robustas de estos modelos. Por otro lado, se han desarrollado códigos numéricos que tratan directamente la evolución del gas.

A nivel cosmológico, la materia oscura se manifiesta únicamente a través de su efecto gravitatorio. Sin embargo, la cuestión de su naturaleza íntima constituye la otra cara de la moneda en una teoría completa de la estructura del Universo.

En las últimas décadas se ha propuesto un gran número de candidatos para constituir esta materia no bariónica. En particular las teorías Supersimétricas de la Física

de Partículas, predicen la existencia de un nuevo tipo de partículas de entre las cuales hay varias que podrían ser candidatos a constituir la mayor parte de la materia oscura. El neutralino es una de ellas y, aunque todavía no se tiene evidencia experimental directa de su existencia, es uno de los candidatos a materia oscura más estudiados en los últimos años. Sin embargo existen muchos otros tales como axiones, neutrinos pesados de cuarta generación, neutrinos, gravitinos, estados Kaluza-Klein, branones y muchos otros que se proponen continuamente.

Como regla general, todos estos candidatos a materia oscura son tipo WIMP (Weak Interacting Massive Particle) a los que corresponden modelos de CDM para la estructura a gran escala. Además, pueden interactuar entre ellos en entornos de alta densidad, como los centros de las galaxias, y aniquilarse produciendo rayos gamma. Estos fotones de alta energía podrían ser observados por la nueva generación de telescopios Cherenkov, como por ejemplo el telescopio MAGIC en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

En este Proyecto, se hará uso del mencionado telescopio para detectar la señal gamma procedente de la posible aniquilación de los diferentes WIMPs candidatos a materia oscura.

Para ello el grupo desarrollará técnicas de reducción de datos apropiadas al problema, así como modelos detallados de la predicción de tales eventos, que involucran el estudio de la interacción entre bariones y materia oscura en los diferentes modelos propuestos en la literatura. De esta manera se pretende delimitar cuáles de estos modelos darían lugar a materia oscura con propiedades compatibles con la observaciones del telescopio MAGIC y además acotar el espacio de parámetros correspondiente.

Para todo ello es necesario dedicar un gran esfuerzo al estudio tanto teórico como observacional de la distribución de

la materia oscura en galaxias. Desde el punto de vista teórico, se estudiará en detalle el perfil de densidad obtenido a través de las simulaciones numéricas de alta resolución tanto de n-cuerpos como hidrodinámicas realizadas por nuestros colaboradores, incluyendo todos los efectos del gas, formación estelar, etc. Por otro lado, también se puede obtener información de las observaciones de sistemas lente gravitatoria. El campo gravitatorio de la materia (visible u oscura) curva la trayectoria de los rayos de luz.

Este fenómeno proporciona un método para estudiar la distribución de materia a partir de las desviaciones de los rayos de luz. El estudio de los sistemas de imágenes múltiples de cuásares ha aportado ya las primeras medidas directas de la dependencia radial de la densidad de materia en una galaxia. Estos resultados son todavía preliminares y no abarcan todo el rango de distancias necesario. El objetivo del grupo será obtener estimaciones robustas de la ley de densidad a partir de modelos de los sistemas lente conocidos intentando extenderla a las zonas más internas de las galaxias. Este estudio es vital para acotar las posibilidades de detección de la materia oscura.

Por otro lado, se trabajará con las propiedades de la estructura a gran escala del Universo y en diferentes entornos para poder entender precisamente como influye la materia oscura en la formación y evolución de las diferentes estructuras. Los entornos extremos son especialmente útiles para discriminar entre los modelos de formación de galaxias, pues tanto la abundancia de estos entornos como sus propiedades internas dependen fuertemente de los parámetros que caracterizan a esos modelos. Históricamente se han utilizado profusamente los cúmulos de galaxias (sobredensidades extremas) con este propósito, pero las bajo-densidades extremas (grandes vacíos) son igualmente útiles y complementarias. 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.

## Hitos

Se ha demostrado que para la detección de la materia oscura por medio de telescopios Cherenkov es mejor observar galaxias enanas para estrategias observacionales centradas en fuentes puntuales y en cúmulos de galaxias para estrategias centradas en fuentes extensas.

Se encontró que, a diferencia del caso de grandes vacíos en la estructura a gran escala, las galaxias en torno a cúmulos de galaxias no muestran alineamiento estadísticamente significativo con la dirección del radio vector que une a la galaxia con el centro del cúmulo.

## Evolución del Proyecto

En el desarrollo del Proyecto han influido considerablemente los siguientes hechos: renuncia a sus posiciones posdoctorales por parte de M.A. Sánchez Conde y J. Varela y el que no se haya incorporado este año el postdoc asociado al Proyecto del Plan Nacional del que soy IP, en contra de lo que se había previsto. Esto ha redundado en que no se hayan podido completar varios de los objetivos planeados. Los desarrollos previstos para el modelo de colapso esférico quedaron abruptamente interrumpidos al marcharse M.A. Sánchez Conde Ángel a Stanford (EEUU), con una probabilidad despreciable de que se vuelva a retomar en un tiempo razonable. El estudio de los alineamientos de los spines de las galaxias en torno a cúmulos se completo, obteniéndose un resultado negativo que, sin duda, aportaría una valiosa luz dentro del cuadro del estudio global de los alineamientos de dichos spines con la estructura a gran escala, pero al irse a J. Varela a Teruel, el postdoc que supervisado por I. Trujillo y por J. Betancort realizaba el grueso del trabajo, ese cuadro ha quedado por lo pronto inconcluso.

Por otro lado, al no haberse incorporado el postdoc esperado, el estudio de las implicaciones cosmológicas de las abundancias de grandes vacíos en la estructura del Universo a gran escala ha

avanzado lentamente. Sin embargo, el trabajo de M.A. Sánchez Conde sobre las distorsiones espectrales inducidas por las oscilaciones de los axiones progreso a buen ritmo durante su estancia en el IAC (hasta el mes de septiembre) habiendo sido publicado. También se publicó (J. Varela, J. Betancort e I. Trujillo) el trabajo en el que se ha mostrado con una gran significación estadística la existencia de alineamiento de los spines de las galaxias en torno a grandes vacíos con la dirección que une a las galaxias con el centro de dichos vacíos.

## EXPERIMENTO QUIJOTE CMB (3I2607)

**J.A. Rubiño Martín.**

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

**Colaboradores del IAC: J.M. Herreros Linares, M.F. Gómez Reñasco, R. Hoyland, M. Aguiar González, V. Sánchez de la Rosa y T.A. Viera Curbelo.**

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 (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 será multifrecuencia (MFI), tiene cinco frecuencias de detección (11, 13, 16, 18 y 30 GHz).

El segundo instrumento QUIJOTE, que constará de 20 receptores a 30GHz, ha sido diseñado para alcanzar la sensibilidad necesaria para detectar una componente de ondas gravitacionales primordial si ésta tuviera una razón tensorial a escalar de  $r=0.1$ . Dicha componente de ondas gravitacionales deja su impronta en el espectro de potencias de la polarización del 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 esta 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 10.000 grados cuadrados, y alcanzarán un nivel de sensibilidad de 3-4  $\mu\text{K}$  por haz tras un año de operación en el Observatorio del Teide en las bajas frecuencias (11-18GHz), 1  $\mu\text{K}$  por haz tras dos años de observación tanto con el segundo instrumento (a 30GHz), como con el tercero (a 42GHz).

MEMORIA  
2011 IAC

38

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

Integración completa del primer instrumento QUIJOTE (MFI), incluyendo las 5 cadenas de detección, en los talleres del IAC.

Pruebas de funcionalidad del MFI finalizadas en el banco de pruebas. Primera luz técnica, con toma de datos en el banco de pruebas.

Integración del MFI en el plano focal del primer telescopio QUIJOTE - QT-1.

Revisión del diseño conceptual del segundo instrumento QUIJOTE.

## Evolución del Proyecto

A continuación, se detallan los resultados obtenidos durante 2011 en cada uno de los aspectos técnicos del Proyecto. Nótese que los resultados relacionados con aspectos científicos se presentan en el informe del Proyecto 310586.

### *Edificio y cubierta móvil*

Se han finalizado los últimos remates en el edificio y cubierta móvil del recinto QUIJOTE (Ver Fig. 1).

Se ha instalado el polipasto.

### *Primer telescopio QUIJOTE – QT-1*

Se ha detectado un problema en el freno de elevación del telescopio. Se ha procedido a adquirir uno nuevo y a remplazarlo.

Se han implementado modificaciones en la interfaz telescopio-instrumento para facilitar la instalación del instrumento.

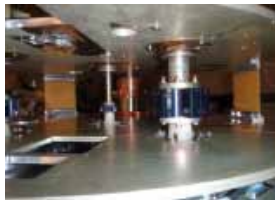
Se ha llevado a cabo la integración del instrumento MFI en el plano focal del QT-1 (Ver Fig. 4 y 5).

Se han instalado los armarios de electrónica en el telescopio (Ver Fig. 4 y 5).

Se ha realizado el equilibrado del telescopio una vez que el MFI estaba instalado en el plano focal.



Figura 1 (arriba): Interior del recinto QUIJOTE en el Observatorio del Teide.  
 Figura 2 (abajo): MFI (Multi-frequency Instrument), el primer instrumento para QUIJOTE. Integración final del criostato (mayo-junio 2011).



Se han realizado, con éxito, pruebas del comportamiento dinámico del telescopio.

#### Primer instrumento QUIJOTE – MFI

Tal como se detalló en el informe de 2010, el MFI llegó al IAC en septiembre de ese año. Las primeras pruebas y medidas en laboratorio mostraron que el instrumento no cumplía con las especificaciones en lo relativo a comportamiento térmico. Además, el movimiento de los motores no era óptimo, y no todos los motores funcionaban correctamente. Durante 2011 se han implementado una serie de modificaciones sustantivas destinadas a la mejora del comportamiento térmico del sistema, y a la identificación de los problemas asociados al movimiento de los motores. Aunque las mejoras han sido importantes (más de 50K de mejora en la etapa intermedia), aún quedan por implementar una serie de modificaciones para realizar 2012, ya que la temperatura física de los detectores está por encima de los 30 K.

**Opto-mecánica.** Se ha procedido al desmontaje completo del MFI. Se han identificado los problemas de dos de los motores, asociados a desperfectos en el tambor del codificador. Se han adquirido dos motores nuevos y reparación de un tercero. Se ha realizado el montaje completo del MFI (5 cadenas de modulación), incluyendo la mejora en el alineado de todos los subsistemas opto-mecánicos (Ver Fig. 2). Se han realizado pruebas de larga duración (>2 semanas) de movimiento de los motores.

**Comportamiento térmico del MFI.** Concluido un estudio detallado del comportamiento térmico del MFI. Fabricado e instalado puentes térmicos en la etapa fría del MFI para mejorar la temperatura física del sistema. Se han comprado e instalado sensores de temperatura para monitorizar el proceso de enfriamiento del sistema. Se han aislado térmicamente, usando capas de Mylar y material absorbente, diversas componentes (bocinas, OMTs) para evitar las pérdidas por radiación en el interior del criostato. Se han realizado varios ciclos de vacío y enfriamiento del MFI.

### Receptores y sistema de adquisición.

Completado la electrónica del sistema de adquisición del MFI (Ver Fig. 3). Se han realizado medidas en laboratorio con el instrumento, que muestran el comportamiento correcto del sistema de adquisición y del software de adquisición de datos (Ver Fig. 6). Usando un diodo de calibración, se ha medido el patrón angular (beam) de respuesta del instrumento.



Figura 3: MFI en los talleres del IAC, una vez finalizada su integración. Junto al MFI aparecen dos armarios de electrónica, completamente montados: la electrónica de adquisición (a la izquierda) y la de control de motores (a la derecha).

**Electrónica de control.** Se ha finalizado, integrado y probado la electrónica de control de los motores. El armario de motores se ha integrado con éxito en el QT-1.

**Software de control.** Se ha finalizado y probado el software de control del instrumento.

### Segundo Instrumento QUIJOTE

Se ha llevado a cabo una revisión del diseño conceptual. Tras la experiencia negativa con el MFI, se ha decidido adoptar una nueva línea de base, que usa modulación electrónica en lugar de modulación mecánica, para reproducir la señal de calibración. La idea es usar conmutadores de fase a 90° y 180° para medir Q y U a través de cada detector (Ver Fig. 7). El diseño nuevo sigue permitiendo un ancho de banda amplio (8-10GHz).

Se han fabricado y medido en laboratorio los prototipos de la bocina y OMT del instrumento de 30GHz.



Figura 4: Integración del MFI en el QT-1 (primer telescopio QUIJOTE) en los talleres del IAC.

### Segundo Telescopio QUIJOTE – QT-2

Se ha realizado un primer diseño conceptual preliminar (Ver Fig. 8). A diferencia del QT-1, se ha decidido modificar la disposición del plano focal, de forma que en el nuevo diseño, se pasa a tener la instrumentación en plataforma Nasmyth. Se han empezado a redactar las especificaciones para el QT-2.



Figura 5: Izquierda: MFI integrado en el QT-1. Derecha: instalación de los armarios de electrónica. En el QT-1.

### Pipeline de procesamiento de datos

Se ha continuado la actividad de los años anteriores. Se ha probado el software de procesamiento usando datos reales, adquiridos durante las pruebas de laboratorio realizadas antes del verano. En total, se dispone de más de dos días de datos.



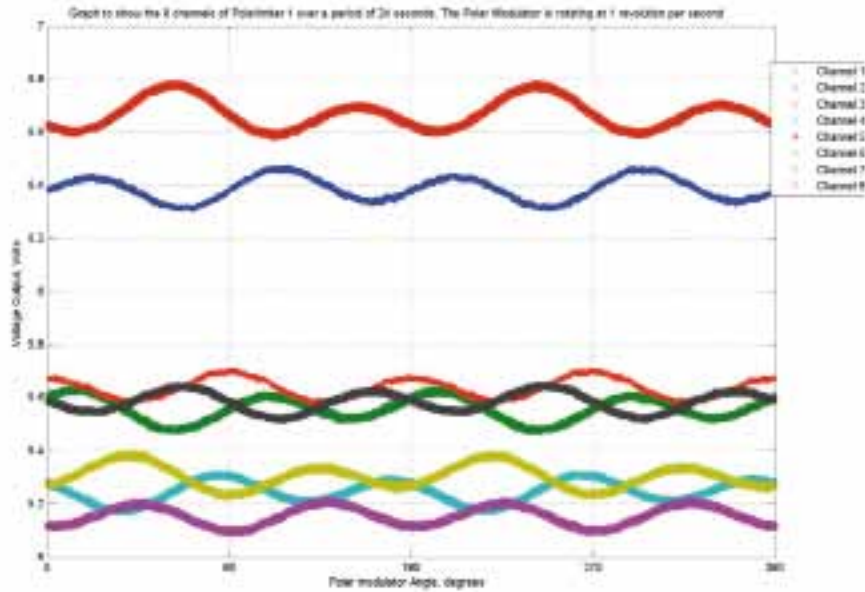


Figura 6: Pruebas de laboratorio del MFI. Se muestra el promedio de una secuencia de 24 segundos de datos tomados en laboratorio con el MFI, el 28 de abril de 2011. Estos datos se usan para calibrar el correcto funcionamiento del sistema de adquisición y de los detectores de microondas.

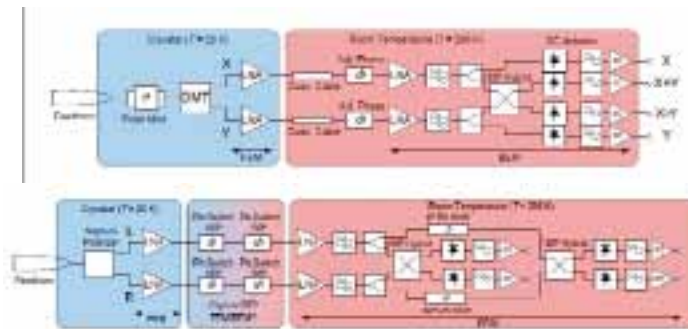


Figura 7: Diseño conceptual de los instrumentos para QUIJOTE. Arriba: diseño del MFI, basado en modulación mecánica (véase "polar modulator"). Abajo: diseño del segundo instrumento QUIJOTE (30 GHz), basado en modulación electrónica con conmutadores de fase (phase switches) a 90° y 180°.

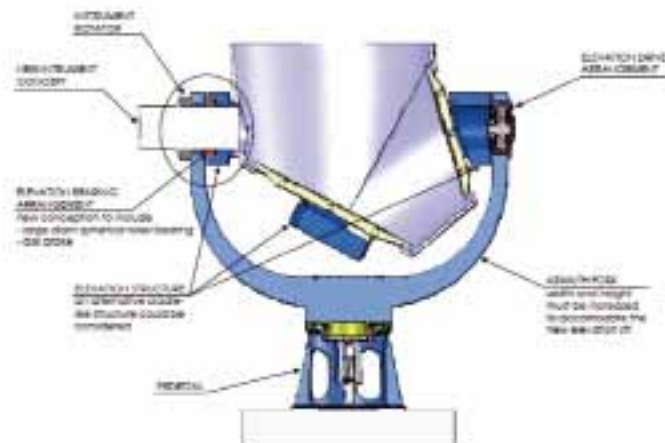


Figura 8: Propuesta de diseño para el segundo telescopio QUIJOTE - QT-2. Este nuevo telescopio, a diferencia del QT-1, tendrá la instrumentación ubicada en la plataforma Nasmyth. Sin embargo, la configuración óptica es una réplica del QT-1.

# EL UNIVERSO LOCAL

## ESTUDIOS CINEMÁTICOS, ESTRUCTURALES Y DE COMPOSICIÓN, DE LOS MEDIOS INTERESTELARES E INTERGALÁCTICOS (310386)

**J.E. Beckman.**

**J. Font Serra y J. Zaragoza Cardiel.**

**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. Espinat (Univ. Midi-Pirénées, 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 tomamos 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<sup>1</sup>.

Para mejorar nuestra posibilidad de adquirir datos relevantes, durante el año 2010 se ha colaborado con colegas en la Universidad de Montreal, del Observatorio de Marsella y del Observatorio de la Universidad de Estocolmo para usar un nuevo instrumento de espectroscopia bidimensional. El uso de este instrumento (GHaFaS) 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 detección directa, por primera vez, de hidrógeno en tránsito entre dos galaxias en interacción y en una primera fase de su futura fusión: son NGC 5426 y NGC 5427, un sistema conjuntamente conocido como Arp 271. El método de detección es de especial interés. Al producir un mapa completo de la velocidad del hidrógeno ionizado del sistema, se encontró gas “anómalo” hacia NGC 5427 que comparte el campo de velocidad de NGC 5426. En el capítulo de Evolución del Proyecto se muestra el mapa, que ilustra el método de forma más evidente que una descripción en palabras. Interpretando las propiedades del gas anómalo en términos de material tirado de NGC 5426 durante su pasaje reciente detrás de NGC 5427, e ionizado por los fotones Lyman que se escapan de las regiones de formación de estrellas masivas en la última, se puede estimar el ritmo, alto, de captura de hidrógeno a su disco, que explicar a su vez el ritmo alto de formación estelar, y la presencia de un viento galáctico emanando del núcleo, que también hemos detectado. Los datos provienen del instrumento GHaFaS en el telescopio WHT.

Se ha desarrollado una nueva teoría para explicar la forma de la función inicial de masas de las estrella (IMF siglas en inglés). La física de la formación estelar constituye todavía una de los eslabones más débiles en la teoría de la evolución de la estructura de las galaxias. Una de las líneas más prácticas para dilucidar esta física es buscar escenarios que explican en detalle la forma de la IMF, es decir, capaz de predecir la fracción de estrellas con una cierta masa en función de la masa. En nuestra teoría, hay dos parámetros básicos que determinan la IMF de las estrellas que se forman en

una nube de gas pre-estelar: la masa de la nube, y la distribución de los tamaños de los granos de polvo distribuidos dentro de ella. La masa de la nube define el rango de masas estelares y, la distribución de los tamaños de los granos de polvo determina la distribución de las masas estelares dentro de este rango. El polvo ejerce dos efectos: no solamente sirve para enfriar la nube por radiación, fomentando así las condensaciones que dan lugar a las estrellas, sino porque cataliza, a partir del hidrógeno atómico, la formación del hidrógeno molecular, que escuda la nube del calentamiento por la radiación de las estrellas alrededor. Los granos más grandes son menos eficientes como fuentes de radiación pero más eficientes como catalizadores que los granos menores. Las predicciones de la IMF son bastante mejores que las predicciones que usan solamente la distribución de las masas de las nubes, y no incluyen estos efectos del polvo.

La clasificación definitiva de los discos de las galaxias según el comportamiento de sus perfiles radiales. Basandonos en trabajos anteriores del grupo, en los que habíamos dividido sus perfiles en tres tipos: Tipo I que muestra un declive exponencial constante en su brillo superficial, Tipo II que muestra dos exponenciales, el disco interior con una pendiente menor y el disco exterior con una pendiente mayor, y con una división nítida en un radio determinado, y Tipo III, que muestra dos exponenciales, el disco interior con una pendiente mayor, y el disco exterior con una pendiente menor (“antitruncamiento”). Se aplica la clasificación a toda la gama de la clasificación morfológica de Hubble, encontrando que 20% de las galaxias tienen perfiles de tipo I, 30% de tipo III, y 50% de tipo II, con predominio de tipo II en las galaxias tardías, y de tipo I+ tipo III en las tempranas. Sin embargo en las galaxias S0 en el cúmulo de Virgo no hay ningún perfil de tipo II, en contraste con casi 30% en las galaxias del campo. Estos resultados forman una base de interés considerable para modelos de formación de los discos en el campo y en los cúmulos. Se espera

obtener en 2012 resultados interesantes con nuevos modelos. (Datos del telescopio INT, del SDSS, y del archivo de HST).

## Evolución del Proyecto

### *Instrumental y observacional*

Durante el año 2011 el Proyecto ofreció apoyo en la puesta a punto y el uso de nuestro instrumento GHaFaS en el telescopio WHT durante 8 periodos de observación que abarcaron 18 noches. Con los días de preparación implicó que personal del Proyecto paso 25 días directamente en el telescopio en plan de soporte, además de los periodos propios de observación. A su vez J. Font Serra dedicó un mes de su tiempo de investigación a pruebas técnicas y actividades que garantizaban el buen funcionamiento del instrumento. Los tres miembros del Proyecto pasaron una semana en un taller organizado en el IAC por J.E. Beckman, en el cual J. Font Serra compartió su experiencia en la eficaz reducción de los datos con 8 personas, 5 de fuera y 3 del IAC.

### *Física del Medio Interestelar en galaxias*

**Un modelo para la función inicial de masas (IMF) de las estrellas (trabajo teórico).** Durante 2011 se produjo un nuevo modelo capaz de predecir la IMF de las estrellas en la base de los efectos del polvo interestelar dentro de las nubes de gas preestelares. El modelo combina una parte tradicional, y bastante directa, con una parte novedosa. La primera es la distribución de las masas de las nubes: la masa de la nube placental determina la escala básica de masas en el cúmulo de estrellas que se forma. La segunda es la distribución de radios de los granos de polvo interestelar. Ellos afectan en equilibrio de las nubes de dos maneras. En primer lugar el polvo emite radiación en el infrarrojo, que permite el enfriamiento optimizado de las nubes, así reduciendo la masa de Jeans, y fomentando la condensación que al final da lugar a las estrellas. Los granos tiene una razón de superficie exterior radiativa: masa del grano, que decrece con el radio de la nube. Nubes

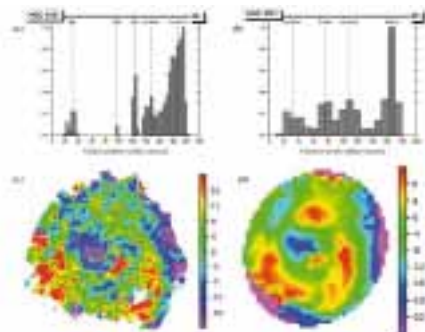
que contienen granos más pequeños forman sus estrellas más rápidamente y con una predominación de estrellas de masa más baja. En segundo lugar el polvo cataliza la formación de hidrógeno molecular en las superficies de los granos, que sirve como escudo efectivo contra la radiación ultravioleta, fomentando el enfriamiento de la nube y de nuevo favoreciendo la formación de estrellas. En este caso la superficie efectiva del grano responde a su estructura interior fractal, de tal manera que esta superficie, en función de la masa del grano, crece con la masa. Los granos más grandes son más eficaces en el enfriamiento de la nube, que es un efecto en el sentido opuesto al efecto radiativo. Si se conoce la distribución de los granos de polvo se podrá predecir la distribución de las masas de las estrellas que se forman. Afortunadamente hay bastante trabajo en la literatura que ha inferido la distribución de los tamaños de los granos, con lo cual el modelo permite una predicción de la forma de la IMF, que resulta en bastante buen acuerdo de las diferentes mediciones. Los resultados de este trabajo se publicarán *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.* (Casuso & Beckman, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*).

**Las funciones de luminosidad de las regiones HII en M51 y NGC 4449.** Usando datos obtenidos del archivo de la cámara ACS de HST se han medido las luminosidades en H $\alpha$  de más de 2.600 regiones HII en la galaxia "del remolino" M51, una espiral de gran diseño, y de más de 270 regiones en la galaxia NGC 4449, una enana irregular, rica en gas (Gutiérrez, Beckman, & Buenrostro *Astronomical Journal*, 141,113). La relación entre la luminosidad en H $\alpha$ , L, y el volumen, V, de las regiones en ambos objetos es  $L = k'V^{2/3}$ , donde k' es una constante (y no  $L = kV$  como se esperaría si se trata de regiones con densidad interestelar uniforme). Se muestra que regiones HII con inhomogeneidades en densidad pueden producir la relación observada. También se encuentran cambios abruptos en las pendientes de las funciones de luminosidad con el valor de L de 38.5 dex (unidades de erg s<sup>-1</sup>), conforme con resultados obtenidos previamente para 57

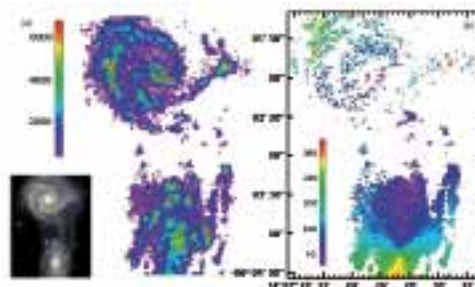
galaxias observadas con resolución angular mucho menor, en Bradley et al. (2006, *Astronomy & Astrophysics*, 459L, 13).

**Un nuevo método para medir los parámetros de la estructura resonante en galaxias usando la cinemática interna de su gas ionizado.** Se ha tanteado un nuevo método para medir los radios de corrotación de los sistemas resonantes de las galaxias. Es relativamente sencillo. Consiste en establecer los radios donde la velocidad no-circular del gas se cambia de fase, según las predicciones de la teoría de las ondas de

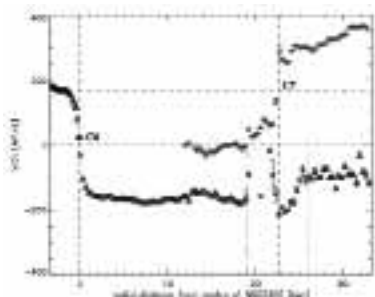
densidad. El método pasa por establecer la curva de rotación de la galaxia, y de sustraer la velocidad de rotación en dos dimensiones del campo observado de velocidad del gas. Un diagrama de los puntos de cambio de fase contra radio galactocéntrico muestra picos nítidos que representan los radios de corrotación, asociados sea de la barra, del disco, o de la barra interna de la galaxia. Los primeros resultados obtenidos han salido publicados (Font et al. *Astrophysical Journal Letters*, 741, L14, 2011), y se trabajará en 2012 para convertir el método en una técnica estándar para uso muy generalizado.



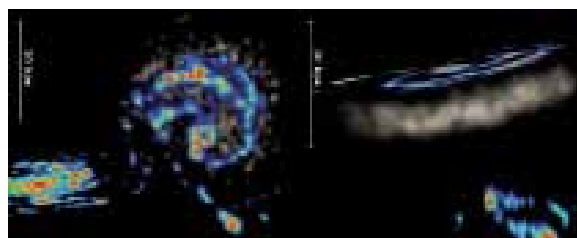
Izquierda: Uso del nuevo método de cambios de fase para medir los radios de las resonancias, aplicado a la galaxia M100 (NGC 4321). (a) Diagrama de los picos resonantes deducido a partir del campo de velocidades residuales en H $\alpha$  obtenido con GHaFaS e ilustrado en la gráfica (c). (b) El diagrama equivalente a (a) pero obtenido desde un mapa de velocidades residuales medidas en HI (21 cm) del VLA, ilustrado en la gráfica (d). Se nota la superioridad en la definición con el uso de H $\alpha$ , debida a la mejor resolución angular. (d) La interacción entre galaxias. Se completó la investigación que iniciada en 2010 sobre la captura de hidrógeno por NGC 5427 del disco de NGC 5426 durante el pasaje de la segunda detrás de la primera en un encuentro próximo, la primera fase de su eventual fusión. Se pudieron estimar las distancias de las nubes de gas en tránsito entre las dos galaxias detrás del plano de NGC 5427, y además estimar la masa global de este gas, y el ritmo de acrecimiento del gas al plano. Se pudo asociar la llegada del gas capturado con el aumento del ritmo de formación estelar observado en el disco, y alrededor del núcleo, y con la presencia del viento emanando del núcleo que también detectado. Resultados publicados en Font et al. (*Astrophysical Journal Letters*, 740, L1, 2011).



Derecha: Comparación de una imagen de Arp 271 (las galaxias interactivas NGC 5427 (arriba) y NGC 5426 (abajo), con mapas de la velocidad interna de su gas ionizado desde observaciones con GHaFaS. (a) Mapa del brillo superficial del H $\alpha$  de ambas galaxias, destacando las luminosas regiones HII. (b) Mapa de velocidad de NGC 5426 más el gas detectado arrancado de NGC 5426 durante su previo pasaje detrás de NGC 5427, ahora cayendo sobre la segunda e ionizado por los fotones Lyman escapando de ella.



Curvas de rotación de NGC 5426 (cuyo centro se encuentra en el punto C6) y NGC 5427 (centro en C7), dibujados con el eje de distancia centrado en C6. El viento galáctico de NGC 5427 corresponde al bajón de la curva de rotación a 23 kpc de este centro, en el punto que corresponde a C7.

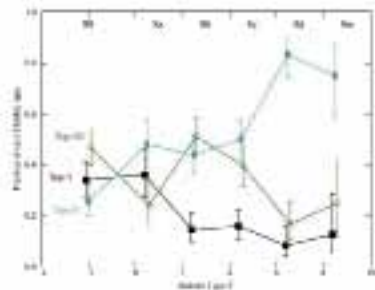


Dibujo conceptual del sistema Arp 271, visto desde un punto distanciado en el eje de rotación de NGC 5427 (izquierda) y desde un punto distanciado en su plano (derecha). La zona del gas en tránsito entre NGC 5426 y NGC 5427 aparece como un grupo de nubes difusas en ambos diagramas.

*La estructura de los discos de galaxias como indicio de su evolución*

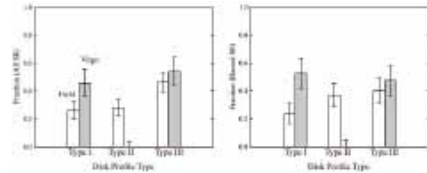
**La distribución global de los perfiles de brillo superficial de una muestra de 187 galaxias en función del tipo morfológico.**

En Gutiérrez et al. (*Astrophysical Journal*, 142,145, 2011) se ha hecho una clasificación definitiva de las galaxias en el parámetro de su perfil radial de brillo, basado en los tres tipos básicos propuestos en Erwin et al. (2008), que son el Tipo I donde el perfil muestra un declive de brillo exponencial simple, el Tipo II donde el perfil se rompe en dos en un radio específico con el gradiente exterior mayor que el gradiente interior, y el Tipo III donde el gradiente exterior es menor que el interior. Resumen de los resultados: en las galaxias con morfologías Hubble tempranas el Tipo II es muy minoritario, y en las morfologías tardías el Tipo II es muy mayoritario; en las tempranas las de Tipo I son las más frecuentes, mientras las de Tipo III tienen una presencia constante a través de todo el rango de morfologías. El grupo está trabajando en modelos de formación y evolución de los discos que puedan explicar estas características.



*Distribución de los tres tipos de perfiles con tipo morfológico Hubble en una muestra de 187 galaxias cercanas. Se ve claramente la predominación de los de Tipo II en las galaxias tardías, y de los Tipo I+Tipo III en las galaxias tempranas.*

con casi 30% de las galaxias del campo. La diferencia se refleja en la proporción de perfiles de Tipo I que son casi dos veces más frecuentes en Virgo que en el campo. La implicación es que la formación de los discos es diferente entre los cúmulos y el campo. Estas observaciones acotan de forma semicuantitativa los modelos de formación de los discos en general.



*Distribución de los tres tipos de perfiles de los discos de las galaxias S0 en dos poblaciones: galaxias del campo y galaxias en el cúmulo de Virgo. Los dos paneles son para todas las galaxias S0 (panel de izquierda) y solamente para las S0 barradas (panel de la derecha).*

El resultado llamativo es la ausencia total de discos con perfiles de Tipo II en Virgo. Este resultado apunta a modos diferentes en la formación y la evolución de los discos en el campo y en el cúmulo.

**FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE GALAXIAS: OBSERVACIONES INFRARROJAS Y EN OTRAS LONGITUDES DE ONDA (311086)**

**I. Pérez Fournon.  
P. Ferrero y P.I. Martínez Navajas.**

Principales colaboraciones internacionales en las que participa el grupo: SWIRE; SERVS; Herschel SPIRE; HerMES; Herschel-ATLAS; SPICA, SAFARI; SDSS-III; BOSS; BigBOSS; CIBO y VISTA VHS.

**Introducción**

El grupo desarrolla varios proyectos extragalácticos en diferentes rangos del espectro electromagnético utilizando satélites espaciales y telescopios en tierra para estudiar la evolución cosmológica de las galaxias y el origen de la actividad nuclear en galaxias activas. Participa también en varios estudios de fuentes explosivas de rayos gamma (GRBs).

**MEMORIA  
2011 IAC**

46 Los resultados expuestos en el párrafo anterior provienen de una muestra de galaxias del campo. Ahora se han obtenido datos similares de las galaxias tempranas (tipo S0) en el cúmulo de Virgo, y comparándolos con los de las del campo encontramos una diferencia clara y significativa (Erwin et al. *Astrophysical Journal Letters*). Resulta que en la muestra del cúmulo de Virgo hay una ausencia total de perfiles de tipo II, es decir de discos truncados, en contraste

Los proyectos principales en 2011 han sido: a) Estudios extragalácticos con el observatorio espacial Herschel en varios “Key Projects” de tiempo garantizado del Consorcio SPIRE, el “Key Project” de tiempo abierto Herschel-ATLAS, y varios proyectos de tiempo abierto OT1 y OT2. b) El Proyecto SERVS (The Spitzer Extragalactic Representative Volume Survey), uno de los grandes proyectos del tipo “Exploratory Science” de Spitzer. c) Observaciones de seguimiento con el telescopio GTC y otros grandes telescopios de galaxias distantes seleccionadas en el infrarrojo y en ondas mm/submm. d) Participación en el desarrollo del instrumento SAFARI, la contribución europea al telescopio espacial infrarrojo japonés SPICA. e) Sloan Digital Sky Survey III. f) Preparación de la contribución del IAC al Proyecto BigBOSS.

## Hitos

En 2011 han continuado 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* (Amblard et al.) sobre el papel que juega la materia oscura en la formación de galaxias y ha determinado la cantidad de materia oscura necesaria en estos procesos.

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 de los proyectos HerMES y Herschel-ATLAS y se ha conseguido tiempo de observación con ALMA para estudios más detallados, de alta resolución angular, en el rango milimétrico.

## Evolución del Proyecto

Las actividades principales del grupo en 2011 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 de 30 m de Pico Veleta como el interferómetro de Plateau de Bure.

La 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 realizaron 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” (cuyo IP es 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 (310192)

**C. Muñoz-Tuñón.**

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

R. Amorín 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-NY, EEUU); Almudena Alonso (IFCA, Cantabria); Clive Tanhunter (Sheffield, Reino Unido), equipo ESTALLIDOS (<http://www.iac.es/project/GEFE/estallidos/>).

MEMORIA  
IAC 2011

47

## Introducción

El Proyecto interno GEFE se encuentra totalmente 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 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 estudia 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 senior del equipo y tiene fines específicos bien definidos, así como tareas y metodología propia 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 una experiencia de más de 10 años estudiando starbursts como equipo coordinado, el grupo analizará 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

Las galaxias extremadamente pobres en metales son objetos muy raros en que universo local, que pueden considerarse como fósiles del universo primitivo. Usando nuestras técnicas automáticas de búsqueda de datos, se encontraron 11 objetos nuevos entre el millón de espectros en SDSS-DR7 (Morales Luis et al. 2011). Representan el 10% del total de todos los conocidos.

Las galaxias nacen y evolucionan de tal forma que su morfología y color no son independientes. Las espirales del universo local son azules y las elípticas rojas. Sin embargo esta relación no es biunívoca, lo que refleja las distintas trayectorias vitales que siguen las galaxias individuales. Sánchez Almeida et al. (2011) cuantifican por primera vez la relación entre color y forma, para que sirva de guía a los modelos de evolución de galaxias.



## Evolución del Proyecto

En relación a la búsqueda y caracterización de las galaxias de baja metalicidad, se han reducido ya todas las observaciones disponibles. Además se ha escrito un programa para la determinación de sus abundancias. Con el esperamos comprobar la baja metalicidad de los candidatos encontrados por Morales Luis et al. (2011), así como explorar la calibración de los índices espectrales que se usan para determinar abundancias en galaxias a alto desplazamiento al rojo.

Después de un análisis cuidadoso, se ha encontrado que las colas que presentan las galaxias de baja metalicidad no parecen orientadas conforme al entorno (Sánchez Almeida et al. Artículo en preparación).

El esfuerzo por desarrollar y explotación herramientas para el análisis de grandes bases de datos ha tenido un número significativo de resultados. Se demostró que los espectros de todas las galaxias forman una secuencia unidimensional, con una bifurcación correspondiente a las galaxias con núcleos activos (Ascasibar y Sánchez Almeida, 2011). Se ha cuantificado por primera vez la relación entre la forma y el color en las galaxias del universo local, parámetros que están relacionados pero no de forma biunívoca (Sánchez Almeida et al 2011). Se estudiaron las relaciones de escala de galaxias elípticas en muestras no contaminadas (Aguerri et al.). La singularidad de este trabajo estriba en el tamaño y la selección de la muestra, en la que sólo intervienen galaxias elípticas rojas seleccionadas a partir de nuestra clasificación espectroscópica (Sánchez Almeida et al. 2010, *Astrophysical Journal*, 714, 487) y morfológica (Huertas-Company et al. 2011). Finalmente se han explorado las propiedades de las galaxias raras que no se ajustan a las clases espectrales de galaxias en el universo local (Sánchez Almeida et al.). Muchas son de las llamadas "green peas", con una tasa de formación extrema en el universo local.

Dos temas periféricos han sido pospuestos de momento por abandono de los estudiantes de DEA involucrados: la calibración de la relación entre la masa del agujero negro central y la masa en galaxias poco masivas, y la caracterización de galaxias en el "green valley", seleccionadas a partir de nuestra clasificación espectral de galaxias.

En relación a los trabajos teóricos de la evolución hidrodinámica de cúmulos masivos y densos se han desarrollado modelos tridimensionales numéricos. A principios de año se llevó a cabo un seminario específico en el IAC con participación de colegas teóricos de Praga y México. El resultado es un artículo publicado en el *Astrophysical Journal* (Wunsch et al. 2011). En los cálculos recuperamos la solución bimodal predicha en anteriores trabajos semianalíticos.

En paralelo se siguen buscando pruebas observacionales de la existencia de una solución bimodal. La aproximación a bajo desplazamiento al rojo la centramos en el análisis de los perfiles de las líneas de emisión medidas en una submuestra de super cúmulos estelares en el centro de M82. Los resultados son muy prometedores. En los cúmulos seleccionados, los perfiles de las líneas de emisión son supersónicos y además requieren de dos perfiles gaussianos para su ajuste, ambos supersónicos a su vez. Estas eran las predicciones de nuestros modelos para la solución bimodal (positive feedback) en cúmulos densos. Además los valores medidos están en el límite inferior de los modelos. Medimos velocidades apenas cien km/s, lo que implicaría un factor de termalización muy bajo, del orden de 0.1. Esto tiene implicaciones de gran impacto. En la práctica significa que de la energía que los modelos clásicos predicen para estos cúmulos, sólo un 10% es depositado en el medio circundante. Creemos que esta puede ser la explicación del núcleo de M82. Sólo si los cúmulos (cerca de 200) del núcleo de la galaxia son menos energético de facto es posible entender, 1) que el número de filamentos del superviento de M82 sea apreciablemente inferior a un

número de SSCs y 2) que pueda haber tanta formación estelar coexistente en áreas tan densas en SSCs. Los resultados tienen más trascendencia de la esperada inicialmente y se espera que sean publicados en 2012.

La búsqueda de cúmulos masivos y compactos a diferentes  $z$  está siendo muy fructífera. En el trabajo de master de R. Hinojosa se ha hecho una búsqueda en la base de datos de COSMOS usando patrones fotométricos de starbursts muy masivos. A continuación el grupo está reanalizando la base de datos centrándonos en aquellos que tienen desplazamiento al rojo espectroscópico ( $z$ -cosmos); así se está calibrando el método puramente fotométrico. Los objetos identificados serán también analizados usando las imágenes disponibles del HST. Los resultados de la búsqueda así como la caracterización morfológica de cada galaxia (ej. masa y número de los starbursts en cada galaxia) será objeto de una publicación en 2012.

El resumen de nuestro trabajo, teórico y observacional de la retroalimentación positiva de la formación estelar, ha sido presentada en el IV Congreso Ciencia con el GTC, celebrado en La Palma en el mes de noviembre (Muñoz-Tuñón et al).

También hay que mencionar que somos parte del grupo científico de MEGARA y que en particular, el tema de la retroalimentación estelar masiva está incluido 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 continuó con el estudio de candidatos a emisores Lymana a  $z=3$ . Se obtuvo tiempo en los telescopios VLT y GTC. Lamentablemente el post-doc a cargo de estos datos acabó su contrato si terminar dos artículos que estaban prácticamente listos. En todo caso, se inició una nueva estrategia en este campo, basada en la

explotación del cartografiado SHARDS para detectar emisores Lymana. Hasta ahora sólo se han utilizado 4 de las 24 imágenes SHARDS. En estas imágenes primeras se ha detectado casi una decena de objetos candidatos que se están caracterizando. Resultados preliminares de este trabajo se han presentado en la conferencia IV Congreso Ciencia con el GTC, celebrado en La Palma en el mes de noviembre (Rodríguez-Espinosa et al.).

## **POBLACIONES ESTELARES EN GALAXIAS (310394)**

**A. Aparicio Juan, S.L. Hidalgo Rodríguez, P.I. Meschin, A. Rosenberg González, R. Carrera Jiménez, A. del Pino Molina, M. Monelli, C. Gallart Gallart y A. Milone.**

J. Alonso, R. Angeloti, M. Catelan, M. Zoccali (PUC, Santiago, Chile); E. Bernard (Edinburg, Reino Unido); R. Buonanno, S. Cassisi (INAF, Italia); L. Carigi (UNAM, México); S. Muarabito (ULL); V. Nascimbeni, G. Piotto (Padua, Italia); I. Saviane (ESO, Chile); E. Pancino (Bologna, Italia); A. Recio Blanco (Niza, Francia); I. San Román, 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 a las Nubes de Magallanes. 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 cinco líneas principales:

### *Galaxias enanas: poblaciones estelares y estructura primordial*

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.

El objetivo de esta línea es la caracterización de la estructura espacio-temporal de las galaxias enanas 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 la formación de estas galaxias. 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. Si la información que se obtiene de las observaciones anteriores se complementa con la obtención de metalicidades espectroscópicas de estrellas RGB usando telescopios del tipo GTC, se obtendría un mapa de abundancias químicas a lo largo de toda la estructura espacial de las galaxias.

### *M33: poblaciones estelares y estructura de una galaxia espiral*

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. Ésta última presenta unas condiciones muy favorables para su estudio en detalle, que es el objetivo de esta línea. 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 en el disco y el halo, incluyendo la relación edad-metalicidad y llegando hasta las regiones más externas de la galaxia. Para ello nos basaremos 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.

### *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, y del estudio de la estructura del halo a través de los cúmulos globulares.

El hecho de que los cúmulos globulares (CG) sean los objetos más viejos del Universo

hace de ellos verdaderos fósiles que contienen información sobre el proceso de formación de la Vía Láctea y, por extensión, de otras grandes galaxias. En este contexto, se ha establecido un grupo internacional (liderado por A. Sarajedini, Univ. de Florida, EEUU) en el que participan miembros del grupo (A. Aparicio, A. Marín Franch y A. Rosenberg). Se está llevando a cabo un ambicioso programa de investigación que está permitiendo la determinación, por primera vez, o con un grado de precisión sin precedentes, de las propiedades de una muestra de 66 CG. Se ha dispuesto para ello de un total de 134 órbitas con la ACS del HST. Las propiedades que se pretende determinar se refieren a las edades relativas y absolutas, función de masas estelares, binariedad, dinámica y cinemática interna de los cúmulos y potencial de la Vía Láctea. El grupo en el IAC se centra en la determinación de edades relativas y absolutas, función de masas y binariedad.

La escala de edades absolutas está siempre afectada de un error de cero dependiente de la calibración y la elección de parámetros internos de los modelos de evolución estelar. Esto hace que sea interesante recurrir a las edades relativas, que proporcionan una medida precisa de la dispersión de edades de los CG en función de metalicidad, posición y otros parámetros. La dispersión de edades da información sobre el proceso de formación de la Vía Láctea que, a su vez, está estrechamente relacionado con las condiciones iniciales del Universo que dieron lugar a la formación de estructuras. La determinación de las edades requiere de la correcta localización del “turn-off” en el DCM de cada CG, para lo que resulta imprescindible disponer de una muestra homogénea. Rosenberg et al. (1999, *Astrophysical Journal* 118, 2306) dedicaron el mayor esfuerzo en este campo, presentando un catálogo homogéneo de 52 CG cercanos observados desde tierra. Este trabajo dio al grupo del IAC-Padua el liderazgo en este tema, extendido recientemente con una nueva publicación (De Angelis et al 2005) en la que se aumenta la muestra, especialmente en el rango de alta metalicidad y las medidas

(procedentes de observaciones “snap-shot” con la WFPC2 del HST) se extienden a 55 cúmulos. Los trabajos del grupo han mostrado que la Vía Láctea, al menos es su parte central e intermedia, se formó mediante un proceso rápido similar al que se observaría en un colapso monolítico (una sola edad, Eggen et al. 1962), y en contra de lo que resultaría de un proceso de “acreción” generalizada (amplio rango de edades, Searle & Zinn 1978). Sin embargo, queda aún mucho trabajo por hacer, en particular por lo que se refiere a las propiedades de los distintos grupos de metalicidad y de los cúmulos del halo más externo (ej. Zinn 1996; Bellazzini et al. 2003).

Observaciones de los CG usando el HST muestran que muchos de ellos contienen evidencias de poblaciones estelares de diferente edad y metalicidad. Por ejemplo,  $\omega$ Cen y NGC 2808 contienen múltiples secuencias principales (Piotto 2009). 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). Las poblaciones con mayor abundancias químicas se encuentran más concentradas hacia el centro. Estos resultados pueden arrojar luz sobre el escenario de formación de los CG y, en última instancia, sobre la formación misma de la Vía Láctea.

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 Gaño y visibles desde el Hemisferio Norte. Además, en colaboración con investigadores del Max-Planck Institute für 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 Gaño, 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 darán 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.

#### *Diagrama color-magnitud sintético y síntesis de poblaciones*

Una herramienta fundamental en el estudio de las poblaciones estelares en galaxias la constituyen los diferentes algoritmos de cálculo de poblaciones sintéticas. En particular, el DCM sintético es la herramienta más poderosa para el análisis de las galaxias más cercanas, donde las estrellas individuales son resolubles. En este caso, el DCM, constituye un auténtico registro

fósil de la historia de la formación estelar de la galaxia. Para galaxias más lejanas, en las que las estrellas no son ya resolubles, sólo se puede obtener información de la luz integrada, que puede analizarse mediante fotometría o espectroscopia.

Se han desarrollado una serie de herramientas de cálculo de poblaciones sintéticas, básicamente constituida por dos elementos: cálculo de diagramas color-magnitud sintéticos para cualquier batería de parámetros de entrada (IAC-star), y resolución de la historia de la formación estelar mediante diagramas color-magnitud, basada en un algoritmo genético (IAC-pop/MinnIAC). Un tercer elemento, es una librería de síntesis de poblaciones estelares para fluctuaciones de brillo superficial. Para poblaciones no resueltas, esta última constituye una alternativa muy interesante a la síntesis de poblaciones fotométrica habitual porque rompe parcialmente la degeneración edad-metalicidad.

Los patrones químicos peculiares que muestran la gran mayoría de los Cúmulos Globulares (ej. las abundancias de CNO) pueden tener un gran impacto, aún no plenamente conocido, sobre varias bandas fotométricas. Dentro de esta línea se ha iniciado un proyecto con el objetivo de realizar un profundo análisis de este comportamiento. Este análisis requerirá el cálculo de varios modelos de evolución estelar que den cuenta tanto de los patrones de metalicidad específicos como de los modelos de atmósferas apropiados. El objetivo es comprobar el impacto de estas peculiaridades químicas de los Cúmulos Globulares en el diagrama color-magnitud observado.

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. En este sentido, el grupo comenzará a implementar en IAC-star las escalas de color y temperatura efectiva y las correcciones bolométricas necesarias para incorporar el sistema fotométrico de GAIA.

## Hitos

Se ha realizado el primer estudio de las estrellas Blue Stragglers en dos galaxias externas al sistema de la Vía Láctea, las dos galaxias esferoidales aisladas Cetus y Tucana (M. Monelli y LCID team).

A través del estudio de más de 600 estrellas variables de RR Lyrae, se han investigado las propiedades de la población vieja de la galaxia Cetus. No se ha encontrado ningún gradiente significativo en una fracción significativa del cuerpo de la galaxia (M. Monelli, E. Bernard).

Se ha encontrado que la galaxia enana de LGS-3 formó el 90% de sus estrellas en un episodio inicial de formación estelar de aproximadamente 1,4 Gaños de duración que ocurrió hace unos 11,7 Gaños. La mayoría de las estrellas de LGS-3 se formaron después de la época de reionización mostrando que para galaxias de esta masa la reionización no tuvo un efecto evidente sobre la formación estelar (S.L. Hidalgo y LCID team).

Se ha encontrado que en las galaxias enanas LGS-3, Cetus y Tucana, la distribución de poblaciones estelares en función del radio depende de la edad de las estrellas. Las estrellas más jóvenes se encuentran más concentradas hacia el centro que las estrellas más viejas, que se encuentran a cualquier distancia del centro. El perfil de densidad radial de la distribución estelar también depende de la edad: es exponencial para las estrellas más jóvenes y más plano en el centro para las estrellas más viejas. (S.L. Hidalgo y LCID team).

En colaboración con A. Monachesi, se ha detectado por primera vez de forma inequívoca estrellas más jóvenes que 2 mil millones de años en la galaxia enana elíptica M32.

Se ha encontrado que la parte externa del disco de la Nube Grande de Magallanes (hasta 10 kpc) se ha formado de fuera a dentro, mientras que los modelos sugieren que debería haberse formado de dentro a fuera. No se han encontrado indicios de la existencia de un halo (R. Carrera, C. Gallart, A. Aparicio).

Se han obtenido abundancias químicas en estrellas de 4 cúmulos abiertos de la Vía Láctea: Berkeley 32, NGC 752, Hyades y Pesebre. Tendencias de las abundancias de [Fe/H] en el disco galáctico en función del radio, edad y altura han sido estudiadas con estos resultados y otros disponibles en la literatura, encontrando indicios de aplanamiento a grandes distancias, y edades jóvenes y una disminución con la altura (R. Carrera).

Se ha encontrado una anti-correlación entre la fracción de estrellas binarias de los cúmulos globulares y la masa de éstos mediante el estudio de 60 cúmulos globulares usando el HST (A. Milone).

Por primera vez se han caracterizado fotométrica y espectroscópicamente las multipoblaciones estelares de los cúmulos globulares 47 Tuc y NGC 6397 (A. Milone).

Se ha demostrado una relación entre la morfología de la rama horizontal del diagrama color-magnitud de los cúmulos globulares con la presencia de diferentes poblaciones estelares, dando así una explicación simple al problema del segundo parámetro en los cúmulos globulares (A. Milone).

## Evolución del Proyecto

Se ha terminado y publicado el análisis de las estrellas Blue Stragglers de las galaxias esferoidales aisladas Cetus y Tucana, en el marco del Proyecto LCID. Se confirman los resultados de trabajos previos basados en la derivación de la historia de formación estelar de estas dos galaxias. Se confirma que ambas no han formado estrellas durante los últimos 8 Gaños lo que indica que son dos galaxias puramente viejas sin evidencia de población de edad intermedia. Además,

se demuestra que las Blue Stragglers se han originado como evolución de sistemas binarios.

Se ha terminado el análisis de datos de gran campo de la galaxia Cetus, obtenidos con el telescopio ESO/VLT. Se han encontrado 639 estrellas variables, la gran mayoría de ellas (631) son RR-Lyrae. Se ha realizado un análisis comparativo con las propiedades de la galaxia Tucana, demostrando que las propiedades de las variables (periodo, magnitud media, amplitud) indican que se formaron de una población homogénea, mientras que en Tucana hubo una evolución muy rápida durante las primeras fases de vida de la galaxia, lo cual se refleja en una doble población de RR-Lyrae.

Se ha realizado un estudio de las variables Ceféidas Anómalas de la Gran Nube de Magallanes basada en el archivo público de la Survey OGLE III. El muestreo de estrellas, 83, es el más grande actualmente existente para este grupo de variables. El análisis realizado demuestra que la mayoría de ellas son compatibles con ser estrellas de edad intermedia, pero una fracción tiene que descender de binarias pobres en metal pertenecientes a la población más vieja de la galaxia.

Dentro de la línea de multipoblaciones estelares en cúmulos globulares, se ha estudiado por primera vez la función de masas de tres poblaciones estelares pertenecientes al cúmulo globular NGC 2808. Para ello se han usado datos de la zona del diagrama color-magnitud por debajo del turn-off correspondiente a las estrellas de muy baja masa. Este estudio ha dado lugar a un artículo en *Astronomy & Astrophysics*.

Se ha estudiado la población de estrellas binarias en unos 60 cúmulos globulares. Este estudio forma parte de nuestra colaboración en el proyecto "Treasury Project on Globular Clusters". Se ha medido la reacción de estrellas binarias con respecto a las estrellas en la secuencia principal. Se ha descubierto una anticorrelación entre la fracción de binarias en un cúmulo y la masa de éste.

El trabajo ha sido publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics*.

Usando un análisis multibanda de los cúmulos globulares 47 Tuc y NGC 6397 se han caracterizado fotométrica y espectroscópicamente las multipoblaciones estelares a lo largo de todo el diagrama color-magnitud. Este trabajo ha dado lugar a dos artículos en *Astrophysical Journal*.

Se han analizado espectros de estrellas de la rama horizontal pertenecientes a 47 Tuc y NGC 6752 encontrándose que las diferencias morfológicas en la rama horizontal se deben a la presencia de diferentes poblaciones estelares. Este resultado provee una explicación simple al viejo problema del segundo parámetro en la morfología de la rama horizontal.

Se ha empezado un trabajo pionero de análisis del fenómeno de las multipoblaciones en los cúmulos globulares basado en la derivación de sus historia de formación estelar utilizando el código IAC-pop/MinnIAC. El primer cúmulo investigado, NGC 1846, es un cúmulo joven de la Gran Nube de Magallanes. Se ha derivado la historia de formación estelar, encontrando que la formación de este cúmulo duró casi 300 millones de años.

Se han realizado observaciones de 15 cúmulos globulares galácticos, utilizando la cámara de gran campo del telescopio INT en La Palma. Este ha sido el primer paso para obtener una muestra homogénea de fotometría multibanda para estudiar el fenómeno de las poblaciones múltiples.

Se ha publicado la historia de formación estelar de LGS-3 dentro del Proyecto LCID. Los resultados sugieren que LGS-3 formó el 90% de sus estrellas en el primer episodio de formación estelar con una duración aproximada de 1,4 Gaños. El bajo enriquecimiento químico durante este primer episodio de formación estelar y un rápido enriquecimiento posterior sugiere que LGS-3 formó estrellas inicialmente con gas fresco, poco enriquecido. Posteriormente, cuando este gas fresco se agotó, LGS-3

siguió formando estrellas a partir de gas enriquecido pero a un ritmo muy inferior.

Se ha completado el estudio de los gradientes de población estelar de las galaxias enanas LGS-3, Cetus y Tucana. No parece que la reionización afectara a la formación estelar temprana en ninguna región de la galaxia. Los resultados indican que existe una relación entre la edad de las estrellas y su radio del core: aquellas estrellas más viejas tienen un perfil radial de densidad más plano en el centro que las más jóvenes cuyo perfil radial sigue una exponencial a todos los radios. Hay indicaciones de que aquellas galaxias que tuvieron un brote de formación estelar relativamente importante antes de la reionización, no formaron estrellas de forma continuada después. Este resultado apuntaría a que es necesario que las supernovas diluyan suficientemente el gas previamente a la reionización para que ésta tenga un efecto crucial en las galaxias de este tipo, parando la formación estelar completamente.

Se ha iniciado una colaboración con el Departamento de Astronomía y Meteorología de la Univ. de Barcelona (UB) en el marco de la misión GAIA. GAIA es una misión, prevista para el 2013, que obtendrá un mapa tridimensional del 1% de las estrellas de la Vía Láctea. Observará las estrellas en banda ancha y en baja resolución espectroscópica. Nuestra colaboración con la UB se encuadra en el uso del software desarrollado por el grupo para ayudar a interpretar la historia de formación estelar en el entorno solar usando los datos que proporcionará GAIA.

En septiembre se observaron estándares en el CTIO, en Chile, para la calibración de los datos de la Nube Pequeña de Magallanes obtenidos en la campaña del 2010 en el mismo Observatorio.

En colaboración con B. Aquino (Inst. Leibniz de Astrofísica de Postdam, Alemania) se ha iniciado un estudio de los datos del satélite Hipparcos con objeto de establecer si es posible obtener la historia de formación estelar en el entorno solar.

En colaboración con A. Monachesi (Univ. de Groningen, Alemania) se ha completado y aceptado para su publicación en 2012, la primera historia de formación estelar de la galaxia M32. Por primera vez se han detectado de forma inequívoca estrellas más jóvenes que 2 mil millones de años y que el 55% de la masa estelar de M32 se formó hace más de 5 mil millones de años.

Se ha iniciado una colaboración con N. Arimoto (Obs. Astronómico Nacional de Japón) y S. Okamoto (Univ. de Pekín, China) para obtener la historia de formación estelar de 4 galaxias: Bootes, Draco, Hércules y Ursa Minor usando datos del telescopio Subaru.

Se ha iniciado una colaboración con V. Vanssevicius, D. Narbutis y T. Mineikis (Obs. Astronómico de la Univ. de Vilna, Lituania) para aplicar nuestros códigos de obtención de la historia de formación estelar a datos de M31.

Se ha extendido el estudio del disco de la Nube Grande de Magallanes a regiones más externas hasta 10 kpc. Los resultados obtenidos sugieren que el disco se ha formado de fuera hacia dentro en contra de las predicciones teóricas que sugieren que debería haberse formado de dentro a fuera.

Se han obtenido espectros de resolución intermedia para una muestra de 3.500 estrellas de la Pequeña Nube de Magallanes con el telescopio Anglo-Australiano. El análisis de estos datos permitirá conocer con un detalle sin precedentes la cinemática y distribución de metales en función del radio de esta Galaxia. Este trabajo forma parte

Se ha iniciado una colaboración con la UB y la UNAM (México) para usar los datos proporcionados por la misión GAIA para descubrir galaxias ultradébiles. Estas galaxias han sido descubiertas recientemente usando principalmente los datos del Sloan Digital Sky Survey (SDSS). Son galaxias con muy bajo brillo superficial y con muy pocas estrellas. Se han detectado a distancias de entre 20 y 200 Kpc. El objetivo de esta colaboración es preparar un procedimiento para detectar estas galaxias de entre el petabyte de datos que proporcionará GAIA.



de una colaboración con D. Hazidimitriou (Univ. de Atenas, Grecia) y C. Parisi (Univ. de Córdoba, Argentina).

Se han obtenido 43 horas de observación con FLAMES en uno de los telescopios VLT para obtener espectros de alta resolución en estrellas a distintas distancias galactocéntricas. Estos datos servirán para estudiar las abundancias químicas en función del radio. Este trabajo se realizará en colaboración con V. Hill y M. Van der Swaelmen (Obs. de la Costa Azul, Francia), F. Primas (ESO), A. Mucciarelli y D. Romano (Univ. de Bolonia, Italia) y E. Pancino (Obs. Astronómico de Bolonia, Italia).

Se han obtenido abundancias químicas para 4 cúmulos abiertos de la Vía Láctea. Estas medidas junto con otras disponibles en la literatura se han utilizado para estudiar la composición química del disco de la Vía Láctea.

Se ha retomado el proyecto de obtener un catálogo homogéneo de diagramas color magnitud de cúmulos abiertos más viejos de 1 Ga de la Vía Láctea. Hasta el momento se han observado 50 cúmulos con el telescopio INT y se han obtenido 4 noches más para principios de 2012 que permitirán completar esta muestra. Además, se ha obtenido tiempo en el telescopio 2,2 m de La Silla (Chile) para completar esta muestra con cúmulos visibles desde el Hemisferio Sur. Este tiempo corresponde a tiempo garantizado del Instituto Max-Planck (Alemania) a través de una colaboración con N. Noël y B. Conn de esta institución.

## **ESPECTROSCOPIA BIDIMENSIONAL CON FIBRAS ÓPTICAS DE GALAXIAS ACTIVAS (310494)**

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

### **Introducción**

El primer objetivo de este Proyecto es el estudio de la cinemática y de las

condiciones físicas que afectan al gas y a las estrellas en las regiones centrales de galaxias. La muestra de galaxias se ha ido extendiendo progresivamente. En la actualidad incluye objetos muy activos (QSOs, Seyferts), de actividad intermedia y baja (LINERS, starburst), y objetos no considerados habitualmente como activos (galaxias de tipo temprano y bulbos de espirales). También se están colaborando en el estudio de las propiedades de las galaxias infrarrojas ultraluminosas y de las galaxias compactas azules (BCD). En la actualidad, el grupo participa activamente en el cartografiado CALIFA. Además de aplicaciones en Astrofísica extragaláctica, también se colabora en aplicaciones de la espectroscopia de campo integral al estudio de objetos de nuestra Galaxia (ej. objetos HHs) e incluso a la observación de tránsitos en el Sistema Solar.

Estos estudios se fundamentan en el uso de una nueva técnica experimental basada en la utilización de fibras ópticas, que permite obtener espectros distribuidos en 2D. Para el desarrollo de esta técnica, en la que el IAC ha sido pionero, se han construido varios instrumentos que operan en los telescopios del ORM (HEXAFLEX, 2D-FIS, HEXAFLEX-II e INTEGRAL) y se sigue participando en el diseño de nuevos instrumentos, como HARMONI para el telescopio E-ELT o EDIFISE (telescopio WHT).

### **Evolución del Proyecto**

Durante este año la actividad que ha dominado el Proyecto ha sido la participación en HARMONI. A principios de 2011 se asistió a la reunión del Consorcio en la sede de la ESO en Garching (Alemania) para conocer el estado actual del E-ELT y de su instrumentación y para planificar los siguientes pasos del Proyecto. Entre estos pasos está la "Delta Phase A" de refinamiento de algunos sub-sistemas entre los que se encuentra el cambiador de escala ("scale-changer") diseñado por el IAC. Otra actividad importante relativa a HARMONI ha sido la definición de la participación española en el Consorcio que ha llevado a la preparación de un proyecto coordinado

en el que se integran las dos instituciones españolas, CSIC-CAB e IAC, que participan en HARMONI. Paralelamente, en el IAC se ha estudiado a fondo la futura implicación del Instituto en HARMONI. A la espera de la negociación con el resto de los miembros del Consorcio que debería mantenerse a lo largo de 2012 (y con ESO a principios de 2013), el IAC se hará cargo de varios subsistemas de la pre-óptica (“K-mirror”, “Input Select”, “FPMW”, “scale changer”) y liderará la electrónica de control.

Por otro lado, durante 2011 se ha continuado con la aplicación de la espectroscopia de campo integral al estudio de objetos Herbig-Haro en colaboración con la UB, en concreto, estudiando las condiciones físicas y cinemáticas del objeto HH223.

Se ha participado también en el desarrollo del instrumento ESTRANGIS, instrumento de bajo coste para la observación del tránsito de Venus frente al Sol que tendrá lugar en junio de 2012 y que está constituido por dos unidades de campo integral con fibras que alimentarán un espectrógrafo visible y un monocromador infrarrojo.

Además, el grupo participa en el Proyecto CALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Spectroscopy Area Survey), tanto en aspectos técnicos como científicos. Durante 2011, participamos en la “primera reunión de trabajo de CALIFA” celebrada en Almería del 11 al 15 de abril y colaboramos en la celebración de la “Segunda semana de trabajo de CALIFA” que se celebró en el IAC la última semana de noviembre.

## 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. El grupo ha utilizado la combinación de datos propios, más profundos, con los catálogos públicos (DENIS, 2MASS, UKIDSS/GPS en infrarrojo cercano o SDSS en visible), que ofrecen una mayor cobertura espacial a los 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, ej. 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.

## MORFOLOGÍA Y DINÁMICA DE LA VÍA LÁCTEA (310594)

**M. López Corredoira.**

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

P.L. Hammersley (ESO, Alemania); C. González Fernández (Univ. de Alicante); B. Vicente (IAA); E. B. Amôres (LNA, Itajubá, Brasil); D. Minniti (Univ. Católica, Chile).

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 del 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 (en el Plano galáctico no se detectarán objetos en cantidad suficiente más allá de 3 Kpc del Sol) 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 complementar los resultados de la misión, y el grupo participa en “The GAIA-ESO Survey: Galactic Astrophysics via VISTA Imaging, GAIA Astrometry, and Eso Spectroscopy”.

## Hitos

Se ha publicado un artículo (Hammersley & López-Corredoira 2011) que hace tambalear o incluso considerar falso uno de los resultados sobre estructura galáctica más destacados de la última década: la existencia de una corriente estelar (stream) “de Monoceros” a unos 20 kpc del centro galáctico y rodeando toda la Galaxia cerca del plano, como hipotético producto de la canibalización de una galaxia enana por parte de nuestra Galaxia. Nuestros cálculos apuntan a que los grupos que anunciaron tal descubrimiento no han considerado apropiadamente las incertidumbres en

los modelos del disco externo, y que un ensanchamiento del disco grueso, algo bien posible dentro de lo que conocemos de la Vía Láctea, puede reproducir las observaciones realizadas sin necesidad de elementos extragalácticos.

## Evolución del Proyecto

El Proyecto ha continuado su evolución durante 2011. No obstante, la producción de artículos dentro de la temática del mismo no ha sido muy amplia, dada la dedicación de F. Garzón, A. Cabrera y N. Castro-Rodríguez a proyectos relacionados con el telescopio GTC y sus instrumentos OSIRIS (en funcionamiento, en el caso del A. Cabrera) o EMIR (en desarrollo), dada la dedicación de T. Mahoney fundamentalmente como editor de lenguaje en el IAC, y el hecho de que P. Compere ha dedicado una buena parte de su tiempo a los cursos de Máster.

Sin embargo, se ha avanzado en la consecución de algunos objetivos que se describen a continuación.

**GAIA:** participación en la reunión que tuvo lugar en Santillana del Mar 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.

**Dinámica de dos barras:** se ha definido un formalismo analítico para describir el problema de dos barras aisladas e implementado un código para resolver las ecuaciones de movimiento resultante. A partir de ahí, se ha seguido la evolución del sistema bajo diferentes condiciones iniciales. El primer artículo sobre el tema ya ha sido enviado.

**VISTA Survey:** participación en los artículos sobre el cartografiado en infrarrojo del Hemisferio Sur. Colaboración con otros autores, principalmente E. Amôres, D. Minniti y C. González-Fernández, en la explotación de los datos del cartografiado VISTA-VVV para analizar la barra larga de nuestra Galaxia.

## EVOLUCIÓN DE GALAXIAS EN CÚMULOS (3I2404)

J.A. López Aguerri.

C. Muñoz-Tuñón, R. Barrena Delgado, J. Méndez Abreu, C. González García y S. Zarattini.

E.M. Corsini (Univ. de Padua, Italia); J.M. Vilchez, 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 Bailón (UNAM, México); M. de Santos Ello (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).

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

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

reservas de gas existentes en los halos de galaxias espirales, de esta manera, se frena la retroalimentación de gas en los discos frenando la formación estelar y convirtiendo las galaxias espirales en lenticulares.

Todos estos mecanismos provocan transformaciones morfológicas en las galaxias. El objetivo de este Proyecto es estudiar la formación y evolución de las galaxias en estos entornos densos. Se pretende entender en 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 una 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 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 esta al 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 ha obtenido financiación por parte del Gobierno de Canarias para el Proyecto “Formación y evolución de grupos fósiles” en el trienio 2010-2013.

## Hitos

*RXJ105453.3+552102 un cúmulo de galaxias muy masivo y relajado a desplazamiento al rojo intermedio*

Durante el año 2011 se publicaron los primeros resultados del Proyecto “Fossil Groups Origins” (FOGO). Se han estudiado las propiedades dinámicas del grupo fósil RX J105453.3+552102 situado a  $z=0.47$ . Este sistema de galaxias muestra una gran dispersión de velocidades ( $\sigma=1000$  km/s). Asumiendo un estado de equilibrio dinámico, se estimó que la masa virial de este sistema es de  $M(<R_{200})=1.1 \times 10^{15} h^{-170} M_{\text{solar}}$ . No se encontró evidencias de subestructura dinámica en un radio de 1,4 Mpc alrededor de la galaxia más brillante del cúmulo (BCG). Sin embargo, se encontró una significativa no gaussianidad de las velocidades de las galaxias del cúmulo situadas en las regiones más externas del mismo. Esto podría indicar la presencia de órbitas radiales en las galaxias de estas partes externas, siendo la primera vez que se descubren este tipo de órbitas en las galaxias pertenecientes a grupos fósiles. La función de luminosidad de las galaxias del cúmulo resultó ser bimodal mostrando una carencia de galaxias de magnitud  $M_r=-19,5$ . La galaxia más brillante de esta estructura presenta una distribución de brillo superficial compatible con un modelo de Sersic con  $n=2$  más típico de galaxias tipo disco que de galaxias elípticas brillantes. Por todo ello se puede concluir que este sistema de galaxias es un sistema masivo, viejo y relajado con poca caída de galaxias con luminosidades  $L^*$  desde su origen. Una de las peculiaridades más importantes de este cúmulo fósil de galaxias es su gran masa y su estado de relajación. Es un cúmulo tan masivo como el cúmulo cercano de Coma pero situado a  $z=0,47$  y totalmente relajado. Estas características son las que hacen que este sistema sea único. Si en el futuro aparecieran más sistemas tan masivos y relajados a redshift medio-alto, podrían poner en tela de juicio las teorías actuales de la formación de estructuras.

Este resultado ha sido el primero publicado dentro de la colaboración del Proyecto “Fossil Group Origins” (FOGO): “Fossil

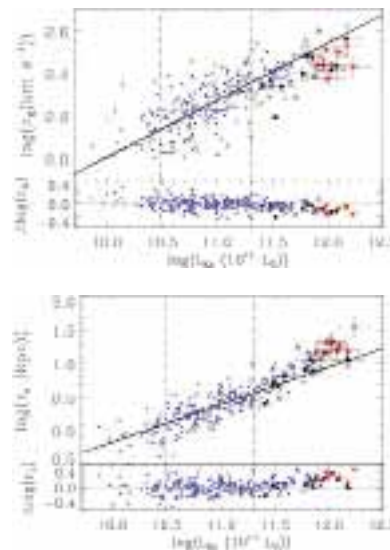
groups origins. I. RX J105453.3+552102 a very massive and relaxed system at  $z \sim 0.5$ " Aguerri et al. 2011, *Astronomy & Astrophysics*, 527, 143.

*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. Estas galaxias tan masivas y brillantes son los laboratorios ideales para estudiar el ensamblaje de la masa en cúmulos y grupos de galaxias. Se ha analizado las propiedades fotométricas y estructurales de una muestra de 20 BCGs presentes en grupos fósiles para entender los mecanismos que han dado lugar a estos sistemas. Esta muestra representa la muestra más grande y homogénea de galaxias de este tipo que se puede encontrar en la actual literatura científica. Se han estudiado las relaciones de escala de este tipo de galaxias y se compararon con las relaciones de escala de galaxias elípticas normales situadas en grupos y cúmulos no fósiles. Las galaxias BCGs que se estudiaron resultaron ser una submuestra de las galaxias más brillantes y masivas que se conocen en el Universo. Se encontró que las BCGs en grupos fósiles tienen relaciones de escala similares a las de galaxias brillantes elípticas que están en grupos no fósiles. Así, las galaxias de los grupos fósiles están situadas en el mismo plano fundamental. Sin embargo, también tienen propiedades diferentes. Por ejemplo, la elipticidad de las galaxias brillantes de grupos fósiles crece continuamente con el radio. Además, las relaciones de masa-tamaño y Faber-Jackson son diferentes que las descritas por galaxias elípticas de menos masa situadas en cúmulos no fósiles. Estas diferencias en las propiedades de las galaxias se pueden interpretar en términos de que han tenido diferentes procesos de formación y/o evolutivos. Así se sugirió que sólo mediante fusiones de galaxias cuyos progenitores tengan poca fracción de gas se podrían explicar dichas diferencias en las relaciones de escala. Este resultado

contradice otros obtenidos en el pasado sobre este tipo de galaxias pero inferidos a partir de muestras mucho menores que la que se ha presentado.

Este resultado ha sido publicado dentro de la colaboración FOGO: "Fossil group origins. II. Unveiling the formation of the brightest group galaxies through their scaling relations" Méndez-Abreu et al. 2012, *Astronomy & Astrophysics*, 537, 25.



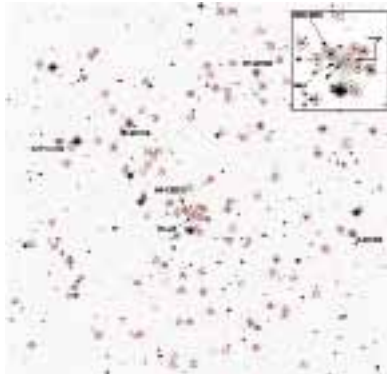
Relaciones luminosidad-tamaño (abajo) y relación Faber-Jackson (arriba) de las galaxias más brillantes en grupos fósiles (estrellas rojas y puntos negros) y elípticas de comparación en grupos y cúmulos no fósiles de la muestra de Pahre et al. (1998; puntos azules). Las líneas continuas representan los mejores ajustes de las relaciones en el rango:  $3 \times 10^{10} < L_{Ks}/L_{sol} < 2 \times 10^{11}$  como hizo Bernardi et al. (2011). Las estrellas rojas y los puntos negros representan galaxias con elipticidades mayores y menores que 0,3, respectivamente. Los paneles inferiores representan los residuos respecto a los ajustes lineales.

*Clasificación morfológica de las galaxias de SDSS-DR7*

Se ha realizado una clasificación morfológica automática en 4 tipos (E, S0, Sab, Scd) de 700.000 galaxias del catálogo espectroscópico de SDSS-DR7. Esta clasificación se realizó mediante algoritmos de clasificación denominados SVM. La novedad de esta clasificación es su base bayesiana. Así, a cada galaxia del catálogo se le asignó una probabilidad de pertenecer a cada una de las cuatro clases morfológicas en las que se clasificaron las galaxias. Este tipo de clasificación se adapta mejor a lo que

en realidad ocurre en la naturaleza donde las diferentes clases morfológicas presentan una transición continua de una a otra. El algoritmo fue entrenado con una muestra de galaxias cercanas con clasificación visual precisa. Los resultados se compararon con otras clasificaciones visuales como las realizadas por Galazy-Zoo, encontrando una muy buena correlación entre la clasificación automática y las clasificaciones visuales. Este catálogo será muy útil para muchos proyectos sobre evolución de galaxias y además lo se ha hecho público vía una página Web y mediante el CasJobs de la base de datos de SDSS.

*Abell 545: un caso ideal para estudiar la formación de las galaxias centrales de los cúmulos*



*Imagen en r del INT de Abell 545.  
Círculos y cuadrados representan galaxias confirmadas como miembros y no miembros del cúmulo, respectivamente.*

Se estudio la dinámica interna del cúmulo A545, el cual tiene emisión extensa en radio. Además, este cúmulo resulto ser especial debido a que presenta en su centro luz intracumular difusa y de color rojo, presumiblemente formada por una población estelar vieja y metálica. El análisis que se realizó se basó en 95 velocidades radiales de galaxias pertenecientes al cúmulo observadas con el telescopio TNG. Se estimó que el cúmulo se encuentra a  $z=0,158$ , sus galaxias presentan una dispersión de velocidades de 1.200 km/s y su medio intracumular tiene una temperatura de  $kT_X=8$  keV. El análisis realizado desveló la presencia de subestructuras, las imágenes ópticas revelaron la presencia de tres subgrupos de galaxias. Este cúmulo

no presenta una galaxia central dominante en el centro del mismo. Al contrario, las cuatro galaxias más brillantes del cúmulo se encuentran situadas fuera del centro. Dos de ellas están asociadas a dos de las subestructuras que se detectaron. El centro del cúmulo está ocupado por un halo de luz difusa la cual se encuentra al mismo desplazamiento al rojo que el cúmulo. En la región de la luz difusa se encuentran la galaxia más brillante y una galaxia elíptica compacta (tipo M32).

Los datos observacionales mostrados anteriormente revelan que A545 es un cúmulo masivo, con una dinámica compleja, con procesos de fusión activos ocurriendo a lo largo de dos direcciones. Este cúmulo reporta otra prueba en favor sobre la conexión entre procesos de fusiones y presencia de emisión radio difusa. La luz intracumular central está posiblemente relacionada con los procesos de formación de la galaxia central del cúmulo. Abell 545 representa un caso prototipo de un cúmulo donde estudiar los procesos de formación de las centrales de los cúmulos. Estos resultados se han publicado en R. Barrena et al., 2011, *Astronomy & Astrophysics*, 529, 16.

## **Evolución del Proyecto**

Durante el año 2011, continuando con la línea principal de investigación de este Proyecto, se han investigado varios aspectos referentes a la evolución de las galaxias en entornos de alta densidad. Las funciones de luminosidad de las galaxias de campo y las localizadas en cúmulos presentan importantes diferencias en sus extremos de luminosidad/masa. Son las galaxias muy masivas o las más enanas las que marcan la diferencia entre las poblaciones de galaxias en cúmulos y en campo. Por ello, durante los últimos años nuestro estudio se ha centrado en este tipo de galaxias con el fin de entender el origen y evolución de las galaxias en entornos de alta densidad. En particular, se ha estudiado la influencia del entorno en varios aspectos de las galaxias enanas. También se ha investigado los mecanismos de crecimiento de las galaxias



centrales de los cúmulos en los últimos 6 Gyr. Por último, ha continuado el estudio de entornos de galaxias especiales tales como: los grupos y cúmulos fósiles y los cúmulos con emisión extensa en radio y rayos-X. Estos sistemas representan casos extremos de la formación de estructuras en el Universo. A continuación, se presentan los resultados que se han obtenido durante el 2011 en estos diferentes aspectos.

#### *Galaxias enanas: cúmulos globulares como trazadores de su origen*

Las galaxias enanas son las galaxias más abundantes del Universo. En particular, las llamadas galaxias enanas rojas (dEs) se encuentran localizadas principalmente en entornos de alta densidad de galaxias (Binggeli et al. 1985). Existe un debate abierto sobre el origen de estas galaxias. No se tiene aun claro si las galaxias enanas que observamos en los cúmulos de galaxias son objetos primordiales que han vivido en los cúmulos 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 estos mecanismos y los diferentes tiempo de escala de los mismos hacen muy difícil discernir cual de los posibles mecanismos es el principal causante de la evolución.

Durante los últimos dos años, el grupo ha estudiado diversas propiedades de las galaxias enanas presentes en cúmulos para determinar su origen. En particular, durante 2010 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 es debido 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 (Sánchez-Janssen et al. 2010). 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. Esta masa límite apenas depende del entorno (Méndez-Abreu et al. 2010). Durante 2011 se han estado investigando otros observables que pudieran depender más del entorno donde están presentes las galaxias enanas y servir para determinar su origen. En particular, se han estudiado las propiedades del sistema de cúmulos globulares presentes en galaxias enanas. Esta es una nueva línea de investigación que se ha abierto en el Proyecto que continuará durante los próximos años.

Los cúmulos globulares son sistemas estelares que están presentes en las galaxias de todos los tipos morfológicos independientemente de su luminosidad o contenido en gas. La universalidad de estos sistemas los convierte en herramientas potentes para el estudio de la formación estelar y procesos de ensamblaje de masa en galaxias cercanas. Esto es debido a que los cúmulos globulares presentes hoy en día en las galaxias contienen un registro fósil de su historia evolutiva. Esto ha hecho que los cúmulos globulares hayan sido usados como trazadores para discernir los mecanismos de formación y evolución de las galaxias, incluidos efectos del entorno (Aragón-Salamanca et al. 2006 y Coenda et al. 2009). Durante 2011, el grupo ha comparó las propiedades de los cúmulos globulares presentes en galaxias dEs del cúmulo de Virgo con las propiedades de los cúmulos globulares de sus posibles progenitores. Se han asumido modelos simples de interacciones gravitacionales e hidrodinámicas para ver si dichos procesos podían explicar las diferencias en las propiedades de los cúmulos globulares observadas entre las dEs y las galaxias progenitoras.

Para realizar este estudio, se compilaron datos de cúmulos globulares de galaxias

presentes en cúmulos y en campo de diversas fuentes de la literatura científica. Esto llevo a que recopiláramos una de las muestras más homogéneas y robustas que hay en la literatura sobre este campo. Es bien sabido que la frecuencia específica de cúmulos globulares (TN) depende fuertemente de la masa de las galaxias. Así, la función TN frente a masa tiene una característica forma de U, siendo constante para galaxias con masas  $10^{10}$ - $10^{11}$  y presentado valores más elevados en ambos extremos de la función de masa. Asumiendo que el origen de las galaxias enanas presentes en cúmulos no es primordial y que sus progenitores son galaxias con masas tipo la Vía Láctea, ¿podemos explicar la frecuencia específica de cúmulos globulares observadas en galaxias enanas?. Para responder a esta pregunta se realizaron varios modelos numéricos para determinar cómo sería la variación de TN si una galaxia espiral tardía experimentará interacciones de tipo gravitatorias o hidrodinámicas dentro de un cúmulo tipo Virgo. La clave de estos modelos es asumir que el sistema de cúmulos globulares se vería fuertemente afectado en el caso de interacciones gravitatorias pero no en el caso de las hidrodinámicas. Estos simples modelos han dado como resultado que las galaxias dEs de baja masa ( $M < 3 \times 10^8$ ) tienen cúmulos globulares consistentes con ser los descendientes de galaxias enanas de tipo tardío que han experimentado procesos de "gas stripping". Galaxias enanas de mayor masa presentan un sistema de cúmulos globulares que es incompatible con ser descendientes de galaxias más masivas que han perdido masa por mecanismos de entorno. Este análisis realizado durante 2011 parece que no favorece mecanismos de evolución de galaxias con gran pérdida de masa debido al entorno. Estos resultados serán publicados en un artículo (Sánchez-Janssen & Aguerri, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*).

El estudio realizado ha demostrado que los cúmulos globulares son trazadores muy sensibles a los mecanismos de evolución de galaxias en entornos de alta densidad y que pueden poner restricciones observacionales

importantes a dichos mecanismos. El estudio que se ha realizado este año es una primera aproximación al problema, requiriéndose de simulaciones numéricas más complejas que las que se han realizado que permitan determinar mejor las propiedades de estos sistemas. Se pretende analizarlas en 2012 y los resultados que se obtengan servirán para entender mejor el origen de las galaxias enanas y la importancia del entorno en su origen y evolución.

#### *Formación y evolución de grupos fósiles de galaxias: Proyecto FOGO*

La formación de estructuras en el Universo tiene su origen en diminutas perturbaciones en la densidad de materia presentes en el Universo primitivo. El colapso gravitatorio de la materia oscura produjo un crecimiento de dichas perturbaciones, dando como resultado la formación de halos de materia oscura fría virializados. En un Universo jerárquico, los primeros halos que se formaron fueron los que se originaron a partir de las fluctuaciones en las escalas más pequeñas. Estos halos fueron creciendo posteriormente mediante la fusión de otros halos virializados. Las galaxias, que pueblan los halos de materia oscura, también crecieron de forma jerárquica mediante la fusión de otras galaxias menores. Para entender mejor este modelo de formación de estructuras sería de especial importancia el estudio y caracterización de sistemas de galaxias que sean casos extremos y hayan tenido o tengan una tasa de fusiones muy alta. Estos sistemas existen y son las estructuras fósiles que se formaron a alto  $z$  por procesos violentos y rápidos de fusiones.

Los grupos fósiles de galaxias son sistemas que 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 gravitacionalmente ligados. La gran diferencia en magnitudes entre sus dos galaxias más brillantes hace que estos grupos estén dominados por una galaxia muy masiva situada en la parte central

del grupo. Esta galaxia se habría formado por la fusión de las galaxias más brillantes que  $L^*$  que presentaba el grupo. Estos sistemas se habrían formado en los halos de materia oscura que colapsaron primero debido a su alta densidad. 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 esto su importancia observacional. La observación de estos sistemas implica el estudio de estructuras que han quedado congeladas desde su formación a alto desplazamiento al rojo. Son, en definitiva, estructuras fósiles del Universo primitivo.

En el año 2008 se concedió al 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 ORM: 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 2011 se ha procedido a la reducción de todos estos datos y a la publicación de los primeros resultados científicos del Proyecto.

El primer artículo científico del Proyecto se publicó en Aguerri et al. 2011, *Astronomy & Astrophysics*, 527, 143. En este artículo se analizaron las propiedades del sistema fósil más lejano de nuestra muestra. Las profundas imágenes ópticas obtenidas para este sistema fueron usadas para estudiar las propiedades de la galaxia más brillante del grupo y determinar la función de luminosidad del mismo. Se realizó también un análisis dinámico detallado del sistema basado en los redshift de 78 galaxias miembros del grupo. El análisis dinámico determinó que este sistema de galaxias tiene una

masa virial de 1015 Msolar. Además, no se encontraron evidencias de subestructura. Lo que indica que es un sistema relajado. Sin embargo, se encontró que las galaxias del grupo situadas en las partes más externas del mismo presentaban unas velocidades que no seguían una distribución gaussiana. Esto podría indicar la presencia de galaxias en órbitas radiales en estas partes del sistema. Estas órbitas radiales serían las que habrían favorecido la alta tasa de fusiones que ha tenido este cúmulo de galaxias para convertirse en fósil. Se calculó la función de luminosidad de las galaxias del sistema. Dicha función de luminosidad resultó ser bimodal, presentando una carencia de galaxias de magnitud  $M_r \sim -19.5$ . Esto indicaría que la galaxia central y masiva habría crecido a base de la acreción de estas galaxias de masa intermedia. Además, la galaxia central presenta características de haber crecido mediante fusiones de galaxias ricas en gas. Todos estos resultados muestran un sistema de galaxias que es tan masivo como el cúmulo de Coma pero que está mucho más evolucionado que éste hace 6 Gyr. Este cúmulo es un sistema de galaxias peculiar, ya que las simulaciones numéricas sobre el crecimiento de estructuras presentan muy pocos de estos sistemas a desplazamiento al rojo  $\sim 0.5$ .

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 secas. 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 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 Méndez-Abreu et al. 2012, *Astronomy & Astrophysics*, 537, 25.

Además de los resultados que se han presentado anteriormente y que están directamente relacionados con el tema principal de este Proyecto, se han realizado otras contribuciones científicas que servirán en el futuro para abordar temas relacionados con la evolución de galaxias en entornos de alta densidad. Uno de estos temas a resaltar es la clasificación morfológica de todas las galaxias presentes en el catálogo espectroscópico del cartografiado SDSS-DR7.

#### *Clasificación morfológica de las galaxias del cartografiado SDSS-DR7*

La clasificación morfológica de las galaxias es una pieza clave para entender el origen y evolución de las mismas. En particular,

la morfología es un trazador potente de las estructuras de las galaxias. Desde las primeras clasificaciones, como la propuesta por Hubble en 1926, se ha visto que esta descripción fenomenológica de las galaxias encierra importantes diferencias físicas entre las mismas y, probablemente, diferencias en su origen y evolución. La morfología galáctica es una tarea visual que arrastra todas las subjetividades del ojo humano. Además, el hecho de que sea visual le hace también requerir de una gran cantidad de tiempo, lo que imposibilita la clasificación de grandes bases de datos de galaxias. Durante décadas se ha intentado automatizar la morfología de las galaxias desarrollando algoritmos que simulen la clasificación realizada por el ojo humano. Uno de los métodos con más éxito en los últimos años es el presentado por Huertas-Company et al. (2008) basado en lo que se llaman máquinas vectoriales (SVM). Este método busca fronteras entre nubes de puntos en un espacio N-dimensional. Este algoritmo, inicialmente desarrollado para la clasificación de galaxias a alto desplazamiento al rojo, se ha mostrado también útil para clasificar muestras locales de galaxias con resultados similares a los obtenidos por otras clasificaciones visuales. El método reporta para cada galaxia una probabilidad de pertenencia a una de las clases morfológicas consideradas en la clasificación. Esta aproximación bayesiana del problema es también un avance, es más coherente con lo que se observa en la naturaleza, donde las clases morfológicas no están claramente separadas.

El cartografiado de galaxias Sloan es uno de las mayores bases de datos disponibles actualmente para el estudio de la evolución de galaxias. Su catálogo espectroscópico cuenta con unas 700.000 galaxias localizadas en  $z < 0.25$  y en diferentes entornos de densidad galáctica. Esta base de datos única contiene desde datos fotométricos, índices espectrales y parámetros estructurales, que son piezas clave para multitud de estudios evolutivos en galaxias. Durante el año 2011, se ha introducido la clasificación morfológica como otro parámetro de esta base de datos. Esto se realizó con el fin de

usar la morfología como otra variable para entender la relación entre la evolución de galaxias y el entorno. Por todo ello, se ha clasificado morfológicamente la muestra de galaxias del catálogo espectroscópico de SDSS-DR7. Se asignó a cada una de las galaxias de este catálogo la probabilidad de pertenecer a las clases E, S0, Sab, o Scd. Las comparaciones que se han hecho con otras clasificaciones visuales de las mismas galaxias han resultado satisfactorias. Este catálogo morfológico se hizo público a través de una página Web y también se ha volcado la información en la base de datos CasJobs de Sloan. Esta clasificación será de mucha utilidad para estudios posteriores de otros grupos de investigación y para futuros estudios relacionados con el entorno dentro del Proyecto.

#### *Cúmulos masivos no virializados*

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 detectar esta emisión a un  $z > 0.1$ . Hoy se conocen cerca de 30 sistemas de galaxias con fuentes extensas en radio (ej., Giovannini et al. 1999). Los perfiles de emisiones en radio responden a dos tipos morfológicos. Por un lado, si la emisión se localiza en el centro del cúmulo se denominan “radio-halos” y si la emisión proviene de zonas periféricas se trata de “radio-reliquias”. Esta emisión en radio, no es más que radiación sincrotrón, originada por una masa de electrones que viajan a velocidades relativistas inmersos en un campo magnético intracumular. Hoy no se discute este proceso de emisión en radio, pero si hay una cuestión candente: ¿cuál es el mecanismo que hace que los electrones adquieran tan altas velocidades? En un intento de dar respuesta a esta cuestión, se ha propuesto los choques de subestructura como mecanismo capaz de proporcionar la gran cantidad de energía necesaria para acelerar los electrones y amplificar el campo magnético (Feretti 1999 y 2004). Es decir, los cúmulos de galaxias que presentan esta emisión serían aquellos que actualmente están acretaando masa.

El grupo ha hecho durante estos últimos años un gran esfuerzo en investigar la naturaleza de esta emisión extensa en radio para una muestra amplia de cúmulos. Durante 2011 se ha seguido trabajando en esta línea de investigación. Los últimos trabajos se han centrado en tres cúmulos en concreto: Abell 2254, Abell 1758, y Abell 545. Estos sistemas de galaxias muestran evidencias claras de subestructuras en proceso de choque. Sin embargo, notamos un hecho insólito en Abell 545. Este cúmulo, a pesar de ser una estructura ligada y masiva a bajo desplazamiento al rojo, no posee galaxia cD. En su lugar observamos una estructura “nebulosa” de alta luminosidad, lo que atribuimos al origen y formación de una futura galaxia cD.

La observación de este fenómeno dio pie a pensar en que las galaxias dominantes de los cúmulos podrían formarse en el pasado reciente, y no a alto redshift, como hasta ahora se pensaba. Con el fin de aclarar este problema se realizó un segundo estudio en el que se comparaba la Función de Luminosidad de dos muestras de cúmulos homogéneos según su masa y  $T_x$  y a redshift similares ( $z=[0.2,0.3]$ ). La primera muestra estaba conformada por cúmulos con evidencias inequívocas de fusiones, y la segunda por cúmulos en avanzado estado de relajación. Los resultados, publicados en Barrena et al., mostraron que los cúmulos no relajados mostraban mayor número de galaxias luminosas (BCG), con  $M_r < -22.5$  y más uniformemente distribuidas por el cúmulo. Sin embargo, los cúmulos relajados, a pesar de tener menos BCGs, éstas eran significativamente más luminosas que en cúmulos no relajados y su localización se centraba en las zonas más internas de los cúmulos. Esto llevo a pensar que, las galaxias cD de un cúmulo pudieran formarse por el acrecimiento de otras menos masivas, e incluso su formación pudiera producirse en etapas muy tardías en la evolución del cúmulo.

## **CENTROS DE GALAXIAS A ESCALAS DE PARCSECS Y TÉCNICAS DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL (3I2106)**

**A.M. Prieto Escudero.**

**C.A. Álvarez Iglesias, J.A. Acosta Pulido, M. Montes Quiles, F. Müller Sánchez y C. Martínez Roger.**

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

G. Bruneti, K.H. Mack, M. Orienti (CNRS, Bolonia, Italia); J. Reunanen (Obs. de Tuorla, Finlandia); G. Weigelt, K. Tristram, J.A. Fernández Ontivero, M. Mezcuca (Max-Planck Bonn, Alemania); N. Haering (ESO, Garching, Alemania); A. Rodríguez-Ardila (LNA, Brasil); C. Raiteri, M.I. Carnerero (Obs. Astronómico 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 esta involucrado en el desarrollo del primer instrumento de Óptica Adaptativa para el telescopio GTC, FRIDA: <http://www.iac.es/project/frida/>

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.** Estudio del centro de galaxias: extracción del espectro nuclear de las galaxias más cercanas y brillantes accesibles desde el Hemisferio Sur, utilizando por primera vez datos de resolución espacial comparable: radio con VLA, IR con Óptica Adaptativa e interferometría óptica, y óptico con HST. El estudio se basa en la explotación del programa "PARSEC" (The Central Parsec of Galaxies), usando instrumentos de alta resolución espacial existentes en ESO y, desde 2011, también en Keck.

**Proyecto PAIS.** Manifestaciones energéticas en núcleos de galaxias: estudio de jets y hot-spots. El programa explora los procesos físicos que dan lugar a emisión óptica en jets y hot-spots, usando datos con alta resolución espacial procedentes de los telescopios VLA, HST y VLT. Este estudio está basado en el programa "Particle Accelerators in Space" (PAIS).

## Hitos

Se pasa la CDR del Proyecto FRIDA en septiembre 2010. El resultado de la revisión ha sido extremadamente positivo dándose luz verde al equipo para comenzar la construcción del hardware del instrumento. Además se felicita al equipo científico por la definición del instrumento.

## Evolución del Proyecto

Proyectos: Instrumentación (FRIDA) e Investigación (PARSEC y PAIS).

En 2011 se han publicado 7 artículos con referee y se han dado 4 presentaciones orales en 4 conferencias internacionales (A.M. Prieto, F. Muller).

Se pasa la CDR del Proyecto FRIDA en septiembre 2010. El resultado de la revisión ha sido extremadamente positivo: se da luz verde al equipo para comenzar la

construcción del hardware del instrumento. Además se felicita al equipo científico por la definición del instrumento. (J.J. Díaz, P. López, J.A. Acosta, A.M. Prieto).

Se mantiene la revisión y actualización de los documentos de ciencia de FRIDA: modos de observación, reducción de datos, calibración y comissioning (J.A. Acosta).

Se mantiene interacción con el telescopio GTC sobre el avance de GTCOA y la interfase GTACO - FRIDA (A.M. Prieto, J.A. Acosta).

Desde principios de 2011, A.M. Prieto es miembro del grupo de ciencia de ESO encargado de la definición de la nueva instrumentación para Óptica Adaptativa, ERIS, en el telescopio VLT.

Se han enviado 5 proyectos de solicitud de tiempo de observación dentro del Proyecto PARSEC: en radio (ALMA y ATCA) y en óptico telescopios VLT, GTC y WHT (A.M. Prieto, M. Mezcua, F. Müller, J.A. Fernández-Ontiveros, J.A. Acosta).

Se ha trabajado en el análisis de datos de VLT-SINFONI en H2 de AGN de baja luminosidad; M. Mezcua realiza dos estancias en el IAC para trabajar en este proyecto. F. Müller lidera la preparación del artículo con los resultados (F. Müller, A.M. Prieto, M. Mezcua).

Se está trabajando en el análisis de las distribuciones espectrales de energía (SEDs) en AGN de baja luminosidad sobre datos de VLT-NACO-VISIR, HST, VLA y ATCA (A.M. Prieto, J.A. Fernández-Ontiveros).

Estancia de 2 meses en Max-Planck (Bonn, Alemania) de A.M. Prieto, trabajando en datos interferométricos de VLTI en AGN cercanos: A. Prieto, K. Tristram.

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

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

Se ha terminado un trabajo sobre la emisión en el infrarrojo lejano de la galaxia NGC 3081 con datos de Herschel y los instrumentos PACS y SPIRE (J.A. Acosta).

Se ha colaborado en un artículo sobre el sistema de lente gravitacional SBS 0909+532 usando datos espectroscópicos en el infrarrojo que se han obtenido con LIRIS/WHT (J.A. Acosta).

## **HUELLAS DE LA FORMACIÓN DE LAS GALAXIAS: POBLACIONES ESTELARES, DINÁMICA Y MORFOLOGÍA (3I2406)**

**I. Trujillo Cabrera.**

**I. García de la Rosa, A. Vazdekis Vazdekis, M. Prieto Muñoz, M. Balcells Comas, J. Falcón Barroso, M. Koleva, J.M. Varela López, E. Ricciardelli, C. González García, A. Hempel, C. Weidner, E. Marmol Queraltó, M.K. Seidel, I. Martín Navarro, A. Rys, L. Peralta de Arriba, L. Domínguez Palmero, J.A. Carballo Bello, M.T. Tapia Peralta, D. Abreu Rodríguez, J. Bakos, A. de Lorenzo-Cáceres y A. Ferré Mateu.**

N. Arimoto (NAOJ, Japón); S. Cassisi, E. Brocato (Obs. de Teramo, Italia); P. Coelho (IAP, Francia); B. Barbuy (Sao Paulo, Brasil); J. Brodie (UCO-Lick, EEUU); F. Buitrago, C. Coselice (Univ. de Nottingham, Reino Unido); C. Chiosi, R. Tantalo (Univ. de Padua, Italia); R. Peletier (Kapteyn Inst., Países Bajos); I. Ferreras (UCL, Reino Unido); J. González (UNAM, México); J. Gorgas, N. Cardiel, E. Toloba, A. Gil de Paz, P. Pérez-González (UCM); V. Quilis (Univ. de Valencia); B.K. Gibson (Univ. de Preston, Reino Unido); R. Sharples (Univ. de Durham, Reino Unido); J. Cenarro (CEFCA); R.E. Carrasco (Gemini, Chile); D. Kawata (MSSL, RU); G. van den Ven (MPIA, Alemania); R.R. de Carvalho (INPE/DAS, Brasil); F. La Barbera (Obs. de Capodimonte, Italia); J. Strader (CfA/Harvard, EEUU); L. Spitler (Swinburne Univ., Australia); 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 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 observamos en la actualidad. En función de que 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 el grupo consta de personal con experiencia en simulaciones cosmológicas, estudios dinámicos, análisis de las poblaciones estelares y propiedades de las



galaxias con desplazamiento al rojo hasta  $z \sim 3$ . La 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 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.

Este 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 distinto desplazamientos al rojo ( $z$ ) por lo que sería posible determinar sus edades con mayor precisión.

#### *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 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 diagnóstico 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 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), esperaríamos que sus propiedades estructurales (radio efectivo y dispersión de velocidades) se mantuvieran invariantes 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, se pretende 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 se podrá 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, permitirían conectar las propiedades químicas y dinámicas de las galaxias. En cambio, si se debieran a una variación de la edad de la población, 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 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 proveernos de 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.

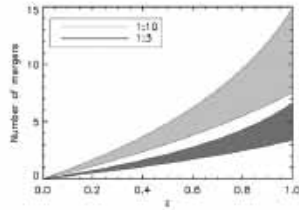
La periferia de las galaxias contiene información clave para entender los procesos de formación de estos objetos, ya que en estas regiones de densidad más baja, las huellas de estos procesos sobreviven más tiempo. En estas regiones, la densidad de gas es tan baja que los modelos de formación estelar 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 ( $>26 \text{ mag/arcsec}^2$ ). 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

Durante 2011 ha habido dos trabajos en el grupo que merecen especial mención y que están relacionados con la evolución de galaxias a altos desplazamientos al rojo.

Por un lado, se llevaron a cabo un estudio detallado de los mecanismos responsables del crecimiento en tamaño de galaxias masivas. Este análisis se ha realizado a partir de dos muestras de galaxias seleccionadas visualmente. A desplazamientos al rojo bajos la muestra consiste en 2.656 galaxias elípticas procedentes del cartografiado del SDSS, mientras que la muestra a desplazamientos más altos (228 galaxias) procede de observaciones realizadas con el HST como parte del campo de GOODS (Great Observatories Origins Deep Survey). Todas las galaxias del estudio poseen datos espectroscópicos los que nos permite determinar la edad y masa de sus componentes estelares. En contra a lo expuesto previamente en la literatura, el estudio de las poblaciones estelares de nuestra muestra de galaxias más cercanas no revela evidencia de una segregación de edad, a una masa determinada, que dependa del tamaño de las galaxias. A una masa dinámica dada, hay una diferencia de sólo un 9% en edad entre los cuartiles extremos de la muestra. La ausencia de una segregación en edad también patente en nuestra muestra a  $z=1$ . Estos resultados sugieren que la relación masa-tamaño ya está completamente establecida a  $z=1$ , con todas las galaxias ocupando una región donde las galaxias tienen la mitad del tamaño actual observado a  $z=0$ . Las observaciones descartan que interacciones con otras galaxias de masa similar contribuyan de forma significativa al crecimiento observado desde  $z=1$  hasta nuestros días. Finalmente se han estudiado dos vías posibles para explicar el crecimiento en tamaño: el “puffing-up” o fusiones menores. El hecho de que la evolución del tamaño de las galaxias sea independiente de la edad, junto con la ausencia de incremento en la dispersión de la relación con el desplazamiento al rojo elimina la posibilidad del modelo “puffing-up”. Fusiones menores parecen ser por tanto la única opción viable. En ese caso se ha estimado que el número de fusiones de este tipo necesarias para explicar la evolución de la relación masa-tamaño desde  $z=1$  a  $z=0$ . Asumiendo un cociente de masas de 1 - 3, estimamos  $3 \pm 1$  fusiones, mientras

que si el cociente fuera de 1 - 10, el número de fusiones resultantes sería de  $8 \pm 2$ . Estos resultados se han publicado en Trujillo et al.

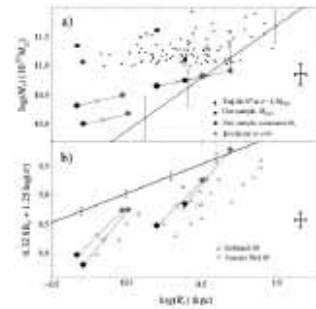


*Predicción del número de fusiones menores en función del desplazamiento al rojo de acuerdo con la evolución descrita por nuestros datos. Las regiones en gris representan el número de fusiones dentro de un margen de  $1\sigma$  de incertidumbre, para dos elecciones de relación de masas ( $\eta$ ). Como se esperaba el número de fusiones menores varía en función de  $\eta$ , siendo éste menor para valores de  $\eta$  más pequeños.*

Por otro lado, se llevó a cabo un estudio pionero con el telescopio GTC sobre la dispersión de velocidades de las galaxias masivas compactas a  $z \sim 1$ . Los datos del GTC fueron excelentes y muestran la potencialidad de este telescopio para realizar el proyecto con un mayor número de galaxias cuando el modo multi-objeto del instrumento esté disponible. El estudio se centra en cuatro galaxias en la Groth Strip Survey que poseen tamaños (radios efectivos) y masas comprendidos entre 0.5-2.4 kpc y  $(1.2-4) \times 10^{11}$  masas solares, respectivamente. Se encontró que estas galaxias tienen dispersión de velocidades entre 150 y 236 km/s. Los espectros obtenidos son consistentes con poblaciones estelares simples de 1 Gyr y metalicidad solar. Encontramos que: la masa dinámica de estos objetos es sistemáticamente inferior (en un factor 6) a las masas estelares publicadas usando fonometría BRIJK, y asumiendo una masas estelares tal que  $0.7 \times M_{\text{dyn}}$ , la combinación de evolución pasiva de la población estelar unido a un crecimiento de la masa/tamaño debido a interacciones menores puede, de forma realista, evolucionar nuestros objetos de modo que reproduzcan las propiedades de la población local de galaxias masivas de tipo temprano. Estos resultados han sido publicados en Martínez-Manso et al.

## Desarrollo de modelos de poblaciones estelares y aplicaciones

En 2011, se actualizó la librería estelar y modelos de poblaciones del Proyecto MILES. El trabajo principal ha consistido en la corrección de longitud de onda de algunas estrellas que no estaban en rest-frame. También se ha re-evaluado la resolución espectral de la librería y modelos, que había sido cuestionada recientemente. El valor final es de  $\text{FWHM} \sim 2.5 \text{ \AA}$ , en lugar del valor originalmente estimado de  $2.3 \text{ \AA}$ . Por último, se ha actualizado la metodología empleada para la calibración absoluta de los espectros. Este trabajo ha sido publicado en Falcón-Barroso et al. (2011). (J. Falcón-Barroso, A. Vazdekis, E. Ricciardelli).



**(a)** Relación masa-tamaño a desplazamiento al rojo  $z \sim 1$ . Círculos pequeños representan la muestra completa de Trujillo et al. (2007) y los cuadrados negros son nuestra selección de objetos dentro de esa muestra. La línea es la relación local determinada por Shen et al. (2003). Los diamantes negros son nuestras galaxias con masas estelares estimadas como  $0.7 \times M_{\text{dyn}}$ . Los diamantes grises son la posición cuando nuestros objetos son evolucionados hasta  $z=0$  por medio de interacciones menores.  
**(b)** Plano Fundamental en la banda B de galaxias de tipo temprano. La línea sólida es la relación local de Jorgensen et al. (1996). Los diamantes negros muestran nuestros objetos. Los diamantes grises son su posición cuando se evolucionan hasta  $z=0$  asumiendo un crecimiento producido por fusiones menores y una evolución pasiva de sus poblaciones. Las muestras de Gebhardt et al. (2003) y van der Wel et al. (2005) en el rango  $z=0.8-1.1$  también están representados como elementos de comparación. Se han transformado nuestras medidas en banda I a magnitudes en banda B usando correcciones  $k$  basadas en el color  $V-I$  como en Gebhardt et al. (2003). Además se ha substraído  $0.1 \text{ mag}$  en las medidas de brillo superficial al de Gebhardt et al. (2003) para convertir las del sistema fotométrico Vega al AB.

Se ha extendido el cubrimiento espectral de los modelos de síntesis de poblaciones estelares basados en la biblioteca estelar MILES. Para ello se han construido espectros estelares combinando los rangos espectrales de las bibliotecas empíricas MILES, CaT e Indo-U.S. Con esta extensión de los modelos

## Evolución del Proyecto

El Proyecto tiene tres grandes bloques con los siguientes avances.

es posible medir no sólo índices espectrales a resolución moderadamente alta en el rango 3500-9500Å, sino también una variedad de colores, desde  $U$  hasta  $I$ , para poblaciones estelares de edades intermedias y viejas con metalicidad variable. Dichos modelos se han confrontado con datos espectroscópicos y fotométricos de cúmulos estelares de la Vía Láctea y de la galaxia Andrómeda y también con galaxias de primeros tipos de la base de datos del SDSS (desde  $z=0$  hasta  $z=0.5$ ). Los colores obtenidos mejoran las predicciones de otros autores basados en atmósferas teóricas. Este trabajo ya ha sido enviado a *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.* (E. Ricciardelli, A. Vazdekis, J. Falcón-Barroso).

Asimismo se ha realizado una caracterización completa de las estrellas de la biblioteca NGSL, observada con el telescopio HST, con el objetivo de su implementación en los modelos con el objetivo de extender el cubrimiento espectral en la región UV hasta 1500Å. Este trabajo está en prensa en *Astronomy & Astrophysics* (M. Koleva, A. Vazdekis).

Se ha avanzado significativamente en la construcción de modelos con abundancias relativas de Mg/Fe variable. Para ello se ha completado la preparación de una biblioteca teórica de espectros estelares de alta resolución con una partición de elementos tanto escalada solar como enriquecida en elementos  $\alpha$ . (A. Vazdekis).

Por otro lado también se ha progresado significativamente en la construcción de modelos con [Mg/Fe] variable basados exclusivamente en los espectros estelares empíricos de MILES. Para ello se ha desarrollado un interpolador de espectros que tiene en cuenta la temperatura efectiva, la gravedad superficial, la metalicidad total y la abundancia de [Mg/Fe] de las estrellas de MILES. Se ha calculado una versión preliminar de los modelos para metalicidad solar y edades viejas totalmente basados en esta aproximación empírica. Dichos modelos muestran una fuerte dependencia de la abundancia relativa para regiones más azules que 4500Å. Para este programa se

han obtenido dos campañas de observación en el telescopio INT que han proporcionado aproximadamente 200 estrellas adicionales para extender la biblioteca MILES, considerada actualmente como la referencia en el campo. (A. Vazdekis, J. Falcón-Barroso, E. Mármol-Queraltó, I. Martín Navarro).

Se ha encontrado por primera vez una población estelar diferenciada en el núcleo contra-rotante de la galaxia elíptica masiva NGC 1700, situada en un entorno aislado. Dicho núcleo resulta ser significativamente más joven que el resto de la galaxia. En comparación a otras galaxias de similar masa el núcleo de NGC 1700 es menos metálico y presenta una menor abundancia relativa de [Mg/Fe], aspectos que sugieren la acreción de un objeto menor. Este trabajo ha sido publicado en Kleineberg et al. (A. Vazdekis).

En colaboración con J.M. Martín Hernández (UCM), se ha realizado un trabajo de caracterización, por medio de funciones de ajuste (fitting functions) de los índices espectrales para 100 líneas de absorción comprendidas en el rango de longitud de onda de la librería MILES. Para ello se ha desarrollado un método que permita llevar a cabo este trabajo de forma automatizada. Los resultados de este trabajo esperan poder ser publicados durante el año 2012. (E. Mármol-Queraltó, A. Vazdekis).

Por último se ha reducido y llevado a cabo las primeras pruebas sobre los datos de filtros sintonizables procedentes del instrumento OSIRIS en el telescopio GTC. Dichos datos forman parte del tiempo garantizado del instrumento y están destinados al estudio de gradientes de poblaciones estelares a varios radios efectivos en galaxias elípticas cercanas. De confirmarse de forma positiva la calidad de los datos y técnicas a emplear solicitaríamos tiempo de observación para muestras más amplias de galaxias cercanas de tipos tempranos. (I. Martín-Navarro, A. Vazdekis).

#### *Evolución cosmológica de galaxias*

Se estableció una relación empírica entre la abundancia relativa de elementos  $\alpha$  (i.e.

[ $\alpha/\text{Fe}$ ]) y la historia de formación estelar de galaxias. Este trabajo está publicado en de la Rosa et al. (I. de la Rosa)

Se ha estudiado la fotometría y espectroscopia de una muestra, clasificada visualmente, de galaxias de tipo temprano procedente del catálogo de SDSS. La muestra cubre un rango amplio en masa estelar ( $\log(M^*)=9 - 11.5$  masas solares) lo cual ha permitido el estudio de la dicotomía entre galaxias elípticas gigantes y enanas. Este trabajo se ha publicado en La Barbera et al. (I. de la Rosa)

Se ha hecho uso de técnicas de ajuste espectral para determinar las historias de formación estelar y evolución de galaxias individuales en el diagrama masa-tamaño. (I. de la Rosa).

Se ha llevado a cabo un estudio detallado de los mecanismos responsables del crecimiento en tamaño de galaxias masivas. Este análisis se ha realizado a partir de dos muestras de galaxias seleccionadas visualmente. A desplazamientos al rojo bajos la muestra consiste en 2.656 galaxias elípticas procedentes del cartografiado del SDSS, mientras que la muestra a desplazamientos más altos (228 galaxias) procede de observaciones realizadas con el HST como parte del campo de GOODS (Great Observatories Origins Deep Survey). Todas las galaxias del estudio poseen datos espectroscópicos los que permite determinar la edad y masa de sus componentes estelares. En contra a lo expuesto previamente en la literatura, el estudio de las poblaciones estelares de nuestra muestra de galaxias más cercanas no revela evidencia de una segregación de edad, a una masa determinada, que dependa del tamaño de las galaxias. A una masa dinámica dada, hay una diferencia de sólo un 9% en edad entre los cuartiles extremos de la muestra. La ausencia de una segregación en edad es también patente en nuestra muestra a  $z=1$ . Estos resultados sugieren que la relación masa-tamaño ya está completamente establecida a  $z=1$ , con todas las galaxias ocupando una región que está localizada

aproximadamente en la mitad de tamaño de la distribución observada a  $z=0$ . Las observaciones descartan que fusiones con otras galaxias de masa similar contribuyan de forma significativa al crecimiento observado desde  $z=1$  hasta nuestros días. Finalmente se han estudiado dos vías posibles para explicar el crecimiento en tamaño: el modelo "puffing-up" o fusiones menores. El hecho de que la evolución del tamaño de las galaxias sea independiente de la edad, junto con la ausencia de incremento en la dispersión de la relación con el desplazamiento al rojo elimina la posibilidad del modelo "puffing-up". Fusiones menores parecen ser por tanto la única opción viable. En ese caso se ha estimado que el número de fusiones de este tipo necesarias para explicar la evolución de la relación masa-tamaño desde  $z=1$  a  $z=0$ . Asumiendo un cociente de masas de 1 - 3, estimamos  $3\pm 1$  fusiones, mientras que si el cociente fuera de 1 - 10, el número de fusiones resultantes sería de  $8\pm 2$ . Estos resultados se han publicado en Trujillo et al. (I. Trujillo, I. de la Rosa).

Continuando con el estudio de fusiones menores como explicación de la evolución en tamaño de las galaxias se ha analizado la población de galaxias satélite alrededor de galaxias masivas desde  $z=2$ . En un primer artículo usamos una muestra de 629 galaxias masivas ( $\log(M^*)>11$  masas solares) procedentes del cartografiado en el infrarrojo Palomar/DEEP-2. Se ha explorado que fracción de estos objetos masivos tienen satélites con una relación de masa de  $0.01 < M_{\text{sat}}/M_{\text{central}} < 1$  hasta  $z=1$  y de  $0.1 < M_{\text{sat}}/M_{\text{central}} < 1$  hasta  $z=2$  dentro de una distancia proyectada de 100 Kpc alrededor de la galaxia masiva. El resultado principal de este estudio es que la fracción de galaxias masivas con satélites es constante y entorno al 30% para el primer caso y de un 15% en el segundo. Además, al dividir la muestra en tipos morfológicos encontramos que la familia de galaxias de tipos más tempranos (ej. más esferoidales) muestran del orden de 2 a 3 veces más objetos con satélites que aquellos de tipos más tardíos (ej. con discos). Asumiendo un cociente de masas de 1 - 3 en las interacciones

obtenemos que una galaxia masiva de tipo temprano experimenta, desde  $z=2$ , entorno a 2 interacciones, mientras que esa fracción disminuye a  $\sim 1$  para galaxias masivas de tipos más tardíos. (E. Marmol-Queralto, I. Trujillo, J. Varela).

Se ha llevado a cabo una primera reducción de los datos espectroscópicos de alta calidad para galaxias a alto desplazamientos al rojo que pertenecen a la tesis de L. Peralta. Tras una primera inspección, los datos han resultado ser de una peor calidad de la esperada. Se están analizando los motivos de este contratiempo. Parte del problema pudiera proceder del pipeline automático (desarrollado por el grupo ING en La Palma) que está todavía en fase de pruebas. Para confirmar este caso se empezaron a reducir los datos de forma más manual con IRAF. (L. Peralta, J. Falcón-Barroso, M. Balcells, I. Trujillo).

Se ha analizado la morfología, cinemática y poblaciones estelares (por medio de modelos de poblaciones simples además de historias de formación estelar) de una muestra local de galaxias compactas masivas. El objetivo es la caracterización de estos objetos tan peculiares que sirven de laboratorio para el estudio de galaxias similares a altos desplazamientos al rojo. El trabajo se ha enviado a *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.* (A. Ferré, A. Vazdekis, I. Trujillo, I. de la Rosa).

Por otro lado se han analizado las propiedades de las poblaciones estelares de galaxias masivas de tipos tempranos en un cúmulo de galaxias a  $z=0.83$ . En estos momentos estamos escribiendo un artículo con los resultados más relevantes. (A. Ferré, A. Vazdekis).

Como parte de una gran colaboración internacional, se ha completado varios estudios parte de la explotación del muestreo Coma-ACS (IP Carter, Univ. de Liverpool, Reino Unido). El muestreo Coma-ACS consiste en 25 apuntados de la cámara ACS del HST, que cubren zonas del núcleo y de la nube sudoeste del cúmulo de Coma, en

dos bandas (F475W y F814W). Se publicó (Hoyos et al. 2011) el análisis estructural de galaxias usando modelos puros de Sérsic, para 8814 galaxias más brillantes que 24.5 en F814W(AB). El estudio llega por lo tanto hasta magnitudes absolutas de -10.5 en Coma, a medio camino entre enanas ultra-compactas y cúmulos globulares. Se realizaron los ajustes independientemente con dos códigos estándar de análisis estructural de galaxias, llegándose a resultados plenamente consistentes. Los catálogos se han puesto a disposición de la comunidad científica. Parte del mismo estudio, se ha publicado (Peng et al. 2011) la prueba de la existencia de una gran población de cúmulos globulares intracumulares no ligados a ninguna galaxia. Los datos corresponden a una población de 47.000 cúmulos globulares intracumulares hasta una distancia de 520 kpc del centro de Coma. Se ha publicado asimismo un estudio de los perfiles de color en 142 galaxias enanas de tipo temprano en Coma (den Brok et al. 2011). Se encuentra que los perfiles de color son decrecientes de forma lineal frente al logaritmo del radio, excepto a veces en una zona central más azul coincidente con una componente nuclear. Los gradientes de color son más pronunciados en elípticas que en lenticulares. (M. Balcells).

Se ha llevado a cabo un estudio pionero con el telescopio GTC sobre la dispersión de velocidades de las galaxias masivas compactas a  $z\sim 1$ . Los datos fueron excelentes y muestran la potencialidad de este telescopio para realizar nuestro proyecto con un mayor número de objetos cuando un instrumento con capacidad multiobjeto este disponible. El estudio se centra en 4 galaxias en la Groth Strip Survey y poseen tamaños (radios efectivos) y masas comprendidos entre 0.5-2.4 kpc y  $(1.2-4) \times 10^{11}$  masas solares, respectivamente. Se encontró que estas galaxias tienen dispersión de velocidades entre 150 y 236 km/s. Los espectros obtenidos son consistentes con poblaciones estelares simples de 1 Gyr y metalicidad solar. Encontramos que: la masa dinámica de estos objetos es sistemáticamente inferior (en un factor 6) a las masas estelares publicadas usando

fonometría BRIJK y, asumiendo una masas estelares tal que  $0.7 \times M_{\text{dyn}}$ , la combinación de evolución pasiva de la población estelar unido a un crecimiento de la masa/tamaño debido a fusiones menores puede, de forma realista, evolucionar nuestros objetos de modo que reproduzcan las propiedades de la población local de galaxias masivas de tipo temprano. Estos resultados han sido publicados en Martínez-Manso et al. (M. Balcells, I. Trujillo, A. Hempel, M. Prieto).

En este año también se ha continuado el trabajo en simulaciones de fusiones de galaxias con C. Eliche del Moral (UCM) y su relación con la evolución de las mismas en la Secuencia Roja. Se ha abordado esta cuestión analizando la morfología, estructura, nivel de distorsión y ritmo de formación estelar de una muestra de galaxias ( $M^* > 5 \times 10^{10}$  masas solares) en  $0.3 < z < 1.5$ . Se han definido clases de galaxias que se pueden asociar directamente con estados intermedios de fusiones y con sus productos finales y se encontraron dos senderos evolutivos entre los diferentes tipos de galaxias rojas. Los resultados obtenidos muestran observacionalmente que: 1) la mayoría de las galaxias regulares rojas masivas en bajo desplazamiento al rojo derivan de las irregulares que han poblado la Secuencia Roja en épocas más tempranas hasta  $z$  aprox. 1.5; 2) los progenitores de la mayoría de las galaxias regulares rojas y masivas han sido discos azules que han migrado a la Secuencia Roja desde aproximadamente  $z=1.5$ ; 3) La mayoría de las E-S0s con  $M^* > 10^{11}$  masas solares en  $z=0$  han tenido su ensamble definitivo a través de fusiones mayores durante aprox. los 2.2 Gaños transcurrido entre  $0.7 < z < 1.2$  (estas fusiones debieron empezar entre  $1 < z < 1.5$ ); and 4) otros procesos diferentes a fusiones mayores pudieron haber contribuido a la construcción de la Secuencia Roja masiva durante los últimos 5-6 Gaños. Estos resultados muestran que, aunque el asentamiento progresivo de la Secuencia Roja resulta de mecanismos evolutivos diferentes teniendo lugar en épocas diferentes en  $z < 1.5$ , las fusiones mayores han jugado el papel dominante

en la construcción definitiva de las E-S0s masivas durante el tiempo transcurrido entre  $1.2 > z > 0.7$ . Estos resultados están de acuerdo con las predicciones del modelo jerárquico de Eliche-Moral et al. (2010). El resultado del estudio observacional de las galaxias rojas ha sido un artículo enviado a *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.* en el mes de octubre y se están realizando las correcciones recomendadas por el referee. (M. Prieto, M. Balcells).

En colaboración con el grupo GOYA (Galaxy Origins and Young Assembly) se publicó un artículo sobre galaxias extremadamente rojas ("Extremely Red Objects", EROs) a partir del catálogo del Groth Strip. Dicho catálogo contiene 102 EROs (con  $R-F814W \Rightarrow 4$ ), que corresponde a una densidad superficial de  $0.66 \text{ arcmin}^{-2}$ . Las morfologías se han determinado de forma visual y posteriormente relacionado con parámetros estructurales, como por ejemplo los índices de Sérsic. Como era de esperar, los EROs son bien objetos muy compactos o con componentes bulbo muy prominentes con radios efectivos en torno a 2 kpc, en contraste con objetos con discos más pronunciados donde dichos radios efectivos son del orden de 5 kpc. La masa estelar total de esta muestra varía entre  $9.1 < \log(M^*/M_{\text{sun}}) < 11.6$ . No se encuentran diferencias significativas en la distribución de masa de los distintos tipos morfológicos, pero sin embargo los EROs con masas superiores a  $10^{11.6}$  masas solares tienden a ser más compactos, aunque algunos de ellos revelan la presencia de discos. Estos resultados han sido publicados en Hempel et al. (2011). (A. Hempel, M. Prieto, M. Balcells, I. Trujillo).

Dentro del ámbito de las simulaciones numéricas de fusiones de galaxias se ha continuado el estudio del aumento en tamaño de las galaxias masivas desde alto desplazamiento al rojo hasta el presente. Usando tiempo de cálculo en los superordenadores de la Red Española de Supercomputación para re-simular historias de fusión de una galaxia elíptica, se ha encontrado que la acreción de satélites produce un incremento de tamaño en un



factor entre 4 - 6 y en masa en un factor 2 y que este ocurre por que la materia del satélite se deposita en las partes externas de la galaxia principal. (M.T. Tapia, M. Balcells, I. Trujillo, C. González García).

Siguiendo en la misma área y en relación al estudio del crecimiento de la estructura vertical en galaxias se encontró un problema de estabilidad de la componente gaseosa en los modelos y es por ello que se ha replanteado el estudio. Se está analizando un conjunto de 12 simulaciones de N-cuerpos de galaxias de disco para estudiar las diferencias estructurales en el disco grueso debido a fusiones menores "secas". Además, se está estudiando el tipo de remanente que se produce tras la fusión menor entre dos galaxias esferoidales (observables en el plano fundamental) con distinto contraste de densidades, teniendo como primeros resultados una estimación de la distribución radial de la masa así como una diferencia entre los tiempos al cual el satélite alcanza el pericentro. (M.T. Tapia, M. Balcells, I. Trujillo, C. González García).

Además de los temas ya abordados también se han llevado a cabo estudios numéricos sobre la formación de estructuras nucleares en galaxias con discos como resultado de fusiones menores. Dichos resultados han sido publicados en *Astronomy & Astrophysics*. Asimismo, se ha enviado otro artículo relacionado con la formación de galaxias lenticulares por medio de la fusión menor de galaxias con discos. (C. González García, M. Balcells, M. Prieto).

Dentro de este apartado de simulaciones, se han llevado a cabo el estudio de la velocidad de fusiones de galaxias por medio de simulaciones hidrodinámicas de volúmenes cosmológicos. Este trabajo se ha realizado en colaboración con A. Knebe y R. Domínguez-Tenreiro de la Univ. Autónoma de Madrid y J. Oñorbe de la Univ. de California en Irvin (EEUU). El resultado se enviará a *Astrophysical Journal Letters*. (C. González García).

Finalmente, se ha creado un catálogo de vacíos ( $R > 10$  Mpc/h) dentro la estructura

cósmica a gran escala usando en cartografiado del SDSS-DR7 hasta  $z=0.12$ . A partir de dicho catálogo se ha desarrollado un nuevo método estadístico para medir al alineamiento de las galaxias con discos alrededor de dichos vacíos. Se ha encontrado que el alineamiento de las galaxias alrededor de los vacíos no es aleatorio y es tal que las galaxias muestran cierta tendencia a tener su vector de momento angular alineado con el vector radial que las une con en centro del vacío. Dicho alineamiento se encuentra en vacíos mayores que 15 Mpc/h. Los catálogos y resultados de esta investigación están se enviaron a *Astrophysical Journal*. (J. Varela, I. Trujillo).

#### *Estudio detallado de galaxias cercanas*

Se ha estudiado el perfil radial de una muestra de 24 cúmulo globulares galácticos, investigando la idoneidad de diferentes modelos teóricos para describirlos y su relación con factores externos e internos. Este trabajo se ha llevado a cabo en colaboración con investigadores del IoA en Cambridge y el resultado ha dado lugar a una publicación. (J. A. Carballo Bello).

Se completó el estudio sobre la galaxia barrada doble NGC 357. Los resultados indican que dicha galaxia alberga un pseudo-bulbo o un bulbo clásico con un disco interno. El estudio de las poblaciones estelares de las distintas componentes (ej. barra externa, barra interna, bulbo, disco interno) revela que son prácticamente coetáneas y todas viejas. Además el bulbo y la barra interna tienen la misma metalicidad y abundancia de elementos  $\alpha$ , mientras que la barra externa es menos metálica y sobreabundante en elementos  $\alpha$ . Estos resultados apuntan a la redistribución de material en la galaxia y no a procesos de evolución secular como el mecanismo principal en la formación de las estructuras internas de la galaxia. Este resultado ha sido publicado en de Lorenzo-Cáceres et al. (2011). (A. de Lorenzo-Cáceres, A. Vazdekis).

En relación a el estudio de galaxias enanas observadas con el espectrógrafo de campo integral SAURON, en abril de 2011 se

han obtenido datos para 7 galaxias que completan la muestra de objetos de estudio en la tesis de A. Rys. Los datos de la muestra ya han sido reducidos y estamos en proceso de escribir los primeros artículos. El resultado más importante y sorprendente es la gran variedad de componentes morfológicas y cinemáticas encontradas, y que no eran de esperar en este tipo de galaxias. Además se han descubierto núcleos cinemáticamente desacoplados en dos de nuestras galaxias de campo, para las que no existían datos hasta la fecha. El trabajo de modelización de la dinámica de la muestra indica que las galaxias enanas tienen una distribución de velocidades ligeramente más anisótropas que las observadas en galaxias gigantes elípticas. En la actualidad se están preparando tres artículos que describirán los resultados. (A. Rys, J. Falcón-Barroso).

Se han obtenido perfiles de brillo superficial profundos (hasta 30 r'-mag arcsec<sup>-2</sup>) de una muestra de 7 galaxias espirales tardías procedentes del cartografiado del SDSS Stripe-82. A esos niveles de brillo superficial dichas galaxias revelan componentes estructurales desconocidas que no pueden ser identificadas en imágenes convencionales de SDSS. Los discos externos se extienden muchísimo más de lo esperado y trazas muy débiles de interacciones pasadas son ahora visibles. Observamos que los discos externos continúan y se unen al halo galáctico de forma paulatina y suave, sin discontinuidades. Los halos de estas galaxias dominan el brillo superficial a escalas entre 4 - 10 veces la escala de los discos interiores, y tienen un punto de inflexión muy pronunciado. Se han llevado a cabo una descomposición del perfil de brillo superficial en las distintas componentes para estimar la contribución de la luz del halo con respecto a toda la luz desprendida por la galaxia. La componente interior del halo fue modelada con una ley de Sersic con índice  $n=0.5$ . Se estima que la contribución luminosa del halo corresponde a un 1% - 5% de la total de la galaxia. En caso de existir interacciones todavía en acción dicho porcentaje aumentaría hasta un 10%. Además se han explorado los colores integrados ( $g'-r'$ ) de la componente

interior del halo. Encontramos colores que varían entre 0.4 y 1.2 magnitudes. Al comparar estos valores con modelos de poblaciones estelares se ha encontrado que dichos colores son demasiado rojos para poder ser explicados por modelos con IMFs estándares. Estos colores sólo pueden ser explicados por modelos dominados por estrellas de baja masa y de metalicidad baja o intermedia. (J. Bakos, I. Trujillo).

Continuando con el estudio de bulbos galácticos en galaxias de canto, durante 2011 se han llevado a cabo observaciones de 3 galaxias más que se unen a las ya existentes para NGC 891. Éstas son observaciones procedentes del espectrógrafo de campo integral SAURON. El objetivo de estos datos es analizar las variaciones verticales en la estructura, cinemática y poblaciones estelares de bulbos galácticos a lo largo de la secuencia de Hubble. Además el amplio cubrimiento espacial de las observaciones nos permitirá estudiar las variaciones radiales y por tanto la unión del bulbo con el disco grueso de las galaxias. Los datos están completamente reducidos y se espera analizar y publicar los primeros resultados en 2012. (J. Falcón-Barroso).

En septiembre de 2011 se unió al grupo la estudiante de doctorado M.K. Seidel. El tema principal de su tesis consiste en el estudio de procesos seculares en galaxias cercanas. Como proyecto de iniciación a la investigación, M.K. Seidel está estudiando las poblaciones estelares en una muestra de 4 galaxias espirales orientadas de cara. El objetivo es el de obtener las historias de formación estelar de dichas galaxias y analizar el orden en el que las distintas componentes se han formado. (M.K. Seidel).

Dentro de la colaboración internacional SAURON este año se han combinado datos fotométricos (en el rango óptico e infrarrojo) junto con datos del espectrógrafo de campo integral SAURON para estudiar la posición de galaxias espirales en las relaciones de escala definidas por galaxias de tipos tempranos (ej. color-magnitud, color-Sigma, relaciones de Kormendy, Faber-Jackson y

Plano Fundamental). Se investigó el papel que las poblaciones estelares y la nueva clasificación de galaxias en términos de su cinemática (Emsellem et al. 2007) juegan en la distribución de las galaxias en dichas relaciones de escala. Encontramos que las galaxias espirales se desvían de las elípticas en aquellas relaciones que involucran la medida del color debido a la presencia de polvo. Sorprendentemente, sin embargo, los objetos más jóvenes no presentan los colores más azules. Esto se explica de forma natural si se usan modelos de poblaciones que tienen en cuenta la contribución de estrellas en la fase de la “thermally pulsing asymptotic giant branch”. Muchas de las galaxias espirales siguen la misma relación del Plano Fundamental (PF) definida por las galaxias de tipo temprano. Aquellas que se desvían muestran evidencia de poblaciones estelares jóvenes o formación estelar en activo. Al corregir el PF de este efecto, reemplazando brillo superficial por densidad de masa superficial, todas las galaxias siguen la misma relación. Los “Slow-rotators” muestran una dispersión insignificante alrededor de esta nueva relación. Esta es la primera vez que se observa un tipo de galaxias con dispersión consistente con los errores observacionales en el PF. Este trabajo ha sido liderado por J. Falcón-Barroso y publicado en *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.* (J. Falcón-Barroso).

Un número importante de miembros del grupo forma parte de la colaboración internacional CALIFA (Calar Alto Large Integral Field Area Survey). Dicho cartografiado proporcionará la mayor base de datos IFU de galaxias del Universo local. Está planeado observar 600 galaxias bien resueltas del Universo local usando 250 noches del instrumento de campo integral PMAS/PPAK situado en el telescopio de 3.5 m del Observatorio de Calar Alto (Almería). En la actualidad se han observado ~100 galaxias en las dos configuraciones instrumentales planteadas para el cartografiado (V500, V1200). Los miembros del grupo involucrados en este proyecto son: J. Bakos, A. de Lorenzo-Cáceres, J. Falcón-Barroso, E. Mármol-Queraltó, I. Trujillo y A. Vazdekis. Durante

este año se han llevado a cabo una serie de eventos y proyectos con alta participación y responsabilidad por parte de miembros del grupo. A continuación se detallan dichas acciones:

1) Se ha organizado la 2nd Busy Week de la colaboración. La reunión tuvo lugar en el IAC, del 29 de noviembre al 2 de diciembre. La reunión contó con la participación de aproximadamente 50 investigadores procedentes de varias instituciones, aunque predominantemente del MPIA y AIP (Alemania) y IAA (España). (J. Falcón-Barroso).

2) Se ha desarrollado el pipeline de análisis de la cinemática estelar para toda la muestra de CALIFA (~600 galaxias). Dicho pipeline es capaz de extraer la cinemática y sus errores para las dos configuraciones instrumentales de las observaciones (V500, V1200). J. Falcón-Barroso es el responsable de coordinar el desarrollo y puesta en marcha de dicha aplicación para la colaboración. (J. Falcón-Barroso).

3) Se ha comenzado el estudio del comportamiento de los índices espectrales de carbono para la submuestra de galaxias observadas en la actualidad. (E. Mármol-Queraltó).

4) Se ha iniciado el estudio de las poblaciones estelares en regiones externas de galaxias espirales. Dicho trabajo se realiza en colaboración con la I. Pérez y T. Ruiz-Lara del IAA. (J. Bakos, I. Trujillo, E. Mármol-Queraltó).

Además de SAURON y CALIFA, J. Falcón-Barroso es miembro asociado del grupo ATLAS3D, que tiene como objetivo el estudio detallado de galaxias cercanas de tipos tempranos basado en una muestra completa de galaxias elípticas y lenticulares hasta el cúmulo de Virgo. Durante este año he participado en dos estudios relacionados con el Proyecto:

a) Se llevó a cabo un estudio detallado de la galaxia lenticular NGC 1266. Se analizaron

observaciones a distintas longitudes de onda (desde radio hasta el infrarrojo). Encontramos que dicha galaxia alberga entorno a  $10E9$  masas solares de gas molecular y que su espectro muestra unas alas que en velocidad se extienden alrededor de  $\pm 400$  km/s. Observaciones de CARMA a alta resolución espacial muestran que dicha componente se concentra en los 100pc centrales de la galaxia. Combinado con la presencia de una AGN y un chorro de gas a velocidades mayores que la velocidad de escape de la galaxia, estas observaciones sugieren que NGC 1266 es una excelente candidata de muestra "AGN feedback". De ser así, esta sería la primera galaxia "normal" en la que se observa este mecanismo. Este trabajo ha sido publicado en Alatalo et al. (2011). (J. Falcón-Barroso).

b) Como continuación del trabajo publicado en Shapiro et al. (2010), se extendió el estudio del origen y evolución de la formación estelar en galaxias cercanas de tipos tempranos a la muestra de ATLAS3D. Finalmente se han podido analizar 110 galaxias del total de 260 que tiene la muestra. Los datos están totalmente reducidos y analizados y en vías de completar un artículo, liderado por J. Falcón-Barroso, que será enviado en los próximos meses. (J. Falcón-Barroso).

## **LAS GALAXIAS BARRADAS: EVOLUCIÓN Y CONSECUENCIAS (3I2407)**

**J.H. Knapen.**

**J.R. Sánchez Gallego, J. Falcón Barroso y  
S. Erroz Ferrer.**

E. Valentijn (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); S. Comerón (KASI, Corea); B. Madore, L. Ho (Carnegie, EEUU).

## **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 HST. 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 dinámica de las barras comparando minuciosamente simulaciones numéricas, imágenes e información cinemática de grandes barras de galaxias cercanas.

## **Hitos**

Se han completado las observaciones en  $H\alpha$ , reducción y análisis de las 156

I. Martínez-Valpuesta (MPE, Alemania); L. Athanassoula, A. Bosma (Marsella, Francia); R. Buta (Univ. de Alabama, EEUU); E. Laurikainen, H. Salo (Univ. de Oulu, Finlandia); E. Brinks, M. Sarzi (Univ. de Hertfordshire, Reino Unido); L. Mazuca (NASA GSFC, EEUU); P. James (Univ. John Moores, Liverpool Univ., Reino Unido); E. Schinnerer, G. van de Ven (MPIA, Alemania); M. Regan (STScI, EEUU); T. Baker (ESTEC, Países Bajos); R. Peletier,

galaxias que forman parte del JCMT Nearby Galaxies Legacy Survey. Se ha escrito un artículo presentando estos datos, así como las principales propiedades de la formación estelar en las galaxias de nuestra muestra (tasas de formación estelar, anchuras equivalentes, etc.). El artículo ha sido enviado a *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.*

Se han obtenido imágenes con el telescopio robótico LT de algunas de las galaxias del S4G que no tienen imagen en el catálogo Sloan. El resto están siendo observadas en el presente.

A base de imágenes en el infrarrojo obtenidas con el telescopio espacial Spitzer, se ha estudiado la estructura de las galaxias vistas de canto, encontrando que hay mucho más masa en el componente denominado "disco grueso" que lo que se pensaba antes. Ese resultado tiene consecuencias importantes para nuestro entendimiento de la historia de la formación de las galaxias.

S. Erroz ha presentado en junio su proyecto fin de Master, con el cual obtuvo el título de Master en Astrofísica por la Universidad de La Laguna. De este Proyecto ha resultado un artículo a punto de ser enviado para su publicación.

## **Evolución del Proyecto**

Dentro del marco de la colaboración internacional SAURON este año se han combinado datos de SAURON de 48 galaxias cercanas con fotometría en el rango ultravioleta procedentes de la misión espacial GALEX para explorar el origen del fenómeno conocido como "UV-upturn". Observamos que las galaxias con poblaciones viejas muestran unas relaciones de color FUV-V y FUV-NUV muy fuertes al compararlas con los índices espectrales de absorción Mgb y H $\beta$ . Sorprendentemente dichas relaciones son más débiles cuando se comparan con la dispersión de velocidades de las galaxias de nuestra muestra. Este resultado muestra la importancia de la edad y metalicidad en nuestra comprensión del "UV-upturn". La

dispersión observada en las relaciones se debe fundamentalmente a galaxias con estallidos de formación estelar reciente. El exceso de radiación en el UV se da predominantemente en "Slow-rotators" y no en galaxias elípticas como se había postulado hasta la fecha. Este trabajo se ha publicado en Bureau et al. (J. Falcón-Barroso).

El Proyecto NIRS0S tiene como objetivo recopilar y analizar imágenes en el infrarrojo cercano de una amplia muestra con 200 galaxias con tipos S0/S0a y así comparar las propiedades de sus barras con aquellas en galaxias espirales. La parte observacional de NIRS0S se completó en el 2009, y el Proyecto está casi acabado, a falta de publicar uno o dos artículos más. Con los mismos colaboradores, se seguirá con el estudio de las galaxias de tipo temprano usando datos de Spitzer. (J. Knapen).

Análisis e interpretación de datos en el rango milimétrico obtenidos con el telescopio James Clerk Maxwell (Hawai, EEUU), dentro del programa internacional Nearby Galaxies Legacy Survey, dando lugar a varias publicaciones científicas.

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. Se publicará un primer artículo basado en estos datos. (J. Knapen, S. Erroz).

Estudio comparativo de la morfología y formación estelar de galaxias tempranas. Para ello se están comparando imágenes en H $\alpha$  obtenidas en el telescopio NOT del ORM con datos del UV de GALEX. Se escribirá un artículo sobre este estudio. (J. Knapen, S. Erroz).

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 robótico LT. Imágenes en proceso de obtención y reducción. (J. Knapen, S. Erroz).

## EVOLUCIÓN DE GALAXIAS (3I1311)

J. Cepa Nogué.

A.M. Bongiovanni, A.M. Pérez García, A. Ederoclite, B. Cedrés Expósito, I. Oteo Gómez, J. Poledniková, I.M. Pintos Castro e I. Rivero Losada.

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, Madrid); I. González-Serrano (IFCA-UNICAN, Cantabria); J.A. de Diego (UNAM, México); J. González, M.A. Lara-López (AAO); B. Vila (ESO).

### 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, espectroscopia, 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 sólo 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 espectroscopia tridimensional de baja resolución de todos los objetos del campo. Una técnica que ha demostrado ser muy eficiente para detectar objetos en emisión muy débiles o de pequeñas anchuras equivalentes.

El cartografiado **OTELO** (OSIRIS Tunable Emission Line Object survey, IP: J. Cepa Nogué), es la espina dorsal del cartografiado "Evolución". Detectará las principales líneas ópticas de emisión desde Lyman  $\alpha$  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, 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.

**PEP** (PACS Extragalactic Probe, IPs: D. Lutz y 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

El denominado "plano fundamental" establece una relación bien definida entre propiedades estructurales, como el brillo y el tamaño, de galaxias morfológicamente tempranas, con su dinámica. El grupo ha estudiado 135 galaxias de campo hasta un desplazamiento al rojo de 1.2 procedentes de la base de datos de DEEP2. Se ha descubierto que la evolución del plano fundamental de las galaxias tempranas depende de su masa, tamaño o luminosidad. Asimismo, la relación de Kormendy, entre el brillo superficial y el radio efectivo, ha permitido descubrir una población de galaxias muy compactas y brillantes, de las que sólo una pequeña fracción (0.4%) se detectan en el universo local. Esta evolución podría venir determinada por un cambio de tamaño debido a fusiones secas menores.

Contrariamente al paradigma aceptado hasta hace pocos años, las galaxias que se observan en la línea de emisión Lyman  $\alpha$ , también denominadas "emisores Lyman  $\alpha$ " o LAEs (del acrónimo inglés), no constituyen objetos jóvenes, formados a partir de nubes de gas con pocos metales. Al contrario, contienen cantidades significativas de polvo incluso a altos desplazamientos al rojo. La correlación entre imágenes ópticas y en el infrarrojo lejano, éstas últimas utilizando el observatorio espacial Herschel, ha permitido al equipo poner de manifiesto este fenómeno. La mayoría de las contrapartidas detectadas en nuestros estudios (75%) parecen ser galaxias oscuras dominadas por un núcleo galáctico activo. Esta fracción es consistente con la fracción medida a bajo desplazamiento al rojo ( $0.2 < z < 0.45$ ), pero significativamente distinta de la observada a  $z \sim 3$ , lo cual podría ser la manifestación de una rápida evolución del fenómeno de actividad nuclear.

OTELLO es el cartografiado de objetos extragalácticos en líneas de emisión más profundo hasta la fecha. Los filtros sintonizables del instrumento OSIRIS y el telescopio GTC, permiten detectar objetos diez veces más débiles que el cartografiado que se lleva a cabo con el telescopio Subaru,



utilizando filtros convencionales. Los datos obtenidos constituyen una tercera parte de los correspondientes al primer apuntado. El análisis provisional de los mismos parece indicar que los objetos más débiles, que difícilmente se observan en espectroscopia incluso con telescopios de clase 8-10 m, presentan una carencia de galaxias con líneas de absorción en sus espectros. Este resultado, caso de confirmarse, introduciría cambios importantes en el censo de objetos extragalácticos de baja luminosidad, que podrían modificar la densidad de la tasa de formación estelar en el Universo, así como los modelos de evolución de galaxias actualmente existentes.

## **Evolución del Proyecto**

### **Actividades realizadas**

#### *Observaciones*

Se pidió y obtuvo tiempo para la observación en modo MOS de un cúmulo de galaxias de GLACE con el telescopio TNG del ORM.

Se pidió y obtuvo tiempo para la observación de un cúmulo de galaxias de GLACE en banda estrecha NIR con LIRIS para detectar  $H\alpha$ .

Se recibieron las primeras entregas de datos  $H\alpha$  y  $H\beta$  del proyecto de cúmulos GLACE, obtenidas con el filtro sintonizable de OSIRIS en el telescopio GTC (en tiempo abierto y garantizado), y se aprobó el cartografiado GLACE como un proyecto de gran formato ESO-GTC.

Se pidió y obtuvo tiempo para observar emisores Lyman- $\alpha$  a desplazamiento al rojo 7.

Se continuó recibiendo los primeros datos de OTELO.

#### *Reducción y calibración*

Se han reducido los datos MOS del telescopio TNG, pero la señal a ruido no era suficiente como para obtener resultados significativos, por lo que se solicitaron, y obtuvieron, noches adicionales para 2012.

Los datos de LIRIS están reducidos (llevó

bastante tiempo la corrección de franjas). Sin embargo se observan pocos objetos en emisión. Se prosigue con la reducción para mejorar la corrección de franjas.

Los datos de GLACE en tiempo abierto y garantizado están reducidos y calibrados en flujo y longitud de onda (con la nueva calibración) y ya se dispone de una selección de objetos en emisión con sus pseudoespectros. Estos resultados darán lugar a dos publicaciones.

Se han reducido las observaciones para la detección de emisores Lyman- $\alpha$  a  $z = 7$ . La señal a ruido es más baja de lo esperado debido a la poca eficiencia del filtro. Los datos están pendientes de un análisis más detallado.

Los datos de PEP ya están reducidos y calibrados y los catálogos extraídos por el equipo.

Los datos de OTELO obtenidos hasta ahora (30% del primer apuntado) son excelentes y se alcanza una profundidad de  $5 \times 10^{-19}$  erg/cm<sup>2</sup>/s a 3sigma. Es decir, 2 magnitudes más profundo que el cartografiado en emisión más profundo realizado hasta la fecha (con SuprimeCam en el telescopio Subaru).

#### *Análisis*

Estudios de relaciones fundamentales (Tully-Fisher, plano fundamental) a partir de espectros de DEEP2 (obtenidos con DEIMOS (telescopio Keck) en el campo Groth).

Correlación entre datos ópticos y FIR (PACS-Herschel) para el estudio de emisores Lyman- $\alpha$  y propiedades fundamentales de galaxias.

Conclusiones preliminares de los datos de OTELO, puesto que solamente se dispuso de un volumen suficiente como para abordar un análisis significativo a finales de 2011.

#### *Otras actividades*

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

Se ha proseguido con la colaboración con el cartografiado ALHAMBRA.

Se ha iniciado una colaboración en el cartografiado J-PAS, que permitirá completar los estudios efectuados hasta ahora, y abordar nuevas metas como la detección de grandes cantidades de cuásares a alto desplazamiento al rojo o el estudio del efecto de lente débil para la detección de acumulaciones de masa en el Universo.

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

### Resultados obtenidos

Utilizando la base de datos de DEEP2, se ha abordado el análisis de la evolución del plano fundamental de galaxias tempranas. Este plano fundamental pone de manifiesto la relación entre propiedades estructurales de dichas galaxias, como el brillo y el radio efectivo, con su dinámica. El estudio de dicho plano tiene, por consiguiente, implicaciones importantes en los modelos de formación y evolución de galaxias. Este trabajo se ha basado en los datos de 135 galaxias de campo hasta un desplazamiento al rojo de 1.2. Se ha descubierto que la evolución del plano fundamental de las galaxias tempranas depende de su masa, tamaño o luminosidad. Asimismo, encontramos que la relación de Kormendy muestra una población de galaxias muy compactas y brillantes, de las que sólo una pequeña fracción (0.4%) se detectan en el universo local. Esta evolución vendría determinada por el cambio de tamaño debido a fusiones secas menores.

Se han detectado contrapartidas en el infrarrojo lejano, obtenidas por el instrumento

PACS de Herschel, de emisores Lyman  $\alpha$  a un desplazamiento al rojo de  $z \sim 2.2$  en el campo GOODS-N. Los candidatos a emisores Lyman  $\alpha$  se obtuvieron mediante diagramas color-magnitud a partir de los datos del cartografiado ALHAMBRA, de otros datos de archivo, y de modelos de poblaciones estelares. La mayoría de las contrapartidas (75%) parecen ser galaxias oscurecidas dominadas por un núcleo galáctico activo. Esta fracción es consistente con la medida a bajo desplazamiento al rojo ( $0.2 < z < 0.45$ ), pero significativamente distinta de la observada a  $z \sim 3$ , lo cual sería compatible bien con una rápida evolución del fenómeno de actividad nuclear, bien con la menor profundidad de los datos infrarrojos disponibles. Cualquiera que sea la razón, el trabajo efectuado muestra que se encuentran cantidades significativas de polvo en emisores Lyman  $\alpha$  incluso a alto desplazamiento al rojo. Estudios posteriores realizados también por el grupo, y pendientes de publicación, parecen indicar que los emisores Lyman  $\alpha$  a bajo desplazamiento al rojo tienen más polvo que los de alto desplazamiento al rojo.

Como resultado provisional de los datos de OTELO hasta ahora obtenidos, cabe destacar la carencia de objetos débiles (más débiles en el continuo que magnitud AB 24 en I) en absorción.

Finalmente señalar 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 en 2012.

# FISICA DE LAS ESTRELLAS, SISTEMAS PLANETARIOS Y MEDIO INTERESTELAR

## FÍSICA DE LAS ESTRELLAS, SISTEMAS NEBULOSAS BIPOLARES (311386)

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

K. Viironen (CEFCO, Teruel); D.R. Gonçalves (Obs. Valongo, Brasil); E.R. Rodríguez Flores (IGA, Cuba); L. Sabin (UNAM, México); M. Santander-García (OAN, Madrid); B. Balick (Univ. de Washington, EEUU); S. Navarro (Univ. de Guadalajara, México); M. Rodríguez, G. Delgado Inglada (INAOE, México), U. Munari (INAF, Italia); L. Cuesta (CAB, Madrid); V. Lorenzi (TNG, La Palma); L. Magrini (Univ. de Florencia, Italia); J. Drew (Univ. de Hertfordshire, Reino Unido), R. Greimel (Univ. de Graz, Austria), J.M. Vílchez (IAA, Granada), J. Mikolajevska (Copernicus Centre, Polonia); T. Liimets (Obs. Tartu, Estonia); 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.

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

Determinación precisa de la distancia a 70 nebulosas planetarias galácticas usando el método extinción-distancia implementado para los datos fotométricos del cartografiado IPHAS.

Estudio “en vivo” de la evolución de la nebulosa planetaria M2-9 usando imágenes directas de alta resolución tomadas durante un periodo de 10 años. Producción de una animación tipo “time lapse”, la primera para este tipo de objetos.

Descubrimiento de un sistema simbiótico de tipo D conteniendo una estrella de carbono y rodeado por una nebulosa ionizada muy compacta. Sólo se conocen dos casos similares en la Galaxia y ninguno asociado con una nebulosa.

Descubrimiento y estudio de la nueva nebulosa planetaria “Necklace”, un extraordinario objeto formado por un sistema binario central rodeado por un “collar” en expansión formado por una docena de condensaciones compactas y brillantes y por un par de grandes lóbulos bipolares que se expanden a alta velocidad en la dirección polar. La inusual morfología y belleza de la nebulosa la llevó a ser “imagen del día” en APOD (3 noviembre, 2010).

Descubrimiento y estudio de una nueva Nebulosa Planetaria en la dirección del anticentro galáctico. Resulta ser la Nebulosa Planetaria más alejada del centro galáctico donde se han podido determinar con precisión su distancia y abundancias químicas, la “última baliza” con que se cuenta para estudiar el gradiente químico de abundancias en la Galaxia.

MEMORIA  
IAC 2011

91

## Evolución del Proyecto

En 2011 se ha publicado uno de los resultados más importantes obtenidos mediante el cartografiado IPHAS ([www.iphas.org](http://www.iphas.org)), referido a las Nebulosas Planetarias (NPs): la determinación de la distancia a una amplia muestra de NPs mediante el método "extinción-distancia". Los datos fotométricos de IPHAS en H- $\alpha$ , r' e i' permiten determinar simultáneamente y sin ambigüedades el tipo espectral y la distancia de cualquier estrella entre los tipos A y K4 y hasta al menos 10 kpc del Sol. Esto posibilita conocer la relación extinción-distancia para centenares o miles de estrellas de campo en cada zona de 10x10 arcmin alrededor de cada NP. Conociendo la extinción que sufre una NP y situándola en la curva extinción-distancia, puede determinarse su distancia con buena precisión (hasta el 20%; comparar con incertidumbres típicas de 50-500% mediante otros métodos). De ese modo se ha calculado la distancia para 70 NPs conocidas, lo que representa la mayor muestra analizada con ese método hasta la fecha y posibilita un mejor conocimiento de parámetros básicos de la NP y la estrella central (masa nebular, pérdida de masa, etc.), con implicaciones importantes en el campo de radiación UV de la Galaxia, la masa total procesada que se inyecta al Medio Interestelar y, en general, en nuestro entendimiento de la evolución química de la Galaxia.

El grupo ha continuado durante 2011 estudiando la físico-química de las NPs conocidas. Hay que destacar el trabajo publicado sobre la nebulosa M2-9, donde se presentan imágenes de alta resolución tomadas a lo largo de 10 años que demuestran que el sistema central es una estrella binaria (probablemente tipo simbiótica) que produce un jet de partículas a alta velocidad (11.000 a 16.000 km/s). El jet, al impactar en las paredes de la cavidad interna, origina la conocida nebulosa bipolar. Se pudo determinar una distancia más precisa (1,3 kpc) un periodo de rotación de la nebulosa de 92 años y una edad de 2.500 años. Se ha publicado una película mostrando la rotación de la nebulosa, algo

único para este tipo de objetos ([http://www.aanda.org/index.php?option=com\\_article&access=standard&Itemid=129&url=/articles/aa/olm/2011/05/aa16361-10/aa16361-10.html](http://www.aanda.org/index.php?option=com_article&access=standard&Itemid=129&url=/articles/aa/olm/2011/05/aa16361-10/aa16361-10.html)). Por otro lado, se ha participado en la búsqueda de evidencias de campos magnéticos en las estrellas centrales de dos NPs: NGC 1360 y LSS 1362. Contrariamente a lo que se había publicado anteriormente, el campo magnético resultó ser nulo dentro de los errores en ambas NPs. Finalmente, se ha publicado un artículo presentando el descubrimiento de sendas estrellas binarias en las NPs NGC 6326 y NGC 6778.

Durante 2011 se publicaron varios trabajos sobre nebulosas recientemente descubiertas en la base de datos de IPHAS. Se ha identificado y estudiado una nueva estrella simbiótica de tipo D que contiene una estrella de carbono, probablemente una Mira de carbono, un tipo muy raro de simbiótica del que sólo hay otros dos ejemplos conocidos en la Galaxia. El sistema simbiótico está rodeado por una pequeña nebulosa, algo que, aunque es habitual en las simbióticas de tipo D, es la primera vez que se encuentra en simbióticas con estrellas de carbono. Es de destacar, por otro lado, el estudio publicado sobre una nueva NP denominada "Necklace". Se trata de una nebulosa bipolar con una morfología única: consta de un "collar" de condensaciones brillantes que se expande alrededor de un sistema binario y un par de grandes lóbulos en la dirección polar expandiéndose a gran velocidad. Esta NP resulta ser un objeto clave para estudiar el papel de las binarias cercanas en la formación de las NPs, en particular de las de morfología axi-simétrica. En otro estudio también publicado en 2011, el grupo presenta una nueva NP situada en la dirección del anticentro galáctico. Se trata de una pequeña nebulosa con geometría esférica que resultó ser una NP de baja densidad, muy evolucionada y situada a una enorme distancia del centro galáctico, casi 21 kpc. Se trata, de hecho, de una de las NP más alejada del Sol donde se ha podido determinar la distancia con precisión y la más lejana de la Galaxia donde se conocen sus abundancias químicas. Éstas, y en particular

la abundancia de oxígeno, que es la que se determina con mejor precisión en las NPs, son sorprendentemente elevadas para un objeto tan alejado, lo que refuerza la hipótesis de que el gradiente galáctico de abundancias se “aplana” hacia el disco externo.

## **REGIONES HII EXTRAGALÁCTICAS (311486)**

**C. Esteban López.**

**A. Herrero Davó, L. López Martín, V. Luridiana, J. García Rojas y M.F. Nuñez Díaz.**

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

### **Hitos**

Se ha obtenido espectroscopia óptica de campo integral del objeto Herbig-Haro (HH) HH 204 en la Nebulosa de Orión, descubriendo una zona estrecha y con forma arqueada que muestra una temperatura electrónica muy alta justo al borde externo del ápex. La temperatura en esta zona es de unos 1.000 K más alta que en el resto del campo observado y está producida por el calentamiento debido al impacto de una onda de choque. Esta es la primera vez que se observa este tipo de fenómeno en un objeto HH fotoionizado. Finalmente, encontramos que los mapas de abundancia de O<sup>+</sup> y O muestran valores anómalamente bajos en el arco de alta temperatura debido a que el calentamiento no es debido a fotoionización.

Gracias a la alta resolución usada en observaciones realizadas con el espectrógrafo echelle MIKE en uno de los telescopios de 6.5 m Magallanes, se han conseguido detectar y medir con precisión nunca antes alcanzada, varias líneas de recombinación ópticas de O I en varias nebulosas planetarias. Estas líneas son muy difíciles de detectar debido a que son muy débiles y están muy contaminadas por líneas de emisión telúricas.

### **Evolución del Proyecto**

M. Núñez Díaz, becario FPI del grupo, está realizando su tesis doctoral sobre 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 diciembre de 2011 se finalizó la obtención de datos para todos los campos (cerca de 20) que cubren la zona central de la nebulosa. Parte de los datos ya han sido reducidos y toda la metodología de reducción está bien establecida. 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 espera obtener un enorme rédito científico de estos datos.

M. Núñez Díaz y A. Mesa Delgado, junto con la mayor parte de los miembros del grupo, han elaborado dos artículos sobre espectroscopia bidimensional de tres campos seleccionados de la Nebulosa de Orión obtenidos con el espectrógrafo PMAS del telescopio 3.5 m del Observatorio de Calar Alto. Entre las zonas escogidas se encuentra el objeto Herbig-Haro HH204 y dos frentes de ionización (barras del sur y del noroeste). Los resultados de estos trabajos son muy interesantes (parte de ellos se muestran en la sección de “Hitos”) pues tanto en las zonas de compresión de gas como en los frentes de ionización se encuentran decrementos anómalos y muy localizados de la abundancia química de O<sup>+</sup> y O que son producto de la desexcitación colisional

de las líneas de emisión empleadas para su determinación debido a la presencia de alta densidad. En estas zonas, los indicadores de densidad nebulares habituales no funcionan correctamente, proporcionando valores inferiores (en casi un factor 2) a los reales en las abundancias determinadas a partir de líneas de excitación colisional. Se está finalizando un tercer trabajo basado también en espectroscopia bidimensional de un campo de la Nebulosa de Orión que contiene varios discos protoplanetarios (proplyds) situados en las cercanías de las estrellas del Trapecio. Encontramos que la densidad en estos objetos es extremadamente alta, llegando en algún caso hasta cerca del millón de partículas por centímetro cúbico.

A.R. López Sánchez y C. Esteban han publicado un trabajo basado en observaciones radio en la línea de HI y del continuo a 20 cm, obtenidas con el interferómetro australiano ATCA de la galaxia enana NGC 5253. Se ha encontrado que esta galaxia está, muy posiblemente, experimentando el crecimiento de una nube difusa de baja metalicidad a lo largo de su eje menor de simetría. Este fenómeno está comprimiendo el gas interestelar y disparando el intenso brote de formación estelar que observamos en el centro de la galaxia. También observamos varias estructuras extensas de gas neutro alrededor de NGC 5253 originadas por interacciones de marea que comenzaron hace más de 100 millones de años. El origen de estas estructuras y de la nube de baja metalicidad puede deberse a que NGC 5253 interactuó con la cercana galaxia espiral tardía M83 en el pasado. En abril y diciembre, junto con J. García-Rojas, se obtuvieron imágenes en filtros IR con el telescopio TCS de unas 20 galaxias enanas con fuertes brotes de formación estelar (galaxias WR) cuyos datos ya se encuentran reducidos y que serán empleados para la estimación de masas galácticas y para la calibración de diagramas color-metalicidad en el IR.

C. Morisset estuvo en el IAC con una estancia sabática desde el mes de febrero colaborando con el grupo. Con este investigador se han

iniciado distintos proyectos que darán sus frutos a partir de 2012. Su contribución se ha basado principalmente en la aplicación de su experiencia en la modelización de nebulosas ionizadas y en colaborar con V. Luridiana en la elaboración de un paquete de análisis de condiciones físicas y abundancias químicas en nebulosas usando el lenguaje Python.

J. García-Rojas y C. Esteban han publicado la primera parte del estudio de la región HII Galáctica M43, en colaboración con S. Simón Díaz (IAC), G. Stasinska (Obs. Paris-Meudon) y C. Morisset, que demuestra el efecto importante de la luz dispersada por polvo sobre el espectro nebuloso por polvo y la determinación de abundancias totales de O, N y S sin necesidad de corregir por los iones no observados (los denominados icf). Se está desarrollando una segunda parte del estudio que incluye una modelización detallada, tanto de la distribución del espectro de energías ionizantes de la estrella central como de la nebulosa, con el fin de determinar de forma precisa parámetros físicos y químicos del sistema estrella-nebulosa. También se ha estudiado el problema de la fluorescencia en las zonas centrales de la nebulosa encontrando resultados muy interesantes y de importante aplicación a futuros estudios. Se finalizará el artículo a lo largo de 2012. Dentro de este mismo Proyecto también se obtuvieron observaciones espectroscópicas de las regiones HII galácticas IC 5146 y NGC 2175 (ya reducidas) con el fin de modelizar las nebulosas y sus estrellas ionizantes y comparar las abundancias químicas que nos proporcionan los espectros nebulares y estelares.

J. García-Rojas ha publicado el análisis de las condiciones físicas en Nebulosas Planetarias (NP) con núcleo Wolf-Rayet [WC] basado en observaciones con el espectrógrafo Echelle MIKE del telescopio de 6.5 m Magallanes (Chile), en colaboración con M.T. Ruiz (Univ. de Chile), M. Peña, C. Morisset (en estancia sabática en el IAC durante 2011) y A. Mesa-Delgado (PUC, Chile). Se ha encontrado que para las NP de mayor densidad, la densidad está mejor representada por el diagnóstico de líneas

de [Cl III] que, en general, es consistente con el diagnóstico de líneas de [Fe III] y da valores sistemáticamente mayores que los diagnósticos a partir de líneas nebulares de [S II] y [O II]. Otro resultado interesante es que el comportamiento del cociente de temperaturas  $Te([O III])/Te([N II])$  en NP de alta ionización puede ser explicado asumiendo que están parcialmente limitadas en densidad. El artículo ha sido aceptado y está en proceso de publicación. El análisis de las abundancias químicas tanto a partir de líneas de excitación colisional (LEC) de varios iones, así como a partir de líneas de recombinación (LR) débiles de OI, OII, Ne II, CII y CIII se ha finalizado y se planea publicar un artículo con los resultados durante 2012. Como avance, indicar que se ha obtenido el cociente C/O para 12 de estos objetos a partir de LR, lo cual es fundamental debido al hecho de que no existen líneas fuertes de excitación colisional (LEC) de C en el óptico. Se ha conseguido el hito de observar varias líneas de recombinación de OI para varios objetos. Estas líneas son muy difíciles de detectar debido a que están muy contaminadas por líneas de cielo y son importantes para contrastar la teoría de fluctuaciones de temperatura en nebulosas fotoionizadas. También se está estudiando la distribución de las velocidades radiales de estos objetos, en comparación con Nebulosas Planetarias normales en nuestra Galaxia; esta parte del trabajo la realiza principalmente la estudiante J. Rechy-García (U. Veracruzana, IA-UNAM, México) Los avances en este trabajo se han presentado en dos pósteres en el Simposio de la IAU 283 sobre Nebulosas Planetarias, celebrado en el mes de julio en el Puerto de la Cruz (Tenerife).

V. Luridiana ha trabajado con C. Morisset en la elaboración del código PyNeb para el análisis de líneas nebulares. A finales de 2011 el código estaba completo y testado (aunque se le podrían añadir más funcionalidades); se está empezando a preparar para su distribución y se ha solicitado la ayuda de un técnico para el desarrollo de la interfaz gráfica.

L. López-Martín en colaboración con J. Iglesias (IAA) ha publicado un artículo analizando una región de choque en el llamado Quinteto de Stephan a través de espectroscopia bidimensional obtenida con el instrumento PMAS (Calar Alto, Almería); y en colaboración con E. Benítez (UNAM, México) ha terminado una publicación analizando una muestra de galaxias Seyfert de tipo intermedio.

## **ESTUDIO FÍSICO DE NEBULOSAS PLANETARIAS (311586)**

**A. Manchado Torres.**

**A. García Hernández, S. Iglesias Groth y V. Luridiana.**

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, nos centramos en los cocientes isotópicos de C y O  $^{12}C/^{13}C$ ,  $^{17}O/^{16}O$ , y  $^{18}O/^{16}O$  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  $10^{-4} M$ , 1 por año y formar complejas moléculas orgánicas complejas. Uno de los 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

En un estudio realizado con el telescopio Spitzer de la NASA, se han detectado grandes cantidades de fulerenos C60 y C70 en diez Nebulosas Planetarias de dos galaxias cercanas a la Vía Láctea, las Nubes de Magallanes. Además, se ha logrado la primera detección extragaláctica del fullereno C70. Este estudio ha permitido calcular las abundancias más precisas de estas dos moléculas en el espacio.

Se ha detectado por primera vez C24, una molécula plana bidimensional de un átomo de grosor, un posible “trocito de grafeno”, alrededor de dos Nebulosas Planetarias con fulerenos, lo que supone la primera evidencia de la posible existencia de grafeno en el espacio. Por su alta conductividad térmica y eléctrica, el grafeno tiene prometedoras aplicaciones tecnológicas, como la fabricación de nuevos materiales y dispositivos electrónicos avanzados.

Se ha organizado el Simposium que la Unión Astronómica Internacional (IAU) organiza cada 5 años, sobre Nebulosas Planetarias (IAU 283).

Se ha presentado el nuevo código PyNeb en el Simposium IAU 283. PyNeb es un nuevo código para el cálculo de las abundancias

químicas en un gas ionizado, que presenta ventajas respecto a los códigos existentes en la actualidad.

Un pequeño grupo de investigadores mostró su interés en ser  $\beta$ -testers. Ya hay dos publicaciones que utilizan el código.

Se ha comprobado que los 20 aminoácidos presentes en las proteínas de la bioquímica terrestre son estables a la radiación de altas energía y además conservar sus proporciones en enantiómeros después de ser sometidos a una radiación equivalente a la edad del sistema solar. Esto añade soporte experimental a la sugerencia de que los aminoácidos terrestres se formaron en el Medio Interestelar, en un exceso de quiralidad (en su mayoría levógiros) y más tarde fueron incorporados a los cometas y asteroides en la época de formación del sistema solar.

## Evolución del Proyecto

Se ha finalizado el análisis/discusión de los espectros Spitzer de la muestra de 32 estrellas R Coronae Borealis, encontrando la molécula de fullerenos (C60) en la estrella menos deficiente en hidrógeno.

Durante este año el grupo se ha centrado en la detección de fulerenos (C60 y C70) en diez Nebulosas Planetarias de las Nubes de Magallanes; la primera detección extragaláctica de la molécula de C70. Como resultado de este trabajo, se han reportado las abundancias más precisas de estas moléculas en el espacio. Además, se ha encontrado la primera evidencia de la posible existencia de grafeno en el espacio. La explicación más probable sobre cómo se generan los fulerenos y grafenos es que estas moléculas complejas se formarían a partir de la destrucción por choques de los granos de carbono amorfo hidrogenados (HACs), que son muy abundantes en las envolturas de Nebulosas Planetarias. En la Figura 1, se muestra una representación artística de las moléculas del grafeno y del C60.





Figura 1. Composición artística de los grafenos (C<sub>24</sub>) planos y fullerenos esféricos en una Nebulosa Planetaria. (Imagen: IAC, fondo nebulosa Dumbbell-M27: Daniel López-IAC).

Se ha finalizado el análisis/discusión de los espectros infrarrojos Spitzer de una muestra de 159 Nebulosas Planetarias del disco galáctico.

Además, se ha trabajado en el análisis/discusión de los espectros Spitzer de 88 estrellas post-AGB sin contrapartida óptica.

Se ha finalizado el análisis/discusión de la clasificación morfológica de todas las estrellas post-AGB observadas con el HST.

De una muestra de 117 estrellas post-AGB no se ha encontrado ninguna con una estructura redonda.

Se ha trabajado con la reducción/análisis y derivación de abundancias isotópicas CNO a partir de los espectros ESO-VLT/CRIRES obtenidos de 10 estrellas AGB masivas de nuestra Galaxia. Se ha encontrado que los modelos de atmósfera hidrostáticos clásicos (modelos MARCS) no son capaces de reproducir correctamente las complejas atmósferas de estas estrellas. Estos modelos deben refinarse para tener en cuenta efectos hidrodinámicos (3D), así como el efecto de la presencia de una envoltura de polvo circunestelar.

Se impartió un charla invitada de revisión en el Simposio 283 de la IAU, sobre de Nebulosas Planetarias sobre los Procesos Moleculares entre la fase AGB y las NPs.

Se ha realizado un análisis químico y un estudio detallado del espectro óptico de alta

resolución de la estrella post-AGB de tipo temprano IRAS 22023+5249. Se descubrió que IRAS 22023+5249, así como este tipo de estrellas post-AGB de tipo temprano con doble química en el polvo circunestelar, probablemente evolucionan a partir de un sistema binario con un disco de polvo.

Se han utilizado las observaciones de estrellas AGB ricas en Rubidio de nuestra Galaxia y de las Nubes de Magallanes como ligaduras observacionales a los modelos teóricos de nucleosíntesis estelar y se han refinado estos modelos teóricos para proveer nuevas predicciones de nucleosíntesis en estrellas AGB masivas.

Se ha obtenido tiempo de observación con el telescopio GTC/CANARICAM y con el telescopio espacial Herschel para observar proto-nebulosas planetarias con fullerenos y estudiar el mecanismo de formación de estas moléculas complejas.

Se ha continuado la colaboración con el Actinium Chemical Research Lab. obteniéndose los coeficientes de Einstein en función de la temperatura de los fullerenos C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub>. Estos coeficientes han sido utilizados para calcular las abundancias de C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub> en una muestra de Nebulosas Planetarias de las nubes de Magallanes.

Se han realizado observaciones, tanto en los telescopios TNG y VLT, para la identificación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en regiones diferentes a las del complejo de Perseo. Como resultado preliminar, se ha podido identificar un objeto, con presencia de bandas asociadas al catión del Naftaleno y por tanto otro nuevo objeto estelar con Naftaleno.

MEMORIA  
IAC 2011

97

Se ha comprobado, en laboratorio, que los 20 aminoácidos presentes en las proteínas de la bioquímica terrestre son estables a la radiación de altas energías y además conservan sus proporciones en enantiómeros. Estos aminoácidos fueron irradiados con una dosis de radiación gamma equivalente a 3.2MGy (1My=1 x 10<sup>6</sup> gray), el equivalente a la producida por la desintegración de

radionucléidos en los cometas y asteroides en  $1,05 \times 10^9$  años. Se midió el grado de radiólisis y radoracemización para cada aminoácido y se extrapoló a una dosis de 14MGy que es la equivalente a la prevista, para la dosis total debida a la desintegración natural de los radionucléidos de todas las moléculas orgánicas presentes en cometas y asteroides en  $4,6 \times 10^9$  años, la edad del Sistema Solar.

Se ha comprobado que todos los aminoácidos estudiados pueden sobrevivir a una dosis de radiación de 14 MGy, a pesar de que ciertas fracciones de ellos se pierden como resultado de los procesos de radiólisis. Del mismo modo, el proceso de radoracemización que acompaña a la radiólisis no extingue el enriquecimiento enantiomérico inicial. Este estudio añade soporte experimental a la sugerencia de que los aminoácidos se formaron en el Medio Interestelar con un exceso de quiralidad (en su mayoría levógiros) y luego fueron incorporados en los cometas y asteroides en la época de formación del Sistema Solar.

Se ha organizado el Simposium, que la Unión Astronómica Internacional (IAU) organiza cada 5 años, sobre Nebulosas Planetarias (IAUS 283). El IAU 283 es el congreso más importante, en el campo de las Nebulosas Planetarias, en los últimos cinco años. El IAU 283 se llevó a cabo en julio en el Puerto de la Cruz (Tenerife), asistieron 157 investigadores de 26 países de los cinco continentes.

Se ha avanzado mucho en el desarrollo del código PyNeb para el análisis de las líneas de emisión. PyNeb se basa en el paquete nebular 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 mejoras de PyNeb con respecto a nebular:

- Herramientas para explorar y representar gráficamente los parámetros atómicos usados.

- Tres conjuntos de datos atómicos disponibles por defecto.

- Ampliación de los diagnósticos posibles a todas las líneas, incluyendo las infrarrojas.

- 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.

Actualmente, hay varios  $\beta$ -testers que están usando el código. Una vez terminado, PyNeb será una excelente herramienta de productividad.

La Figura 2 presenta algunos ejemplos de aplicación del nuevo código.

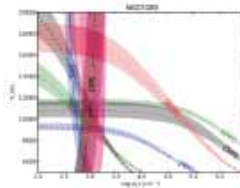


Figura 2: Rango de temperaturas y densidades compatibles en la Nebulosa Planetaria NGC 5189. El color codifica el ion emisor y el trazo de la línea la zona de ionización en la cual se origina la línea. Estos diagramas permiten determinar el valor de  $T_e$  and  $N_e$  que mejor ajusta el conjunto de las observaciones.

## ESTRELLAS BINARIAS (310788)

**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 Institution of Washington, EEUU); V.S. Dillon (Univ. de Sheffiel, Reino Unido); P. Abraham (Konkoly, Hungría); M. Pérez Torres, D. Steeghs (Harvard Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); B.T Gansicke, T.R. Marsch, M. Dillon (Univ de Warwick, Reino Unido); L. Schmidtobreick, K. O'Neil (ESO, Chile); W. Skidmore, V. Rana (Caltech, EEUU); P. Hakala, A.

Somero (Univ. de Helsinki, Finlandia); C. Tappert (Univ. de Chile); K. Long (Space Telescope Science Institute, EEUU) ; A. Rabassa Mansergas (Univ. de Valparaíso, Chile); D. Jones (Jodrell Bank, Reino Unido); M. Hernanz (Inst. Estudios Espaciales de Cataluña); A. Schwöpe, A. Nebot (AIP, Alemania).

## Introducción

El estudio de las estrellas binarias es una parte esencial de la Astrofísica Estelar. Se cree que la mayoría 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 el grupo de investigación ha demostrado que existe una gran densidad de sistemas intrínsecamente muy luminosos (con tasas de transferencia de materia muy altas) en el rango de periodos orbitales comprendidos entre 3 y 4,5 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 el 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

### *Estrellas centrales de Nebulosas Planetarias*

Después de nuestro descubrimiento de la estrella binaria central de una Nebulosa Planetaria con el período orbital más corto conocido (V458 Vulpeculae; 98.10 min) en 2010, este Proyecto ha encontrado otros dos núcleos binarios en las planetarias NGC 6326 y NGC 6778 (Miszalski, Jones, Rodríguez- Gil et al. 2011). El análisis de la fotometría revela curvas de luz típicas de irradiación con períodos orbitales de 0.372 y 0.1534 día, respectivamente, lo que constituye una evidencia firme de que los sistemas han pasado por una fase de envoltura común. Sin embargo, a diferencia de la mayoría de las búsquedas de estrellas binarias centrales, la naturaleza binaria de la estrella central de NGC 6326 se reveló

primero espectroscópicamente y sólo más tarde se pudo obtener un período orbital fotométricamente. Las observaciones espectroscópicas en el telescopio Gemini South revelaron una gran diferencia de velocidad de 160 km s<sup>-1</sup> entre la nebulosa y las líneas de emisión de C III y N III, que se originan en las atmósferas irradiadas de las estrellas compañeras de secuencia principal. Estas débiles líneas de emisión son bastante comunes en las Nebulosas Planetarias, por lo que la observación de diferencias en las velocidades radiales podría facilitar la construcción de una muestra estadísticamente significativa de nebulosas post-envoltura común. Hay una creciente evidencia de que este proceso podría acelerarse aún más mediante la preselección de nebulosas con las características de nebulosas post-envoltura común conocidas. Tanto NGC 6326 como NGC 6778 fueron seleccionadas por ser ricas en filamentos de baja ionización y eyección colimada de material, fortaleciendo así la relación entre estas características y las estrellas centrales post-envoltura común de las Nebulosas Planetarias.

### *Estados de acreción suspendida en los sistemas SW Sextantis ("Low States")*

2011 fue el año del análisis de los datos espectroscópicos con resolución temporal de BB Doradus en *low state*. Los datos fueron tomados con los telescopios NTT (La Silla) y VLT (Cerro Paranal) en Chile. Se ha encontrado que la transferencia de masa de la estrella donante no se detiene completamente durante el *low state*, sino que tiene lugar en forma de eventos esporádicos de transferencia de masa. El análisis sugiere que el material es canalizado hacia la enana blanca bien por el campo magnético de la misma o tras chocar con el borde externo de un disco de acreción remanente frío. Además, los datos del telescopio VLT revelaron por vez primera en uno de estos sistemas dos componentes satélite en emisión H $\alpha$ , probablemente originadas en una protuberancia de tipo solar cerca del punto interno de Lagrange. Otra posible explicación es la emisión desde dos puntos

fijos entre ambas estrellas del sistema por la interacción de los campos magnéticos de las mismas. En cualquier caso, esto relaciona la actividad magnética de la estrella donante a la causa los *low states*.

En septiembre de 2011 P. Rodríguez-Gil impartió un invited review sobre este tema en el Congreso “The Golden Age of Cataclysmic Variables and Related Objects” celebrado en Palermo (Italia) del 12 al 17 de septiembre.

## **Evolución del Proyecto**

J.A. Acosta Pulido en colaboración con F. Alves (Univ. Politécnica de Barcelona) y otros investigadores publicaron un trabajo sobre la polarización interestelar observada en infrarrojo y visible alrededor del objeto protoestelar NGC 1333 IRAS 4A. Estas observaciones permitieron determinar la estructura del campo magnético de la nube molecular alrededor de NGC 1333 IRAS 4A. La orientación promedio del campo magnético observada en esta nube es perpendicular a la observada en el núcleo de IRAS4. Este sorprendente resultado se explica como resultado de la superposición a lo largo de la línea de visión de diferentes componentes del campo magnético como sugieren las evidencias de que la nube molecular tiene una estructura de múltiples capas.

J.A. Acosta Pulido colaboró con un equipo del Observatorio de Konkoly para realizar un trabajo de monitorizado fotométrico y espectroscópico de una estrella joven tipo solar, que muestra gran variabilidad en escalas de años. Las variaciones fotométricas observadas se explican como variaciones en el ritmo de acrecimiento asociadas a cambios en la estructura interna del disco de acrecimiento.

M.J. Arévalo y C. Lázaro han colaborado en el análisis de una nueva binaria de tipo post-envoltura común, formada por una enana blanca y una enana de tipo M, descubierta por el satélite Kepler. Los resultados se encuentran ya en fase de publicación en *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.*

También M.J. Arévalo y C. Lázaro han finalizado el análisis de las observaciones fotométricas y espectroscópicas de la binaria de tipo Algol V1430 Aql. El estudio se basa en las primeras curvas de luz infrarroja de este sistema obtenidas con el telescopio TCS de OT, más curvas de luz VRI y espectros que cubren las líneas H- $\beta$ , H- $\alpha$  y CaII-IRT. El análisis con el código propio Binaroche nos ha permitido determinar los parámetros absolutos del sistema, y estudiar la actividad de la estrella secundaria, que muestra excesos de emisión de origen cromosférico. Los resultados se encuentran en fase de publicación en *New Astronomy*.

## **ESTRELLAS DE BAJA MASA, ENANAS MARRONES Y PLANETAS GIGANTES (310695)**

**R. Rebolo López.**

**V.J. Sánchez Béjar, J. González Hernández, S. Boudreault, K.Y. Peña Ramírez y B. Gauza.**

**Colaboradores del IAC: N. Lodieu, C. Allende Prieto y M. Esposito, B. Femenía Castella.**

M.R. Zapatero Osorio (CAB); 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 los planetas gigantes y caracterizar las propiedades físicas de estos astros en varias etapas evolutivas. Esta clase de objetos es probablemente la más numerosa de nuestra Galaxia, pero no por numerosa está mejor conocida. 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 estos objetos en la vecindad del Sol y en regiones de formación estelar cercanas con el fin de proporcionar información sobre los mecanismos que los originan. 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.

## **Evolución del Proyecto**

El uso del instrumento de “Lucky Imaging” FastCam, instalado en el telescopio NOT y junto con el sistema de Óptica Adaptativa NAOMI en el telescopio WHT, ha permitido obtener imágenes limitadas en difracción en banda I de dos enanas marrones binarias, HD130948BC y GJ569Ba+GJ569Bb, las cuales se encuentran alrededor de una estrella M y de tipo solar, respectivamente. Estas observaciones han permitido determinar por primera vez las magnitudes en el óptico del sistema HD130948BC, situado a 2.55” de una estrella 11.34 mag más brillante, y resolver las magnitudes individuales de GJ569 Ba y Bb en banda I. En este caso, se llevó a cabo un estudio dinámico de su órbita, lo que ha permitido determinar que la masa total del sistema es de 0.125 Msol. Estos resultados muestran la utilidad y competitividad de este tipo de instrumentos en telescopios de clase intermedia (2,5–4 m) en comparación con instrumentos de Óptica Adaptativa en telescopios de clase 8-10 m.

Se ha continuado realizando observaciones con FastCam del sistema doble GI 473 para determinar sus parámetros dinámicos. Nuestras observaciones se extienden por más de 4 años y cubren ya una gran parte de la órbita.

Los datos infrarrojos (JH, CH4) tomados recientemente con HAWK-I en el telescopio VLT y en banda i’ con OSIRIS en telescopio GTC en el cúmulo de Sigma Orionis ha permitido confirmar que SOri73 se trata de un objeto muy rojo y con bandas de metano. Sin embargo, nuestras medidas astrométricas del objeto parecen indicar que su movimiento propio es mayor que el movimiento propio del cúmulo, lo que parece indicar que se trata de una enana marrón de fondo. Los resultados de este estudio constatan la dificultad de encontrar objeto de tipo T o metano en regiones de formación.

Se llevó a cabo un estudio de la polarización en el infrarrojo con el instrumento LIRIS en el telescopio WHT de 8 enanas ultrafrías, la mayoría de las cuales presentan rasgos de juventud. Combinando estos datos con fonometría en el infrarrojo medio del satélite Wise, se ha podido confirmar que estos objetos presentan colores muy rojos, que podían ser debidos a la presencia de discos o envolturas de polvo alrededor de los objetos. La mayoría de la muestra no presenta una polarización mayor del 1% (con un nivel de confianza del 99%) y sólo en un caso se ha detectado encontrando un alto valor de polarización (3%), que confirmaría la presencia de un disco alrededor del objeto.

En el cúmulo de Sigma Orionis se ha llevado a cabo un estudio completo en todo el área del mismo de la población de enanas marrones. Para ello se utilizaron datos fotométricos ópticos e infrarrojos (IZJ) tomados por el grupo, así como los datos públicos más recientes de UKIDSS y Spitzer. Se han identificado un centenar de candidatos a enana marrón del cúmulo y se ha comprobado que su distribución espacial es similar a la de las estrellas de baja masa.

Además se encontró que la fracción de enanas marrones con disco en el cúmulo es del 34% y que el espectro de masas es creciente en todo el rango de masas desde la estrellas de baja masa hasta el límite de quema del deuterio (13 MJup), corroborando resultados anteriores de nuestro grupo alcanzados al explorar un área menor.

También en el cúmulo de Sigma Orionis se ha llevado a cabo un estudio fotométrico (ZYJHK) utilizando datos de Verificación Científica de VISTA en el cinturón de Orión, que ha permitido investigar la población subestelar completa del cúmulo hasta 6 veces la masa de Júpiter. Se encontraron 23 nuevos candidatos a objetos de masa planetaria, duplicando el número de ellos conocidos en el cúmulo, convirtiéndose este cúmulo en la región del cielo en la que se conocen el mayor número de estos “planetas aislados”. Gracias a los datos en el infrarrojo medio de IRAC/Spitzer y de WISE, se ha podido determinar que la fracción de estrellas de baja masa, enanas marrones y objetos de masa planetaria que poseen excesos infrarrojos asociados a la presencia de discos es similar (30-40%), así como su distribución espacial, confirmando nuestros anteriores resultados en el rango de las enanas marrones. También se pudo confirmar que la función de masas de todo el cúmulo es creciente en el rango entre 19 Msol y 0.006 Msol, pudiéndose describir adecuadamente por dos leyes de potencia con un exponente mayor (cercano al encontrado por Salpeter) en el rango entre 19Msol y 0.25Msol y otro menor desde el rango de estrellas de baja masa (0.25Msol) hasta los objetos de masa planetaria (0.006Msol). El escaso número de objetos T o metano encontrados en el cúmulo (3-4) sugiere que podría existir un límite inferior de masas para la formación aislada de este tipo de objetos en el cúmulo o bien los modelos evolutivos no son correctos a estas masas y edades.

Como resultado de nuestras búsquedas de compañeros alrededor de estrellas cercanas

de la vecindad solar utilizando datos del VISTA Hemisphere Survey (VHS), se ha encontrado por movimiento propio común un nuevo compañero a 300 UA de la estrella F8V HR8931, que forma un sistema triple junto con la binaria M8+L3 2MASS J23315-0405AB, situada a 12000 UA. Nuestros datos fotométricos y espectroscópicos, tomados con el telescopio IAC-80 y LIRIS en el telescopio WHT, indican que se trata de una estrella de muy baja masa con tipo espectral M9. Se trata pues de un sistema cuádruple compuesto por una estrella de tipo solar y dos estrellas de baja masa y una enana marrón cerca del límite subestelar, lo que lo hace muy interesante para investigar los modelos teóricos de evolución y los mecanismos de formación y evolución dinámica.

Se continuó el seguimiento en velocidad radial de varios candidatos a exoplanetas obtenidos por el programa de exploración a gran escala SDSSII-MARVELS. Las observaciones se han realizado con el espectrógrafo SARG del telescopio TNG y han permitido confirmar y mejorar las medidas de velocidad radial obtenidas por MARVELS. Algunos de estos candidatos a exoplanetas han resultado ser objetos substelares y estrellas de muy baja masa.

También han continuado los desarrollos del “Laser Frequency Comb” para HARPS (3.5 m La Silla, Chile), el nuevo sistema de calibración ha sido probado en varias campañas. Los últimos resultados muestran un buen funcionamiento del sistema de pulsos láser en más de 20 órdenes de este espectrógrafo lo que permite alcanzar precisiones mejores que 5 cm/s en la medida de velocidad de estrellas muy brillantes. Este es un paso fundamental para conseguir un sistema de calibración del espectrógrafo ESPRESSO del telescopio VLT que tiene como objetivo lograr la detección de exo-Tierras.

## NATURALEZA Y EVOLUCIÓN DE BINARIAS DE RAYOS X (311097)

J. Casares Velázquez.

A. Herrero Davó, T. Shahbaz, I. González Martínez-País, G. Israelian, R. Cornelisse, D.M. Russell, J.I. González Hernández, P. Rodríguez Gil, J.M. Corral Santana y C. Zurita Espinosa.

T. Muñoz Darías, P.A. Charles (Univ. de Southampton, Reino Unido); S. Campana, P. D'Avanzo (Obs de Brera, Italia); 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 California, EEUU); 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); P. Hakala (Univ. de Helsinki, Finlandia); I. Negueruela, F. Vilardell (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:

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 cuasi-periódicas (QPOs) y de las propiedades del ruido temporal permite distinguir entre



diferentes modelos de discos alabeados por irradiación y extraer información privilegiada sobre las inestabilidades que se forman en los discos alrededor de objetos compactos. Por su parte, el estudio de variaciones fotométricas durante las erupciones y la quietud permite determinar parámetros fundamentales de estos sistemas binarios, esenciales para determinar las masas de las componentes: ej.  $P_{orb}$  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

Confirmación dinámica con el telescopio GTC de la presencia de un agujero negro en XTE J1859+226: este estudio favorece un periodo orbital más corto y, por tanto, una masa inferior del agujero negro respecto al valor publicado en Filippenko & Chornock 2001 IAU Circ 7644 (Corral-Santana et al. 2011 *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.* 413 L15).

Determinación de exceso de Oxígeno en la estrella compañera del agujero negro en V404 Cyg: este resultado es consistente con varios modelos de nucleosíntesis explosiva en supernova/hipernovas; sin embargo

estos modelos no consiguen explicar la baja abundancia observada en otros elementos  $\alpha$ , como el Mg (González-Hernández et al. 2011 *Astrophysical Journal* 738 95).

## Evolución del Proyecto

Continúa el desarrollo de los programas de búsqueda de agujeros negros en estos sistemas, determinación de masas, tomografía Doppler, abundancia química de las estrellas compañeras y detección de Li. Este año se han analizado espectros GTC de XTE J1118+480, uno de los agujeros negros de período más corto, que han permitido medir por primera vez la derivada del periodo orbital. 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. Estos resultados están recogidos en un artículo aceptado (González-Hernández et al. 2012 *Astrophysical Journal*). Por su parte, se ha publicado una nueva solución orbital para el sistema XTE J1859+226 (Corral-Santana et al. 2011 *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.* 413 L15) que implica un periodo orbital más corto y un agujero negro de masa inferior a los valores preliminares publicados en Filippenko & Chornock 2001. 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 ha obtenido fotometría R de los nuevos sistemas transitorios MAXI J1659-152 y Swift J1357.2-0933 durante la fase de erupción. En este último, se detectan “dips” o eclipses de hasta 0.8 mags que implican una inclinación cercana a 90 grados. Además, posee una emisión  $H\alpha$  extremadamente ancha que apoyan la presencia de un agujero negro (Casares et al. 2011 ATel 3206), y un período de 2.8 h, uno de los más cortos conocidos. Se está preparando un artículo que recoge todos estos resultados. Por último, se está elaborando un artículo en el que se presentan las propiedades fotométricas del agujero negro histórico KY TrA.

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. Se continúa con la búsqueda de nuevos agujeros negros en quietud usando los diagramas (HeI5875-r) vs (r-i) y (r-Ha) vs (r-i) de IPHAS/UVEX, en combinación con colores infrarrojos de 2MASS. Ya se han realizado tres campañas con WHT+WYFFOS para confirmar espectroscópicamente los candidatos fotométricos y se están analizando los espectros. También se ha terminado un artículo en el que se presenta el primer catálogo de fuentes UVEX con exceso azul-UV (Verbeek et al. *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.*). Más del 99% son fuentes desconocidas y algunas podrían ser binarias de rayos X con agujero negro persistentes.

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 tres meses en el IAC para trabajar en el ajuste de los perfiles de las líneas de Bowen de X1822-371 con un código de irradiación. De este estudio se espera obtener las restricciones más precisas al ángulo de apertura del disco y la masa de la estrella de neutrones en una binaria de rayos X. También se han analizado los espectros FORS2 y XSHOOTER de la nueva fuente transitoria MAXI J0556-332, descubierta en enero 2011, y se obtienen 2 posibles soluciones orbitales con períodos de 9.8 y 16.4 h. Ambos casos favorecen la presencia de una estrella de neutrones frente a un agujero negro. Estos resultados son presentados en un artículo aceptado (Cornelisse et al. 2012 *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.*). Además, se ha completado el análisis de la fuente 4U 1916-053 con espectros de los telescopios VLT y MAGELLAN y se está elaborando

un artículo. También se obtuvieron nuevos espectros de Ser X-1 con GTC+OSIRIS pero se perdió la mitad del tiempo por causas meteorológicas.

Se están analizando los espectros para ver si son suficientes para obtener restricciones dinámicas.

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. Durante este año se activó la propuesta ToO del telescopio GTC con la erupción de Aql X-1 en noviembre, una de las más brillantes de los últimos 5 años. Desgraciadamente, se han detectado problemas de estabilidad en la calibración en longitud de onda de OSIRIS que probablemente impedirán medir la órbita de la estrella compañera. Sin embargo, durante este año se han completado las 20 h de Servicio VLT+SINFONI de Aql X-1 en quietud. Con este trabajo se espera medir directamente la órbita de la estrella compañera y confirmar la presencia de una estrella de neutrones masiva en este sistema, tal como sugiere el estudio de las líneas de Bowen. El resultado que se obtenga puede tener importantes implicaciones para el conocimiento de las ecuaciones de estado de la materia nuclear.

Por otro lado, continúa pendiente el estudio de curvas de luz simultáneas de Bowen (con ULTRACAM y ULTRASPEC) y rayos X, (con RXTE) de varios sistemas (Técnica de Eco-tomografía). La variación orbital de los retrasos entre las curvas de luz ópticas y en rayos X depende fuertemente de los parámetros de la binaria (separación, inclinación cociente de masas) y puede utilizarse para restringir estos. Este año no se ha podido avanzar en esta línea pero se espera retomarla durante 2012 mediante visitas de trabajo de T. Muñoz al IAC.

Con relación al estudio de variabilidad rápida en binarias de rayos X se ha publicado un artículo en el que se hace un análisis comparativo de curvas de correlación óptica/rayos X en una muestra de agujeros negros activos y estrellas de neutrones (Durant et al. 2011 *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.* 410 2329). También se han obtenido datos ópticos de alta resolución temporal y polarimetría IR de una muestra de binarias de rayos X. Los datos están en proceso de análisis.

En el apartado de abundancias químicas de las estrellas compañeras se ha publicado los resultados del estudio sobre V404 Cyg. El trabajo muestra un exceso de Oxígeno que es consistente con modelos de explosión de supernova/hipernova. Sin embargo, la abundancia de otros elementos  $\alpha$ , en particular el Mg, es demasiado baja para lo que predicen los modelos (González-Hernández et al. 2011 *Astrophysical Journal* 738 95).

En cuanto al estudio de elementos orbitales y masas de objetos compactos en HMXBs, se ha avanzado en la redacción de un artículo que presenta evidencias de una oscilación de 1d en las velocidades radiales de LS 5039. Esta perturbación se observa al menos durante 7 años de datos y parece estar relacionada con oscilaciones no radiales de la estrella O6.5V. Por otro lado, se ha completado un artículo, que ha sido aceptado, en el que se demuestra que las estrellas de alta masa MWC 148 y MWC 656, contrapartidas ópticas propuestas para las fuentes de rayos gamma HESS 0632+57 y AGL J2241+4454, son binarias de rayos X (Casares et al. *Monthly Not. of the Royal Astron. Soc.*). 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. Por otro lado, se ha iniciado una campaña de 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. Por último, se han analizado las primeras observaciones de fuentes ULXs

extragalácticas con el telescopio GTC. Aunque la mitad de los espectros están afectados por problemas de estabilidad en la calibración en longitud de onda, se han presentado resultados preliminares en el IV Congreso "Ciencia con el GTC".

## **ESTRELLAS MASIVAS AZULES (310898)**

**A. Herrero Davó.**

**M. García García, S. Simón Díaz, G. Gómez Velarde, C. Weidner, B. Vicente Martínez, 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, RU); A. de Koter (Astronomical Institute, Univ. de Utrecht, Países Bajos); J.S. Vink (Obs. de Armagh, Reino Unido); N. Markova (NAO, Bulgaria); D.J. Lennon, 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); J. Maíz Apellániz (IAA, Granada), N. Castro (Obs. de Atenas, Grecia), S. Clark (Open Univ., Reino Unido).

## **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

### MASGOMAS-1

Se ha encontrado un nuevo cúmulo masivo en la Vía Láctea. Se trata del cúmulo MASGOMAS-1, a unos 3.5 kpc de nosotros en la dirección de la base del brazo del Escudo-Centauro. Con tres supergigantes rojas y una blanca, y 17 estrellas de tipo OB, su masa mínima estimada es de 20.000 masas solares y su edad está entre 8 y 10 millones de años.

### GHV-62024

Esta estrella, localizada en la galaxia del grupo Local IC1613, es la primera de su clase analizada más allá de las Nubes de Magallanes. Con una temperatura de 36.500 K y una luminosidad equivalente a 200.000 soles, las características de su espectro constituyen un problema para nuestra comprensión de la dinámica de los vientos estelares, particularmente a la baja metalicidad de IC1613, cercana ya a la del Universo primitivo.

## Evolución del Proyecto

Durante el año 2011 se continuó el estudio de la galaxia IC1613. En este año el grupo se ha centrado en el análisis de GHV-62024, el análisis de los espectros de estrellas O obtenidos con VIMOS y la clasificación espectral de las estrellas O observadas con el telescopio GTC. La primera es una estrella O $\delta$  cuyo análisis indica problemas en la teoría de los vientos estelares (o el uso de modelos excesivamente simplificados), que nos proporciona una nueva vía de investigación. El análisis de los espectros de VIMOS también refleja esta dificultad en la aplicación de la teoría de los vientos estelares. Además, es de resaltar que enviamos una propuesta de tiempo de observación al HST (IP M. García) que fue aprobada con 35 órbitas, con el objetivo de determinar velocidades terminales en estrellas de esta galaxia. Además, se recibieron los datos obtenidos con la IFU de VIMOS en el telescopio VLT.

Otro núcleo fuerte de actividad en las estrellas extragalácticas ha sido el análisis de estrellas tipo LBV de M33, a partir de las observaciones que realizamos en el otoño de 2010. En un extenso análisis que ha sido enviado a para publicar, se han estudiado las diferentes clases de objetos existentes y tratado de homogeneizar el zoo actual. Se ha identificado también un amplio número de comportamientos individuales que merecen ser monitorizados en el futuro.

Otra parte importante ha sido el completar el análisis de estrellas en NGC 55 utilizando

métodos automáticos de análisis. Este trabajo ha sido enviado para publicar.

También hay que destacar que se ha obtenido tiempo en el telescopio GTC para confirmar espectroscópicamente candidatos a estrellas O en la galaxia Sextans A, lo que esperamos que nos de un listado de estrellas masivas jóvenes en esta galaxia de muy baja metalicidad.

En el marco de nuestra participación en la Colaboración VLT-FLAMES Tarantula Survey (VFTS) se ha continuado el desarrollo de métodos automáticos de análisis de espectros de alta resolución. En su tesis, C. Sabín ha cuantificado la influencia de varios efectos como la emisión nebular o la rotación estelar sobre dichas determinaciones, y S. Simón está ultimando la determinación de errores en el método automático. C. Sabín ha comenzado ya el análisis de estrellas OVz en 30 Doradus, que es el paso a realizar de manera inmediata. Además, se ha participado activamente en las reuniones y tareas de la Colaboración, lo que ha resultado en la participación del grupo en varios artículos. El próximo mes de marzo albergaremos la siguiente reunión de la Colaboración en Tenerife. Finalmente, señalar que alrededor de esta Colaboración se presentó una Initial Training Network coordinada desde el IAC.

En estrellas de la Vía Láctea cabe destacar el análisis de la binaria de rayos gamma LS2883, que ha resultado ser una rotora muy rápida, con efectos de distorsión geométrica. El trabajo respecto de otras binarias galácticas se ha visto retrasado por la marcha de nuestro colaborador de la Universidad de Alicante, F. Vilardell, al Observatorio del Montsec. No obstante, se sigue trabajando en ello, especialmente de cara a la discrepancia de masas (diferencia en la masa estelar obtenida con modelos de atmósfera y con modelos evolutivos). S. Simón Díaz ha finalizado importantes trabajos sobre estrellas en Orión.

El catálogo de estrellas IACOB (IAC OB database, IP S. Simón Díaz) ha continuado creciendo y se ha presentado en diversos

foros, si bien todavía queda pendiente su publicación en una revista especializada con árbitro. Junto con un primer análisis de las estrellas del catálogo, éste será un objetivo prioritario en el año.

En los estudios infrarrojos, se ha continuado con la publicación de cúmulos masivos o intermedios interesantes. Se ha publicado el estudio infrarrojo Sh2-152 y se ha enviado a publicar el de MASGOMAS-1 (en este momento, pendiente del informe del árbitro), el primer candidato a cúmulo masivo identificado con nuestra técnica semi-automática de búsqueda. El cúmulo ha sido confirmado mediante espectroscopia. Se han obtenido observaciones adicionales de MASGOMAS-4 que actualmente está bajo análisis. Estos análisis constituyen el final de la tesis de S. Ramírez. Este trabajo tendrá continuidad con la automatización total de la técnica de búsqueda y con la tesis de K. Rübke, que se centrará en extender nuestros análisis en el óptico hacia longitudes de onda infrarrojas.

## **PRUEBAS OBSERVACIONALES DE LOS PROCESOS DE NUCLEOSÍNTESIS EN EL UNIVERSO (3I2304)**

**G. Israelian.**

**J. Casares Velázquez, R.J. García López, R. Rebolo López y J.I. González Hernández.**

**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, Univ. de Londres, 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

MEMORIA  
2011 IAC

112

Se demostró que la diferencia en abundancia de Be entre las estrellas con y sin planetas no es significativa. Se publicaron dos trabajos sobre Be. Como la síntesis espectral en la zona del berilio de las estrellas frías es muy complicada se desarrolló un nuevo método de comparación directa de espectros. Se han encontrado un par de estrellas frías de baja masa con planetas cuyo contenido de Be es sensiblemente inferior al de varias estrellas de comparación con parámetros atmosféricos muy parecidos.

Se publicaron dos trabajos sobre las muestras HARPS2 (97 estrellas) y HARPS4 (587 estrellas). Se calcularon los parámetros atmosféricos de las estrellas y las metalicidades. Encontramos que posiblemente las estrellas que tienen planetas de baja masa no son ricas en metales.

Se ha realizado un trabajo novedoso sobre la evolución química del disco galáctico. Se ha descubierto (analizando 1.112 espectros de HARPS) que la razón  $\alpha/\text{Fe}$  tiene 2 familias en metalicidades super solares.

Se finalizó el análisis de abundancias en el sistema de binarias de rayos X, V404Cyg y el artículo resultante se publicó en la revista *Astrophysical Journal*.

## Evolución del Proyecto

En 2011 se publicaron dos trabajos sobre la determinación de Be en las estrellas con y sin planetas de la muestra de HARPS. Se demostró que con los datos actuales no se puede ver la diferencia en abundancia de Be entre las estrellas con y sin planetas. Como la síntesis espectral en la zona del Be de las estrellas frías es muy complicada se ha desarrollado un nuevo método de comparación directa de espectros. Se han encontrado un par de estrellas frías de baja masa con planetas cuyo contenido de Be es sensiblemente inferior al de varias estrellas de comparación con parámetros atmosféricos muy parecidos. Se han obtenido nuevos espectros de la zona del Be que van a ser utilizados para continuar con este Proyecto. Por primera vez, se midió la abundancia de Be en varias enanas frías con temperaturas inferior a los 5.200 K.

Durante este año se finalizó un trabajo importante sobre la muestra HARPS. Analizando 1.112 espectros y precisos abundancias de Si, Mg, Ti etc. se encontraron dos familias de estrellas con diferentes razones  $\alpha/\text{Fe}$  en el rango de metalicidades super solares. Así demostramos, por primera vez, que el disco grueso galáctico tiene su extensión hasta las metalicidades



super solares. Este trabajo fue publicado en *Astronomy & Astrophysics Letters*.

Se finalizó el análisis de abundancias en los sistemas de binarias de rayos X, V404Cyg. El trabajo de Cyg X 2 está en marcha. Se ha encontrado una pequeña sobreabundancia de Al, Si y Ti. Según los resultados del análisis, el progenitor de agujero negro en este sistema podría ser una Supernova o incluso una Hipernova. El artículo fue publicado en *Astrophysical Journal*.

Se publicó un trabajo sobre los parámetros estelares y metalicidades de las estrellas de la muestra HARPS 2 (en total 97 estrellas pobres en metales). Este trabajo fue publicado en *Astronomy & Astrophysics*.

También se publicó un trabajo sobre los parámetros estelares y estudio de metalicidades en estrellas con y sin planetas en la muestra de 582 estrellas de una nueva muestra HARPS 4. Los resultados indican las estrellas con planetas de baja masa (masa neptunio) no son necesariamente ricos en metales. Es posible que la correlación entre la metalicidad y presencia de planetas exista solamente para las estrellas que tienen planetas gigantes.

Se inició un nuevo trabajo sobre abundancias de Li en la muestra de las estrellas de baja metalicidad de Harps que aumentará nuestra actual muestra de estrella y ayudará a conocer mejor el comportamiento de este elemento para estrellas de diferentes temperaturas. Los parámetros atmosféricos de dichas estrellas ya han sido publicados.

Se ha comenzado un nuevo trabajo sobre las abundancias de Fluorine en estrellas tipo solar.

## **PROCESOS DE TRANSPORTE EN ASTROFÍSICA (3I2205)**

**L. Crivellari.**

E. Simonneau (CNRS-IAP, Francia); O. Cardona (INAOE, México).

## **Introducción**

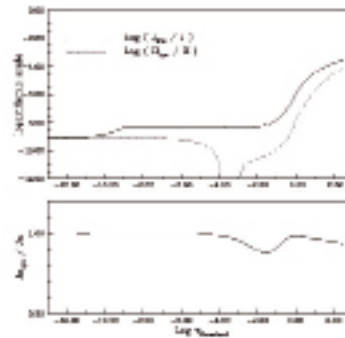
Muchos años de trabajo en el ámbito del presente Proyecto de investigación han llevado a la creación de un juego de algoritmos numéricos ágiles y fiables para el cálculo de modelos de atmósferas estelares y espectros sintéticos. Es algo más que una colección de códigos de cálculo: se trata de un verdadero *laboratorio de astrofísica computacional* que permite de experimentar numéricamente los efectos no-lineales de los procesos individuales sobre el “sistema físico atmósfera estelar”. En otras palabras, este laboratorio consiente comprobar el efecto de cada proceso físico sobre la estructura de una atmósfera estelar y, de paso, efectuar el diagnóstico de los parámetros estelares. Un hito de este taller numérico ha sido la realización de un procedimiento secuencial para el cálculo autoconsistente de modelos de atmósferas estelares a través de una corrección iterativa de la distribución de la temperatura con la profundidad. (L. Crivellari, E. Simonneau, O. Cardona: A numerical laboratory for the diagnostics of stellar properties, 2003, Mem. SAIt Suppl., Vol. 3, p. 97). La estructura modular del algoritmo no sólo hace posible añadir nuevos ingredientes físicos o cambiar el tratamiento numérico de una componente aislada del problema global con la máxima facilidad. Permite también visualizar la estructura de una atmósfera estelar a través de la representación algorítmica de sus componentes fundamentales: ecuaciones constitutivas, ecuación de estado, transporte radiativo y convectivo, balance energético.

El problema específico actualmente estudiado en el marco del laboratorio es el papel de las transiciones radiativas más opacas, es decir el continuo de Lyman y las líneas espectrales más fuertes, en la determinación del balance energético y la estructura de una atmósfera estelar.

La estructura térmica de una atmósfera estelar queda determinada por su balance energético. Bajo la hipótesis simplificadora de equilibrio radiativo, éste se expresa como la igualdad entre la absorción total

$J_\alpha$ , la integral sobre todas las frecuencias del producto del coeficiente de absorción por el valor promedio del campo de radiación, y la emisión térmica total  $B_\alpha(T)$ , la integral sobre todas las frecuencias del producto del coeficiente de absorción por la función de Planck a la temperatura local  $T$ . Para las transiciones más opacas, cuyos coeficientes de absorción superan por muchísimos órdenes de magnitud los demás coeficientes, el régimen de transporte radiativo efectivo tiene lugar muy por encima de las capas fotosféricas, donde se originan las contribuciones al espectro emergente de las otras frecuencias. En estas capas más externas el balance energético está totalmente dominado por las contribuciones de las transiciones más opacas, y son por lo tanto estas las que determinan exclusivamente la estructura térmica local de la atmósfera, independientemente de la temperatura efectiva de la estrella. Por otro lado en la fotosfera, como consecuencia del enorme valor de la opacidad de dichas transiciones, a las frecuencias correspondientes se cumplen rigurosamente las condiciones para la aproximación de difusión. Por ello la cantidad de energía radiativa sustraída al campo de radiación a estas frecuencias será compensada exactamente por la correspondiente emisión térmica. Serán por lo tanto los demás rangos espectrales los que determinan la estructura térmica. La figura ilustra el papel protagonista que desempeña la línea Lyman  $\alpha$  dentro del balance energético. En la parte superior de la Figura se puede ver claramente que la intensidad media monocromática integrada sobre las frecuencias de Ly  $\alpha$  solamente ( $J_{Ly\alpha}$ ) resulta del todo despreciable en comparación con  $J$ , la intensidad media integrada sobre todas las frecuencias. Todavía más fuerte es la diferencia entre los flujos correspondientes,  $H_{Ly\alpha}$  y  $H$ . En la parte inferior se ha dibujado la razón entre la absorción en el rango espectral de Ly  $\alpha$  ( $J_{Ly\alpha}$ ) y la absorción total  $J_\alpha$ . Se puede apreciar como en las capas más superficiales (por Log tau Rosseland  $< -4$ ) la razón es igual a uno, y no resulta nunca inferior a 0.85 en las capas más internas. La conclusión es que, mientras la contribución de la línea Ly  $\alpha$  al flujo total es totalmente

despreciable, esa misma domina el balance energético a través de toda la atmósfera, debido al enorme valor de su coeficiente de absorción.



El papel de la línea Lyman  $\alpha$  dentro del balance energético.

Dentro de un proceso iterativo para el cálculo de un modelo de atmósfera estelar, la ecuación de equilibrio radiativo (ER) se puede emplear como corrector de la distribución corriente de la temperatura  $T$ . La ecuación de ER implica la igualdad de los términos absorción total  $J_\alpha$  y emisión térmica total  $B_\alpha(T)$ . El método de los factores de iteración (Simonneau & Crivellari, 1988, *Astrophysical Journal*, 330,415) permite calcular  $J_\alpha$  a partir de la solución  $J$  de una ecuación TR, integrada sobre todas las frecuencias, que incluya la ligadura de ER. Un vez calculado  $J_\alpha$ , se puede determinar el valor de  $T$  consistente con la condición de ER resolviendo la ecuación trascendente  $B_\alpha(T) = J_\alpha$ . La formulación original del método consideraba solamente las transiciones ligado-libre. Frente a la necesidad de incluir en el balance energético también las líneas espectrales, resulta ser necesario tratar por separado el transporte radiativo en el continuo de Lyman, las líneas más fuertes y el conjunto de los demás continuos, introduciendo factores de iteración ad hoc para cada grupo de transiciones.

## Hitos

El mayor logro del Proyecto en 2011 ha sido el éxito en la implementación de la aproximación de las funciones fuente en las ecuaciones TR monocromáticas por medio de funciones spline cúbicas, como se ha mencionado en el apartado *Evolución del Proyecto*. Los resultados se han publicado

en el ya citado artículo de Simonneau *et. al.* El primer árbitro de este artículo (sin embargo un reconocido experto en el campo de las atmósferas estelares) escribió en su informe: “... *the cubic spline representation gives unacceptable oscillations and is not of practical use*”. Los resultados logrados lo desmienten: aplicada correctamente, la aproximación de *spline* cúbica permite evitar las inestabilidades numéricas, inclusive en los casos más críticos.

Por supuesto, se deben elegir cuidadosamente las variables protagonistas en el esquema de *forward-elimination* dentro del Método Integral Implícito. La aproximación de *spline* cúbica proporciona una relación fundamental entre cada función fuente y su derivada segunda. Por lo tanto estas funciones deberán ser también las protagonistas de la *forward-elimination*. Igualmente es fundamental formular las condiciones de contorno de las ecuaciones TR monocromáticas de manera consistente con la representación implícita de las variables protagonistas dentro de la *forward-elimination*.

## Evolución del Proyecto

Debido a las enormes variaciones con la frecuencia de la opacidad del material estelar, diferentes rangos espectrales se originan a diferentes profundidades dentro de una atmósfera estelar. Aunque para cada frecuencia haya capas que no contribuyen a la formación del espectro, no obstante es menester considerarlas todas para el cálculo de un modelo físicamente válido. Por lo tanto son necesarios muchísimos puntos en profundidad para un tratamiento numérico adecuado de cada ecuación de transporte radiativo (TR) monocromática. Se puede salvar esta dificultad intrínseca por medio del Método Integral Implícito (MII) de Simonneau & Crivellari (“An Implicit Integral Method to Solve Radiative Transfer Problems in Stellar Atmospheres”, L. Crivellari, 2004, PhD Thesis, Instituto de Astrofísica de Canarias, ISBN 84-689-0737-5). Este método permite incluir tantas capas (y tantos puntos en frecuencia) como es necesario, porque el

algoritmo no precisa el almacenamiento e inversión de grandes matrices. De tal manera se puede tratar cada frecuencia individual de una forma óptima.

En el cálculo de modelos de atmósferas estelares la función fuente de cada ecuación TR específica es la media ponderada de un término que incluye la intensidad específica monocromática del campo de radiación (la solución del problema) con un término de contribución térmica, la función de Planck  $B_{\nu}(T)$ , que es un dato del problema. En aplicaciones anteriores del MII al cálculo de modelos, la aproximación de las funciones fuentes específicas por medio de arcos de parábola entre parejas de puntos en profundidad consecutivos, lo que garantiza la continuidad de sus derivadas primeras, proporcionó resultados excelentes en muchos casos de interés. En otros sin embargo, cuando se presenten abruptas variaciones de las contribuciones térmicas, como es el caso de las estrellas de tipo solar, dicha aproximación no resulta lo bastante buena: puede introducir graves inestabilidades numéricas. Estas se pueden evitar imponiendo también la continuidad de la derivadas segundas de las funciones fuente; es decir, aproximando las funciones fuentes por medio de funciones *spline* cúbicas.

Desde el punto de vista algorítmico, el núcleo del MII es un esquema de *forward-elimination* que conecta los valores todavía desconocidos de las funciones fuentes entre parejas de puntos consecutivos, a través de una relación lineal cuyos coeficientes son conocidos. En el caso de emplear la aproximación de *spline* cúbica, el mismo esquema de *forward-eliminación* permite el cálculo de los coeficientes de la relación lineal que conecta los valores, todavía desconocidos, de las derivadas segundas. Sobre esta base se ha diseñado un nuevo algoritmo numérico para la solución de las ecuaciones TR con el MII. Los resultados se han publicado en el artículo “An improved version of the Implicit Integral Method to solving radiative transfer problems” E. Simonneau, O. Cardona, L. Crivellari: 2012, *Astrofizika*, Vol. 55, N.1.

## **PLANETAS07 (3I0308)**

**E. Pallé Bago.**

**R. Rebolo López, R.J. García López, H.J. Deeg, J.A. Belmonte Avilés, G. Israelian, V.J. Sánchez Béjar, N. Lodieu, J. Licandro, R. Alonso Sobrino, M. Esposito, B.W. Tingley, R. Tata, B. Laken, P. Montañés Rodríguez, C.A. Álvarez Iglesias, P.A. Miles Páez, K.Y. Peña Ramírez, B. González Merino, H. Parviainen, M. Espinoza Contreras, B. Gauza, F. Murgas Alcaino y E. Sanromá Ramos.**

### **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**

*Búsquedas de estrellas de baja masa y exoplanetas*

Descubrimiento de una enana free-floating de tipo espectral T8.5 a 7-9 pc del Sol.

Descubrimiento de una enana T de baja metalicidad cuyo movimiento es idéntico a una estrella solar de tipo G situada a 17.2 pc.

Descubrimiento de varios enanas de tipo T con rasgos de atmosferas pobres en metales.

R. Rebolo, V.J. Sánchez Béjar y N. Lodieu coordinan el VHS-UCD, un consorcio de astrónomos cuya tarea es buscar enanas marrones en la base de datos del VISTA Hemisphere Survey.

Derivación de la función de masa en la asociación OB más cerca del Sol, Upper Scorpio, con una muestra confirmada espectroscópicamente.

Confirmación espectroscópica de enanas marrones de masas inferiores a 10 masas de Júpiter en Upper Scorpio.

Determinación de la función de masa subestelar en el cúmulo joven IC4665.

#### *Caracterización de planetas por tránsitos*

Detección de variaciones en el tiempo de tránsitos (TTV) de casi dos horas en el candidato a exoplaneta Kepler KOI-806.02. Las variaciones más largas medidas hasta la fecha de publicación.

Caracterización atmosférica de la supertierra GJ1214b usando los filtros de OSIRIS@GTC.

#### *Atmósferas planetarias*

Medición espectro-fotométrica del espectro de reflexión terrestre, por el método earthshine, incluyendo la detección de biomarcadores en polarización.

Caracterización de las curvas de rotación de la Tierra durante los últimos 500 millones de años.

#### *Desarrollo instrumental*

**Wide-FastCam:** Durante el presente año se ha llevado a cabo el desarrollo y “commissioning” del instrumento.

**ESPRESSO:** El instrumento ESPRESSO ha logrado pasar satisfactoriamente su Preliminary Design Review. En el IAC se tiene responsabilidad en los paquetes de optomecánica (banco óptico), en el sistema “fiber link” y en la adquisición de la mayor parte de componentes ópticos del espectrógrafo (excepto la cámara). Además se tiene la responsabilidad del control de calidad del sistema completo del espectrógrafo. También se contribuye activamente a los paquetes de reducción y análisis de datos y en la preparación científica para la explotación del instrumento.

**CARMENES:** Durante el presente año ha pasado la revisión de Diseño Preliminar (PDR), con una importante participación del IAC en el diseño mecánico de los soportes ópticos y en el grupo científico. CARMENES ha sido aprobado por el Observatorio de Calar Alto para su instalación en el telescopio de 3.5 m en 2014.

**HARPS:** Se ha completado con éxito la participación del IAC en la construcción del primer sistema “Laser Frequency Comb” para uso astronómico. El sistema se ha probado en varias campañas de carácter técnico incorporándolo al instrumento HARPS del telescopio de 3.5 m en el Observatorio de la Silla (Chile). Las pruebas realizadas demuestran una estabilidad del sistema de calibración en escalas de días que es superior a 4 cm/s. Este sistema quedará incorporado al instrumento HARPS, como consecuencia. El Council de ESO ha aprobado el programa de tiempo garantizado con HARPS/Laser Comb presentado por R. Rebolo, asignando 40 noches de observación para la detección de estrellas con masas similares a la de la Tierra en periodos orbitales de pocas semanas alrededor de estrellas de tipo solar. Este programa de observación podría comenzar en el año 2013.

**EChO:** Seleccionada en 2011 por ESA para estudio de fase A.

#### **Evolución del Proyecto**

El Proyecto estratégico Planetas07 persigue colocar al IAC como un centro de referencia en el campo de los exoplanetas. Por ello las actividades del Proyecto estratégico engloban a un heterogéneo grupo de investigadores que abordan el estudio de los exoplanetas desde varios ángulos distintos pero complementarios: desde la búsqueda y caracterización de objetos de cada vez menor masa a la exploración detallada de las atmósferas y cuerpos del Sistema Solar, pasando por el desarrollo de proyectos e instrumentación. Las principales líneas de investigación dentro de Planetas07, y su desarrollo en 2011, se detallan a continuación.

## *Búsquedas de estrellas de baja masa y exoplanetas*

**Estrellas de baja masa:** Los resultados de las búsquedas de enanas marrones hechas por el Consorcio CDSWG, al que pertenece activamente N. Lodieu, son los siguientes: una free-floating T8.5 a 7-9 pc del Sol; una T de baja metalicidad cuyo movimiento es idéntico a una estrella solar de tipo G situada a 17.2 pc; descubrimiento de varios enanas de tipo T con rasgos de atmósferas pobres en metales.

N. Lodieu, R. Rebolo y V.J. Sánchez Béjar, están coordinando el VHS-UCD, un consorcio de astrónomos cuya tarea es buscar enanas marrones en la base de datos del VISTA Hemisphere Survey. Algunos candidatos ya están confirmados como enanas de tipo T tarde mientras otras estarán observadas durante junio y julio con el telescopio NTT de la ESO.

En la búsqueda de enanas marrones en los cúmulos y el estudio de la función inicial de masa, pueden resaltarse tres resultados importantes: una función de masa derivada en la asociación OB más cerca del Sol, Upper Scapio, con una muestra confirmada espectroscópicamente, una búsqueda fotométrica con confirmación espectroscópica de enanas marrones de masas inferiores a 10 masas de Júpiter también en Upper Scapio, y la determinación de la función de masa en un cúmulo joven (pre-main-sequence), IC4665, cuya función es muy similar a la de los Pleides también derivada con datos del UKIDSS Galactic Clusters Survey.

Este programa tuvo también éxito con la ESO porque se logró obtener 35,6 h en el siguiente semestre para repetir las observaciones para una resolución 10 veces más alta. Además, se ha iniciado una colaboración con el grupo de Y. Pavlenko en Kiev para estudiar el litio en subenanas de tipo L gracias a otro programa obtenido con los telescopios VLT y GTC. Estos programas representan la tesis de M. Espinoza, quien ya tiene los cursos de Máster y dedicará el 100% de su tiempo a la investigación durante los dos próximos años. Para el año 2012 se espera la llegada de un nuevo post-doc, por 1,5 años, para estudiar la función de masa de cúmulos abiertos.

Un nuevo estudiante R, P. Miles Páez, que se ha incorporado al Proyecto para realizar una tesis sobre polarización en atmósferas frías (Co-directores: E. Pallé y M.R. Zapatero-Osorio).

**Exoplanetas:** B. Tingley terminó el desarrollo de un algoritmo para la búsqueda de tránsitos de planetas en datos de larga duración pero de cobertura escasa. Una aplicación de este trabajo se prevé para la misión Gaia de la ESA, cuyo lanzamiento está previsto para el año 2013.

B. Tingley contribuyó a los esfuerzos de la misión CoRoT para descubrir planetas extrasolares transitantes. Se publicaron cuatro artículos durante el año en los que aparece como co-autor, siendo primer autor del artículo de descubrimiento de CoRoT-14b. Además, propuso una nueva técnica para identificar buenos y malos candidatos a exoplanetas usando solamente fotometría, que se ha incorporado a los criterios de ranking de la misión CoRoT.

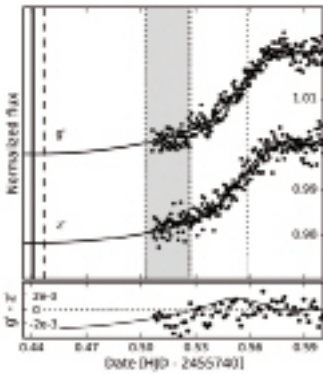
### *Caracterización de planetas por tránsitos*

En una colaboración colectiva, descubrimos con observaciones del telescopio GTC una variación en el tiempo de tránsito del candidato a planeta de Kepler KOI 806.02, que superaba los 100 minutos. Combinado con la acromaticidad del tránsito, es una fuerte indicación de que se trata de un planeta.

MEMORIA  
2011 IAC

118

Con respecto al estudio de enanas de baja metalicidad, M. Espinoza y N. Lodieu, acaban de enviar un artículo a *Astronomy & Astrophysics* confirmando 20 subenanas en el cruce entre UKIDSS LAS DR5 y SDSS DR7. Se está haciendo el cruce entre UKIDSS LAS DR9 y SDSS DR8 para buscar nuevas subenanas de tipo M y L. Además, se ha logrado obtener espectros de baja resolución para cada subclase de enanas de tipo de 3 clases de metalicidades diferentes para desarrollar una clasificación.



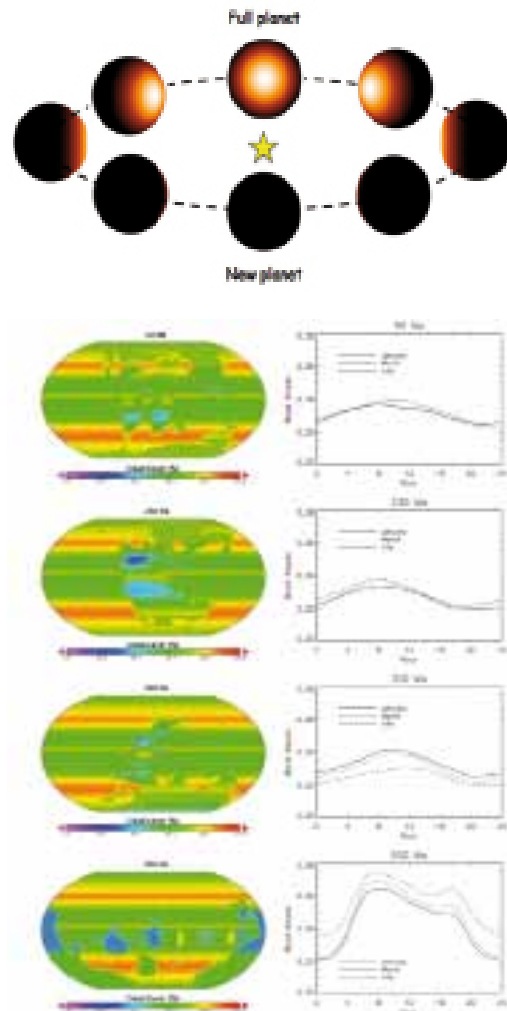
Fotometría del tránsito del KOI 806.02 tomada con el telescopio GTC. Tingley et al. (2011).

El grupo ha investigado también el uso de los filtros sintonizables del telescopio GTC para la caracterización de atmósferas de exoplanetas. En concreto se han realizado observaciones de la super-tierra GJ1214b, sintonizando el filtro a las longitudes de onda de  $h\alpha$  y el continuo cercano. Los resultados descartan que el planeta este sufriendo grandes pérdidas atmosféricas (F. Murgas et al. *Astrophysical Journal*).

Se desarrolló en detalle un novedoso método fotométrico para la detección de planetas alrededor de binarias eclipsantes, iniciado en 2010 por H. Deeg juntos con L. Doyle (SETI Inst., EEUU). Se basa en la detección de las eclipses binarias en el luz reflejada de un planeta circumbinario. En principio, con estos datos de luz reflejada se pueden determinar todos los parámetros orbitales del planeta. La aplicación principal del método será para la búsqueda de planetas en órbitas cortas alrededor a binarias eclipsantes en la muestra de la misión Kepler.

Se terminó el análisis de observaciones de unos tránsitos del exoplaneta HD 80606b, hechos con el filtro sintonizable del GTC/OSIRIS en varias bandas alrededor de la línea de absorción de potasio (KI). Este trabajo, en colaboración con E. Ford y K. Colón (Univ. de Florida, EEUU) muestra una muy fuerte dependencia del radio aparente del planeta con la longitud de onda, posiblemente debido a fuertes vientos en la atmósfera del planeta. Tránsitos de un segundo exoplaneta, XO-2b, fueron observados en el telescopio GTC en abril 2011 con el mismo método; resultados provisionales indican una elevada absorción de KI en la atmósfera de este planeta.

Un proyecto para caracterizar los efectos de la actividad estelar en la interpretación de curvas de luz de tránsitos, con observaciones multi-colores del sistema Corot-2 fue desarrollado en el WHT/LIRIS y en una campaña de varias semanas con el telescopio robótico LT. Desafortunadamente, ambos datos del telescopio WHT y la mayoría de los del telescopio robótico LT resultaron poco útiles debido a las pobres condiciones meteorológicas, como ya pasó con similares observaciones en 2010. Mejor suerte tenía un proyecto relacionado, para la caracterización de los colores de tránsitos debidos a efectos del 'limb-darkening', tomados en una muestra de planetas con el telescopio robótico LT; y cuyos datos están bajo análisis.

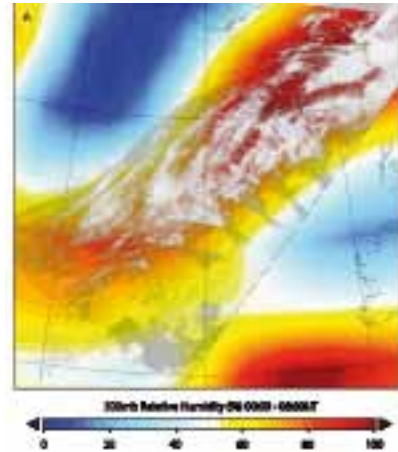


Representación del luz emitida de Kepler-10b en fases diferentes, según el modelo del océano de lava. La luz reflejada tiene una geometría similar, pero un contenido espectral como la luz estelar.

En una publicación de Rouan, H.J. Deeg, Demangeon et al., se aplica el modelo del “océano de lava” para interpretar la curva de fase observada por la misión Kepler del planeta de tamaño terrestre Kepler-10b. El modelo, de un planeta sin atmósfera con una superficie formada parcialmente por rocas fundidas, se ha propuesto para los planetas de la clase de CoRoT-7b, es decir, planetas rocosos muy cerca de su estrella (en algunas radios estelares). Kepler-10b es un miembro típico de esta familia. Se predice que la luz del planeta tiene un componente importante basado en su emisión termal, además de luz reflejada, incluso en la banda espectral de Kepler. Asumiendo una reflexión isótropa de la luz por la superficie del planeta (aproximación de Lambert), se encuentra un albedo de Bond de  $\sim 50\%$  que puede explicar la amplitud de la curva de fase observada, a diferencia de un valor inusualmente alto postulado con anterioridad. Se propone un proceso físico para explicar este alto valor, todavía, del albedo, lo cual predice una dependencia espectral que distingue claramente contra la de luz puramente reflejada y también contra la de un planeta con una temperatura uniforme. Esta interpretación se podrá probar en el futuro con instrumentos como el telescopio espacial James Webb o el “Exoplanet Characterization Observatory”.

#### *Atmósferas planetarias*

Durante 2011 B. Laken ha publicado, en colaboración con el resto de integrantes del Proyecto 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. A su vez, se ha realizado una interesante investigación sobre la estabilidad de las medidas de nubosidad y albedo desde el espacio, evaluando sus posibles fuentes de errores, y que información real puede extraerse de ellas. Se está preparando una publicación al respecto.



*Observaciones del desarrollo de contrails inducidos por aviación, superpuesto a un mapa de humedad relativa sobre hielo.*

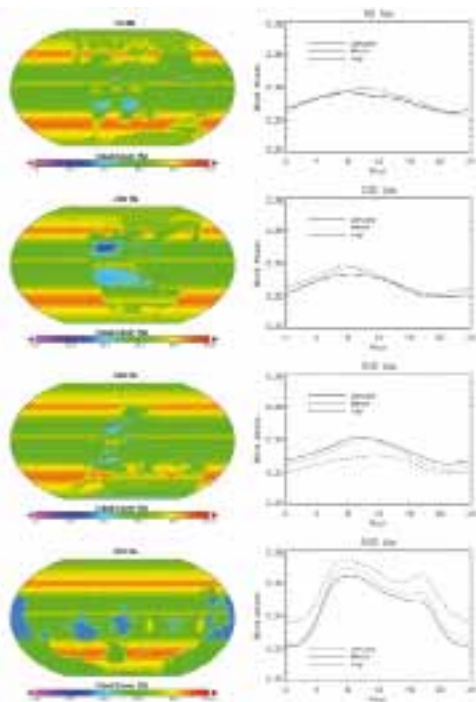
También se ha avanzado en el modelado de la variabilidad fotométrica y espectroscópica de la Tierra (vista como un punto) a lo largo de su evolución temporal (cambios en composición química, distribución de continentes, clima, etc.), y la evolución temporal del albedo terrestre, en base a las variaciones conocidas de temperatura, geología terrestre e irradiancia solar. E. Sanroma 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 (E. Sanroma & E. Pallé, *Astrophysical Journal*, 2011).

En una línea parecida, I. Gómez Leal, estudiante R internacional del IAC en la Universidad de Burdeos (Francia), ha producido un artículo sobre la variabilidad fotométrica de la Tierra, esta vez en el rango infrarrojo, a partir de medidas del flujo de radiación infrarroja desde satélites (datos de GEWEX), que ya está en prensa (I. Gómez-Leal, E. Pallé & Selsis, *Astrophysical Journal*).

A. García-Muñoz ha estado desarrollando un modelo del espectro de transmisión de la atmósfera terrestre y ha publicado dos



artículos que describen con exactitud el código, metodología y resultados. Cabe destacar la detección de los aerosoles atmosféricos en el espectro del eclipse (García-Muñoz et al, *GRL*, 2011). Sin duda una vez validado este código tendrá una gran relevancia en aplicaciones a planetas del sistema solar y extrasolares. Además se ha publicado otro artículo, usando estos espectros, donde se estima la capacidad de detección que tendremos en el futuro de las principales componentes atmosféricas en otros planetas extrasolares de tipo terrestre (E. Pallé et al. *Astrophysical Journal* 2011). Cabe destacar también este año la caracterización del aspecto espectrofotométrico del albedo terrestre. Este trabajo se ha llevado a cabo en colaboración con M. Sterzik (ESO) y S. Bagnulo (Obs. de Armagh), y ha sido aceptado para su publicación en *Nature* en enero/febrero de 2012.



Modelos de distribución de nubosidad y curvas de luz de la Tierra, hace 90, 230, 340 y 500 millones de años.

### Objetos primitivos del Sistema Solar

Durante 2011 se publicaron 15 artículos en revistas con árbitro relativos a pequeños objetos del Sistema Solar, se ha presentado una charla de revisión invitada en un congreso internacional, dos charlas invitadas en dos talleres, uno internacional

y otro nacional. Finalmente el grupo ha sido coautor en 16 presentaciones orales y 4 pósters presentados en 8 reuniones diferentes, 4 congresos internacionales y uno nacional, 2 talleres internacionales y otro nacional. Finalmente han visitado el IAC 5 colaboradores externos.

El trabajo del grupo se ha concentrado principalmente en 4 áreas: los asteroides primitivos, los asteroides activados, los NEAs, y los objetos helados (TNOs, Centauros y cometas).

Se destaca el descubrimiento de agua y orgánicos en el asteroide (65) Cybele (Licandro et al. 2011, *Astronomy & Astrophysics* 525, 34) y el trabajo con espectroscopia en el infrarrojo térmico sobre la familia de Themis (Licandro et al, *Astronomy & Astrophysics*), donde se ha demostrado que muchos de ellos están cubiertos de una fina capa de polvo como los cometas.

Un paso muy importante ha sido el desarrollo del software para determinar diámetros y albedos de asteroides a partir del uso de los datos proporcionados por la misión de NASA WISE. J. Licandro y su estudiante de tesis V. Alí Lagoa, ha centrado buena parte de su esfuerzo en esto. Con la colaboración de M. Delbo (Francia), y M. Kelly (EEUU) han desarrollado los programas necesarios para aplicar el modelo NEATM. Se están analizando los datos de varios miles de asteroides observados por WISE de diversas poblaciones de asteroides primitivos.

Finalmente destaca el seguimiento que se está haciendo de asteroides activados, especialmente el artículo donde se demuestra que los objetos 133P/Elst-Pizarro y 176P/LINEAR son objetos de la familia de Themis y no son cometas capturados (Licandro et al. 2011, *Astronomy & Astrophysics* 532, 65).

### Desarrollo instrumental

**Wide-FastCam:** Se trata de un nuevo desarrollo instrumental para el telescopio TCS, utilizando el detector 1Kx1K EMCCD

de bajo ruido y de lectura rápida del instrumento FastCam, con un nuevo diseño óptico que proporciona un gran campo (10 x10). Su finalidad es obtener fotometría diferencial con gran precisión (~1mmag), con el objetivo de llevar a cabo búsquedas y caracterización de tránsitos planetarios alrededor de estrellas de baja masa. Durante este año se han llevado a cabo más pruebas de "commissioning" y caracterización del instrumento, de la definición de la muestra de estrellas para el programa principal de búsqueda de tránsitos. Asimismo, se han realizado diversas campañas de observación. De un análisis preliminar de los datos, disponemos de curvas de luz precisas de varios tránsitos de planetas extrasolares previamente conocidos.

**ESPRESSO:** El Proyecto ESPRESSO que persigue la construcción de un espectrógrafo ultra-estable de muy alta resolución para los telescopios VLT ha sido aprobado para su construcción por el Council de ESO. El principal objetivo científico de este espectrógrafo es estudiar la existencia de planetas rocosos en la zona de habitabilidad. La participación del IAC en ESPRESSO se ha centrado en el diseño conceptual del sistema optomecánico y del sistema de alimentación con fibras ópticas.

**CARMENES:** "Calar Alto High-Resolution Search for MDwarfs with Exoearths with Near-infrared and Optical Echelle Spectrographs" es un espectrógrafo de alta resolución óptico e infrarrojo para el telescopio de 3.5 m de Calar Alto, que tiene por objetivo la búsqueda de planetas rocosos en zona de habitabilidad en torno a estrellas M. Como parte del grupo científico del instrumento, se ha contribuido en las tareas de definición del caso científico principal: búsqueda de planetas alrededor de estrellas M, en las estimaciones de tiempos de exposición y en definición de las estrategias de calibración. También se participó en la elaboración de la documentación de Diseño Conceptual, cuya revisión ha sido llevada a cabo el año pasado recibiendo una evaluación positiva. Este mismo año ha sido aprobado formalmente por Observatorio de Calar Alto y ha entrado

en la fase B. El grupo es responsable de la caracterización de la binariedad y variabilidad de la muestra de CARMENES y para ello se están llevando a cabo diversas campañas de observación de compañeros de estrellas M con la cámara de "lucky imaging" FASTCAM en el telescopio TCS.

**HARPS:** En colaboración con ESO y con el Instituto Max-Planck de Óptica Cuántica se han llevado a cabo varias campañas para probar el sistema de "peine" laser con HARPS en el telescopio de 3.5 m (Obs. de la Silla, Chile). Las pruebas realizadas indican que el sistema de calibración puede alcanzar precisiones mejores que 10 cm/s, las más altas conseguidas en un espectrógrafo estelar.

**LCOGTN & MASTER-Net:** Finalmente, una vez firmados los Memorándum para su instalación, han empezado los trabajos de instalación de la red de telescopios de "Las Cumbres Global Telescope Network" y del telescopio "MASTER-Net".

## **ABUNDANCIAS QUÍMICAS EN ESTRELLAS (3I0810)**

**C. Allende Prieto, R. Rebolo López, S. Meszaros, D. García Álvarez y E. Fernández Alvar.**

**Colaboradores del IAC: D. Fabbian, R.J. García López, J. González Hernández, M. Esposito, J. Sánchez Almeida, A. Asensio Ramos, F. Gracia Temich, R. Carrera Jiménez, G. Israelian y B. Femenía Castella.**

I. Hubeny (Univ. de Arizona, EEUU); D.L. Lambert, L. Koesterke, I. Ramírez, M. Shetrone, C. Sneden (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 (Gemini Obs., EEUU); J. Holtzman (Univ. de Nuevo México, EEUU); H.G. Ludwig (Univ. de Heidelberg, Alemania); C.

del Burgo (UNINOVA, Portugal); T. Beers (NOAO, EEUU); Y. Sun Lee (Univ. de Michigan, EEUU); M. Cropper (Univ. College London, Reino Unido).

## 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 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

Se ha descubierto el sistema binario de dos enanas blancas no interactuantes con menor periodo orbital: 12.8 minutos. Se estima que este periodo se reduce a un ritmo de una diezmilésima de segundo por año debido a la emisión de ondas gravitacionales. Si esto se confirma, tendremos una observación indirecta de la existencia de estas ondas, predichas por la teoría de la Relatividad General.

Como parte de equipo de APOGEE, un proyecto masivo para obtener espectros de alta resolución y medir la composición química de cien mil gigantes rojas en la Vía Láctea, se consiguió acoplar un nuevo espectrógrafo criogénico al telescopio de 2,5 m en el Observatorio de Apache Point (Nuevo México, EEUU) y completar una versión preliminar del software de análisis, que determina de forma automática los parámetros de las estrellas. En tan sólo 4 meses, ya se han observado unas 30.000 estrellas, más que todos los proyectos similares que nos precedieron juntos.

## Evolución del Proyecto

En colaboración con los W. Brown y M. Kilic se ha continuado la búsqueda y el estudio de enanas blancas de baja masa utilizando los telescopios de 1,5 m del Observatorio Whipple y el 6,5 m MMT en Arizona, EEUU.

El trabajo ha dado sus frutos y se han identificado varias nuevas enanas blancas con masas cercanas a las dos décimas de la masa solar. Como ya se sospechaba, todas parecen estar en sistemas dobles; estos objetos no pueden haberse formado por la evolución de estrellas aisladas, ya que la esperanza de vida de sus estrellas progenitoras es mayor que la edad del Universo.

El ejemplo más espectacular fue descubierto este año 2011. Se trata de un sistema binario de enanas blancas, una de ella de muy baja masa, que orbita con un periodo de tan solo 12 minutos. Este sistema debe de ser un intenso emisor de radiación gravitacional, lo que causa la disminución progresiva de su periodo y el aumento de la velocidad orbital. Curiosamente el plano orbital está alineado con la dirección desde la Tierra, provocando que las dos estrellas se eclipsen cada 6 minutos. En tan solo un año la pérdida de energía por ondas gravitacionales hará que los eclipses se anticipen en unos 5 segundos. Se espera verificar estas predicciones con nuevas observaciones a principios de 2012.

Al comparar espectros estelares observados con los predichos teóricamente se suelen encontrar muchas diferencias. Estas diferencias se producen, en su mayor parte, por las simplificaciones utilizadas en los modelos, el limitado conocimiento de las constantes físicas de los átomos y moléculas que dan forma al espectro, y por las imprecisiones en las observaciones. En general se espera que las dos primeras fuentes de error produzcan discrepancias que varían de forma suave en función de los parámetros de las estrellas. En una investigación llevada a cabo este año, se ha visto que las discrepancias se pueden aproximar como polinomios de los parámetros atmosféricos. Esta aproximación permite en algunos casos reducir notablemente los errores y corregir efectos sistemáticos que limitan la precisión de nuestros análisis.

En este, el segundo año de participación el IAC en el macro Proyecto del “Sloan Digital Sky Survey” (SDSS-III), se han realizado valiosas contribuciones a los subproyectos APOGEE y SEGUE-2, que investigan la composición química de cientos de miles de estrellas a lo largo y ancho de la Vía Láctea, y MARVELS, que realiza una búsqueda exhaustiva de enanas marrones y planetas en una muestra de 10.000 estrellas brillantes. Además de SDSS-III, ya en marcha, se ha seguido de cerca la evolución de proyectos futuros de cartografiado espectroscópico a gran escala en los que tenemos interés en participar como BigBOSS ([bigboss.lbl.gov](http://bigboss.lbl.gov)) y HETDEX ([hetdex.org](http://hetdex.org)). Estos instrumentos obtendrán decenas de miles de espectros en cada exposición, acelerando el ritmo de adquisición de datos y por tanto nuestra capacidad para estudiar el Universo.

El espectrógrafo infrarrojo del Proyecto APOGEE fue instalado en el telescopio de 2,5 m del Observatorio de Apache Point (Nuevo México, EEUU) en mayo de este año, y desde entonces hasta final de año ha obtenido espectros de alta resolución para unas 30.000 estrellas; un número superior a todos los proyectos que le han precedido juntos. El espectrógrafo ha sido construido en la Universidad de Virginia (EEUU). El IAC lidera el desarrollo del software de análisis de datos para este ambicioso Proyecto. En una versión preliminar, ya incorporada a la cadena de reducción de los datos de APOGEE, se realiza la derivación automática de las temperaturas y gravedades superficiales de las estrellas, así como de las abundancias químicas de carbono, nitrógeno, oxígeno y hierro. Una nueva versión en preparación utilizará una librería de espectros estelares teóricos con millones de combinaciones de parámetros estelares calculada por el investigador postdoctoral S. Mészáros.

En colaboración con el investigador I. Ramírez (Obs. Carnegie, California, EEUU) se ha completado un análisis químico

# EL SOL Y EL SISTEMA SOLAR

detallado de la gigante roja Arturo, la tercera estrella más brillante del cielo nocturno, visible en la constelación de Bootes. Esta gigante es representativa de la gran muestra de estrellas que APOGEE va a estudiar en los próximos dos años, y sus abundancias y parámetros servirán como referencia. Con su gran brillo y proximidad, a 37 años luz de la Tierra, las abundantes observaciones permiten mediciones de excepcional calidad.

La astrofísica R. E. Fernández Alvar, ha hecho notables avances en su investigación sobre los elementos químicos que se pueden medir en los espectros de baja resolución del Proyecto SEGUE. Su detallado análisis a partir de modelos ha concluido que además de hierro y el promedio de varios elementos sintetizados en estrellas masivas, los espectros de baja resolución de SDSS pueden utilizarse para medir las abundancias de carbono, magnesio y calcio. Aunque se trata de un estudio teórico, E. Fernández Alvar considera en su análisis las fuentes más importantes de error. En el archivo de SDSS hay unas 750.000 estrellas esperando ser analizadas.

## ESPECTROPOLARIMETRÍA SOLAR (310299)

**M. Collados Vera.**

**V. Martínez Pillet, B. Ruiz Cobo, E. Khomenko, A.J. Díaz Medina, M.J. Martínez González, C. Beck, S. Guglielmino, I. Calvo Santamaría, C.C. Quintero Noda y C. Kuckein.**

L.R. Bellot Rubio, J.C. del Toro Iniesta (IAA); R. Kostic, N. Shchukina (Astronomical Obs., Kyiv, Ucrania); V. Olshevsky (Univ. Leuven, Bélgica); A. Sainz (Univ. de Stanford, EEUU); W. Schmidt, D. Soltau, T. Berkefeld, R. Rezaei (Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik, Alemania); S.K. Solanki, A. Gandorfer (MPI für Sonnensystemforschung, Alemania); P. Cally (Monash Univ., Melbourne, Australia); M. Stangalini (Univ. Tor Vergata, Roma, Italia).

## 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

**MEMORIA  
IAC 2011**

**125**

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

### *Jets por doquier en el "Sol en calma"*

Tras analizar un conjunto de datos del espectropolarímetro de HINODE, se ha podido detectar la presencia de señales magnéticas con velocidades extremadamente altas en el "Sol en calma", confirmando, así, los resultados obtenidos con el instrumento IMAx de SUNRISE. Los "jets" identificados con los datos de HINODE muestran intensos desplazamientos, tanto hacia el rojo como hacia el azul, siendo frecuentes los casos en los que se detectan ambas direcciones de movimiento. Estos fenómenos aparecen en regiones con campos transversales en las líneas neutras presentes en el "Sol en calma". Asimismo, tienden a localizarse en el borde externo de los gránulos, mostrando perfiles de V anómalos y muy desplazados en longitud de onda. Estos resultados se han explicado en un entorno de emergencia de campo horizontal a escala granular que interactúa con el de sus alrededores. Esta interacción

sugiere algún tipo de reconexión para generar las altas velocidades observadas.

### *Oscilaciones del campo magnético del "Sol en calma"*

La mayoría de los campos magnéticos de la superficie solar tiene una intensidad del orden o menor que el campo de equipartición (300-500 G). Por ello, existe una miríada de campos magnéticos cuya evolución está determinada, en gran medida, por los movimientos turbulentos del plasma. A medida que los gránulos evolucionan, éstos juntan y separan las líneas de campo. En este contexto, con datos de IMAx/SUNRISE se han encontrado pruebas observacionales de la existencia de oscilaciones de la densidad de flujo magnético en regiones en calma. En particular, el área definida por los contornos de flujo magnético constante oscila en el tiempo, lo que lleva asociado que la intensidad aparente del campo magnético fluctúe en antifase. Los periodos asociados con este patrón oscilatorio son compatibles con los tiempos de vida característicos de la granulación. Asimismo, estos periodos pueden sufrir cambios bruscos, lo que sugiere que estas oscilaciones podrían no corresponder a modos de oscilación característicos de las estructuras magnéticas, sino a su respuesta a los movimientos granulares. En un caso particular, se han encontrado tres estructuras alrededor de un mismo gránulo que están oscilando en fase, implicando que la longitud de coherencia de estas oscilaciones puede alcanzar 1.600 km. Curiosamente, se ha encontrado en la alta fotosfera el mismo tipo de fenómeno oscilatorio.

### *Energía de las ondas magnetacústicas en una umbra*

Mediante simulaciones numéricas MHD, se ha reproducido el comportamiento de las ondas observadas en manchas solares y la variación de sus propiedades a medida que éstas se propagan hacia capas altas en la atmósfera solar. Para ello, se ha construido un modelo magnetostático de mancha solar basado en las propiedades de

la mancha observada. Tras perturbar este modelo con las fluctuaciones medidas en la línea Si I 1082.7 nm, se ha comparado el resultado de las simulaciones con las oscilaciones medidas simultáneamente a diferentes alturas en las líneas de He I 1083.0 nm, núcleo de Ca II H y las líneas de Fe I situadas en el ala de la de Ca II H. De esta comparación se puede concluir que las simulaciones muestran un notable acuerdo con las observaciones. Reproducen los mapas de velocidad y espectros de potencia en las alturas de formación de las líneas observadas, así como los espectros de fase y amplificación entre parejas de líneas. También se ha encontrado que, cuando los choques son más intensos, existe un retraso entre la señal observada y la simulada a la altura correspondiente, indicando que los choques desplazan la zona de formación de las líneas cromosféricas hacia capas más altas. Asimismo, las simulaciones numéricas han permitido cuantificar la contribución de las ondas magnetoacústicas al balance energético en la cromosfera de la mancha. Los resultados indican que la energía suministrada por las ondas es demasiado poca para equilibrar las pérdidas radiativas. La energía de las ondas a nivel de la línea más profunda, Si I 1082.7 nm, ya es, en sí misma, insuficiente para calentar las capas altas. La energía acústica que alcanza la cromosfera es un factor 3-9 menor que la requerida. La contribución de la energía magnética es aún menor.

#### *Un modelo para reproducir la polarización circular neta de la penumbra*

Se ha construido un modelo geométrico del campo magnético penumbral a partir de la inversión, con el código SIRGAUS, de varias líneas espectrales observadas simultáneamente en el infrarrojo cercano (1.56 micras) y en el visible (630 nm). El modelo de atmósfera usado en la inversión consiste de una atmósfera de fondo sobre la cual se superpone una perturbación gaussiana para dar cuenta de los canales por los que circula materia. Este modelo es capaz de reproducir la polarización circular neta (NCP) de forma bastante satisfactoria en la

penumbra más cercana al limbo, pero no tan bien en la más cercana al centro del disco. Asimismo, las líneas espectrales visibles se reproducen mejor que las infrarrojas. Se puede así concluir que los gradientes producidos por una perturbación gaussiana son demasiado pequeños para dar cuenta de la NCP de las líneas infrarrojas, para las que una discontinuidad más abrupta parece más adecuada. Además, se ha encontrado que el flujo Evershed ocurre a lo largo de líneas de campo prácticamente horizontales cercanas a la superficie (definida como aquella en la que la profundidad óptica es la unidad). El flujo magnético asociado a estos canales de flujo constituye alrededor de 20-50% del flujo magnético total de la penumbra.

### **Evolución del Proyecto**

A continuación, se presentan los principales resultados científicos obtenidos a lo largo de 2011.

#### *Magnetismo del "Sol en calma"*

Usando series temporales obtenidas con IMAx/SUNRISE en el "Sol en calma", se ha seguido el movimiento de estructuras magnéticas de pequeña escala en regiones muy en calma de la fotosfera solar, encontrándose que éstas siguen dos tipos de trayectorias bien diferenciadas. Por una parte, en el seno de gránulos, estas estructuras parecen ser arrastradas de forma pasiva por el movimiento convectivo del plasma. Este fenómeno queda plenamente justificado por sus bajos valores de flujo magnético ( $\sim 10^{16}$  Mx) e intensidad de campo ( $\sim 200$  G). El flujo del plasma es básicamente laminar en los gránulos con una velocidad característica de  $2 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  y una vorticalidad muy pequeña. Una vez las estructuras magnéticas alcanzan las regiones intergranulares, siguen movimientos aleatorios y se dispersan a lo largo de la superficie con una constante de difusión de  $195 \text{ km}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Durante su evolución en las regiones intergranulares los elementos magnéticos puede verse arrastrados por remolinos, de tamaños inferiores a 400 km.

Tras analizar un conjunto de datos del espectropolarímetro de HINODE, se ha podido detectar la presencia de señales magnéticas con velocidades extremadamente altas en el “Sol en calma”, confirmando, así, los resultados obtenidos con el instrumento IMAx de SUNRISE. Los “jets” identificados con los datos de HINODE muestran intensos desplazamientos, tanto hacia el rojo como hacia el azul, siendo frecuentes los casos en los que se detectan ambas direcciones de movimiento. Estos fenómenos aparecen en regiones con campos transversales en las líneas neutras presentes en el “Sol en calma”. Asimismo, tienden a localizarse en el borde externo de los gránulos, mostrando perfiles de V anómalos y muy desplazados en longitud de onda. Estos resultados se han explicado en un entorno de emergencia de campo horizontal a escala granular que interactúa con el de sus alrededores. Esta interacción sugiere algún tipo de reconexión para generar las altas velocidades observadas.

La mayoría de los campos magnéticos de la superficie solar tiene una intensidad del orden o menor que el campo de equipartición (300-500 G). Por ello, existe una miríada de campos magnéticos cuya evolución está determinada, en gran medida, por los movimientos turbulentos del plasma. A medida que los gránulos evolucionan, éstos juntan y separan las líneas de campo. En este contexto, con datos de IMAx/SUNRISE se han encontrado pruebas observacionales de la existencia de oscilaciones de la densidad de flujo magnético en regiones en calma. En particular, el área definida por los contornos de flujo magnético constante oscila en el tiempo, lo que lleva asociado que la intensidad aparente del campo magnético fluctúe en antifase. Los periodos asociados con este patrón oscilatorio son compatibles con los tiempos de vida característicos de la granulación. Asimismo, estos periodos pueden sufrir cambios bruscos, lo que sugiere que estas oscilaciones podrían no corresponder a modos de oscilación característicos de las estructuras magnéticas, sino a su respuesta a los movimientos granulares. En un caso

particular, se han encontrado tres estructuras alrededor de un mismo gránulo que están oscilando en fase, implicando que la longitud de coherencia de estas oscilaciones puede alcanzar 1.600 km. Curiosamente, se ha encontrado en la alta fotosfera el mismo tipo de fenómeno oscilatorio.

Se ha estudiado la relación entre el campo magnético de la superficie solar y las celdas mesogranulares usando series temporales obtenidas con IMAx/SUNRISE. Las celdas mesogranulares han sido identificadas usando trazadores de Lagrange (“corchos”) que se mueven sobre la superficie siguiendo los campos de velocidad horizontales obtenidos mediante técnicas de correlación local. Tras ~20 minutos, los trazadores delinean una red mesogranular bien definida con bordes de unos 280 km. Aproximadamente, un 85% de los puntos con un campo magnético superior a 100 G está localizado en las inmediaciones de estos bordes. El flujo magnético se concentra, por tanto, en los bordes mesogranulares, más que en los granulares. Por otra parte, tras analizar extrapolaciones de campo para obtener las líneas de campo ancladas en los elementos magnéticos observados, se ha estudiado la distribución de distancias entre los pies de líneas de campo individuales. La densidad de probabilidad encontrada tiene una forma exponencial ente 1 y 10 Mm, con una determinada distancia característica, indicando la ausencia de una escala convectiva a escala mesogranular. Estos resultados apoyan el punto de vista de que la mesogranulación no es una escala convectiva intrínseca (en el sentido de que no se trata de una escala primaria de inyección de energía a la convección solar).

#### *Propagación de ondas en estructuras magnéticas*

Mediante simulaciones numéricas MHD, se ha reproducido el comportamiento de las ondas observadas en manchas solares y la variación de sus propiedades a medida que éstas se propagan hacia capas altas en la atmósfera solar. Para ello, se ha construido un modelo magnetostático de



mancha solar basado en las propiedades de la mancha observada. Tras perturbar este modelo con las fluctuaciones medidas en la línea Si I 1082.7 nm, se ha comparado el resultado de las simulaciones con las oscilaciones medidas simultáneamente a diferentes alturas en las líneas de He I 1083.0 nm, núcleo de Ca II H y las líneas de Fe I situadas en el ala de la de Ca II H. De esta comparación se puede concluir que las simulaciones muestran un notable acuerdo con las observaciones. Reproducen los mapas de velocidad y espectros de potencia en las alturas de formación de las líneas observadas, así como los espectros de fase y amplificación entre parejas de líneas. También se ha encontrado que, cuando los choques son más intensos, existe un retraso entre la señal observada y la simulada a la altura correspondiente, indicando que los choques desplazan la zona de formación de las líneas cromosféricas hacia capas más altas. Asimismo, las simulaciones numéricas han permitido cuantificar la contribución de las ondas magnetoacústicas al balance energético en la cromosfera de la mancha. Los resultados indican que la energía suministrada por las ondas es demasiado poca para equilibrar las pérdidas radiativas. La energía de las ondas a nivel de la línea más profunda, Si I 1082.7 nm, ya es, en sí misma, insuficiente para calentar las capas altas. La energía acústica que alcanza la cromosfera es un factor 3-9 menor que la requerida. La contribución de la energía magnética es aún menor.

Se ha estudiado el acoplamiento entre las ondas magnetoacústicas y las ondas de Alfvén mediante simulaciones numéricas 2.5D. Para ello, se ha generado debajo de la superficie una onda magnetoacústica rápida, con una frecuencia y un número de onda dados. El campo magnético en el dominio de las simulaciones es homogéneo e inclinado. La eficiencia de la conversión a ondas Alfvén cerca de la capa en la que las velocidades del sonido y de Alfvén son iguales se ha medido a través del flujo de energía de los diferentes tipos de onda. Las relaciones de amplitud y fase entre las oscilaciones del campo magnético y de la velocidad han permitido

demostrar que las ondas producidas tras la transformación son ondas de Alfvén. Se ha encontrado que la conversión de ondas magnetoacústicas a ondas de Alfvén es particularmente importante para valores de inclinación y azimut del campo magnético comprendidos entre 55 y 65 grados, con el máximo desplazado hacia inclinaciones mayores para ondas de frecuencias más bajas.

#### *Manchas solares y regiones activas*

Se ha construido un modelo geométrico del campo magnético penumbral a partir de la inversión, con el código SIRGAUS, de varias líneas espectrales observadas simultáneamente en el infrarrojo cercano (1.56 micras) y en el visible (630 nm). El modelo de atmósfera usado en la inversión consiste de una atmósfera de fondo sobre la cual se superpone una perturbación gaussiana para dar cuenta de los canales por los que circula materia. Este modelo es capaz de reproducir la polarización circular neta (NCP) de forma bastante satisfactoria en la penumbra más cercana al limbo, pero no tan bien en la más cercana al centro del disco. Asimismo, las líneas espectrales visibles se reproducen mejor que las infrarrojas. Se puede así concluir que los gradientes producidos por una perturbación gaussiana son demasiado pequeños para dar cuenta de la NCP de las líneas infrarrojas, para las que una discontinuidad más abrupta parece más adecuada. Además, se ha encontrado que el flujo Evershed ocurre a lo largo de líneas de campo prácticamente horizontales cercanas a la superficie (definida como aquella en la que la profundidad óptica es la unidad). El flujo magnético asociado a estos canales de flujo constituye alrededor de 20-50% del flujo magnético total de la penumbra.

Se ha investigado las propiedades de flujos tipo "sifón" en los alrededores de un poro durante su fase de decaimiento. Para ello, se han analizado perfiles espectrales de polarización de las líneas de Fe I de 630 nm adquiridos con el espectropolarímetro SOT del satélite HINODE, determinando los valores del vector campo magnético y

la velocidad a lo largo de la línea de visión con el código de inversión SIR. El análisis ha puesto en evidencia la presencia de un flujo sifón transitorio en el borde del poro. Se han encontrado velocidades ascendentes de  $4 \text{ km} \ddot{1}4\text{s}^{-1}$  en el pie más intenso de una estructura en forma de arco. El otro pie, de polaridad opuesta y con un campo magnético menos intenso, muestra velocidades descendentes de la misma magnitud. Este fenómeno es diferente de los que aparecen en observaciones anteriores de la atmósfera solar y podría representar una restricción física para modelos numéricos.

### *Cromosfera*

Se ha estudiado los perfiles espectrales de la línea H de Ca II cerca del borde solar, tanto dentro como fuera del disco. El campo de visión de los espectros se extendía  $20''$ , en la dirección perpendicular al limbo solar. Los perfiles promediados más allá del limbo muestran una variación suave a medida que aumenta la distancia al borde, aumentando la anchura de la línea espectral hasta una altura de 2 Mm por encima del limbo. El perfil espectral es bastante simétrico con intensidades casi iguales de los dos picos de emisión, H2V y H2R. A una altura de 5 Mm, sin embargo, el perfil se vuelve gaussiano sin picos de emisión. Los perfiles con resolución espacial muestran una relación clara entre los aumentos de intensidad y los desplazamientos Doppler. Las estructuras brillantes y alargadas que se detectan están generalmente acompañadas, a lo largo de toda su extensión, por velocidades en direcciones opuestas. Esta relación puede ser originada por ondas que se propagan a lo largo de la superficie de tubos de flujo, dando lugar a fluctuaciones helicoidales de la velocidad.

### *Magnetismo estelar*

Se han analizado los perfiles de polarización circular observados en dos nebulosas planetarias (NGC 1360 y LSS 1362) con el telescopio VLT de ESO. Al contrario que en trabajos publicados anteriormente, se ha

encontrado que el campo magnético efectivo, promedio sobre todo el disco de todas las componentes longitudinales, es compatible con un campo nulo, dentro de las barras de error. Se ha concluido, pues, que todavía son necesarias pruebas observacionales de la existencia de estos campos magnéticos en las estrellas centrales de Nebulosas Planetarias. O bien el campo magnético es poco intenso,  $<600 \text{ G}$ , o es complejo (dando lugar a cancelaciones de señales) o ambos casos. Otras medidas indirectas (ej. la emisión MASER) justifican los esfuerzos necesarios para determinar la intensidad y morfología de tales campos magnéticos.

### *Técnicas de análisis de datos*

Se han analizado y comparado los resultados obtenidos con varias técnicas de reconstrucción de imágenes usadas habitualmente en Física Solar para corregir la degradación introducida en ellas por la turbulencia atmosférica. Los datos corresponden a una serie de una hora de duración obtenida con el Interferómetro de Fabry-Pérot de Göttingen en la línea de Fe I 630.25 nm, junto a datos de continuo en 431.3 nm y de Ca II H en 396.85 nm, a los que se les han aplicado técnicas de "speckle" y de "deconvolución ciega" (MFBD y MOMFBD). La comparación se ha centrado en la resolución espacial y en el impacto de la reconstrucción en las características espectrales de los datos. Como resultados principales de este estudio, se puede citar que las reconstrucciones por "speckle" y MFBD tienen características similares en las imágenes de continuo, alcanzando contrastes parecidos. MFBD da una resolución espacial mejor y más homogénea en la longitud de onda más corta, cuando se usan conjuntamente varios grupos de imágenes. Las deconvoluciones "speckle" y MOMFBD dan resultados similares con datos de perfiles espectrales de intensidad, sin que aparezcan patrones anómalos en ellas.

## **FÍSICA DE LA MATERIA INTERPLANETARIA (310400)**

**J. Licandro.**

**M. Serra Ricart, A. Oscoz Abad, O. Vaduvescu y V.M. Alí Lagoa.**

V. Lorenzi (CGG, TNG); H. Campins, Y. Fernández (UCF, EEUU); N. Pinilla Alonso (NASA-AMES, EEUU); J. de León Cruz, 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 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,

**MEMORIA  
IAC 2011**

**131**

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 solo 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, el 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 Oddysey, 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 volará 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 telescopio 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 espectroscopía 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 espectroscopía en el visible tanto en el telescopio TNG como en los telescopios WHT y NOT. La espectroscopía 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 permita trabajar con modelos de formación de mantos de radiación y efectos colisionales como el de Gil-Hutton. Este programa se amplió 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 éste 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 espectroscopía 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, C2, C3). 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 (ver 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, F. Moreno y G.P. Tozzi.

## Hitos

En un artículo publicado en *Astronomy & Astrophysics* (Licandro et al. 2012, *Astronomy & Astrophysics* 537, A73) y presentado en el congreso internacional EPSC-DPS (Nantes, Francia), mostramos que una gran parte de los asteroides de la familia Themis con  $D > 50$  km están cubiertos con manto de finos granos de silicatos, similar al que se ha detectado en los asteroides Troyanos de tamaño similar o mayor.

La familia colisional de Themis es una de las familias más grandes y mejor establecidas en el cinturón principal. Compuesto de asteroides primitivos, hay evidencia de que el agua está presente en una gran parte de sus miembros, ya sea en silicatos alterados por hidratación o en depósitos de hielo de

agua (Campins et al. 2010). El estudio de la abundancia de agua en el cinturón de asteroides exterior es importante ya que puede estar relacionado con el origen del agua de la Tierra. El estudio de la familia Themis también puede ayudar a limitar el entorno térmico y composicional de la nebulosa solar en la región donde se formaron estos asteroides.

Los resultados se basan en los espectros entre 5 y 14 micras de 8 asteroides de la familia que se ha observado con el telescopio de la NASA Spitzer. Los espectros de emisividad de al menos 5 de los 8 asteroides muestran una meseta de emisión en la región entre 9 - 12 micras con un contraste espectral de entre 4 y 2%, atribuido a finos granos de silicatos (el tramo de Si-O fundamental), similar pero con una amplitud menor que la que se observa en los espectros de los asteroides Troyanos y polvo cometario. La meseta puede ser debido a que las superficies estén cubiertas de pequeños granos de silicato embebidos en una matriz relativamente transparente, o con una estructura superficial de muy baja densidad.

La presencia de un manto de polvo, similar a la observada en el núcleo de los cometas y atribuidos en ese caso a la pérdida de compuestos volátiles en la superficie cometaria debido a su sublimación, junto al descubrimiento anterior de actividad de tipo cometario en algunos asteroides de la familia Themis, y el hielo de agua detectado en la superficie de (24) Themis, sugieren que estos asteroides (y los asteroides primitivos similares en el cinturón principal exterior) tienen (o tuvieron en el pasado) un importante contenido de hielo de agua.

En diciembre, en el laboratorio de detectores LISA del IAC, se terminó el montaje del experimento para caracterizar el detector de ULIS, una matriz de 640x480 microbolómetros para su uso en el espacio. 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 gremanio 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. Igualmente se hicieron diversas pruebas preliminares y se redactó el documento con la descripción de las pruebas a realizar en 2012 y que son parte fundamental de nuestra contribución para la cámara infrarroja de la misión de JAXA JEM-EUSO, y de los instrumentos THERMAP y ATMS para la misión de ESA Marco Polo-R.

## Evolución del Proyecto

Durante 2011 nuestro grupo ha publicado 15 artículos en revistas con árbitro, 2 en revistas sin árbitro y 24 contribuciones en las *Minor Planet Circulars* de la IAU. Ha presentado una charla de revisión invitada en un congreso internacional, dos charlas invitadas en dos talleres, uno internacional y otro nacional. El grupo ha sido coautor en 16 presentaciones orales y 4 pósters presentados en 8 reuniones diferentes, 4 congresos internacionales y uno nacional, 2 talleres internacionales y otro nacional.

Durante 2011 igualmente visitaron el IAC H. Campins, M. Delbó, J. de León Cruz, N. Pinilla Alonso, M.D. Rodríguez Frías (Univ. de Alcalá de Henares) y G. Tancredi.

J. Licandro estuvo trabajando un mes en el Departamento de Astronomía de la Universidad Católica del Norte, en el grupo de E. Unda Sanzana, iniciando una colaboración y dictando un curso de la maestría. J. Licandro estuvo una semana en la UDELAR trabajando con el G. Tancredi.

Durante 2011 se han seguido desarrollando los objetivos científicos del grupo y se ha avanzado 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 otro ha sido enviado a *Astronomy & Astrophysics*. Se destaca el descubrimiento de agua y orgánicos en el asteroide (65) Cybele (Licandro et al. 2011, *Astronomy & Astrophysics* 525, 34) y el trabajo con espectroscopía en el infrarrojo térmico sobre la familia de Themis (Licandro et al, *Astronomy & Astrophysics*), este último se presentó en el congreso internacional EPSC-DPS (Nantes, Francia). Se continúa trabajando en observaciones de SPITZER de otros asteroides primitivos.

Un paso muy importante ha sido el desarrollo del software para determinar diámetros y albedos de asteroides a partir del uso de los datos proporcionados por la misión de NASA WISE. V.A. Lagoa y J. Licandro han centrado buena parte de su esfuerzo en esto. Con la colaboración de M. Delbo y M. Kelly han desarrollado los programas necesarios para aplicar el modelo NEATM. Actualmente se están analizando los datos de varios miles de asteroides observados por WISE de diversas poblaciones de asteroides primitivos. Igualmente V.A. Lagoa ha colaborado en la toma de nuevos datos espectroscópicos en el visible e infrarrojo cercano.

**Asteroides activados:** Se publicaron 3 artículos, entre los que destaca uno donde se demuestra que los objetos 133P/Elst-Pizarro y 176P/LINEAR son objetos de la familia de Themis y no son cometas capturados (Licandro et al. 2011, *Astronomy & Astrophysics* 532, 65). Igualmente se han obtenido nuevos datos de otros objetos, en particular del recientemente reportado "Main Belt Comet" 2006 VW139 que se observó con los telescopios GTC, WHT, TNG e INT. Hay un artículo en preparación.

**NEAs:** Se publicaron dos artículos, uno de ellos es un estudio espectroscópico en el visible e infrarrojo del asteroide 1996 FG3, objetivo de la misión MP-R (J. de León et al. 2011, *Astronomy & Astrophysics* 530, 12). 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. Se trabajó igualmente en la coordinación de la colaboración internacional EURONEAR, para el que se ha presentado una propuesta liderada por O. Vaduvescu al programa GREAT para organizar el Workshop de 2 días en abril en París “Synergies between Gaia and EURONEAR in the study of near Earth asteroids”.

**TNOs, Centauros y cometas:** Se publicaron 4 artículos relacionados con el tema cometas, que incluyen nuestra colaboración con el estudio del objetivo de la misión de NASA EPOXI. Igualmente continúan los trabajos sobre TNOs y Centauros. Se publicaron 2 artículos sobre TNOs, hay un artículo sobre Centauros aceptado en *Astronomy & Astrophysics* y otro en preparación. Para trabajar en estos temas se ha integrado V. Lorenzi, quien hará su tesis doctoral en la ULL dirigida por J. Licandro y N. Pinilla Alonso. V. Lorenzi trabajo en la reducción de datos espectrales de TNOs y Centauros de nuestra base de datos, y ha realizado nuevas observaciones en el telescopio TNG para las que el grupo había obtenido tiempo.

1.- Financiar nuestros esfuerzos para participar en el los aspectos científicos y tecnológicos de una misión tipo “sample return” a un asteroide primitivo.

2.- Preparar el diseño conceptual para la electrónica del detector de infrarrojo ULIS (UL 04 17 1), una matriz de 640x480 microbolómetros identificado como el mejor detector posible para ser utilizado en una cámara/espectrógrafo para realizar un mapeado en el térmico (8 - 15 micras) que volara en una misión como la especificada en el punto anterior.

3.- Terminar el prototipo de la electrónica en el que se comenzó a trabajar en 2009 para testear las características y diferentes configuraciones del ULIS en el laboratorio.

4.- Continuar el trabajo de investigación sobre las propiedades superficiales y térmicas de los asteroides primitivos, lo cual es además de crucial importancia para las misiones en las que se pretende participar.

El Proyecto fue finalmente aprobado pero con una sustancial reducción respecto de los fondos solicitados y de los objetivos propuestos. En particular la financiación otorgada fue específicamente para continuar con las actividades correspondientes a los puntos 1 y 4, aunque también se pudo trabajar con recursos propios en el punto 2. En consecuencia nada se hizo respecto al punto 3.

Como se detalla a seguir, el objetivo planteado en el punto 1 se ha cumplido completamente.

J. Licandro integró el núcleo duro de proponentes de la misión Marco Polo-R (MP-R) a la convocatoria M3 de ESA Cosmic Vision 2010. El resto del equipo científico forma parte del grupo de soporte de la misión. MP-R fue aprobada y está en fase de estudio de viabilidad hasta el año 2013.

J. Licandro es, desde junio de 2011, el Chairman el grupo de trabajo de MP-R “Local and global characterization: optical and spectral properties”.

**MEMORIA 2011 IAC** Desarrollo tecnológico y participación en misiones espaciales

136 El desarrollo tecnológico en el que estamos envueltos recibió financiación del Plan Nacional en 2011 por el Proyecto “Participación del IAC en el diseño de una cámara espectrógrafo en el IR medio” (AYA2010-19776).

Los objetivos originales fueron:



El 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 mayor grado de prioridad (1). En ambos casos participamos en el grupo científico y somos los encargados de la electrónica del detector, que será un detector térmico de ULIS como el que se viene trabajando desde 2009. Los documentos de la DoI de ambos ya se han presentado.

J. Licandro participa en el grupo científico del instrumento MaRIS también propuesto para MP-R para hacer espectroscopia en el visible e infrarrojo.

J. Licandro fue invitado a formar 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 2016. Se trata de una misión de tipo "sample return" al asteroide primitivo 1999 RQ36. J. Licandro participó en el "kick off" meeting del Science Team realizado en Tucson (Arizona, EEUU), entre el 31 de noviembre y el 4 de diciembre. J. Licandro se ha integrado en el "Asteroid Astronomy WG" de O-R.

El grupo se integró en 2011 en el Consorcio que construirá la cámara infrarroja (CI) de la misión de JAXA JEM-EUSO que se instalará en 2016 en la ISS. La IP de la CI es M.D. Rodríguez Frías (Univ. de Alcalá de Henares). El grupo se encargará de la construcción de un "breadboard model" de la unidad de electrónica del detector y del diseño preliminar de la electrónica de vuelo que deberá presentarse a JAXA a final de 2012. Éste se basará en el diseño en el que he se ha venido trabajando para THERMAP.

En enero de 2011 presentamos un proyecto coordinado al Plan Nacional para financiar las actividades de investigación del grupo y la participación en la CI de JEM-EUSO. El Proyecto ha recibido financiación (AYA2011-29489-C03-02).

Durante 2011 se han participado en diversos WS, reuniones de trabajo y

videoconferencias relacionadas con nuestra participación en la CI de JEM-EUSO, Marco Polo-R, THERMAP, ATMS y OSIRIS-Rex.

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 del IAC 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 de la misma (E. Joven).

En el laboratorio de detectores LISA del IAC se terminó 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. El experimento se terminó de montar en diciembre dado que el cuerpo negro no llegó sino a finales de noviembre.

En el verano, y utilizando un cuerpo negro ya existente en el laboratorio, se hicieron una serie de pruebas preliminares, se desarrolló el software de reducción en matlab. Para esto se contó con un estudiante de verano del Área de Instrumentación que trabajó en esto entre los meses de julio y septiembre. Igualmente se elaboró el documento con los resultados y la descripción de las pruebas finales que se realizarán en 2012.

**MEMORIA  
IAC 2011**

Finalmente se acabó de documentar el diseño conceptual de la electrónica del modelo de laboratorio. 137

#### *Nuevas colaboraciones*

Este proyecto ha permitido mantener diversas colaboraciones internacionales que el grupo ya tenía, y ha permitido también iniciar colaboraciones con otros grupos:

El grupo de la cámara infrarroja de JEM-EUSO que lidera la Rodríguez Frías. En este caso nuestra colaboración es instrumental, y está permitiendo avanzar en el desarrollo de la electrónica de microbolómetros para espacio.

El grupo de OSIRIS-Rex, liderado por Dante Lauretta (LPL, EEUU). Esta colaboración permitirá participar en el análisis de los datos de una de las misiones más importantes de la década en el Sistema Solar. J. Licandro se ha integrado en el Grupo de Ciencia de OSIRIS-Rex como colaborador europeo.

El grupo de la Universidad de Oxford dirigido por N. Bowles. Este grupo lidera el instrumento ATMS. El breadboard del espectrógrafo ATMS se probará utilizando nuestro breadboard del detector ULIS durante 2012. Esta colaboración abre buenas perspectivas tanto científicas como tecnológicas. El grupo de N. Bowles es uno de los más prestigiosos en lo relacionado con espectroscopia en el infrarrojo térmico de objetos del Sistema Solar. Además el estar en THERMAP y ATMS nos asegura la participación tecnológica en MP-R si la misión resulta finalmente seleccionada, dado que al menos uno de estos instrumentos volará.

## **SISMOLOGÍA SOLAR Y ESTELAR Y BÚSQUEDA DE EXOPLANETAS (310800)**

**C. Régulo Rodríguez.**

**K. Uytterhoeven, J.M. González Peréz, M. Díaz Alfaro, A. Triviño Hage, S. Barceló Fortaleza, J.A. Belmonte Avilés, H.J. Deeg, A. Jiménez Mancebo, R. Alonso Sobrino, P.L. Pallé Manzano, F. Pérez Hernández, T. Roca Cortés y B.W. Tingley.**

**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); A. Moya (CAB); S. Korzennik (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); R. Oreiro (Inst. voor Sterrenkunde, Bélgica); M. Deleuil, C. Moutou, A. Bonomo, J.M. Almenara (LAM Marseille, Francia); D. Gandolfi, M. Fridlund (ESA/ESTEC); 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 (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); A. Ofir, T. Mazeh (Univ. de Tel Aviv, Israel); D. Queloz, J. Ballot (CNRS, Univ. de Toulouse, Francia); O. Creevey (Univ. de Niza, 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.

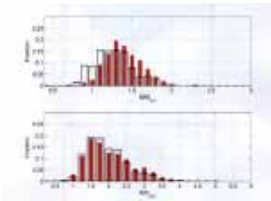
La estrategia de utilización de tránsitos planetarios para descubrir la existencia de planetas alrededor de otras estrellas, consiste en la detección fotométrica de

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, entraba en el 2010 en la segunda mitad de su fase de operación, y los trabajos del grupo relacionado con planetas extrasolares y Astrosismología, se han centrado en su explotación. También 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 de sus más de cuatro años de vuelo.

## Hitos

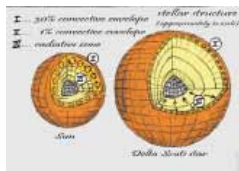
A partir del análisis de las oscilaciones tipo solar de 500 estrellas observadas por la misión espacial Kepler, se han realizado estudios estadísticos de sus propiedades estelares (tales como masa, radio y edad) para contrastar con las teorías de evolución estelar. Se encuentra que la distribución observada de masas de estas estrellas presenta diferencias intrigantes respecto de las predicciones de los modelos.



Histograma de la distribución de masas y radios observados por Kepler (línea negra). En rojo: Las distribuciones obtenidas de los modelos de síntesis de población.

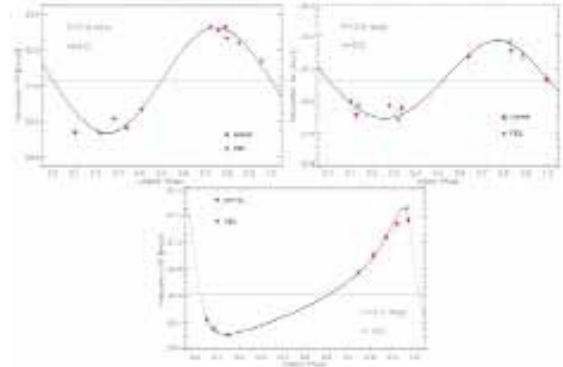
Las estrellas Delta Scuti (Delta Sct) son estrellas pulsantes con masas de 1.5-2.5 MSun, sus pulsaciones son debidas a cambios en la opacidad, producidos en la capa de ionización del helio. En las estrellas menos masivas como el Sol, la convección transporta masa y energía a través del 30% más externo de la estrella y excita un rico espectro de modos acústicos resonantes. Basándose en el ejemplo solar, sin ningún fundamento teórico firme, los modelos predicen que la envoltura convectiva en estrellas Delta Sct se extiende sólo alrededor del 1% del radio, pero con suficiente energía como para excitar oscilaciones tipo solar. No se observó antes de la misión Kepler, por lo que la presencia de envoltura convectiva en los modelos ha sido cuestionada. Aquí se presenta la detección de oscilaciones tipo solar en la estrella Delta Sct 187547 HD, lo que implica que la convección superficial funciona eficientemente en estrellas hasta dos veces más masivas que el Sol, tal y como predecían los modelos.

Características de la estructura interna del Sol y de una estrella Delta Scuti, obtenida a partir de las observaciones de HD 187547 con el satélite Kepler.



Observaciones con el telescopio NOT y el espectrógrafo FIES en enero de 2011 (Programa P42-216) confirmaron la naturaleza planetaria de 3 candidatos que habían sido descubiertos por CoRoT, y se obtuvieron sus masas y excentricidades orbitales. Estos resultados se consiguieron a pesar del bajo brillo de dichos objetos (entre magnitud 14 - 15) y la relativamente alta velocidad de rotación de dos de ellos ( $v \sin i \approx 10$  km/s). CoRoT-18b es un planeta masivo normal (con 3,5 masas de Júpiter); mientras CoRoT-19b es fuertemente expandido,

con una masa como Júpiter pero un radio 1,3 veces más grande; y CoRoT-20b es un planeta masivo (3,9 masas de Júpiter) en un órbita inusualmente excéntrica.



Velocidades radiales obtenidas en la campaña del telescopio NOT en enero 2011 (puntos verdes) y con el espectrógrafo SOPHIE (puntos rojos). La línea continua corresponde al resultado de los ajustes de órbitas Keplerianas para los 3 planetas confirmados – CoRoT-18b (arriba izda.), CoRoT-19b (arriba drcha.) y CoRoT-20b (abajo).

## 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. 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), 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.

### Astrosismología

La impresionante calidad de los datos obtenidos por las misiones espaciales CoRoT y Kepler ha permitido a lo largo de este año un espectacular avance en el estudio sismológico de gran cantidad de estrellas, tanto en secuencia principal como subgigantes y gigantes rojas.

Antes de Kepler se disponían de datos astrosismológicos de sólo 20 estrellas de tipo solar. Al poder detectar y caracterizar ahora los espectros de pulsación de más de 500 estrellas, se ha podido determinar sus masas, radios y propiedades internas, lo que puede dar una imagen mucho más clara del pasado y el futuro de nuestro Sol y nuestra Galaxia. Se podrá seguir una estrella del tamaño del Sol pero en diferentes momentos evolutivos, lo que equivaldría a seguir al Sol en el tiempo. Lo que sabíamos hasta ahora de las estrellas y los planetas de la Vía Láctea se derivaba de modelos informáticos que no podían ser muy precisos por falta de datos. Ahora se cuenta con herramientas para interrogar a estos modelos en detalle. En el trabajo publicado en la revista *Science* se concluye que, mientras la distribución de radios de las estrellas que se ha descubierto encaja ahora con los modelos clásicos, la distribución de masas estelares no.

Asimismo, se han realizado análisis detallados de gran número de estrellas tipo solar a través del análisis de las frecuencias de los modos propios de oscilación de los cuales se ha podido llegar a obtener incluso los periodos de rotación de las estrellas.

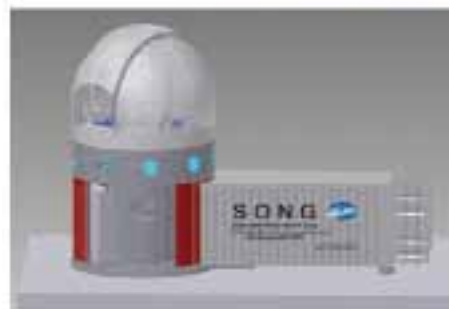
Por otra parte, a partir del análisis de más de 1.000 gigantes rojas se han estudiado las características de su granulación por medio del perfil del espectro de potencias de su curva de luz.

Para otras varias estrellas se han analizado sus ciclos de actividad magnética a partir de la variación de la frecuencia y de la amplitud de los modos acústicos con el grado de actividad magnética.

Se han analizado las curvas de luz para 750 candidatos a estrellas Delta Scuti (estrellas que presentan modos acústicos de oscilación) y gamma Doradus (estrellas que presentan modos gravitatorios de oscilación), así como estrellas híbridas de ambos mecanismos, enormemente interesantes por ser posible analizar su interior desde el núcleo hasta la superficie. Especialmente interesante ha

sido la detección de oscilaciones tipo solar en una estrella Delta Scuti (HD187547), lo que implica que la convección superficial opera eficientemente en estrellas dos veces más masivas que el Sol.

Por último, se han realizado estudios de la transferencia de momento angular entre los modos gravitacionales y la rotación angular en estrellas subenanas calientes (sdB) encontrándose que este mecanismo de transferencia puede explicar los cambios observados en los desdoblamientos rotacionales de los modos acústicos.



Estado en el mes de diciembre 2011 de la instalación telescópica SONG en el Observatorio del Teide (arriba) e ilustración de su estado final una vez instalada la cúpula, el telescopio y el espectrógrafo en el mes de marzo de 2012 (abajo).

Se concluyeron los trabajos de acondicionamiento del emplazamiento del instrumento SONG (Stellar Observations Network Group) en el Observatorio del Teide y se procedió a la instalación del edificio de la cúpula y del container/laboratorio. Se previó la instalación del telescopio y cúpula (ASTELCO) así como del espectrógrafo para el otoño de 2011, pero retrasos en la aceptación del telescopio han hecho que la nueva fecha estimada sea el mes de marzo de 2012. El espectrógrafo se ensambló y verificó con éxito en la Universidad de

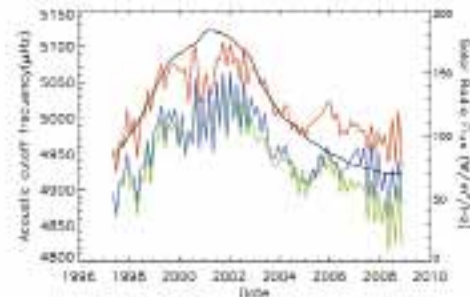
Aarhus. Medidas de calibración realizadas con una fibra óptica enfocada al Sol, permitieron detectar las oscilaciones solares de 5 minutos y concluir que la precisión (velocidad rms) alcanzada es ligeramente inferior a 1 m/s. Estas pruebas auguran que se van a alcanzar las precisiones previstas para el caso estelar.

### Heliosismología

Se concluyó el tratamiento y homogeneización de la base de datos observacionales de 1976 - 2011, del espectrofotómetro solar Mark-I instalado en el OT. Esta extensa, y única en el dominio de la Heliosismología, base de datos casi continua durante los últimos 36 años permitirá realizar estudios sobre fenómenos solares de largo periodo (relacionados con el ciclo de actividad solar) y en concreto, dada la alta estabilidad y precisión del instrumento, de las variaciones del parámetro  $V_{grs}$  (corrimiento gravitatorio al rojo) con precisiones por debajo de los 50 cm/s en velocidad. El procesado de esta base de datos incluye la obtención de la señal oscilatoria debida a los modos propios del Sol, que será puesta a disposición de la comunidad (acceso libre vía ftp o herramienta www).

La frecuencia acústica de corte ( $\nu_{AC}$ ) es un parámetro importante de la atmósfera que determina el borde superior de la cavidad resonante de los modos acústicos. A frecuencias superiores a este valor las ondas acústicas ya no son resonantes sino ondas viajeras, interferencias entre ellas dan lugar a los modos de alta frecuencia o pseudomodos que se propagan por encima de la frecuencia de corte. Estos pseudomodos están ligeramente movidos en frecuencia respecto a los modos-p haciendo posible usar estos pseudomodos para encontrar el valor de la frecuencia acústica de corte. Usando datos de GOLF y VIRGO abordo del satélite SOHO y a través de la función de coherencia ha sido posible determinar la frecuencia acústica de corte solar a lo largo de los últimos 15 años encontrándose una

clara correlación con el ciclo de actividad magnética. Aparte de la importancia intrínseca de la frecuencia de corte, su valor aumenta con la Astrosismología ya que las relaciones de "escala" entre los distintos parámetros astrosismológicos han demostrado una tremenda utilidad en los estudios sismológicos de otras estrellas distintas al Sol y todas estas relaciones de "escala" usan el Sol como referencia, uno de los parámetros de referencia es precisamente la frecuencia acústica de corte solar.



*Determinación de la frecuencia acústica de corte ( $\nu_{AC}$ ) del Sol y su variación a lo largo de los últimos 13 años, a partir de los datos fotométricos obtenidos con los tres canales (verde, azul y rojo) del fotómetro VIRGO a bordo del satélite SOHO. Se aprecia su alto grado de correlación con el grado de actividad solar, representado por el Radio Flujo (línea negra).*

Se han calculado imágenes sísmicas de actividad magnética para la cara visible del Sol utilizando técnicas de holografía sísmica. El procedimiento difiere de los utilizados hasta la fecha, ya que se ha aplicado un modelo con simetría esférica (en vez de considerar una aproximación plano-paralela) y se han utilizado funciones de Green calculadas a partir de una expansión esférica polar de la ecuación de ondas adiabática en la aproximación de Cowling (en lugar de la aproximación de rayo). Este método, debidamente estudiado y caracterizado, se va a aplicar a zonas profundas, en las inmediaciones de la zona de convección.

Se ha completado el análisis de los datos heliosismológicos de los experimentos GONG y MDI en SoHO para todo un ciclo solar, empezando en el año 1996 hasta 2010. Se han analizado los datos disponibles de HMI en el satélite SDO (Solar Dynamics Observatory). En este sentido,

la base de datos de frecuencias, splittings y otros parámetros obtenidos de los análisis espectrales está siendo evaluada para obtener su grado de significancia y consistencia para el estudio de la zona radiativa solar. El método de evaluación se basa en técnicas de inversión numérica y tratamiento estadístico. Las series temporales de los distintos experimentos han sido desdobladas en diferentes periodos temporales para estudiar las posibles variaciones en el tiempo de los parámetros característicos de análisis espectrales. En cualquier caso, se dispone de las frecuencias y splittings obtenidos de las series más largas hasta ahora analizadas.

### *Exoplanetas*

En relación a la misión espacial CoRoT, se ha publicado durante el presente año el descubrimiento de 4 nuevos exoplanetas y el de otros 10 está en curso para 2012. La principal contribución del grupo en estos descubrimientos ha sido la coordinación del programa de seguimiento fotométrico, con 101 candidatos observados en 2011 por una media docena de equipos europeos. Nuestra tarea de coordinación incluye la revisión de todas estas observaciones y su introducción en “transit predictor”, un servicio online localizado en el IAC (<http://www.iac.es/proyecto/corot/followup>) con información sobre todos los candidatos de la misión CoRoT, unos 550 en la actualidad que se actualizan continuamente. Además, se ha contribuido con observaciones propias de unos 22 candidatos revisados durante el 2011 con el telescopio IAC-80. Una nueva línea de trabajo han sido las observaciones de velocidades radiales de candidatos CoRoT, cuya primera campaña en el telescopio NOT con el espectrógrafo FIES en enero 2011 ha dado muy buenos resultados. Se ha fijado una segunda campaña para el periodo invernal 2011/12 ya en marcha.

Se ha contribuido en las investigaciones relacionadas con el análisis e interpretación de los datos relativos al descubrimiento previo de planetas CoRoT y en el de otros

tipos de objetos encontrados en los datos del CoRoT. Dentro del primer punto se encuentra un estudio de tránsitos en varios colores basados en datos del telescopio robótico LT del CoRoT-2b, que orbita en torno a una estrella muy activa, con el fin de derivar una mejor relación entre la actividad estelar y los parámetros físicos del sistema planetario. Con el mismo fin se intentó también en mayo 2011 la observación de un tránsito del CoRoT-2b en el IR con el telescopio WHT, que no tuvo éxito debido a mediocres condiciones meteorológicas. Otros trabajos relacionados trataron el refinamiento en la determinación de la masa de la “súper tierra” CoRoT-7b (Hatzes et al. 2011) y el análisis de un sistema triple con una estrella gigante, el LRA02\_E2\_0121 (Tal-Or et al., 2011).

Durante el 2011 nos involucramos en un nuevo proyecto espacial “Planet Vision”, concebido y liderado por A. Moya del Centro de Astrobiología (Madrid), H. Deeg (IAC) y C. Aerts (Univ. de Leuven, Bélgica). El objetivo principal de este Proyecto es la caracterización fotométrica de planetas conocidos en sistemas con estrellas centrales brillantes así como el descubrimiento de planetas adicionales en sistemas que ya tienen planetas conocidos. Con características similares a CoRoT, va a tener también una importante componente astrosismológica: la caracterización de las estrellas centrales a partir de parámetros sísmicos. Se contempla una misión pequeña basada en la plataforma de INGENIO (un satélite español para observaciones terrestres), habilitando de 2 a 6 telescopios apuntando en la misma dirección, y pudiendo obtener una fotometría de alta precisión (50 ppm para estrellas de  $M_v \sim 8$ ) en 2 o 3 colores simultáneamente. En el presente, es un proyecto binacional España – Bélgica, pero se espera una contribución minoritaria de la ESA a través de una futura convocatoria específica para pequeñas misiones. Mientras que su diseño básico fue concebido en 2011, se procederá al refinamiento de los requisitos técnicos y científicos, y su estructuración mediante la organización de un equipo investigador.

## **RELACIÓN SOL-TIERRA (3I1003)**

**M. Vázquez Abeledo.  
P. Montañés Rodríguez.**

J.M. Vaquero, M.C. Gallegos (Univ. de Extremadura); R. Casas (Inst. de Ciencias del Espacio - IEEC-CSIC, Barcelona); R. Trigo (Univ. de Lisboa, Portugal).

### **Introducción**

Iniciar una línea de investigación sobre Relaciones Sol-Tierra y el clima terrestre.

Redacción de libros y artículos revista a nivel académico y semipopular sobre diferentes temas que implican la consideración de la Tierra como un objeto astronómico, estudiando su relación con su vecindad más próxima, por ejemplo el Sol, y su posible consideración como una nueva piedra de Rosetta para la caracterización de los futuros exoplanetas de tipo terrestre.

### **Hitos**

Elaboración de un catalogo de auroras boreales para el período 1705-1905.

### **Evolución del Proyecto**

M. Vázquez, en colaboración con J.M. Vaquero y M.C. Gallegos, ha iniciado la elaboración de un catalogo de auroras boreales observadas en el Hemisferio Norte en el período 1705 - 1905. Por el momento se han recopilado unas 60.000 observaciones correspondientes a unas 25.000 auroras. El objetivo de este trabajo es el estudio de la distribución espacial de este fenómeno que se encuentra ligado a la actividad magnética solar reflejada en el viento solar. Para cada lugar se han recogido sus coordenadas geográficas y se han transformado a coordenadas geomagnéticas teniendo en cuenta la variación del polo magnético de nuestro planeta.

A partir de enero de 2012 este Proyecto se incorpora al de Arqueoastronomía con J.A. Belmonte como IP.

## **MAGNETISMO Y POLARIZACIÓN EN ASTROFÍSICA (3I2507)**

**H. Socas Navarro.  
J. Trujillo Bueno, F. Moreno-Insertis,  
A. Asensio Ramos, R. Manso Sainz, L.  
Belluzzi, J. Stepan, E.S. Carlin Ramírez y  
T. del Pino Alemán.**

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); N. Vitas (Univ. de Utrecht, Países Bajos).

### **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 maseres 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.

## **Evolución del Proyecto**

### *Técnicas de análisis*

Se han aplicado técnicas de inferencia Bayesiana para la estimación analítica de la distribución posterior del campo magnético bajo la suposición de campo débil. Esto permite poner barras de error significativas a las componentes del campo magnético y al factor de llenado. El código se da libre a la comunidad.

Por primera vez, se han aplicado técnicas Bayesianas para la inferencia de propiedades físicas de bucles coronales en la atmósfera solar mediante su análisis sismológico magnetohidrodinámico. La ventaja fundamental con respecto a las aproximaciones anteriores reside en la detección de ambigüedades y en la robustez de los resultados, permitiendo establecer con mayor certidumbre las propiedades físicas de los bucles coronales.

La aplicación de técnicas de reconstrucción de imagen a posteriori son prácticamente un estándar en Física Solar. Su aplicación a observaciones polarimétricas es delicada debido a posibles artefactos que generen señales artificiales. Se investigó el efecto sobre las asimetrías de los perfiles de polarización circular producidos por la reconstrucción mediante diversidad de fase para observaciones con el filtropolarímetro IMax. La conclusión es que la aparición de un ruido con correlación espacial en la reconstrucción puede modificar la asimetría de los perfiles.

### *Transporte de radiación polarizada*

Determinación de la magnetización fotosférica en el "Sol en calma" mediante medidas de efecto Hanle usando simulaciones de dinamo superficial. Se piensa que el grueso de la fotosfera solar está significativamente magnetizada debido a la presencia de un campo turbulento a escalas por debajo del límite de resolución con una fuerza promedio de unos 100G. Se ha demostrado que las amplitudes de señal de polarización

por scattering en la línea de Srl 4607 se puede explicar únicamente tras aumentar el campo en el modelo fotosférico por un factor apreciable, que implica un campo de 130G en la alta atmósfera. Deducimos que para explicar la depolarización Hanle del Srl 4607 y las señales Zeeman observadas en líneas de FeI necesitamos introducir un factor de escalado dependiente de la altura de forma que el campo promedio resultante es de 160G en la baja fotosfera y 130G en la alta.

La inclusión de gradientes verticales en los cálculos de transporte radiativo en atmósferas solares realistas (como el modelo FALC) afecta de forma importante la anisotropía del campo de radiación y la función fuente de línea. Encontramos que la señal de polarización por scattering del triplete IR del Call es aumentada y alterada con respecto al caso estático. Esto es importante de cara a inferir correctamente el campo magnético en el régimen Hanle.

Investigación teórica de los efectos de interferencias cuánticas entre los diferentes niveles J en la polarización por scattering en líneas espectrales.

Investigación de los efectos de redistribución en frecuencia del patrón de polarización por scattering de la línea Ly- $\alpha$  con vistas a su observación por el futuro instrumento CLASP (Chromospheric Lyman- $\alpha$  SpectroPolarimeter).

MEMORIA  
2011 IAC

146

Polarización por scattering de líneas de H en atmósferas estelares débilmente magnetizadas. Se ha llevado a cabo una investigación teórica de la polarización producida por procesos de scattering y el efecto Hanle en Ly- $\alpha$ , Ly- $\beta$  y H- $\alpha$  teniendo en cuenta efectos de transporte en átomos multinivel en una atmósfera isoterma, considerando la estructura fina del H y el

impacto de colisiones con electrones y protones.

Presentamos predicciones teóricas sobre el efecto Hanle en Ly- $\alpha$  para sondear el magnetismo de la región de transición solar. Para ello se ha calculado la polarización atómica (desequilibrios de poblaciones y coherencias cuánticas) inducida por el bombeo de radiación anisotrópica en modelos semiempíricos e hidrodinámicos de la atmósfera solar, tomando en consideración transporte radiativo y efecto Hanle, causado por la presencia de campos magnéticos tanto caóticos como organizados.

#### Otros

Se han preparado dos propuestas a la ESA: SOLMEX y LEMUR.

**SOLMEX:** Consiste en un telescopio solar espacial equipado con espectropolarímetros UV e IR para explorar el magnetismo de la región de transición y corona del Sol. LEMUR es un instrumento con el que Europa propone participar en el desarrollo del telescopio japonés SOLAR-C.

**LEMUR:** Es un espectrógrafo para realizar espectroscopía de alta resolución espacial y temporal en líneas del EUV. Se han escrito dos artículos para la revista *Experimental Astronomy* describiendo SOLMEX y LEMUR. (R. Manso Sainz, H. Socas-Navarro y J. Trujillo Bueno con los equipos correspondientes).

Se ha desarrollado un esquema observacional para detectar el momento angular orbital de los fotones. Este esquema está basado en un método de diversidad de fase y lo se ha aplicado, por primera vez, a observaciones solares.

# INSTRUMENTACIÓN Y ESPACIO

## INSTRUMENTACIÓN ÓPTICA

### DESARROLLO DE SISTEMAS PARA ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL (313586)

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 Piñeiro.

#### 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

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

EdiFiSE consta de varias partes. Además del subsistema de corrección de la turbulencia (dentro de la Óptica Adaptativa) tiene dos brazos de detección: uno es el destinado a la medida de la distorsión del frente de onda por la turbulencia (sensado) y en el otro es para la detección del objeto de interés bajo estudio. Este brazo consiste de una unidad de campo integral con fibras, donde la transmisión de algunas pueden ser reguladas electrónicamente (Tunable Integral Field Unit, TIFU), que alimenta un espectrógrafo. Por tanto, este elemento es un instrumento de importancia crucial en el sistema global. A lo largo de este año pasado se ha completado su caracterización.

Por otra parte, dada la complejidad del sistema global, se hace engorrosa la ejecución de pruebas parciales en telescopio. Ha sido, por tanto, muy importante para el desarrollo del Proyecto, la calibración del simulador de turbulencia IACAT. Ello nos permite controlar la turbulencia que perturba el frente de onda y estudiar así la respuesta de la etapa de corrección.

## Evolución del Proyecto

Como ya se ha mencionado, EDiFiSE consiste de un sistema compuesto de varias partes y en varias fases. En la fase actual, la optimización y demostración de su funcionamiento en laboratorio y en el telescopio OGS, exige un gasto importante de recursos de instalación y desinstalación del equipo, ya que el sistema global está compuesto de elementos discretos. En este sentido, un avance importante para el desarrollo del Proyecto ha sido la calibración del simulador de turbulencia IACAT. Para ello, ha sido de gran ayuda el cambio del lugar de trabajo desde la sala AIV al bunker, aunque ello implicara, en su momento, la reinstalación de todo el sistema y traslado de IACAT. Previamente, se llevó a cabo una nueva campaña de medidas para seguir probando, fundamentalmente, el subsistema LOMU (Low Order Mode Unit) en el telescopio OGS.

Después de la etapa de corrección de la turbulencia en el frente de onda, el sistema óptico de EDiFiSE divide el haz en 2 brazos: uno es para detectar la distorsión del frente de onda por la turbulencia (sensado) y el otro es para medir el objeto astronómico de interés. Los avances en el primero han continuado con trabajos de optimización de la respuesta del subsistema LOMU. Limitaciones de detección de la inclinación global del frente de onda, cuando el seeing es especialmente bueno, ha obligado a estudiar la modificación de la escala de placa de la etapa de sensado. De cualquier forma, a lo largo de este tiempo, se ha llevado a cabo modificaciones del sistema óptico según se ha progresado en las prestaciones puntuales del mismo. La óptica del segundo brazo cambia la escala de placa para ajustarla a la entrada del mazo de fibras. El adaptador de las fibras a la entrada del espectrógrafo está a punto de quedar disponible para pruebas.

Finalmente, el espectrógrafo analiza la señal de salida del mazo de fibras. Este mazo está dispuesto como una unidad de campo integral compacta, donde la transmisión de las 7 fibras centrales están reguladas electrónicamente produciendo una IFU ajustable (Tunable Integral Field Unit, TIFU). Además, la calibración del espectrógrafo se ha llevado a cabo con resultados óptimos.

Algunos incidentes técnicos nos han obligado a modificar el calendario del desarrollo y a concertar contratos externos "ad hoc". Esto ha sido el caso del espejo deformable CILAS que, ante los problemas que mostraba su electrónica, nos ha llevado a sondear soluciones alternativas. Este problema, similar al que mantienen GTC y ESO con esta empresa, todavía persiste aunque con alguna solución inmediata. Otro problema ha sido el sistema de refrigeración del detector del espectrógrafo, lo que nos obligó a enviarlo a la empresa alemana y que, una vez de vuelta, no está en óptimas condiciones.

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) (411700)**

**J. Cepa Nogué.**

**V. G. Escalera, R. Barreto, P. Fernández, A.B. Fragoso, E. Hernández, E. Joven, J.C. López, H. Moreno, J.L. Rasilla, J. Rosich, T. Vaz, A. Aderoclite 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 aquella funcionalidad considerada fundamental: imagen con filtros de banda ancha y filtros sintonizables de banda estrecha en el azul (este año dice en el rojo), espectroscopía 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 telescopio GTC para explotar científicamente el mismo, y como único instrumento. Durante este año 2011 se ha estado trabajando en la incorporación de funcionalidades complementarias, mejoras en las características de algunos elementos del sistema y en el desarrollo de aquellas prestaciones consideradas menos prioritarias en las fechas previas a la instalación en el telescopio.

## Hitos

Diversas caracterizaciones y desarrollo de software para el control del Filtro Sintonizable Azul. Instalación y pruebas básicas de dicho filtro en el telescopio.

Desarrollo de una versión completamente funcional del diseñador de máscaras multiobjeto.

Contratación, diseño y fabricación de una máquina para la fabricación de máscaras multiobjeto en el telescopio.

Preparación de máscaras para pruebas y documentos de prueba para verificar en el telescopio los denominados Modos de Operación Rápidos de OSIRIS (fotometría rápida, espectroscopía rápida, etc.).

Calculador de tiempos de exposición del instrumento. Ha sido actualizado para incorporar los grismas de resolución intermedia.

Desarrollo de una Pipeline para el proceso de los datos tomados por el instrumento.

Apoyo a GRANTECAN S.A. en la resolución de problemas puntuales en la operación del

instrumento, o en la mejora o caracterización del comportamiento del instrumento.

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 éste ha continuado funcionando sin haberse producido incidencias que obligasen a una parada del telescopio.

Es importante destacar que el peso del desarrollo y pruebas básicas de ingeniería de las nuevas funcionalidades del instrumento ha continuado recayendo en el IAC, mientras que se ha acordado que el comisionado detallado de dichas funcionalidades pase a realizarse por personal de GRANTECAN S.A., de acuerdo a sus prioridades y disponibilidad.

Con respecto al filtro sintonizable azul (TFB) se han estado desarrollando diversos trabajos de ingeniería. Se realizó la caracterización en la banda 370-450nm que había quedado pendiente debido a que requería un montaje óptico más complejo. También se caracterizó e implementó un procedimiento para compensar las derivas debidas a cambios de temperatura del TFB. Estos algoritmos fueron probados en el laboratorio con éxito, y se espera que estas compensaciones reduzcan el número de calibraciones necesarias en periodos largos de observación con este elemento, lo que se debería traducir en una mejora de la eficiencia del telescopio. El TFB se instaló y supero con éxito unas pruebas básicas de funcionamiento durante septiembre de 2011. Queda pendiente de GRANTECAN S.A. el comisionado detallado de este dispositivo en la banda 450nm – 685nm. Y del IAC la adquisición de los filtros cortaórdenes para la banda 370-450nm.

Después de la contratación de un ingeniero de software, se ha continuado con el desarrollo del Diseñador de Máscaras

Multiobjeto para OSIRIS. Se ha mejorado sustancialmente la interfaz de usuario para facilitar la preparación de máscaras para los diversos modos de operación multiobjeto. También se ha completado la generación de ficheros para la fabricación de la máscara, para el control de calidad de fabricación, etc. Se han generado diversas herramientas complementarias, entre las que destaca la que permite realizar una verificación de la máscara fabricada utilizando imágenes tomadas durante el día con el mismo OSIRIS, generando unas figuras de mérito que permiten valorar la validez de la misma. Una segunda herramienta permite reconfigurar el software para facilitar el mantenimiento futuro si se añaden nuevos elementos en el sistema (ej. nuevos filtros).

El Diseñador de Máscaras se finalizó en noviembre de 2011, también se diseñó y fabricó una máscara para pruebas así como el procedimiento a seguir, enviándose a GRANTECAN S.A. para que lleve a cabo el comisionado en el telescopio.



intervención del operario sea mínima. Al finalizar este año la máquina está fabricada y en proceso de pruebas. Se espera verificarla formalmente a principios del año próximo.



Para los denominados Modos Rápidos de OSIRIS, en abril de 2011 se preparó un procedimiento de pruebas, y fabricaron 3 máscaras. Se ofrecerán estos modos a la comunidad cuando Grantecan lleve a cabo el comisionado de los mismos.

El Calculador de Tiempos de Exposición ha sido actualizado con los grismas (VPH) de resolución intermedia que se instalaron a finales del 2010. Queda por actualizar este calculador con el nuevo TFB.

Durante este año se ha estado desarrollando una Pipeline-offline para tratar los datos generados por OSIRIS. En el mes de octubre se entregó una versión completamente funcional, estando pendiente la verificación por parte de la comunidad de usuarios de la misma.

Como resumen final decir que el instrumento OSIRIS se puede considerar terminado desde un punto de vista de ingeniería, quedando pendiente aspectos puntuales entre los que se puede destacar:

- Soporte a GRANTECAN S.A. en el comisionado de algunas funcionalidades del instrumento
- Validación final de algunas herramientas software, como por ejemplo del Diseñador de Máscaras, Pipeline.
- Adquisición, medida e instalación de los filtros cortaórdenes para la banda 370-450nm.
- Finalizar la documentación.

El fichero de geometrías de rendijas generado por el Diseñador de Máscaras alimenta a la denominada Máquina de Corte de Máscaras. Este equipo es una 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



# EDiFiSE - ESPECTRÓGRAFO DE CAMPO INTEGRAL ECUALIZADO LIMITADO POR DIFRACCIÓN

J. Jiménez Fuensalida.

A. Alonso, B. García-Lorenzo, H. Chulani, F. Gracia, Y. Martín, 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

*Rama de Óptica Adaptativa*

*Unidad de bajo Orden (LOMU):*

*Febrero y septiembre:* Se llevan a cabo dos sesiones en el telescopio OGS para probar e implementar el concepto definitivo del sistema de Tip-tilt.

*Unidad de Alto Orden (HOMU):*

La actualización del SW de control ha fracasado y se hace necesario por parte de CILAS la fabricación de un nuevo driver de control. Provisionalmente se adopta una solución para poder caracterizar el espejo y trabajar en modo de mínimos.

Se prevé disponer de un prototipo del sistema básico de OA para pruebas en telescopio.

*Rama de instrumentación astronómica*

*IFU*

*Diciembre:* Las fibras están cortadas y los elementos mecánicos fabricados. El sistema está listo para integración, pendiente de la disponibilidad del ingeniero óptico.

*Espectrógrafo*

El compresor del sistema de refrigeración del criostato del detector se ha enviado a reparar, y a su regreso se pudo realizar la caracterización del espectrógrafo, que queda listo para la integración definitiva.

## Evolución del Proyecto

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.



*Subsistema óptico para caracterización del sistema de corrección de Tip-tilt (febrero 2011).*

### *Sistema 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 de forma satisfactoria.

La reparación de los drivers originales del espejo deformable es inviable. Se ha negociado con CILAS una solución temporal. El fabricante 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. Está previsto lanzar el contrato en abril de 2012.

### *Sistema IFU*

Los componentes necesarios para los haces EB#1 y EB#2 están listos para integración. La tarea se ha retrasado por falta de ingeniero óptico hasta abril de 2012.

### *Espectrógrafo*

Las pruebas de caracterización del espectrógrafo han concluido satisfactoriamente en diciembre de 2011. Sin embargo, el fallo del sistema de refrigeración persiste tras una primera reparación en Alemania (Ferrotec GMBH). Se está trabajando en el Taller de Mantenimiento Instrumental para localizar una microfuga y sellarla.

### *Pré-ópticas*

Las pre-ópticas han 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.

## **ESPRESSO (ECHELLE SPECTROGRAPH FOR ROCKY EXOPLANETS AND STABLE SPECTROSCOPIC OBSERVATIONS) (4E5108 - 4E3710)**

**R. Rebolo.**

**M. Amate, F. Tenegui, S. Santana, J.L. Rasilla, A.B. Frago 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**

El objetivo del Proyecto es llevar a cabo el estudio y realización de un Espectrógrafo Ultra Estable de Alta Resolución, llamado ESPRESSO por las siglas en inglés de: Echelle SPECTrograph for Rocky Exoplanets and Stable Spectroscopic Observations. Este instrumento 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 in diciembre de 2007.

### **Hitos**

En enero se llevó a cabo el “Technical Kick Off” (TKO).

En noviembre se llevó a cabo el PDR.

Se recibió el resultado de la primera fase de la colaboración con NTE-SENER en el marco de CDTi.

Se editaron y entregaron todos los documentos base de PAQA, diseño y estudios de “trade-off” de la opto-mecánica y diseño óptico del “Fibre Link”.

## **Evolución del Proyecto**

### *Estado actual del diseño*

Se llevó a cabo el diseño preliminar del instrumento.

Se desarrolló todo el sistema de PAQA.

Se realizaron tres grandes reuniones del Consorcio.

Actualmente se está a la espera del informe final del PDR para realizar las acciones pertinentes, no obstante se inicia la fase de Diseño Detallado.

## **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 2011 por técnicos en operaciones telescópicas, estando disponibles en tiempo real los datos obtenidos en el sitio web del IAC.

Durante el año 2011 realizó el desarrollo de un sistema de alta disponibilidad para el control de la cúpula, encaminado a garantizar con una altísima probabilidad el correcto funcionamiento de la misma incluso

en condiciones de ausencia de energía o comunicaciones. Este sistema se completó, instaló y verificó en el OT, quedando para el año 2012 la instalación y verificación en el ORM, donde está previsto que sea operado remotamente desde el OT.

## **Evolución del Proyecto**

Una actividad significativa realizada por el Proyecto durante el año 2011 consistió en el desmontaje de la torreta de 10 m instalada en las proximidades del telescopio MAGIC y su traslado e instalación en el Observatorio del Teide para servir de soporte al instrumento SHABBAR, destinado a la caracterización del mismo de cara las prospecciones para la instalación del Telescopio Solar Europeo EST. Esta actividad se completaba con la necesaria recuperación ambiental del terreno en el que fue instalada, eliminando cualquier rastro visible de su pasada presencia.

A tal efecto se redactó un pliego de cláusulas técnicas que sirvió de base para la adjudicación de las actividades a la empresa TEIDESPORT S.L., como mejor opción entre las que concursaron. El desmontaje se realizó en el mes de julio, siguió la aplicación los tratamientos de pintura en la sede la de empresa adjudicataria y comenzaron en septiembre las obras de instalación de la torreta en el OT. El 15 de diciembre se colocó el instrumento SHABBAR en la torreta de 10 m, una vez completada su instalación en el OT.

En paralelo con las actividades de traslado de la torreta de 10 m, se procedió igualmente a desmontar la torreta meteorológica de 9 m, de sección triangular de 360 mm, e instalarla en las proximidades del DIMMA del OT, en sustitución de una idéntica que fue derribada por el viento durante las tormentas del mes de marzo. Se ha elegido una ubicación levemente diferente y se ha hecho especial hincapié en seguir las indicaciones del fabricante para la colocación de los vientos.

**MEMORIA  
IAC 2011**

**155**

En el mes de diciembre se procedió a la reparación de los tratamientos superficiales de la torreta del DIMMA del OT, especialmente imprimación antioxidante epoxi, así como a la reposición de los soportes verticales de las barandillas de protección que presentaban fisuras por efecto de la formación interior de hielo en los perfiles.

La necesidad de disponer de un control de "alta disponibilidad" que garantice el funcionamiento de la cúpula del instrumento fue identificada como imprescindible para poder operar regularmente el sistema de un modo remoto, desde otro observatorio situado en otra isla. De esa forma se garantiza que el sistema es capaz de identificar la existencia de una situación de riesgo y proceder automáticamente al cierre de la cúpula, disponiendo de la reserva de energía necesaria para ello. Este sistema fue concebido y diseñado conceptualmente en 2010, y durante 2011 se ha procedido a su fabricación e instalación en el OT, mediante subcontratación con la empresa MAGENTA S.L., donde está operando desde el mes de noviembre.



*Cuadro eléctrico del control de alta disponibilidad, dotado de controlador programable, inversor, protecciones rearmables, etc.*

### **HORUS (HIGH OPTICAL RESOLUTION ULTRA-STABLE SPECTROGRAPH) (3I1211)**

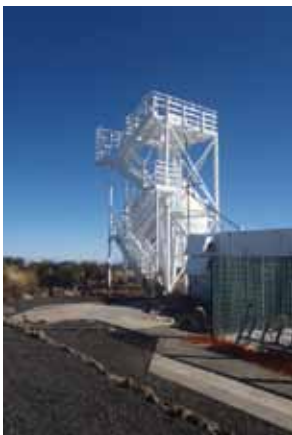
**R.J. García López,  
C. Allende Prieto, J. Calvo Tovar, F. Gracia Témich, J.L. Rasilla Piñero, V. Sánchez y S. Santana.**

Durante 2011 se han realizado avances significativos en el diseño de HORUS. Se completó el diseño preliminar del brazo de adquisición en el plano focal Nasmyth del telescopio GTC, la pre-óptica, que incluye dos conjuntos de microlentes y las fibras ópticas. También se completó el diseño preliminar de la cámara de vacío, subcontratado a la compañía PulseRay Inc., con sede en Nueva York (EEUU), por su experiencia con el criostato del Proyecto APOGEE de SDSS-III.

El diseño óptico del espectrógrafo, basado en el del UES (Utrecht Echelle Spectrograph), está completo, y se ha evaluado la calidad de imagen y la sensibilidad del instrumento muestreando todo el rango espectral, entre 380 y 900 nm. Se ha comprobado que el diseño del brazo de adquisición no interfiere con el campo de visión de OSIRIS, haciendo medidas en el mismo telescopio. En la actualidad se están realizando preparativos para montar los elementos ópticos de los que se dispone, en su mayoría heredados de UES, en el IAC.



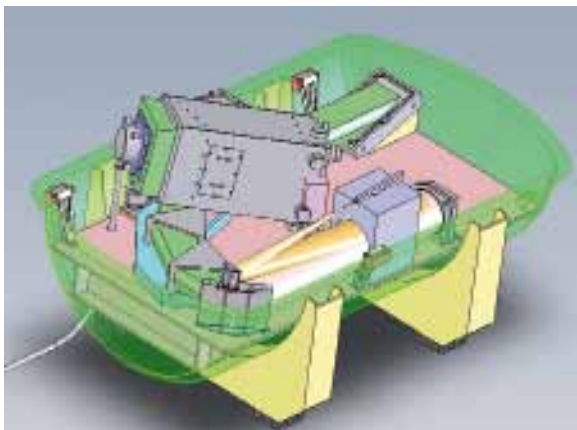
*Arriba: Etapa inicial del desmontaje de la torreta de 10 m, ubicada en las inmediaciones del telescopio MAGIC en el ORM.*



*Izquierda: Torreta de 10 m instalada en el OT, a la espera de recibir el instrumento SHABBAR.*

Se han tomados datos de la temperatura en la sala Coudé del telescopio GTC, donde se planea colocar HORUS, que demuestran que en periodos de varios días el suelo de la sala sigue las variaciones del aire en la misma, pero amortiguadas en un factor cinco. A lo largo de 2012 se espera obtener nuevos datos sobre la temperatura y humedad en la sala, así como las vibraciones a las que está sometido en suelo donde se instalará. Se han solicitado y obtenido estimaciones de costos para los prismas, las fibras y microlentes, así como la cámara de vacío, de potenciales proveedores. El Departamento de Electrónica realizó un estudio sobre el detector de HORUS, una CCD Fairchild 4096x4096, que ha revelado, entre otros datos, que el obturador no es funcional.

El Proyecto fue presentado al Comité de Usuarios del telescopio GTC, en La Palma en el mes de julio, y públicamente en el Congreso sobre Ciencia con GTC, en La Palma, en noviembre.



## **HARMONI**

**E. Mediavilla.**

**M. Reyes.**

### **Introducción**

De acuerdo con las conclusiones del Comité Científico y Técnico de la ESO, HARMONI será uno de los dos instrumentos de Primera Luz del mayor telescopio del mundo, el "European Extremely Large Telescope (E-ELT)". En la actualidad el E-ELT está a la espera de comenzar la fase de fabricación

y se espera que entre en funcionamiento a principios de 2020, momento en el que HARMONI deberá estar listo para su comisionado. De acuerdo con las previsiones actuales, el diseño definitivo de HARMONI y su construcción empezarán en 2013.

HARMONI es un espectrógrafo 3D (espectrógrafo integral de campo) que observará en el infrarrojo cercano y en el visible. Un espectrógrafo 3D es un instrumento polivalente diseñado para obtener espectros regularmente distribuidos en 2D sobre una imagen extensa. Esta técnica tiene aplicaciones científicas muy amplias (desde galaxias a alto desplazamiento al rojo, AGN y agujeros negros supermasivos, hasta estrellas y formación planetaria en nuestra Galaxia) y aprovecha al máximo las grandes ventajas del telescopio E-ELT (la mayor área colectora y la mejor resolución espacial concebidas) y se adapta muy bien a su principal limitación; el modesto campo de visión. Por estos motivos, ESO publicó un anuncio de oportunidad solicitando propuestas para un estudio Fase A de un espectrógrafo 3D para el telescopio E-ELT. HARMONI fue el Proyecto elegido. HARMONI es una colaboración en la que participan 5 instituciones europeas (Universidad de Oxford, Universidad de Lyon, IAC, CSIC y UK-ATC) de 3 países diferentes (Reino Unido, Francia y España) que reúnen una gran parte de la experiencia europea en el campo de la espectroscopía 3D y que han estado implicadas en el desarrollo de prácticamente toda la instrumentación 3D en los grandes telescopios del mundo (TIGER, INTEGRAL, OASIS, KMOS, SINFONI, SAURON...). La idea básica de los espectrógrafos 3D es trocear la imagen observada (en el plano focal) en elementos finitos de resolución ("spaxels") y reformatearla (usualmente alineando los "spaxels" formando una pseudo-rendija) a la entrada del espectrógrafo. En el diseño conceptual de HARMONI este proceso se lleva a cabo con un "image slicer" formado por micro-espejos. Esta técnica parece la más adecuada para cubrir el rango del cercano infrarrojo (H, J y K). La participación del IAC en HARMONI es resultado de la

experiencia de nuestra institución en el diseño y desarrollo de instrumentos 3D como HEXAFLEX, 2D-FIS, INTEGRAL y EDiFiSE para el WHT, HEXAFLEX-II para el telescopio NOT.

En HARMONI el IAC es responsable de toda la pre-óptica (diseño óptico y mecánico) y de la electrónica de control de todo el instrumento.

### Evolución del Proyecto

La Fase A de diseño conceptual de HARMONI finalizó con la revisión de diseño realizada a principios de 2010, y con el éxito de ser seleccionado a mitad de 2010 como instrumento de Primera Luz del telescopio E-ELT. No ha habido actividad de ingeniería por parte del IAC en el Proyecto a lo largo de 2011. A finales de 2011 la entidad IP (Universidad de Oxford) se puso en contacto con el IAC para proponerle la participación en una Fase Delta A de diseño donde se pretende abarcar el rediseño conceptual de algunos subsistemas, para tener en cuenta recomendaciones de la revisión de diseño y cambios en el telescopio E-ELT y hacer el instrumento más robusto. Entre los subsistemas que requieren rediseño se encuentra la preóptica, responsabilidad del IAC. En 2012 se espera concretar la participación del IAC con recursos propios de ingeniería en la Fase Delta-A y llevar a cabo el trabajo de rediseño de la preóptica, así como configurar definitivamente el Consorcio para el comienzo de Fase B previsto para 2013 con contrato con ESO.

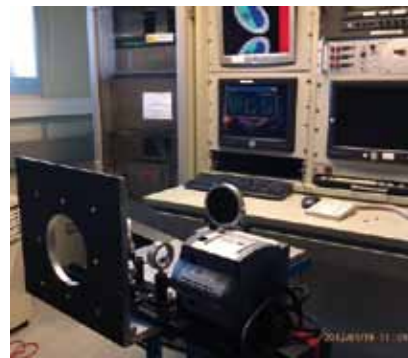
## FASTCAM

**A. Oscoz.**

**R. López, L.F. Rodríguez y Servicio de Mantenimiento Instrumental.**

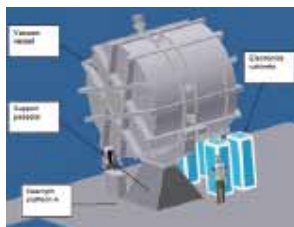
### Evolución del Proyecto

Durante 2011 se ha continuado trabajando en el instrumento del telescopio TCS, cuyo uso sigue aumentando año tras año. El software de adquisición se ha mejorado con la inclusión de numerosas aplicaciones, mientras que el ordenador que lo soporta se ha actualizado a uno con 24 Gb de memoria, suficiente para poder manejar los miles de imágenes que se generan. Por otro lado, se han solucionado los problemas de la cámara EMCCD, que incluso ofrece ahora mejores prestaciones que cuando se adquirió. Con el fin de disponer siempre de repuestos y que no se deje de observar por fallos de componentes se han realizado dos copias del ordenador de control de la CCD y se ha comenzado a duplicar el PC de interfaz de usuario. Además, se ha comprobado que se puede observar, de forma algo más lenta, grabando directamente las imágenes en el sistema de



*Arriba: Parte de las componentes de Wide FastCam en la sala de control del telescopio TCS.*

*Abajo: FastCam instalado en el telescopio TCS con todas sus componentes, incluido el ADC de prueba.*



*Vista general de HARMONI sobre la plataforma Nasmyth del telescopio E-ELT.*

almacenamiento masivo del IAC, con lo que incluso en caso de fallo del disco del PC se podría trabajar. Lo que también se ha visto es que algunos observadores están generando del orden de 1 Gb por noche, con lo que se necesitará adquirir un cluster de discos para poder observar sin problemas. Finalmente, se han adquirido algunos correctores de dispersión atmosférica con el fin de estudiar su funcionamiento con vistas a una futura inclusión en el diseño del instrumento.

En lo que se refiere a otros telescopios/instrumentos, se ha comenzado con la fabricación de un FastCam itinerante, que podrá ser instalado en los telescopios NOT o WHT. Asimismo, se ha trabajado mucho en la generación de un nuevo instrumento denominado *Wide FastCam*, para ser usado en el telescopio TCS con imágenes de gran campo.

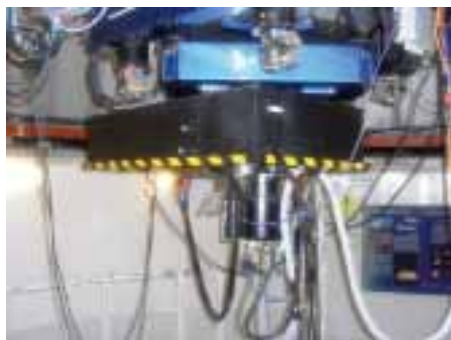
## ADQUISICIÓN Y GUIADO TELESCOPIO IAC-80

**A. Ocoz.**

**R. López, A. Díaz, J. Peñate y Servicio de Mantenimiento Instrumental.**

### Evolución del Proyecto

Éste ha sido uno de los avances fundamentales del Proyecto. Tras varios años de diseño y construcción, en febrero de 2011 se instaló el nuevo sistema de A&G. A pesar de funcionar correctamente, a lo largo del año se han ido solucionando algunos pequeños problemas, de manera que ahora mismo se dispone de un nuevo sistema de guiado, bidimensional en lugar de lineal, mucho más moderno, rápido y eficaz. En concreto, se han solucionado los siguientes aspectos:



*Dos vistas de la nueva Caja de A&G del telescopio IAC-80.*

Soporte de la cámara de TV. El original fijaba mal la cámara y permitía que ésta se moviera. Además, la rosca donde se atornillan los tornillos de fijación era muy endeble, por lo que se deterioró en poco tiempo. La solución ha pasado por diseñar y fabricar un nuevo soporte.

Altura interna de la Caja de A&G. Con toda la mecánica montada, la cámara de TV pasa a cerca de 1 mm de la tapa superior de la caja. El más mínimo movimiento hace que tropiece la cámara. La solución estuvo en aumentar la altura interior fabricando unos espaciadores.

Se hizo una nueva versión del software de control que está pendiente de instalación. Las principales modificaciones son:

- Corregido un fallo en el fichero SAVE. Anteriormente, cuando se pedía al sistema que fuese a una posición guardada con anterioridad lo hacía correctamente la primera vez, pero en las siguientes se iba para el centro del campo. Una modificación en el software corrigió el problema.
- Las unidades de la posición se pasaron de pasos de motor a segundos de arco.
- Se aumentó en un factor 4 la resolución del foco, ya que el paso original no era suficientemente fino.
- Se visualiza tanto el tamaño del chip de la CCD como la zona dentro de la cual el telescopio no viñetea la imagen.

Se instaló un doble monitor en el PC de Usuario, de forma que se pueda ver en uno la pantalla de usuario y en el otro la pantalla de la Caja de A&G.

No se arregló aún el problema con el software de FOVIA y el sincronismo de la cámara de TV de 60 Hz. La de 50 Hz funciona perfectamente.



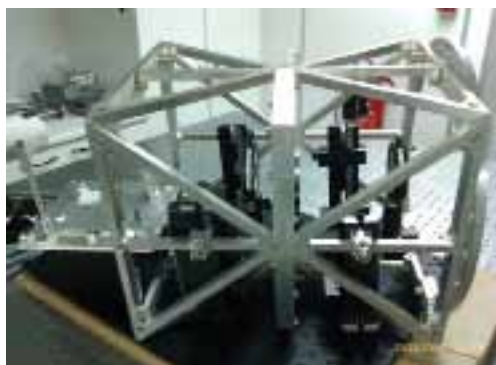
## MERLIN

A. Oscoz.

R. López, A. Díaz, J. Calvo, F. LLarena,  
J. Peñate y Servicio de Mantenimiento  
Instrumental.

### Evolución del Proyecto

Tras comprobar que el diseño de la interfaz mecánica que uniría al conjunto *tip-tilt*/espectrógrafo/cámara al telescopio no era correcto, se revisó el diseño y, una vez detectados los fallos, se corrigieron los planos, se puso tolerancias y se solicitó al Taller de Mecánica la reforma de las piezas y la fabricación de otras nuevas. También se decidió no fabricar otras piezas que estaban mal y esperar a tener las primeras pruebas realizadas antes de ver si se fabricaban o se encargaban fuera.



*MERLIN en el Laboratorio de Óptica. Se pueden ver el tip-tilt, el espectrógrafo, la cámara, algo de óptica y la interfaz mecánica.*

Tras la obtención de espectros en laboratorio, se instaló en el telescopio TCS en octubre, usando la cámara ST-10. Se vio que era muy difícil alinear si no se disponía de una visualización en tiempo real, es decir, un cable de conexión largo conectado para poder mover el telescopio de modo fino y ver la imagen de seguimiento de la cámara. A pesar de que el instrumento era capaz de obtener espectros, no se consiguió enfocar bien, además de otros problemas menores. Desde entonces se están fabricando las piezas necesarias para corregir todo

ello, esperándose que pueda instalarse definitivamente en 2012.



*Primer espectro obtenido con el espectrógrafo de MERLIN y una cámara ST-10 en el Laboratorio de Óptica del IAC con una lámpara estándar de bajo consumo. Es la zona roja del espectro, y se ve que no está alineada la dispersión con el detector.*

### 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 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.

El telescopio OGS en la configuración Coudé cuenta con un sistema compuesto por un láser de Nd:Yag a 532 nm (18 W) para el bombeo, un láser de Titanio-Zafiro sintonizable en 769.9 nm (potasio) y un láser de colorante sintonizable en 589.2 nm (sodio).



Esto hace que dicho sistema sea adecuado para generar estrellas guía que permitirán caracterizar las necesidades técnicas de los sistemas de OA en los Observatorios del IAC.

## Hitos

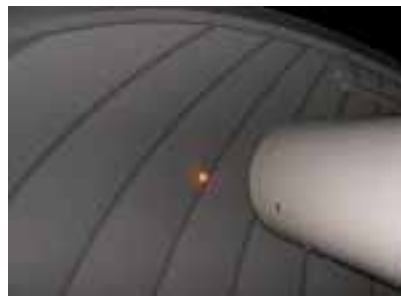
Enero–diciembre: El Proyecto está paralizado por falta de personal. Se trabaja en la organización de la base de datos de observaciones.

Implementación del sistema de lanzamiento fuera de eje con lente con recubrimiento antireflectivo optimizado a 590 nm. Persisten incertidumbres en el modelo del sistema óptico, pero se consigue un tamaño de talle reducido en la mesosfera.

Septiembre-diciembre: Se realizan algunas campañas con el sistema potencia es muy baja (0.4 W con etalón).

## 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.



*Detalle de las pruebas con lente plano-convexa para el sistema de expansor fuera de eje.*

# INSTRUMENTACIÓN INFRARROJA

## EMIR: ESPECTRÓGRAFO MULTIOBJETO INFRAROJO PARA EL TELESCOPIO GTC (310501)

F. Garzón.

A.B. Fragoso, Á. Mato, H. Moreno, J. Pérez, J. Patrón, J. Peñate, J.J. Díaz, J.L. Rasilla, J. Rosich, L. López, M. Insausti, M. Barreto, N. Vega, N. Castro, P. López, P. Redondo, R. López y S. Santana.

R. Guzmán (Univ. de Florida, EEUU); J. Gallego, N. Cardiel, S. Pascual (UCM, Madrid); R. Pelló, F. Beigbeder (LAOMP, Francia); C. Gry, B. Milliard, R. Grange (LAM, Francia); P. Hammersley (ESO, Alemania).

### Introducción

El Proyecto EMIR aborda el diseño y construcción de una cámara y espectrógrafo multiobjeto para observaciones en el rango infrarrojo cercano que será instrumento de uso común en el telescopio GTC. EMIR será un instrumento único en su categoría al proporcionar capacidad de espectroscopía multirrendija y de imagen en un gran campo, en un telescopio de 10 m de apertura y en el dominio infrarrojo cercano. En particular, la capacidad de realizar espectroscopía multiobjeto en la banda de 2.2  $\mu\text{m}$  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 espectroscopía
- Número de máscaras para MOS: 55
- Transmisión: >40% en modo Imagen, sin filtro ni detector
- Calidad de imagen ( $\theta_{80}$ ): < 0.3 arcsec (en todo el rango espectral)

La explotación científica inicial de EMIR corre a cargo de dos grupos científicos principales. El grupo GOYA, cuyo Proyecto científico dio origen y dirige el desarrollo de este instrumento, y el grupo EAST El objetivo principal de GOYA es realizar un censo de galaxias dedicado a la observación de fuentes con 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, 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
- Espectroscopía en el infrarrojo cercano de sistemas planetarios aislados y enanas marrones

El diseño y construcción de EMIR corre a cargo de un equipo de instituciones nacionales e internacionales con amplia experiencia en instrumentación infrarroja, liderados por el IAC: la Universidad Complutense de Madrid (UCM), el Laboratorio de Astrofísica del Observatorio de Midi-Pyrénées (LAOMP) y el Laboratorio de Astrofísica del Observatorio de Marsella (LAM), en Francia.

EMIR será un instrumento único por sus características y alcance, y abrirá nuevos campos de investigación a la comunidad astrofísica española e internacional con acceso al telescopio GTC. De un lado, debido a la alta sensibilidad, sin precedentes

en la instrumentación disponible para los astrónomos españoles, resultado de la combinación de la gran apertura del telescopio GTC con los detectores de última generación que equiparán el instrumento. De otro, la capacidad de realizar espectroscopía con resolución espectral intermedia en el IR cercano y de un gran número de objetos simultáneamente.

## Hitos

Se completaron pruebas relativas a aspectos de fabricación de componentes de la CSU. Tras esto, se ha avanzado notablemente en la fabricación de todos los componentes del sistema, el cual se encuentra a punto de iniciar la fase de integración.

Se ha completado la fabricación e integración de la mayor parte de los componentes del criostato de EMIR. El sistema se encuentra finalizando las fases finales de verificación antes de la aceptación en fábrica.

Se ha fabricado, integrado e iniciado la verificación del sistema del periscopio del instrumento.

Se recibieron y validaron los elementos dispersivos de EMIR integrados por LAM. Se han completado las pruebas de aceptación y verificación en condiciones de funcionamiento (vacío y criogenia) de forma satisfactoria.

Se completaron las medidas de caracterización de la óptica completa (excepto la lente de entrada), en caliente y en frío, estando el sistema listo para su integración final en el Banco Óptico.

Se han completado las modificaciones del mecanismo de la ventana de entrada del criostato. Se han repetido satisfactoriamente las pruebas de verificación.

Se ha cerrado el diseño detallado de todos los subsistemas mecánicos pendientes,

estando en curso la fabricación de todos y la integración y pruebas de muchos de ellos.

Se dispone de un diseño detallado del ruteado de cables y líneas de Helio, agua glicolada y aire seco, así como del diseño estructural de los armarios de la electrónica.

Se ha avanzado en la integración de componentes hardware (módulos de los armarios de la electrónica) del instrumento. Se ha adquirido la mayoría del hardware necesario.

Participación en las pruebas y puesta a punto del software de bajo y alto nivel del mecanismo de tapas de la ventana de entrada y de la rueda de grismas. El software está completo a falta de los últimos ajustes tras la integración definitiva de los subsistemas en el instrumento.

### **Evolución del Proyecto**

Durante 2011 ha continuado y se ha afianzado el avance experimentado en los últimos meses de 2010. Se han cerrado los diseños detallados de todos los sistemas principales, iniciado su fabricación/contratación externa y avanzado, en algunos casos, en la integración y verificación final a nivel de subsistema.

Dentro del contrato de la cámara de vacío con la empresa TRINOS-Vacuum Projects, se ha completado la integración de la propia cámara y validado ante vacío. El resto de componentes (pantallas flotantes y útiles de integración y transporte) se encuentran en las últimas fases de acabado e integración.

**MEMORIA  
2011 IAC**

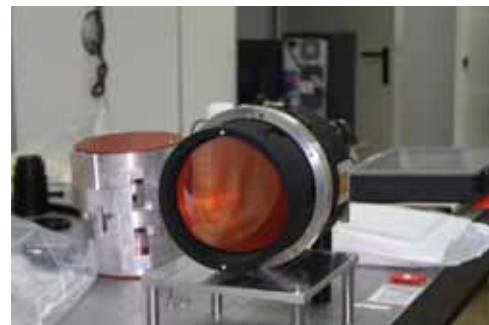
**164**

En cuanto a la óptica de EMIR, se han realizado tanto en caliente como en frío, montajes de los barriles principales, CO1, CO2 y CA. Los resultados confirman que el sistema presenta un centrado muy preciso, tanto en caliente como en frío, y una calidad óptica aceptable, aunque pendiente de medidas definitivas durante la integración final.



*Cámara de vacío durante las primeras pruebas de vacío.*

Se completó la integración de los elementos dispersivos de EMIR por parte de LAM (Marsella, Francia). Dichos elementos se han recibido y probado en condiciones de funcionamiento de vacío y criogenia, demostrando soportar de forma satisfactoria dichas condiciones. Los elementos están listos para su integración final en el instrumento.



*Uno de los tres elementos dispersivos de EMIR.*

Se completó la fabricación de las monturas de los espejos y la estructura del periscopio de EMIR. El sistema completo se ha integrado y se encuentra en la fase de verificación y alineado a nivel de sistema.



*Periscopio de EMIR durante las pruebas de alineado.*

Se completaron las pruebas con el prototipo de 6 barras de la Unidad Reconfigurable de Rendijas (CSU) relativas a la validación del tiempo de vida útil y el tratamiento superficial de dorado propuesto. Las conclusiones son que, a pesar de todo, es inevitable el desgaste de las piezas de fricción implicadas en el movimiento de las barras. Tras estas conclusiones, se ha lanzado la fabricación de todos los componentes finales de la unidad.



*Algunos componentes fabricados de la CSU.*

Se llevaron a cabo las modificaciones relativas a la ubicación de nuevos motores y ruteado de cables, tras lo cual se completaron la integración y pruebas de verificación final del mecanismo de la ventana de entrada con resultados satisfactorios. En estas pruebas se han depurado los componentes software correspondientes.

Se completó la fabricación de los componentes de una de las monturas antivibratorias del sistema de ciclos cerrados de EMIR, estando el resto a punto de finalizar. Se llevó a cabo la integración de dicha montura, junto con una de las cabezas frías, y se han realizado pruebas de validación en un pequeño criostato, con resultados satisfactorios.

Se han fabricado los componentes principales del sistema de pre-enfriado de EMIR: tanques de Nitrógeno y tubos de llenado. Se han realizado pruebas de vacío y sobrepresión para la validación estructural de dicho sistema. Quedan pendientes las pruebas finales dentro del criostato.

Se completó de forma satisfactoria la integración y pruebas de uno de los soportes radiales del banco óptico. A continuación se han fabricado todos los componentes restantes, estando pendiente su integración final.

Se encuentran además en proceso de fabricación las estructuras de soporte y unión al telescopio, el útil de tracción para la integración y pruebas del instrumento y los soportes axiales del Banco Óptico. Se dispone además de todos los componentes necesarios para la integración del sistema de vacío (bombas y accesorios).

Se ha desarrollado el software de bajo y alto nivel del mecanismo de la ventana del criostato así como la versión de un eje para las ruedas de filtros/grismas y se ha comenzado el desarrollo del componente del sistema de monitorización de temperaturas.

En cuanto al hardware, están definidos todos los módulos pendientes y en proceso de integración. Se dispone de las estructuras de los armarios de la electrónica y prácticamente todos los componentes de cableado y conectores.



*Cabeza fría integrada con una de las monturas antivibratorias.*

## **FRIDA Y DESPUÉS: CIENCIA CON ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL EN LA ÉPOCA DE LOS TELESCOPIOS GIGANTES (3I2105)**

**A. Prieto.**

**J. Acosta, C. Martínez, C. Álvarez, J. Patrón, J.J. Díaz, P. López, H. Moreno y M. Núñez.**

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.

**MEMORIA  
2011 IAC**

- 166 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**

En septiembre de 2011 tuvo lugar la Revisión Crítica de Diseño de FRIDA con resultado satisfactorio, habiéndose aportado

actualización de toda 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 de GRANTECAN S.A. En particular se dispone de una primera versión del software de alto nivel del control de mecanismos.

## **Evolución del Proyecto**

### *Estado del proyecto FRIDA*

CORNIG inicia la construcción de la IFU. Todos los prototipos de FRIDA están testados en criogenia. Se comienza la construcción de las lentes ópticas en la UNAM (México).

### *Gestión*

Cesa la participación de LAOPM en el Consorcio FRIDA. Sus paquetes de trabajo: definición de las herramientas de observación y desarrollo del software de coordinación de operaciones de FRIDA son ahora responsabilidad de GRANTECAN S.A. Sin embargo, el desarrollo del software para el exposure time calculator y el simulador de Óptica Adaptiva de FRIDA deben ahora ser asimiladas por el IAC.

### *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 Callibration Plan", "FRIDA Observing Modes" y "FRIDA Data Reducction".

Se continúa sin asignación de recursos por parte del IAC para desarrollar dos herramientas prioritarias: Exposure Time Calculator y Simulador de AO+FRIDA.

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 E-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*

Tras la superación de las dificultades con el sistema de pruebas de detectores en el IAC, se han iniciado en 2011 las pruebas de caracterización del detector de ciencia de FRIDA, se han realizado pruebas para validar la reparación de problemas en el hardware del controlador y se han realizado mejoras en la configuración de las tapas del criostato de pruebas, CDTs, para mejorar las medidas de corriente de oscuridad.

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. En particular se dispone de la primera versión del software de control de mecanismos, el cual ha sido probado con éxito tanto con simuladores como con mecanismos de EMIR.

## **ESPECTRÓGRAFO PARA GREGOR**

**M. Collados.**

**J.J. Díaz, E. Hernández, R. López y E. Páez.**

**MEMORIA  
IAC 2011**

**167**

### **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. Su instalación en el Observatorio se ha retrasado por motivos técnicos, todavía no resueltos de manera definitiva en la actualidad, relacionados con la fabricación del espejo primario del telescopio.

El espejo primario definitivo del telescopio fue instalado en mayo de 2011 y el resto del año se dedicó al alineamiento de todo el sistema óptico, a comprobaciones de la calidad óptica del telescopio y a las primeras pruebas de integración de los instrumentos. La primera luz con el espectrógrafo se realizó de manera satisfactoria en octubre. La imagen de la izquierda incluida abajo muestra un espectro obtenido en esa campaña en la región de He I 10830 Å. Dos fueron las principales conclusiones de estas observaciones preliminares. Por una parte, se confirmó que el espectrógrafo estaba perfectamente alineado a pesar

de que la óptica del telescopio se había realineado por completo al haber instalado el nuevo espejo primario. Las prestaciones del espectrógrafo a nivel de dispersión y resolución espectrales es la esperada, de acuerdo con los cálculos teóricos. Por otra parte, se aprecia sensiblemente la existencia de franjas de interferencia en las imágenes espectrales. Tras varias pruebas, se desechó que provinieran del propio espectrógrafo y se concluyó que el origen de las mismas provenía de las ventanas de entrada y salida del tubo de vacío del telescopio. Al no haber sido construidas con forma de cuña, las múltiples interferencias producidas por sus caras de entrada y salida dan lugar a las franjas observadas. Esto se confirmó en la misma campaña al adquirir datos tras haber quitado la ventana de salida del tubo de vacío (ver imagen de la derecha). La amplitud de las franjas disminuyó considerablemente, quedando, no obstante, un patrón residual atribuible a la ventana de entrada y compatible con el grosor de ésta. A lo largo de 2012, el KIS cambiará ambas ventanas por otras con forma de cunya para eliminar las franjas completamente.

Como trabajo previo a esta campaña de observación, se canalizaron e instalaron todos los cables necesarios para unir las diferentes plantas en el edificio y conectar adecuadamente todos los elementos del espectrógrafo y de TIP-II.

Como elementos finales no acabados todavía se puede mencionar que falta incorporar la cubierta del espectrógrafo, rediseñar



*Izquierda: Espectro tomado en la región de He I 10830 Å, en la que son apreciables las franjas de interferencia producidas por las ventanas de entrada y salida del tubo de vacío.*



*Derecha: Espectro tomado en la región de He I 10830 Å, tras quitar la ventana de salida del tubo de vacío. Se aprecia que la amplitud de las franjas de interferencia ha disminuido, pero todavía queda un patrón residual producido por la ventana de entrada.*



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TELESCOPIOS

### TELESCOPIO EUROPEO EXTREMADAMENTE GRANDE – E-ELT (EUROPEAN EXTREMELY LARGE TELESCOPE)

**M. Reyes, M. Núñez, T. Viera e I. Montilla.**

ESO (Garching, Alemania), CESA (Madrid).

#### Introducción

Encabezados y coordinados por ESO, un total de 27 centros de astrofísica y empresas del sector tecnológico de Europa, incluyendo el IAC, firmaron un contrato con la Comisión Europea dentro del sexto programa marco europeo (FP6), para realizar entre 2005 y 2009 (algunos paquetes de trabajo hasta 2010) estudios de diseño y desarrollos tecnológicos orientados al futuro Telescopio Europeo Extremadamente Grande (E-ELT). El propósito fue analizar la viabilidad de conceptos y validar tecnologías a aplicar en el E-ELT. Los estudios con participación del IAC abarcaron el control del frente de onda, mecánica, cúpula y viento, óptica adaptativa, operaciones, instrumentación, y caracterización de sitios.

A su vez, también liderados por la ESO, se firmó otro contrato con la Comisión Europea dentro del séptimo programa marco europeo (FP7) con participación del IAC. El objetivo fundamental era preparar entre 2008 y 2010 la construcción del telescopio E-ELT. La participación del IAC en este caso se centró en el estudio de herramientas para la predicción de condiciones de observación, técnicas criogénicas avanzadas, y criostatos de alta estabilidad térmica.

Por último y en paralelo a estos contratos con la Comisión Europea, la ESO dirige el diseño del telescopio E-ELT, a través de contratos con empresas tecnológicas en Europa. El IAC participó en uno de los contratos de Fase A, el de diseño del soporte de los segmentos del espejo primario, y posteriormente en un contrato de Fase B para el desarrollo de los

los soporte del criostato (al que se le han detectado algunos problemas de diseño) y de la red (no es suficientemente estable), fijar definitivamente algún elemento mecánico que todavía no está estable y la fabricación de la unidad de calibración polarimétrica. Todas estas tareas se realizarán en 2012.

#### Evolución del Proyecto

*Comprobación del alineamiento de la óptica tras la instalación del espejo primario definitivo y del instrumento de imagen basado en etalones*

Tras la instalación del espejo primario definitivo, se ha confirmado que el alineado del espectrógrafo realizado durante 2010 estaba bien y se comprobó que su eje óptico coincide con el del telescopio y con el del otro instrumento (GFPI, Göttingen Fabry-Perot Interferometer).

*Comprobación global del espectrógrafo*

Durante las pruebas en el telescopio, se confirmó que se puede sintonizar con el espectrógrafo, de manera repetitiva, longitudes de onda con la precisión adecuada. Los valores característicos de los espectros (dispersión y resolución espectrales) son los esperados de acuerdo a la teoría.

*Confirmación del software de control y comunicaciones*

Se ha comprobado el buen funcionamiento de los siguientes elementos de control, ya probados durante 2010: control del espectrógrafo; comunicación con el software de control general de GREGOR y comunicación entre el software de control de TIP-II y el de control de espectrógrafo.

Durante 2011, se ha comprobado asimismo que las comunicaciones con la unidad de calibración polarimétrica primaria (instalada en el tubo del telescopio) funcionan correctamente.

prototipos de actuadores de posición (PACT) del espejo primario.

## Hitos

### Marzo:

Revisión de los resultados del experimento WEB.

Presentación de la propuesta para el Sistema de Control del espejo primario del telescopio E-ELT.

*Septiembre:* Participación en la Conferencia "Adaptive Optics for ELTs II", celebrada en Victoria, Canadá.

## Evolución del Proyecto

A principios de 2011 el IAC participó con la empresa INDRA en la preparación de una propuesta para el Sistema de Control del espejo primario del telescopio E-ELT, como respuesta a una llamada de oportunidad de la ESO. Finalmente la ESO decidió por motivos económicos no seleccionar ninguna de las ofertas.

Entre febrero y marzo se revisaron los resultados de las medidas tomadas por el experimento WEB en el Observatorio del Teide. El WEB consiste en un simulador de telescopio y de espejo primario, con un anillo de segmentos hexagonales representativos del diseño de los segmentos del telescopio E-ELT. El propósito del WEB era fundamentalmente la prueba de tecnologías (sensores de borde, actuadores y control en tiempo real) para el control del alineado de los segmentos del espejo primario, sometidas a condiciones de viento real en Observatorio.

la Óptica Adaptativa Multiconjugada para el telescopio EST, permitiendo obtener conclusiones relevante sobre su diseño y prestaciones.

En 2011 ha finalizado la actividad por parte del IAC en el telescopio E-ELT. El elevado presupuesto del Proyecto ha llevado a la ESO a reescalar el telescopio disminuyendo el diámetro del M1, para buscar así su viabilidad económica. Se está a la espera de que la ESO apruebe finalmente la construcción del telescopio E-ELT para ver si las empresas españolas que opten a contratos de diseño y fabricación requieren el apoyo del IAC.



*Simulación del telescopio E-ELT durante las observaciones (cortesía de ESO).*

## EST: TELESCOPIO SOLAR EUROPEO (THE LARGE APERTURE EUROPEAN SOLAR TELESCOPE) (4E0208)

**M. Collados.**

**A. Pérez de Taoro, A. Calcines, J.J. Díaz, C. Grivel, E. Hernández, R. López, Y. Martín, I. Montilla, E. Páez, J. Peñate, L.F. Rodríguez, J. Sánchez-Capuchino y M. Reyes.**

## Introducción

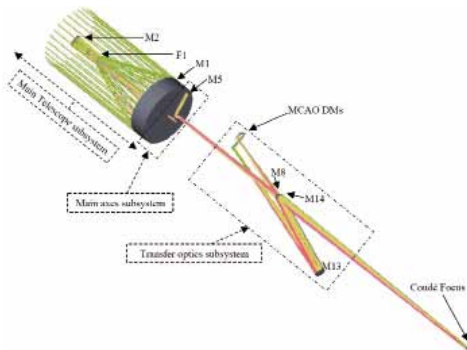
El objetivo del Proyecto es la elaboración de un estudio de diseño que demuestre la viabilidad científica, técnica y presupuestaria, de un Telescopio Solar Europeo EST de gran apertura, que será instalado en los Observatorios de Canarias. Este Proyecto mantendrá a Europa en la vanguardia

El trabajo realizado por el IAC para la Óptica Adaptativa del telescopio E-ELT, en concreto el desarrollo de algoritmos de reconstrucción óptimos basados en Transformada de Fourier (Fourier Transform Reconstructor – FTR) y la colaboración con ESO y el Centro de Investigación Astrofísica de Lyon ha sido aplicada al Proyecto del European Solar Telescope (EST) durante 2011. Se ha extendido la aplicación de los algoritmos de reconstrucción óptimos a la simulación de

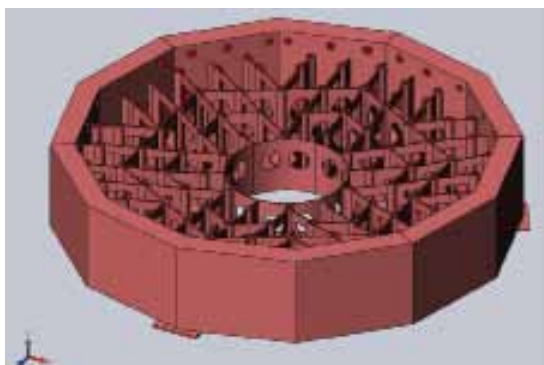
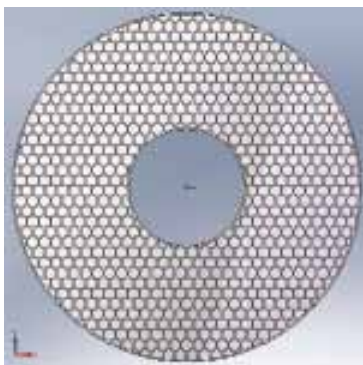
de la investigación en Física Solar y los Observatorios de Canarias serán su plataforma de lanzamiento.

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



*Diseño óptico completo del telescopio, incluyendo la Óptica Adaptativa multiconjugada (MCAO).*



*Diseño del espejo primario aligerado y su celda.*

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

*Marzo:* Entrega de los informes finales de todos los paquetes de trabajo.

*5 - 13 de mayo:* Revisión final interna del Proyecto.

*27 - 29 de junio:* EST Conceptual Design Review (external review) en el IAC.

*29 de julio.* Entrega del Final Design Report a la Comisión Europea.

## Evolución del Proyecto

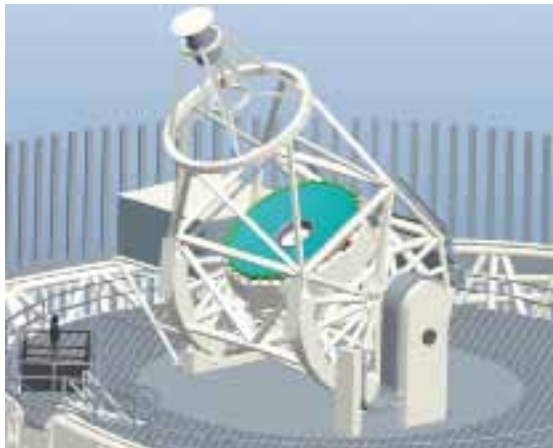
A lo largo de 2011 se ha concluido la Fase III del Proyecto, que consistía en el desarrollo del diseño base que fue seleccionado después de los estudios comparativos (de trade off) llevados a cabo en 2010.

Las principales características del diseño final, resultado de los tres años y medio de Proyecto, y entregados a la Comisión Europea, se resumen a continuación.

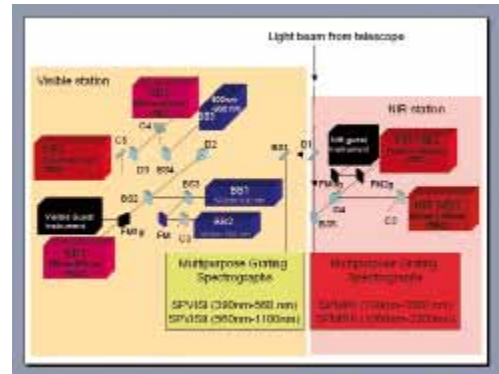
El IAC, como institución que ha coordinado y gestionado el Proyecto a nivel internacional, ha desarrollado no sólo el diseño de los paquetes de trabajo bajo su responsabilidad,

sino también una labor crucial de seguimiento continuo de las tareas de los paquetes de trabajo que lideran otros socios y la integración de toda la información. Ello

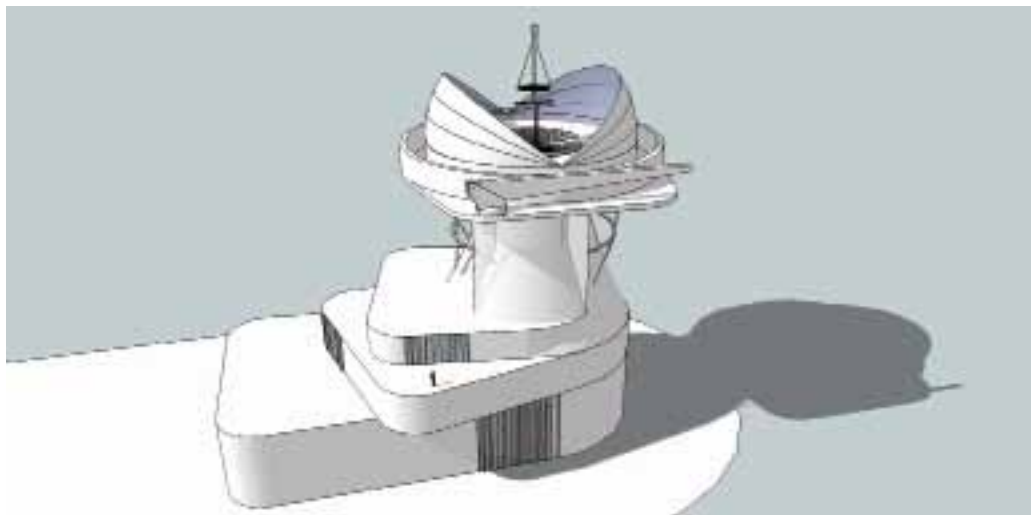
ha permitido, junto a la labor de ingeniería de sistemas compartida con GRANTECAN S.A., concluir con éxito este estudio de diseño.



Configuración mecánica de referencia del telescopio EST.



Arriba: Diagrama funcional de la distribución de la luz entre los diferentes instrumentos en el foco coudé.



Abajo: Dibujo del edificio del EST, con el pilar y el telescopio.

# 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, D. López, M.I. Montilla, J.A. Morrison y M. Reyes.

### Introducción

Actualmente las comunicaciones con satélites se basan fundamentalmente en el empleo de microondas ( $\nu \approx 10^9$  Hz). El ancho de banda de las transmisiones usuales impone claras restricciones en el flujo de información manejable mediante estos sistemas. Es probable que la creciente limitación de espacio en las órbitas 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 ( $\nu \approx 10^{15}$  Hz) en las comunicaciones entre satélites, y entre satélites y estaciones terrestres. El gran avance registrado en el desarrollo de láseres de alta potencia ha convertido este tipo de comunicaciones en una realidad.

Además de la indudable ventaja del aumento del ancho de banda que permite incrementar el flujo de información, y eliminar las regulaciones restrictivas en el empleo de frecuencias, las comunicaciones ópticas tienen otras ventajas no desdeñables, como son las mayores garantías de confidencialidad en las transmisiones, y la disminución del peso, el volumen y el consumo de energía de los equipos de comunicaciones tanto espaciales como terrestres.

Aunque la tecnología relacionada con las comunicaciones ópticas en el espacio-atmósfera ha experimentado un desarrollo espectacular, la caracterización de los enlaces satélite-tierra está todavía en sus comienzos. 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-diciembre:* Mantenimiento, calibración y supervisión de los sistemas de la estación.

*Febrero-diciembre:*

Campaña anual de entrenamiento del Equipo de Operaciones de OGS.

Apoyo al Proyecto AOFPGA/EDIFI $\sigma$ E.

*Febrero-julio:* Apoyo a Synopta GMBH en la implementación del sistema de OA en el RFE del banco coudé Sur para permitir enlaces homodinos con Terrasar-X. El sistema sólo

MEMORIA  
IAC 2011

173

ha llegado a funcionar correctamente en cortos periodos de tiempo debido a la falta de un de-rotador.

*Abril:* Soporte al experimento IRDAS para detección remota de gases de efecto invernadero usando espectroscopia de alta resolución en un enlace óptico ORM-OGS.

*Junio:* Soporte al experimento de comunicaciones cuánticas ORM-OGS del IQOQI de Viena.

*Agosto-septiembre:* Soporte a la modificación de la ventana de la cúpula.

## **Evolución del Proyecto**

Se ha asistido al personal de la ESA en los trabajos de ajuste y calibración en los sistemas ópticos del telescopio OGS durante sus visitas, y se ha procedido al mantenimiento, reparación y renovación de diferentes subsistemas de la estación. También se ha procedido al entrenamiento del equipo de operaciones.

El experimento IRDAS (detección remota de gases de efecto invernadero) resulto exitoso.

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 contrato de la ESA, para comunicaciones homodinas se integró definitivamente y se concluyó la necesidad de incluir un de-rotador.

MEMORIA  
2011 IAC

174

En el mes de septiembre se realizó la instalación de una nueva ventana en la cúpula para sustituir la vieja ventana de horizonte. En su diseño original, el sistema de la cúpula permite observar en dos zonas: "cénit" de 40° - 90°, y "horizonte" de 0° - 60°. Con la nueva ventana es posible observar de 0° - 90°, lo cual permite ampliar el tiempo de enlace óptico con satélites en órbita baja.

Desde septiembre de 2010 se están negociando los términos de la renovación del contrato de operaciones ESA-IAC, que supone una nueva forma de financiación por parte de la Agencia. Para facilitar el proceso se decidió prorrogar el actual contrato durante 2011.

Durante 2011 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 el telescopio 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.



*Nueva ventana (0°-40°) de la cúpula del telescopio OGS, que permite maximizar el tiempo de los enlaces ópticos con satélites en órbita baja.*

## **CONTRATO DE MANTENIMIENTO DE OGS**

**E. Cadavid, J. Morrison, J.J. González, J.E. García y P. Ayala.**

### **Introducción**

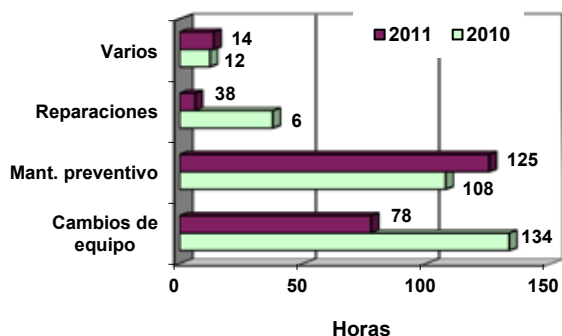
En el año 2011 se realizaron las tareas rutinarias de mantenimiento previstas en el contrato con la ESA.

### **Evolución del Proyecto**

A las tareas relacionadas con el Contrato de Mantenimiento de OGS dedicamos un total

de 223 horas distribuidas conforme se ve en el Gráfico siguiente.

Distribución de trabajos en OGS 2010-2011



Como se puede ver no hay grandes variaciones a no ser en los cambios de equipo cuya reducción fue generada por la planificación del uso del telescopio.

En el ámbito de la seguridad se estuvo estudiando la mejor forma de acceder al interior del telescopio utilizando los medios existentes en el local. Finalmente se ordenó la fabricación de una serie de útiles al Taller de Mecánica que se espera estén terminados y entregados a lo largo del primer semestre del 2012.

## 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.

### 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, desde que comenzó su participación en JEM-EUSO en 2007 gracias a la financiación del MICINN bajo AYA2009-06037-E/AYA y AYA-ESP 2010-19082. Estos fondos han permitido a España finalizar el estudio de viabilidad en diciembre de 2009 y el informe de Fase A en agosto de 2010.

JEM-EUSO ha completado satisfactoriamente la fase A en agosto de 2010 y a lo largo de 2011 ha desarrollado la fase B1, que ha finalizado en diciembre con la revisión de los requerimientos del sistema (SRR).

### Algunos resultados relevantes

*Marzo:* Solicitud de la Agencia Espacial Japonesa (JAXA) a JEM-EUSO de revisar los requerimientos del sistema.

*Septiembre:* Creación del proyecto en el Área de Instrumentación y asignación de recursos.

*Diciembre:* Reunión para la revisión de los requerimientos del sistema (System Requirements Review, SRR).

Aprobación definitiva de la financiación del subproyecto del IAC por parte del Ministerio para 2012.

## Evolución del Proyecto

Aprincipios de 2011 el grupo científico del IAC participó en la preparación y presentación de una propuesta coordinada de JEM-EUSO al PNAJA, junto con la UAH y la UC3M. El grupo científico del IAC no participó en las etapas anteriores del Proyecto JEM-EUSO; venía participando en otra misión espacial (Marco Polo-R) que va más retrasada, pero que planea utilizar el mismo detector infrarrojo. Con el propósito de aunar esfuerzos y hacer más viable económicamente el Proyecto, el Ministerio propuso la asociación del IAC con las otras entidades que ya trabajaban en JEM-EUSO.

La responsabilidad del IAC dentro de la IRCAM es la electrónica de control del detector (Front End Electronics, FEE). El detector es un microbolómetro de 640x480 píxeles, sensible en el rango de 8 - 14 micras, que el IAC ha comenzado a probar en laboratorio en 2011 gracias a la compra realizada por el Departamento de Electrónica de una cámara comercial que integra dicho microbolómetro. Mediante un becario dirigido por E. Joven se realizó una caracterización preliminar de la cámara durante el verano de 2011 para tener una primera evaluación de la posibilidad de cumplir los requerimientos de JEM-EUSO con dicho microbolómetro. Los resultados fueron positivos.

La aprobación a final de año del proyecto coordinado por parte del Ministerio con un recorte significativo del presupuesto, pone en difícil situación el cumplimiento de los objetivos para 2012 establecidos en la propuesta presentada al Ministerio.

## ARQUEOASTRONOMÍA (310793)

**J.A. Belmonte Avilés.**  
**C. Esteban López, M. Vázquez Abeledo y C. González García.**

**Colaboradores del IAC: A. Aparicio Juan.**

M. García Quintela (Univ. de Santiago); Y. Abd el Hadi, M. Shaltout (Helwan Obs., Egipto); L. Costa Ferrer (Independiente, Tenerife); 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 de Compostela); M. Hoskin (Univ. de Cambridge, Reino Unido); D. Kolev (Inst. de Astronomía, Bulgaria); M.A. Molinero, A. Tejera (Univ. de La Laguna); M.A. Perera (Cabildo de Lanzarote); A. Polcaro (Univ. La Sapienza, Italia); R. Schlueter (UNED, Las Palmas de G/C); 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.

## Algunos resultados relevantes

Dentro del marco del Proyecto se ha estudiado el contexto geográfico, histórico y antropológico de un posible interés en el cielo por parte de los antiguos hititas. Especial atención se ha dedicado a analizar la antigua religión hitita dentro de su contexto en Anatolia, en particular los cultos solares y



*Montaje en el laboratorio de Detectores (LISA) de la cámara comercial con el microbolómetro, para su caracterización.*



el calendario festivo. Contemporánea con el Reino Nuevo en Egipto, los habitantes del Imperio Hitita y sus señores, los reyes del País de Hatti, produjeron una sociedad muy sofisticada, heredera de una larga tradición cultural en Anatolia de varios milenios de antigüedad. Sin embargo, los estudios de Astronomía Cultural en esta área y este período determinado han sido prácticamente inexistentes aunque análisis preliminares de algunos monumentos hititas, como Yazilikaya, y de algunas fuentes escritas han demostrado cierta evidencia sobre un posible interés en el cielo.

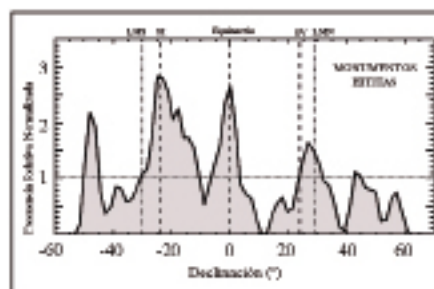
Se ha hecho una revisión de la antigua religión hitita buscando aquellos aspectos del culto que podrían ser de interés para el trabajo. Estos han sido las divinidades solares y astrales, el espacio sagrado y sus administradores, los sacerdotes, el calendario de fiestas y, por último, el culto a los muertos y los espacios relacionados y su topografía. Ésta es la primera visión seria dedicada a estudios de Astronomía Cultural de la civilización hitita. En este sentido, se analizaron en profundidad las fuentes bibliográficas, incluyendo algunos textos originales, haciendo claramente hincapié en la importancia de los cultos solares. También se han establecido ciertas sugerencias en el uso sagrado del tiempo por parte de los hititas con un cierto grado de certeza. Esto ha sido útil para una comparación final con los datos proporcionados por la investigación arqueoastronómica.

Como una consecuencia lógica del estudio de la orientación de los templos en la cuenca mediterránea (que es la base del Proyecto), y especialmente de los templos del antiguo Egipto, se decidió que los monumentos hititas de la Edad del Bronce serían un excelente laboratorio de pruebas para ampliar el análisis de posibles orientaciones astronómicas o topográficas (o ambos a la vez) en la cuenca mediterránea. Esto sería pertinente no sólo para la comparación con otras culturas vecinas y contemporáneas

sino también con el fin de obtener algunos conocimientos sobre una región tan importante del Medio Oriente como la península de Anatolia.

Se ha demostrado que el análisis de una muestra estadísticamente significativa de templos hititas indica que los antiguos monumentos hititas no estaban orientados aleatoriamente como se había argumentado anteriormente. Por el contrario, hubo patrones bien definidos de orientación que podrían interpretarse en el contexto de la religión y la cultura hitita. Este es el primer trabajo de campo intensivo dedicado a los estudios arqueoastronómicos de la civilización hitita.

Se ha podido obtener datos de casi un centenar de estructuras sagradas erigidas por las antiguas civilizaciones de Anatolia, como los hititas y los frigios, como resultado de una campaña de trabajo de campo intensiva. El análisis de los datos ha demostrado ser muy fructífero y permite lograr excelentes resultados. Por ejemplo, los datos confirman la evidencia textual y han demostrado la importancia de la orientación solsticial y “equinoccial” (Ver Figura) que podría explicarse en el contexto de las necesidades del culto solar de los antiguos hititas. De hecho, Hattusa, su capital, ha mostrado un paisaje astronómico y topográfico llamativo y muy interesante, donde se ha ilustrado relaciones potenciales entre fenómenos astronómicos y diferentes elementos del paisaje local.



*Histograma de declinación de los monumentos hititas. Se destacan los picos solsticial y equinoccial.*

Todo esto se refleja en el artículo publicado en un *Journal for the History of Astronomy* (2011, 42, 461), donde la intención del grupo ha sido poner la Arqueoastronomía en lugar que se merece dentro de los estudios hitológicos.

## **Evolución del Proyecto**

Durante el año 2011 se ha continuado la labor desarrollada en la mayoría de las líneas de investigación abiertas en los años anteriores, recuperando algunas que habían sufrido un parón en los últimos años e iniciando otras nuevas. Particularizando, se pueden destacar las siguientes líneas de trabajo llevadas a cabo a lo largo de este año.

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 la escritura del libro "Astronomía, arqueología y paisaje 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.

El 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 por 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 en el verano de 2011 se midió la orientación de un grupo de dólmenes en el Pirineo Oscense que complementan los obtenidos el verano anterior, datos que vienen a llenar una laguna en nuestra muestra que nos están permitiendo llevar

a cabo un test de prueba de los análisis llevados a cabo con anterioridad.

Este año se ha proseguido el estudio de los monumentos de la Isla de Pascua (Chile) denominadas "tupas" con el antropólogo de la Universidad de Chile E. Edwards. Estas edificaciones, a las que las fuentes etnográficas catalogan como observatorios, están siendo un quebradero de cabeza y nuestra conclusión preliminar es que se necesita más trabajo de campo en el isla, para completar el muestreo del resto de las tupas identificadas en la carta arqueológica, antes de poder llegar a conclusiones definitivas.

Tras la exitosa campaña de prospección arqueoastronómica llevada a cabo en Turquía en 2009, el objetivo ahora sigue siendo reducir, analizar e interpretar la gran cantidad de datos recogidos y de situarlos en el correspondiente marco cultural para lo que se lleva a cabo en paralelo el estudio bibliográfico correspondiente. En este sentido, el trabajo concienzudo sobre los datos y las fuentes epigráficas e históricas del Imperio Hitita ha llevado a la publicación de un artículo sobre el mundo hitita y sus sucesores los frigios. Los resultados indican que la muestra frigia deberá completarse con nuevos datos que posiblemente exigirán una nueva campaña en Anatolia central a medio plazo. Los resultados obtenidos fueron presentados a los especialistas en el VIII Congreso Internacional de Hititología celebrado en Varsovia en el mes de septiembre donde tuvieron una buena acogida por parte de los "hititólogos". Creemos que se ha abierto una puerta a nuevos estudios sobre esta temática en el mundo hitita.

En este marco y gracias a los datos acumulados durante las últimas décadas, disponemos de una gran cantidad de medidas de orientaciones de templos y estructuras funerarias a lo largo del Mediterráneo para épocas históricas en las culturas de las Edades del Bronce y Hierro. Esto permite realizar un estudio estadístico

comparativo a fin de establecer posibles similitudes entre los patrones de orientación de estos monumentos. El resultado de este estudio puede complementar la información histórica a la hora de analizar las influencias y contactos entre las diversas culturas que se asomaban a Mediterráneo en la antigüedad. Este trabajo está en curso actualmente pero ha permitido llevar a cabo un análisis inicial de la muestra que ha dado lugar a un artículo que ha sido enviado a una revista especializada para su evaluación.

En enero se realizó una visita de trabajo a la Universidad de Sevilla para trabajar con J.L. Escacena en la escritura de un artículo sobre orientación de templos protohistóricos (principalmente tartésicos) en el sur de la Península Ibérica. Dicho artículo se envió a finales de año y se encuentra en proceso de arbitraje. El principal resultado de dicho trabajo es el descubrimiento de un patrón claro en la orientación de templos tartésicos de posible origen fenicio que podrían estar relacionados con el ocaso de Venus en su posición meridional más extrema.

En marzo se realizó trabajo de campo en algunos yacimientos ibéricos de la provincia de Jaén y se obtuvo una secuencia fotográfica de la iluminación de una cueva del santuario ibérico de Castellar de Santisteban durante la puesta de Sol alrededor de los equinoccios, confirmando el más que posible uso de este fenómeno solar en el ritual llevado a cabo en este santuario.

En este mismo mes, se llevó a cabo una visita de trabajo al Instituto de Ciencias del Patrimonio (INCIPIT) del CSIC en Santiago de Compostela para trabajar con F. Criado y M. García-Quintela de la Universidad de Santiago. Se visitaron varios yacimientos: Santa Mariña de Augasantas, Celanova, Santa Comba de Bandé y el castellum romano de Aquae Querquernis.

En los meses de junio y julio se desarrolló una campaña de campo de tres semanas de duración para visitar una serie de iglesias

prerrománicas y yacimientos romanos a fin de completar la muestra de medidas de orientaciones de iglesias prerrománicas en la Península así como un número importante de ciudades y templos romanos. Esta campaña se cumplimentó con otra en el Pirineo oscense y catalán de una semana de duración. La muestra de iglesias prerrománicas está casi completa. Los resultados ya han sido analizados y estamos en proceso de escribir los resultados en un artículo para enviarlo a su publicación en breve. Los resultados indican una consistencia en la orientación hacia el oriente, posiblemente indicando un uso del equinoccio tradicional romano (25 de marzo) para determinar la orientación de las iglesias en este período. Aparecen, sin embargo, diferencias sugerentes entre distintos períodos que pueden apuntar a las particularidades de cada momento histórico.

Los resultados de las ciudades romanas, aun siendo todavía parciales y estando en pleno proceso de análisis, ya apuntan a la importancia de los solsticios en la orientación de los foros y la red viaria de las ciudades, para las cuales las fuentes clásicas (Vitruvio, Higinio Gromático) indican el uso de observaciones solares. Este es un terreno que parece abrir unas posibilidades inexploradas aun en la Península y constituiría el núcleo de la tesis doctoral a desarrollar por un nuevo estudiante FPI.

Finalmente, en diciembre se realizó una campaña de trabajo de dos semanas en Jordania donde se pudieron visitar un elevado número de yacimientos englobando desde la edad del Bronce hasta la etapa Bizantina. En concreto se tomaron datos de templos del Bronce en Pella, se visitaron cerca de dos centenares de dólmenes y monumentos megalíticos en varios campos, realizando en algunos casos labores de rescate arqueológico ante la situación de amenaza real de estos monumentos en ciertos sitios por labores de cantería masiva. Se pudo medir la orientación de una muestra estadísticamente significativa de templos nabateos a lo largo de todo el país, con incidencia especial en el yacimiento de Petra

(trabajo iniciado en 1996 y por fin continuado) , en donde se constataron efectos de luz y sombra en varios monumentos con motivo del solsticio de invierno. Se midieron las orientaciones de los foros o el trazado viario de varias ciudades romanas así como de varios templos. Se midieron más de 50 iglesias bizantinas, constituyendo la base de datos más amplia de este tipo de orientaciones para este tipo de iglesias. Los resultados de estas muestras se irán analizando y publicando dado el enorme volumen de información por estudiar.

Dentro de las actividades de divulgación del Proyecto, se quiere destacar que este año se ha procedido a la escritura de un libro para la editorial Ariel (Grupo Planeta) cuyo título provisional es “La Astronomía de nuestros antepasados” en que se hace un repaso a los resultados más relevantes de la Arqueoastronomía en los últimos años. También que se ha puesto en marcha una singular iniciativa de divulgación titulada “Arqueoastronomía” en colaboración con algunos Institutos Cervantes de Europa y el norte de África en el marco de la iniciativa “Astronomía y Patrimonio Mundial” recién aprobada por la UNESCO. En este marco se impartieron conferencias en los Institutos Cervantes de Lión, Gibraltar, Túnez y El Cairo.

A lo largo de 2011 los miembros del equipo han asistido, y presentado varias comunicaciones a varios congresos internacionales relacionados con la materia. Uno de ellos ha sido el XIX congreso anual de la SEAC en Évora (Portugal) con el título “Stone and Stars” (el IP del proyecto es Presidente de la SEAC y miembro del SOC), donde se presentaron dos conferencias de revisión. También se ha colaborado en la organización (el IP del proyecto ha sido miembro del SOC) de la “IX Oxford Conference on Cultural Astronomy” que tuvo lugar en Lima (Perú) en la primera semana de enero de 2011, donde los miembros del Proyecto presentaron sendas comunicaciones. Como se ha comentado con anterioridad, también se ha asistido al VIII Congreso Internacional de Hititología.

## **OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES TELESCÓPICAS DEL IAC (3I1101)**

**A. Oscoz Abad.**

**R. Barrena Delgado, J. García Rojas, P. Montañés Rodríguez, C. Zurita Espinosa, M.I. Carnerero Martín, R. Giméno Llobet, D. Jiménez Méjias, S. López González-Coviella, A. Pimienta de la Rosa, M. Cebrian Renau, M. Martí Valls y M. Visús Llobet.**

**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 estarían aquellos desarrollados por el IAC que estén en operación en la actualidad, tales como INTEGRAL o LIRIS en el telescopio WHT, TIP o TIP-II en el telescopio VTT y GREGOR, CAIN-3 y FastCam en el telescopio TCS, CAMELOT y TCP en el telescopio IAC-80, etc. Los telescopios incluyen el TCS, IAC-80, MONS, el tiempo reservado para España en la OGS y las noches de servicio CAT en instalaciones extranjeras (telescopios 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.).

disponibles para la comunidad astrofísica internacional.

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

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.

1. Lograr que las instalaciones funcionen de forma correcta durante los períodos

3. Maximizar el beneficio obtenido por los astrónomos usuarios de las ITE.

TELESCOPIO	INSTRUMENTO	INSTALADO	OPERATIVO DESDE
<b>OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)</b>			
TCS		1972	1972 -
	CAIN-3	1999	1999 -
	FastCam	2007	2007 -
IAC-80		1989	1993 -
	CAMELOT	2005	2005 -
	TCP	2006	2006 -
OGS		1995	1995 -
	SD CCD	1999	1999 -
MONS		1972	1972 -
VTT		1986	1988 -
	TIP	1999	1999 -
	TIP-II	2005	2005 -
QUIJOTE		2010	
GREGOR		2010	2011.-
STELLA		2009	
CMB			
Laboratorio Solar			
	MARK-I	1977	1977 -
	GONG-T	1995	1996 -
	EAST	2005	2007 -
Earthshine		2009	2009 -
DIMMA		2009	2010 -
TELESCOPIO	INSTRUMENTO	INSTALADO	OPERATIVO DESDE
<b>OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)</b>			
WHT			
	INTEGRAL	1998	1998 -
	LIRIS	2004	2004 -
Calidad del cielo			
DIMMA		2010	

MEMORIA  
IAC 2011

181

*Listado de todos los ITE e intervalo de tiempo en el que ha estado funcionando cada uno de ellos.*

## Algunos resultados relevantes

Se han publicado 19 artículos en revistas con árbitro a partir de datos del telescopio IAC-80 y 10 de datos del telescopio TCS.

Más de 700 horas de tiempo rutinario, servicio y ToO en ambos Observatorios, dedicadas a 79 propuestas de observación, de las 114 recibidas.

10 nuevos manuales de distintas instalaciones.

Mejores prestaciones de FastCam@TCS: software, ordenadores, cámara, etc.

Primeras observaciones de prueba con MERLIN.

Nuevos mapas de apuntado en los telescopios TCS (error máximo de 15") e IAC-80 (error máximo de 5").

Nueva versión del programa de reducción de datos de CAMELOT.

Todo listo para enviar los datos de CAMELOT al OV.

Nueva Caja de A&G del telescopio IAC-80.

Nueva *pipeline* de reducción de datos de CAIN-3.

Las imágenes de astrofotografía aparecen en diferentes publicaciones.

Operación diaria de DIMMA@OT y SHABAR.

Nueva Web del Proyecto.

soporte, tienen a su cargo la instrumentación española de ambos Observatorios y las noches de servicio CAT en los 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 hasta comprobar que INTEGRAL en el telescopio WHT funciona 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, etc.

El número de solicitudes de observaciones de tiempo rutinario y de servicio en ambos Observatorios ha crecido enormemente en los últimos años, fundamentalmente en los telescopios TCS e IAC-80. Con el fin de poder realizar la mayor cantidad posible se ha ampliado de 2 a 3 el número de noches por mes que se dedican a observaciones de servicio, se han incluido noches de entrenamiento para que los TOT sepan observar con todos los instrumentos y se ha comenzado a realizar rutinarios en todas las noches libres. Existen tres tipos de programas para los telescopios TCS e IAC-80, tanto si son aprobados por el CAT como si se envían fuera de estas convocatorias: rutinarios, servicio y ToO. En total, en 2011 se han llevado a cabo 4 ToO, 22 programas rutinarios y 28 programas de servicio, 20 en el telescopio IAC-80 y 8 en el telescopio TCS. Esto ha supuesto que los AS y los TOT han realizado 575 observaciones diferentes, correspondiendo a unas 600 horas de dedicación entre ambos telescopios. Las noches en las que no se ha observado ha sido debido al mal tiempo o problemas técnicos.

En lo que respecta al ORM, ha habido 14 noches de tiempo de servicio en el telescopio NOT, usando ALFOSC y NOTCAM, y en el telescopio INT, con WFC. Se han recibido 60 propuestas de observación (38 NOT y 22 INT), de las que se han podido realizar 25 (12 NOT, 13 INT), con un factor de

MEMORIA  
2011 IAC

## Evolución del Proyecto

182 A continuación se describen los principales puntos en los que se ha estado trabajando durante 2011 (<http://www.iac.es/telescopes/>).

*Astrónomos de Soporte (AS), Operadores de Telescopios (Oper), Técnicos de Operaciones Telescópicas (TOT)*

Los Astrónomos de Soporte, que dedican más del 70% de su tiempo a tareas de

sobrepetición promedio de 1,6 (con valores que oscilaban entre 0,75 y 2,4) y con un 70% de nivel de realización. De nuevo, las causas por las que se ha perdido tiempo han sido, fundamentalmente, por mal tiempo (70%) y problemas instrumentales (30%).

De este modo, se han conseguido realizar más de 700 horas de tiempo rutinario/servicio en ambos Observatorios, dedicadas a casi 80 programas de investigación. Además de todo ello, se ha ofrecido soporte durante 21 días en el telescopio TCS, 26 en el telescopio IAC-80, 2 con INTEGRAL y 1 para TIP-II.

En lo que se refiere a nueva documentación, como viene siendo habitual desde hace unos años, ésta ha sido amplia y diversa: nuevas guías rápidas de WFC y de FOVIA-II y manuales completos de FastCam y del TCP, todos en español e inglés; manuales para hacer el vacío con CAIN-3 y para poner nitrógeno a TIP-II; procedimientos para observar en los telescopios IAC-80 y TCS mediante comandos; guías rápidas para los TOT y listas de comprobaciones iniciales de los telescopios TCS e IAC-80.

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, primera intervención en emergencias, etc.

### *FastCam*

Durante 2011 se ha continuado trabajando en el instrumento del telescopio TCS, cada vez más solicitado por los astrónomos visitantes. El software de adquisición se ha mejorado con la inclusión de numerosas aplicaciones, mientras que el ordenador que lo soporta se ha actualizado a uno con 24 Gb de memoria, suficiente para poder manejar los miles de imágenes que se generan. Por otro lado, se han solucionado los problemas de la cámara EMCCD, que incluso ofrece ahora mejores

prestaciones que cuando se adquirió. Con el fin de disponer siempre de repuestos y que no se deje de observar por fallos de componentes se han realizado dos copias del ordenador de control de la CCD y se ha comenzado a duplicar el PC de interfaz de usuario. Además, se ha comprobado que se puede observar, de forma algo más lenta, grabando directamente las imágenes en el sistema de almacenamiento masivo del IAC, con lo que incluso en caso de fallo del disco del PC se podría trabajar. También se ha visto es que algunos observadores están generando del orden de 1 Gb por noche, con lo que se necesitará adquirir un cluster de discos para poder observar sin problemas. Finalmente, se han adquirido algunos correctores de dispersión atmosférica con el fin de estudiar su funcionamiento con vistas a una futura inclusión en el diseño del instrumento.

En lo que se refiere a otros telescopios/instrumentos, se ha comenzado con la fabricación de un FastCam itinerante, que podrá ser instalado en los telescopios NOT o WHT. Asimismo, se ha trabajado mucho en la generación de un nuevo instrumento denominado *Wide FastCam*, para ser usado en el telescopio TCS con imágenes de gran campo.



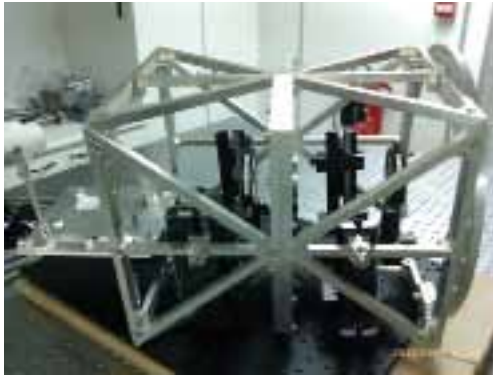
Arriba: Parte de las componentes de Wide FastCam en la sala de control del telescopio TCS.

Abajo: FastCam instalado en el telescopio TCS con todos sus componentes, incluido el ADC de prueba.



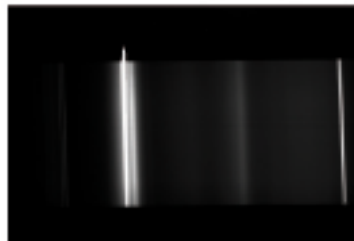
## MERLIN

Tras comprobar que el diseño de la interfaz mecánica que uniría al conjunto *tip-tilt*/espectrógrafo/cámara al telescopio no era correcto, se revisó el diseño y, una vez detectados los fallos, se corrigieron los planos, se puso tolerancias y se solicitó al Taller de Mecánica la reforma de las piezas y la fabricación de otras nuevas. También se decidió no fabricar otras piezas que estaban mal y esperar a tener las primeras pruebas realizadas antes de ver si se fabricaban en el IAC o se encargaban fuera.



*MERLIN en el Laboratorio de Óptica. Se pueden ver el tip-tilt, el espectrógrafo, la cámara, la óptica y la interfaz mecánica.*

Tras la obtención de espectros en laboratorio, se instaló en el telescopio TCS en octubre, usando la cámara ST-10. Se vio que era muy difícil alinear si no se disponía de una visualización en tiempo real, es decir, un cable de conexión largo conectado para poder mover el telescopio de modo fino y ver la imagen de seguimiento de la cámara. A pesar de que el instrumento era capaz de obtener espectros, no se consiguió enfocar bien, además de otros problemas menores. Desde entonces se están fabricando las piezas necesarias para corregir todo ello, se espera que puedan instalarse definitivamente en 2012.



## Caja de A&G del telescopio IAC-80

Este ha sido uno de los avances fundamentales del Proyecto. Tras varios años de diseño y construcción, en febrero de 2011 se instaló el nuevo sistema de A&G. A pesar de funcionar correctamente, a lo largo del año se han ido solucionando algunos pequeños problemas, de manera que ahora se dispone de un nuevo sistema de guiado, bidimensional en lugar de lineal, mucho más moderno, rápido y eficaz. En concreto, se han solucionado los siguientes aspectos:



*Dos vistas de la nueva caja de A&G del telescopio IAC-80.*



- Soporte de la cámara de TV, ya que el original no fijaba correctamente la cámara. La solución fue diseñar y fabricar un nuevo soporte.
- Altura interna de la caja de A&G. Se aumentó fabricando unos espaciadores.
- Nueva versión del software de control con a) corrección de un fallo cuando se intentaba ir a una posición guardada con anterioridad, b) las unidades de posición están en segundos de arco en lugar de en pasos de motor, c) aumento en un factor 4 de la resolución del foco, d) visualización del tamaño del chip de la CCD y de la zona dentro de la cual el telescopio no viñetea la imagen.
- Instalación de un doble monitor en el PC de usuario, de forma que en uno se pueda ver la pantalla de usuario y en el otro la de la caja de A&G.

*Primer espectro obtenido con el espectrógrafo de MERLIN y una cámara ST-10 en el Laboratorio de Óptica del IAC con una lámpara estándar de bajo consumo. Es la zona roja del espectro, y se ve que no está alineada la dispersión con el detector.*



## LIRIS

Además de la gestión de las nuevas máscaras cada semestre y de las revisiones periódicas, el trabajo con LIRIS se ha centrado fundamentalmente en mejoras, reparaciones y adquisición de repuestos para evitar pérdidas de observación. En el primer aspecto, se ha adquirido una lámina de media onda y se ha gestionado la fabricación de una máscara especial con rendija única. Las reparaciones y mantenimiento han supuesto diversos viajes al ORM. En cuanto al nuevo material, tras la realización de una lista exhaustiva de lo que se disponía, se ha adquirido una nueva cabeza fría, membranas y válvulas, *tip seals*, piezas para las bombas, *drivers* de los motores, etc. Además de todo ello, se ha actualizado y racionalizado la Web interna de LIRIS.

### Telescopios IAC-80 y TCS

Las mejoras en los telescopios y sus instrumentos son numerosas, dirigidas a facilitar la vida a los usuarios de las instalaciones.

**Telescopio IAC-80.** Se han revisado y mejorado las holguras del telescopio lo cual, unido al nuevo mapa de apuntado (ver abajo), ha hecho que el telescopio sea más robusto y eficaz. En parte gracias a ello, 2011 ha visto el record de *seeing* del IAC-80, con 0,75 segundos de arco.

CAMELOT. Se ha finalizado una nueva versión del programa de reducción de datos que tiene en cuenta el *binning*, la existencia de ventanas, el número de canales, etc. También se ha completado un fichero de macros para la toma de *bias* y de *flats*. Asimismo, se ha comenzado con la reforma de la interfaz de usuario para incorporar las mejoras sugeridas por los astrónomos. Están prácticamente terminadas todas las acciones necesarias para poner los datos obtenidos con CAMELOT dentro del Observatorio Virtual.

TCP. Se ha actualizado en la Web toda la información técnica, incluida la curva de eficiencia cuántica. También se ha comenzado con el proceso de actualización del instrumento.

**Telescopio TCS.** Se realizan pruebas de observación con FastCam y un espejo en lugar del dicróico, con vistas a un futuro uso de una cámara EMCCD junto con el software de FastCam como cámara de guiado del telescopio. También se ha mejorado el sistema de alineado del dicróico con la óptica del telescopio. La cúpula del telescopio se encuentra en un estado muy preocupante de deterioro. Durante el año se ha ido parcheando, pero se impone una reparación importante.

CAIN-3. Se ha instalado en el PC celda, del TCS, la nueva *pipeline* de reducción de los datos con tres módulos nuevos: *creafats*, *reduce* y *subcielo*. Con el fin de evitar noches sin observar se ha duplicado el ordenador de control, cir. El simulador de tiempos de exposición ya está prácticamente finalizado.

### Ambos

Se han hecho nuevos mapas de apuntado en ambos telescopios, tras observar decenas de estrellas repartidas por todo el cielo. El resultado en el telescopio IAC-80 ha sido un error de apuntado de unos 5 segundos de arco, mientras que en el telescopio TCS es de alrededor de 15 segundos de arco, debido a las holguras del mismo. En ambos casos el resultado es inmensamente mejor que lo que se tenía.

Ya están diseñadas y fabricadas las piezas de interfaz mecánica de los nuevos buscadores de TCS e IAC-80. Estarán instalados en 2012.

El año finaliza con un gran número de publicaciones en revistas con árbitro a partir de datos de ambos telescopios TCS (10) e IAC-80 (19).

## Astrofotografía y divulgación

En lo que se refiere a la 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, 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 séptimo año, con más de 80 IAM en total.



NGC 7331 observado con el telescopio IAC-80, IAM de octubre de 2011.

- Se ha publicado, de nuevo, un calendario anual con las mejores imágenes de 2010.

- Han solicitado incluir 3 de nuestras IAM en el calendario 2012 de "The Year In Space".

- Ha aparecido una nota de prensa sobre la IAM.

### MEMORIA 2011 IAC

186

- Se ha acordado con el Gabinete de Dirección pasar todas las imágenes de la IAM al Banco de Imágenes Astronómicas del IAC.

- *Sky & Telescope* ha solicitado incluir una imagen de la IAM en su revista.

- Se ha renovado parte del material de astrofoto.

- En total, se han dedicado más de 50 noches de observación al Proyecto.

## Calidad del cielo y meteorología (<http://www.iac.es/telescopes/tiempo/weather.html>)

Tras haber superado bastantes problemas, los TOT ya operan regularmente el DIMMA@OT remotamente desde el telescopio IAC-80. Gracias a ello, se ofrece información actualizada sobre el *seeing* nocturno en el OT ([http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=112](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com_wrapper&Itemid=112)). En cuanto a las mediciones diurnas, los TOT también han comenzado a operar el SHABAR instalado en el OT, junto a cielo nocturno.

Los TOT y AS siguen realizando, tras casi 4 años, un programa rutinario/servicio de medición de fondo del cielo. Son medidas BVRI en varias posiciones que se ofrecen, después de reducirse y calibrarse, a la OTPC. En este sentido, se ha colaborado también con el Instituto Meteorológico para ofrecerles datos sobre extinción.

Los datos históricos almacenados de la estación meteorológica se han ofrecido a diversos proyectos, como el Cherenkov Telescope Array (CTA).

## Otros asuntos

Se ha reformado completamente la Web del Proyecto, creándose una nueva con diseño más moderno y claro, aparte de racionalizar la cantidad y ubicación de los contenidos (<http://www.iac.es/telescopes/>).

Se han adquirido 8 nuevos filtros estrechos para retirar los antiguos que se encontraban bastante deteriorados. Además de sus curvas de transmisión, también se han obtenido e incluido en la Web las curvas de los filtros Stroëmgren y del TCP.

Se ha movido el aluminizado de los espejos de la Pirámide.

Se ha asistido a numerosas reuniones científicas, técnicas o institucionales: JENAM, reunión de instrumentación Madrid, OPTICON, congreso GTC en La Palma, reuniones RIA, etc.

A continuación se resume el resultado de las encuestas realizadas a los astrónomos tras

sus observaciones en los telescopios TCS o IAC-80.

Información	Excelente	Buena	Mala	Pésima
Sobre la Isla y el Observatorio (OT)	32	22		
Sobre el viaje y el acceso OT	30	23		
Climatología	33	21	1	
Manuales	28	24	1	
Peticiones de tiempo	31	23		
Utilidades	31	23		
Telescopios	28	26		
Instrumentación	28	26		
Calendarios	30	24		
JOT	35	15		
Astrónomos de Soporte (AS)	45	11		
Operadores de telescopio (Oper)	49	9		
Interfaz de control del instrumento	34	17	4	
Interfaz de control del telescopio	29	25	2	
Valoración del equipamiento	28	27	1	
Valoración del software	25	30	1	

#### Resultado de las encuestas.

Como se puede ver, los operadores de telescopio y los AS son los mejores valorados. Asimismo, debemos mejorar en las interfaces de control de los instrumentos y del telescopio.

En cuanto a los comentarios, quejas o sugerencias de las encuestas, se pueden dividir en varios frentes:

#### 1.- Problemas instrumentales

Solucionados: bloqueo de la cúpula, pérdidas de comunicación con cúpula, pérdida del foco en ocasiones, errores en el sistema de guiado que llevaban el telescopio al límite, saltos en el guiado, pérdidas de la estrella de guiado, pérdidas de funcionamiento del joystick de guiado, calentamiento de CAMELOT (en vías de solucionarse), problemas de apuntado, rueda de filtros de FastCam, CCD de FastCam, diversos problemas con TCP.

No solucionados: vibración del telescopio (relacionado con los problemas de la cúpula del telescopio TCS mencionados arriba, el movimiento de la cúpula se transmite al edificio y, de allí, al telescopio), cámara de A&G ineficaz, armar las luces de la cúpula sólo después de situar el interruptor de *stand-by* de FOVIA en *on* (se hará en 2012).

Sugerencias: eliminación del joystick de guiado en el telescopio IAC-80 para manejar el guiado mediante teclas (muy difícil, pero se intentará), implementar el autoguiado con FastCam (en estudio), una cámara de guiado más sensible que magnitud 11,5 (la actual es más sensible que esa magnitud, pero si se pone a máxima sensibilidad no funciona con objetos relativamente brillantes), diversas pruebas con *Wide FastCam*.

#### 2.- Informáticos/software

Solucionados: rotura del PC asteroide, problemas con el software de FastCam, actualizar en la Web los *scripts* de reducción de CAIN-3, incluir más estrellas estándares infrarrojas de brillo intermedio (se ha puesto el enlace al buscador de estándares de Gemini, <http://www.gemini.edu/sciops/instruments/nearir-resources/photometric-standards/>).

No solucionados: incluir en la Web el catálogo de estándares de Hunt et al (1998, *Astrophysical Journal*, 115, 2594), poner las coordenadas de las estándares CVF en la Web, que el PC cir. suene cuando se termine una macro (se ha intentado varias veces y no se ha podido).

Sugerencias: poder preparar y guardar una macro mientras se observa (se hará en

2012), disponer del software de reducción de FastCam independientemente del de adquisición de datos, poder reducir todos los ciclos del mismo objeto con FastCam (con el nuevo PC se consigue reducir hasta 5.000 imágenes).

3.- Sobre el personal y las instalaciones (reproducidos literalmente):

*“El operador actuó con extrema diligencia minimizando el tiempo perdido. Mis felicitaciones a todo el personal de este Observatorio que tan bien nos han tratado. Estas instalaciones a nivel de hospedaje no tienen nada que envidiar a las de cualquier gran hotel. Y por supuesto al equipo técnico del telescopio que ha estado en todo momento disponible y cercano, ayudándonos en todo lo posible incluso más allá de lo que corresponde a sus obligaciones. La calidad humana de los miembros de este Observatorio es altísima”*

*“Night assistants and support astronomers have been very helpfull and patient, with any problems or question that might have occurred. We are very greatfull for that. On a general note: thanks to all the night assistants, especially their prompt response to all questions”*

*“¡Es fenomenal que un telescopio pequeño siga estando tan vivo!”*

4.- Sobre este formulario

Sugerencias: que pongan la opción regular (no se pone para que todo el mundo tenga que elegir alguna opción), incluir la opción “no aplicable” (ahora mismo existe la opción “en blanco”).

5.- Sobre el Observatorio o similares (la mayoría se derivan a la AOT)

Sugerencias: adelantar la hora de la cena en invierno a antes de las 18:00 y hacerla más flexible en verano para que no coincida con los *flats* (esta sugerencia se repite en muchas ocasiones), que el TOT nocturnos

tenga copia de la tarjeta maestra de las habitaciones por si las de los astrónomos no funcionan cuando van a dormir (hecho), información sobre el cambio de sentido único en la carretera de acceso al OT en ciertos días (esto aparece en la Web del Proyecto, en la sección dedicada al Observatorio), el vehículo proporcionado por el IAC no permitía cambiar las marchas cuando estaba frío.

## **CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS (7I2301)**

**C. Muñoz-Tuñón.**

**A.M. Varela Pérez y J.A. Castro Almazán.**

**Colaboradores del IAC: J.J. Fuensalida, H. Vázquez Ramio, B. García-Lorenzo, M. Collados J.M. Delgado, L.F. Rodríguez, A. Ocoz, J. Calvo y TOTs.**

J. Vernin (Univ. de Niza, Francia) y A. García Gil (AEMET).

### **Algunos resultados relevantes**

Se publica el primer 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  $G0 = r02 \tau0 \theta02$ , (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 pone en marcha el DIMMA del OT. Se validan los datos y se hacen accesibles a través de la página Web del Proyecto. Son las primeras medidas sistemáticas y on-line del seeing nocturno en el OT.

Se proporcionan, por primera vez, medidas en tiempo real y de archivo del vapor de agua en el ORM.

Se han analizado los datos de una campaña de calibración del contador de partículas del IAC en la AEMET con el propósito de ser instalado posteriormente en el telescopio GTC.

Más información en <http://www.iac.es/site-testing/>, Bibliography.

### Evolución del Proyecto

Se prosiguen las campañas de prospección astronómica en los Observatorios de Canarias y la divulgación de resultados, comenzando con la publicación de la serie de artículos de resultados obtenidos para la campaña de selección de sitio para el E-ELT.

#### Campaña de prospección astronómica en el OT

Este año la actividad del grupo se centró en la puesta en marcha de un DIMM (Differential Image Motion Monitor) automático (DIMMA) sobre una torre de 5 m en el Observatorio del Teide, entre el telescopio OGS y la cúpula de divulgación. Se han validado los datos y se creó una interfaz para la puesta on-line de los mismos ([http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=112](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com_wrapper&Itemid=112)).

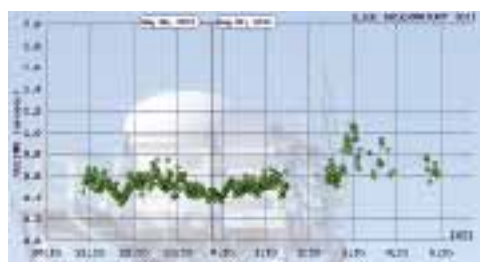


Figura 1: Gráfica de los valores del seeing medidos por el DIMM-OT y disponibles en tiempo real en la página Web del Proyecto.

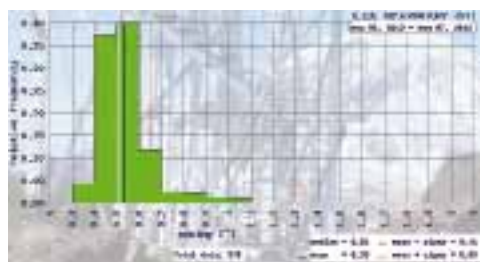


Figura 2: Frecuencia acumulada del seeing medido por el DIMM-OT y disponible en tiempo real en la página Web del Proyecto.

Son las primeras medidas sistemáticas de seeing nocturno que se toman en el OT que no sólo permitirán evaluar la calidad óptica en este Observatorio sino su comparación con el ORM.

El DIMM es operado remotamente por los TOT's (técnicos de operación del OT).

Véanse más detalles en el Proyecto DIMMA de esta misma Memoria.

#### Campaña de prospección astronómica en el ORM

En el ORM se mantuvo una estación meteorológica automática (AWS) que continúa proporcionando datos en tiempo real en <http://www.iac.es/proyecto/sitesting/onlinepro/wstation.html> y a través de la miniview del ORM <http://catserver.ing.iac.es/weather/index.php?miniview=1>.

Se iniciaron los trabajos de adaptación en la torre DIMM-ORM para la instalación de un DIMM remoto idéntico al que opera en el OT.

En la Figura 3 se muestra una imagen capturada por unas de las dos webcams instaladas en el equipo del ORM.



Figura 3: Imagen de la estación DIMMA en Las Moradas (ORM).

### Comparación del seeing del DIMM con las obtenidas en el telescopio GTC

Se han comparado los valores obtenidos por OSIRIS en el telescopio GTC y las medidas de seeing proporcionadas por un DIMM instalado en Las Moradas. Se pueden mencionar algunos de los resultados preliminares:

- Hay noches de excelente acuerdo, en general son noches de buen seeing (en torno 1”).
- Cuando el DIMM mide seeing excelente (<0.6”), el telescopio GTC mide peor seeing, lo cual es esperable, pero en general siguen la misma tendencia.
- Noches inestables y/o del mal seeing (>1.5”), en general el acuerdo es peor, como es de esperar, hay mayor influencia de efectos locales.

**Resultados de la campaña de prospección del E-ELT**

Se ha publicado el primer artículo de la serie de la campaña del E-ELT donde se resumen los resultados más relevantes de esta campaña. European Extremely Large Telescope Site Characterization I: Overview (PASP, Vol.123, 1334, 2011) Vernin et al. ([http://www.iac.es/proyecto/site-testing/images/documents/pasp\\_overview.pdf](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/images/documents/pasp_overview.pdf))

En la Figura 4 se muestra la frecuencia acumulada del seeing integrado en los 4 lugares muestreados (ORM, Cerro Ventarrones, Macón y Aklim).

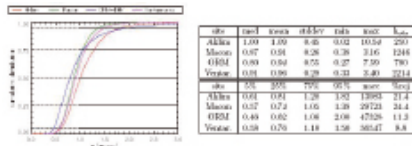


Figura 4. Frecuencia acumulada del seeing global en Aklim, ORM, Macon y Ventarrones (izquierda) y tabla con el resumen de la estadística (derecha).

**Polvo local**

MEMORIA 2011 IAC

190

Bajo una colaboración con la AEMET se comparan las medidas proporcionadas por el contador de partículas con las obtenidas por instrumentos similares operativos en el Observatorio Atmosférico de Izaña (OAT). Se está preparando un artículo de esta calibración que garantiza la calidad de los datos del contador de partículas para su posterior instalación en el telescopio GTC.

**Otras acciones: participación en otros foros científicos**

EL OT opta por albergar el CTA (Cherenkov Telescope Array o Red de Telescopios Cherenkov), una nueva generación de telescopios para ver el Universo en rayos gamma de muy alta energía. El grupo de 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/>).

Participación en los comités del CCI (SUCOPSIP y OSC). Véase el resumen de actividades del grupo de calidad del cielo para estos comités, Summary of actions and activities of Sky Quality Group. SUCOSIP November 2011 Report, en [http://www.iac.es/adjuntos/cci/IAC-SQG\\_actions.pdf](http://www.iac.es/adjuntos/cci/IAC-SQG_actions.pdf)

Acciones conjuntas para medir los perfiles de turbulencia y de viento: medidas con g-SCIDAR (Véase el Proyecto de Alta Resolución Espacial en esta Memoria).

**Vapor de agua precipitable (PWV)**

El resultado de varios años de trabajo con la empresa Soluciones Avanzadas Canarias (SAC) ha concluido con la puesta on-line en la página del Grupo de Calidad del Cielo ([http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=122](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com_wrapper&Itemid=122)) de los datos proporcionados por un monitor de PWV (Ver ubicación en la Figura 5). En dicho enlace se muestran los últimos valores de PWV sobre el ORM, junto con información gráfica y estadística actualizada cada media hora, tal y como se muestra en la Figura 6, y desde donde se puede acceder también a la base de datos.

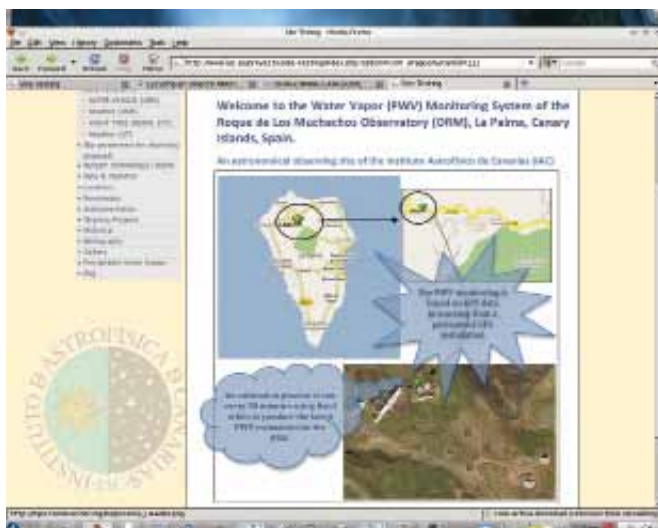


Figura 5: Ubicación de la estación GPS en el ORM. Más detalles en [http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=122](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com_wrapper&Itemid=122) (pinchar en icono "información").



Figura 6: Imagen de la interfaz web de la página de Calidad del Cielo de las medidas de vapor de agua precipitable en el ORM ([http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=122](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com_wrapper&Itemid=122)).

### 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 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 primera promoción de Guías Starlight (La Palma).

Se ha participado activamente con el Proyecto Starlight llevando a cabo las dos primeras auditorías astronómicas de Destinos Astronómicos en La Rioja (España) y en Alqueva (Portugal).

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.

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 7 titulados superiores. La **Ingeniería** está estructurada en 4 Departamentos: Electrónica, Mecánica, Software y Óptica; la componen 33 titulados superiores de las diferentes especialidades de Ingeniería (Industrial, Telecomunicaciones, Informática, Aeronáutica) y de Ciencias (Físicas y Matemáticas). **Producción**, con 3 titulados superiores, 1 titulado medio y 22 técnicos, se estructura en: Taller de Mecánica, Taller de Electrónica, Gabinete de Delineación Técnica y Servicio de Mantenimiento Instrumental. **Secretaría**, compuesta por 1 personas.

## INGENIERIA

La presente Memoria resume los datos más significativos que se refieren a la Ingeniería del Área de Instrumentación, durante el año 2011. 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 el año 2011 la actividad del Departamento de Electrónica se ha dedicado mayoritariamente al Proyecto QUIJOTE, que desarrolla un telescopio y un instrumento detector para la medida de polarización del Fondo Cósmico de Microondas. En ese Proyecto, además

del conocimiento relacionado con técnicas de procesado de microondas, se ha aportado colaboración en el control eléctrico de los motores y codificadores que incluye.

El Departamento de Electrónica ha proseguido también los trabajos orientados hacia los grandes instrumentos del telescopio GTC, completando la elaboración de documentación de OSIRIS, avanzando en el control de los mecanismos y detectores de EMIR y continuando las actividades de diseño para FRIDA.

Se ha continuado la actividad en el Proyecto EDiFISE, cuyo objetivo es el desarrollo

MEMORIA  
IAC 2011

193

de un instrumento demostrador de la observación en alta resolución espacial mediante fibras ópticas ecualizadas. En este Proyecto se están poniendo en práctica los desarrollos realizados sobre el control en tiempo real para Óptica Adaptativa basado en lógica reconfigurable (FPGA), y a lo largo de 2011 se realizaron significativos avances completando el control de bajo orden ("tip-tilt") y cerrando el diseño del control de alto orden (HOMU), para cuyo desarrollo se ha localizado a proveedores externos con los que se está negociando. También se han utilizado servicios externos para el desarrollo de un sistema prototipo de amplificador para el control de cuatro actuadores del espejo deformable, encaminado a demostrar la viabilidad de una alternativa a los problemas que ofrece el amplificador original suministrado.

Dentro de las actividades relacionadas con la Óptica Adaptativa se ha profundizado en la utilización propuesta de la cámara plenóptica como sensor de frente de onda, especialmente adecuado para objetos extensos como la granulación solar, habiendo conseguido en 2011 demostrar su viabilidad tanto en laboratorio como en telescopio. También se procedió a dotar al simulador de Telescopios+atmósferas existente (IACAT) de un nuevo láser de alineamiento con espejos basculantes para su inserción manual en el camino óptico.

Durante 2011 se procedió a mejorar la dotación de equipos del Laboratorio de Electrónica, incorporando un nuevo registrador de propósito general con múltiples mecanismos de disparo, pensado para identificar fallos esporádicos en los equipos electrónicos y capaz de muestrear hasta 100 Ms/s. También se instaló una máquina de sellado al vacío o en atmósfera inerte, para el almacenamiento idóneo de tarjetas o subsistemas electrónicos en periodos de tiempo largos, así como unos nuevos sistemas de apertura y cierre de las puertas del Laboratorio, al haberse quedado obsoletos los existentes.

Como continuación de las actividades en control de detectores que se han

venido haciendo en el pasado, se inició la adquisición de un multiplexor H2RG, adecuado para la puesta en marcha del sistema ASIC SIDECAR de lectura de detectores infrarrojos.

En lo que al Laboratorio de Imagen y Sensores para Astronomía (LISA) se refiere, a lo largo del año 2011 se ha continuado con la mejora de infraestructura y diversas actividades afines. En concreto se identifican trabajos en cada uno de los tres rangos de longitudes de onda de mayor interés astronómico en detectores. Para el rango visible (hasta 1 micra) se procedió a instalar, controlar y automatizar un nuevo sistema de calibración en flujo del banco principal, con el uso de una esfera integradora de mayor tamaño que la existente y un fotodiodo calibrado adicional, lo que permitió no sólo mejorar la precisión en las medidas de la eficiencia de los detectores a caracterizar, sino facilitar dichas medidas. De esta forma, cualquier cámara con un protocolo de salida de imágenes conocido estándar (como Camera Link, FireWire o GigaEthernet) puede probarse de forma casi inmediata con una GUI sencilla para el usuario desarrollada con Labview y Visual C++. En el rango del infrarrojo cercano (SWIR, hasta 2.5 micras) se dotó a LISA de un sistema autónomo de refrigeración por agua glicolada que permite mantener la temperatura del compresor que actúa sobre el criostato de ciclo cerrado de una forma ininterrumpida durante los tests. Así, por ejemplo, se han completado caracterizaciones en los detectores Teledyne-HAWAII2 (2048 x 2048 pixels) de los Proyectos EMIR y FRIDA. También se ha adquirido un nuevo cuerpo negro de cavidad capaz de emitir hasta 900°C con una precisión en temperaturas del orden de la centésima de grado controlado remotamente vía Ethernet. En el rango del infrarrojo medio-largo (LWIR, de 8 - 14 micras) se recibió e instaló un fuente de emisión igualmente calibrada basada en un segundo cuerpo negro, esta vez de superficie de 75x75 mm, capaz de operar desde -40°C. Para ello lleva asociados una serie de targets de tests y un sistema de refrigeración y anticondensación, todo de la firma francesa HGH Systemes Infrarouges. En la actualidad se está

utilizando esta nueva infraestructura en la caracterización de la cámara del Proyecto JEM-EUSO, cuyo elemento principal es un array microbolómetro de 640x480 pixels (UL-04-17-1) de la compañía francesa ULIS con un módulo de desarrollo (IRXCAM) basado en FPGAs de la institución canadiense INO. Esta caracterización podría ser igualmente aplicable a un segundo proyecto espacial en el que el IAC se encuentra involucrado, la cámara THERMAP de la misión Marco-Polo-R. Por último, citar que diferentes cámaras operando en el rango visible y pertenecientes a distintos proyectos (EDiFiSE, HORUS) han sido probadas en esta instalación, abierta a otros usuarios como el mismo telescopio GTC, que realizó allí la aceptación de la cámara EMCCD denominada OCAM2, la más rápida y de mayor sensibilidad fabricada hasta la fecha con utilidad para Óptica Adaptativa (1.500 imágenes por segundo con menos de un electrón de ruido de lectura) usando el nuevo chip CCD220 fabricado bajo consorcio por E2V Technologies y montado por LAOG en Francia.

**Departamento de Mecánica.** Durante 2011 el Departamento de Mecánica ha seguido centrando sus esfuerzos en los grandes proyectos instrumentales del telescopio GTC, elaborándose la documentación de mantenimiento para OSIRIS, así como cerrando detalles de algunos de sus subsistemas optomecánicos y del cargador de máscaras y la continuación con el diseño, fabricación y pruebas de los subsistemas para EMIR. Asimismo ha participado para la fase de PDR en el Consorcio europeo de ESPRESSO, precursor de CODEX para el telescopio VLT, así como en el EST (European Solar Telescope). También la participación en el Proyecto QUIJOTE ha sido significativa, especialmente en la integración y pruebas del instrumento I (MFI) así como su integración en el telescopio I, y actuaciones mecánicas en el propio telescopio. Finalmente, se ha retomado la involucración en GREGOR y se colaborado en consultas técnicas para LIRIS, la nueva Caja de Adquisición y Guiado y el espectrógrafo MERLIN para el telescopio IAC-80.

En cuanto a equipamiento, el Laboratorio de Integración Mecánica ha mejorado su infraestructura adquiriendo mobiliario, hardware de criogenia y vacío, un reloj comparador digital milesimal, y tres equipos portátiles de medida de condiciones ambientales y análisis de vibraciones durante el transporte de instrumentos y equipos delicados. En la Sala de CAD/CAE se ha adquirido nuevos ordenadores, para potenciar las capacidades de cálculo y diseño así como para algunos de los puestos de trabajo de los ingenieros.

**Departamento de Óptica.** En 2011 los proyectos instrumentales que demandaron mayor participación del personal del Departamento de Óptica fueron EST, EMIR y ESPRESSO.

En el caso de EST, las tareas principales se desarrollaron en el ámbito del diseño, tanto del telescopio como del espectrógrafo cumpliendo los paquetes de trabajo asignados al IAC y realizando tareas de soporte a paquetes liderados por otras instituciones del Consorcio, además se ha acometido el estudio de algoritmos óptimos de reconstrucción del frente de onda para dar soporte al paquete de Óptica Adaptativa multiconjugada del telescopio solar.

En el Proyecto EMIR, la entrega de distintos componentes optomecánicos ha dado origen al inicio de distintos procesos de verificación e integración desde el punto de vista de subsistemas, además se produjo la entrega de los grismas que dan capacidad espectroscópica al instrumento, las labores de verificación de las prestaciones y capacidades de los mismos han consumido gran parte de los recursos de la ingeniería óptica.

El PDR del Proyecto ESPRESSO, celebrado en noviembre en las instalaciones de la ESO en Garching (Alemania), marcó la labor en los paquetes de trabajo asignados en este Proyecto que incluyen el subsistema "Fiber Link" que permitirá alimentar al espectrógrafo de alta resolución con la luz procedente del telescopio y la responsabilidad en la adquisición, verificación e integración de la mayor parte de la óptica del espectrógrafo.

Asimismo, durante este año, se han realizado la caracterización y entrega del Filtro Sintonizable Azul y de los filtros cortaordenes asociados al mismo de instrumento OSIRIS que opera en el telescopio GTC; con esta entrega, el instrumento posee toda la funcionalidad óptica requerida.

La integración final del espectrógrafo GREGOR, la realización del haz de fibras de EDiFiSE, las labores de diseño del espectrógrafo HORUS y las actividades en el Proyecto FASTCAM que incluyen el diseño de FASTCAM para el telescopio GTC y el soporte técnico a AOLI han sido tareas que han exigido una importante dedicación por parte del personal del Departamento.

Por otra parte, se ha continuado con las labores de operación del telescopio OGS situado en el OT. Además, se ha participado de forma intensa en la aplicación del concepto de cámara plenóptica en la Óptica Adaptativa. Realizando una caracterización profunda del instrumento en el Laboratorio de Óptica y obteniéndose resultados muy significativos.

La inversión en el Laboratorio de Óptica durante 2011 siguió centrándose en la renovación del material optomecánico básico de dicho Laboratorio. Hubo, así mismo, una inversión importante en la adquisición de un nuevo sistema radiométrico "MERLIN" que permitirá aumentar nuestra capacidad de medidas radiométricas, muy solicitadas durante los últimos años.

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. Siendo el interferómetro Zygo, el espectrofotómetro Cary-5 y el espectro-radiómetro los equipamientos más demandado.

El Laboratorio de Fibras ha tenido una gran actividad proporcionando fibras de pruebas para el Proyecto ESPRESSO así como,

en el ensamblaje del haz de fibras para el Proyecto EDiFiSE.

**Departamento de Software.** La actividad del Departamento de Software este año se ha centrado en tres proyectos principalmente, QUIJOTE (28,7%), OSIRIS (28,6%) y EMIR (23,7%). A finales de año se entregó la aplicación del diseñador de máscaras de OSIRIS lo cual da casi por terminado el desarrollo software de este Proyecto, a falta de correcciones y ajustes que seguramente será necesario hacer cuando las aplicaciones se vayan usando más.

Este año ha aumentado significativamente la participación en FRIDA (6,3%) que ha pasado la revisión de diseño preliminar, y ha aparecido por primera vez el Proyecto MIRADAS (6,8%) que es un instrumento de segunda generación para el telescopio GTC. MIRADAS es un espectrógrafo infrarrojo multi-objeto de resolución intermedia.

La dedicación al Proyecto EST (Telescopio Solar Europeo) ha disminuido mucho este año al terminar la actual fase de diseño conceptual y estar pendientes de la aprobación para continuar con las siguientes fase de desarrollo.

Con la becaria de verano S. Catalán, se avanzó 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.

También a finales de año, J. Vaz con la ayuda del SIC puso en marcha un servidor Wiki para el Departamento, con la idea de tener un lugar común de colaboración donde poner información relativa al software de los proyectos bajo desarrollo.

Merece destacarse este año la estancia formativa de E. Páez en el National Solar Observatory (NSO), en Tucson (Arizona, EEUU), de febrero de 2011 a enero de 2012 para integrarse con el equipo de software

del telescopio ATST (Advanced Technology Solar Telescope), que es la contrapartida americana a la propuesta europea del telescopio EST. En esta estancia estudió y se familiarizó con el software de control del Proyecto y su posible aplicación para el telescopio EST. Posteriormente desarrolló un simulador del controlador para el sistema general de bloqueos del telescopio (Global Interlock System), usando el framework de servicios comunes e integrándolo con el resto del sistema.

### 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. Hay dos proyectos a los que el Departamento ha dedicado un porcentaje muy alto de tiempo. Se trata de EMIR, con casi un 25% del tiempo dedicado a proyectos, y EST con cerca de un 19%. La razón es que ambos cuentan con un ingeniero de sistemas y un gestor del departamento. El porcentaje del EST ha disminuido respecto a 2010 debido a que la fase actual del proyecto ha finalizado y los contratos del personal vinculado a él terminaron en el tercer trimestre. A continuación con una dedicación entre el 9% y el 15% del tiempo del Departamento están aquellos proyectos que han contado todo el año con un gestor asignado a ellos casi al completo, como es el caso de OSIRIS, EDiFiSE, QUIJOTE y ESPRESSO. La gestión de los instrumentos del telescopio GTC, en concreto OSIRIS y EMIR (tiempo marginal para FRIDA) ha ocupado el 40% del tiempo dedicado a proyectos del Departamento. A los proyectos de telescopios (EST, OGS y ELT) se le ha dedicado el 24% del tiempo de proyectos. El porcentaje dedicado a instrumentos para otros telescopios (ESPRESSO, EDiFiSE y en menor medida GREGOR) es del 19%. Finalmente a instrumentación de microondas, esto es, al Proyecto QUIJOTE con su programa de telescopios e instrumentos, se le ha dedicado el 12% del tiempo de proyectos.

En el Departamento se dedica tiempo de gestión e ingeniería también al Laboratorio

de Calibración Eléctrica y a la participación en la Gestión Integral del IAC (implantación del ERP SAP). Dentro de la Gestión Integral se ha participado en la elaboración de los planes de prueba y la realización de las pruebas, y en la formación a los usuarios finales de los módulos de gestión de proyectos.

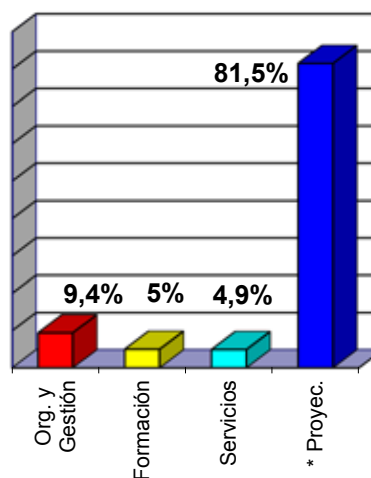
### ACTIVIDAD

Este apartado describe el desglose de las actividades de Ingeniería durante 2011.

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 80,5% del tiempo de la Ingeniería se ha empleado al trabajo directo en los Proyectos. Del 19,5% restante, se ha usado un 9,4% 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 4,8% 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.

El 4,9% 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 disminuido 3,5 puntos y, al mismo tiempo, se ha mantenido el tiempo dedicado a Organización y Gestión, aumentando el tiempo de dedicado a consultas técnicas. La disminución del tiempo empleado a Proyectos es debido, en parte, a la disminución del número de ingenieros temporales, cuya dedicación está centrada casi exclusivamente en estos.

En el Gráfico II, se puede ver el reparto de tiempos entre los diferentes proyectos, de un total acumulado de casi cuarenta y ocho mil horas de ingeniería.

Se muestran de forma específica los Proyectos que ocupan más del 2% del tiempo total de Ingeniería, englobando los restantes en un único sector. Estos proyectos pequeños, 20 en total, alcanzan un total del 13,0% de la ocupación.

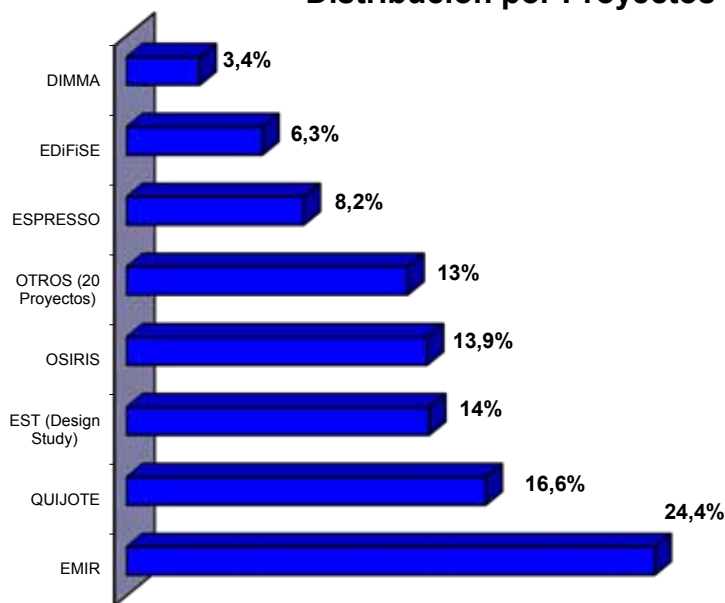
Siguiendo con la tendencia ya registrada en años anteriores, los esfuerzos se han concentrado en los proyectos de instrumentos para el telescopio GTC, OSIRIS y EMIR, y otros grandes instrumentos como EST, QUIJOTE o ESPRESSO.

OSIRIS y EMIR representan el 38,3% de la dedicación de Ingeniería, con un número de horas muy similar al del año pasado. La dedicación a EST ha disminuido hasta el 14,0% ya que a mediados de año se produjo la entrega de documentación y revisión del Proyecto.

El Proyecto QUIJOTE, con el 16,6%, ha aumentado de forma importante su dedicación debido, principalmente, a la incorporación de recursos del Departamento de Mecánica. Asimismo, ha habido un aumento significativo de la actividad en el Proyecto ESPRESSO, una vez aprobado este por parte de ESO y del comienzo de

Gráfico II

Distribución por Proyectos



la fase de diseño preliminar cuyo PDR se realizó a finales de año. Finalmente, EDiFiSE y DIMMA están aproximadamente en los mismos valores que en 2010.

De lo anteriormente expuesto se aprecia que los principales proyectos, EMIR, QUIJOTE, EST, OSIRIS, ESPRESSO y EDiFiSE suponen el 83,4% del total del esfuerzo de Ingeniería.

En cuanto al resto de proyectos, cabe destacar la clara disminución del tiempo dedicado a ELT una vez finalizadas sus correspondientes fases. El comienzo de proyectos como SOLAR ORBITER, MIRADAS o JEM-EUSO no son evidentes todavía en este tipo de gráfico, pero probablemente sean patentes en el futuro.

El empleo del tiempo en Ingeniería puede verse también desde una perspectiva plurianual. La siguiente gráfica muestra la evolución de la dedicación a los diversos proyectos desde el año 2004.

El aumento o disminución total de horas se debe principalmente a las diferencias entre incorporaciones y bajas de personal de Ingeniería.

El gráfico muestra claramente que la dedicación a OSIRIS sigue disminuyendo paulatinamente, así como el mantenimiento de EMIR y EST y el crecimiento reciente de QUIJOTE, EDiFiSE y ESPRESSO después de la aprobación por la ESO. También se aprecia la disminución de ELT ya finalizado y el comienzo de proyectos como MIRADAS y JEM-EUSO.

El gráfico de la página siguiente (Gráfico IV) muestra, esquemáticamente, la dedicación de los ingenieros a los Proyectos durante 2011. 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

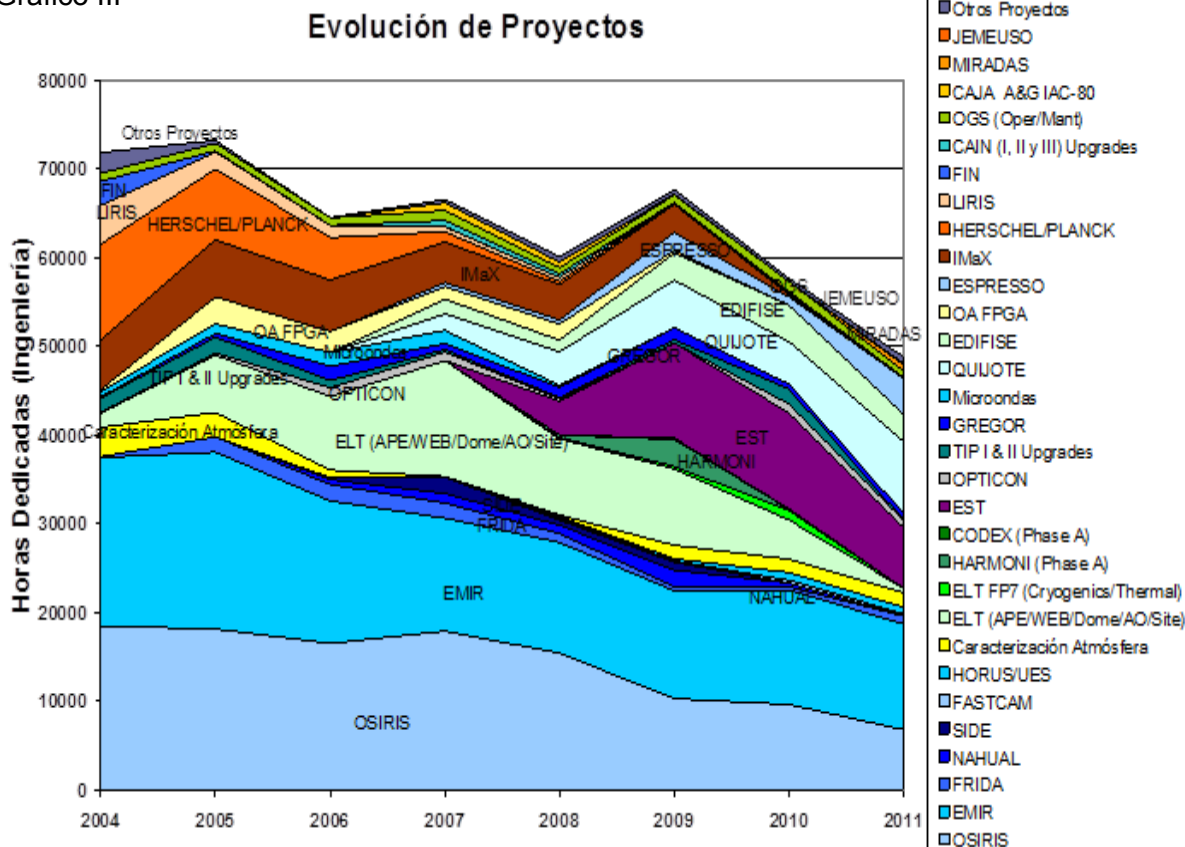


Gráfico IV

	Participación de Ingeniería en los proyectos (Año 2.011)	DIMMA	ELT (WEB/AO/Site/PACT)	EMIR	FRIDA	GREGOR	LIRIS (Oper. & Mant.)	New Detector Controller	OGS (Oper. & Mant.)	OPTICON FP7 JRA's	OSIRIS	TIP Upgrades	QUIJOTE	EDIFISE (Incl. OA FPGA)	ESPRESSO	Calibration Lab. (Oper. & Mant.)	EST	FASTCAM for GTC	HORUS/UES	JEMEUSO	MIRADAS	SOLAR ORBITER	
Dep. Proyectos	A. Alonso								G					G									
	A. Pérez																	G					
	C. Grivel																						
	J. M. Herreros												G										
	J. Patrón			G	G																		
	M. Amate														G	G							
	M. Barreto						G																
	M. Reyes		G			G															G		G
	V. González											G											
Dep. Electrónica	E. Ballesteros																						
	E. Joven																						
	H. M. Chulani																						
	J. J. Díaz							G															
	J. M. Delgado																						
	L. F. Rodríguez		G																				
	M. A. Núñez																						
	R. Hoyland																						
	S. T. Dorta																						
	T. A. Viera																						
Y. Martín																							
Dep. Mecánica	A. Mato																						
	E. Hernández																						
	F. Tenegi																						
	J. Peñate																						
	J. Pérez																						
	P. Fernández		BAJA POR MATERNIDAD																				
	P. Redondo																						
	S. Santana																						
	V. Sánchez																						
A. Vega																							
Dep. Óptica	A. B. Fragoso																						
	A. Calcines																						
	F. Gracia																						
	I. Montilla																						
	J. L. Rasilla																						
	J. Sánchez-Capuchino																						
	M. Insausti																						
	R. López																						
Dep. Software	C. Martín																						
	E. Páez																						
	H. Moreno																						
	J. C. López																						
	J. J. Vaz																						
	J. Marco																						
	J. Rosich																						
	M. Aguiar																						
	M <sup>a</sup> F. Gómez																						
P. López																							



## FORMACIÓN

Como todos los años, se ha hecho un esfuerzo en la formación de los ingenieros y gestores. En general la formación ha consistido en cursos, tanto en el IAC como fuera, y asistencia a congresos especializados. Hay que hacer notar que aparte de estas actividades concretas, el componente de formación que representa el trabajo en la mayoría de los proyectos es también muy alto, sobre todo en las etapas iniciales. La naturaleza de los proyectos actuales hace que la formación forme parte del trabajo diario y no sólo para los nuevos ingenieros incorporados.

En aspectos **generales, multidisciplinares** a los cuales ha asistido numeroso personal de varios Departamentos, la formación ha consistido en o para el personal del Departamento de Electrónica, la formación ha consistido en:

- Cursos: IAC Gestión. Usuarios finales de Proyectos-IAC; IAC Gestión. Usuarios finales de Compras-IAC; “Directivas de Seguridad que aplican a la Instrumentación” y “Certificación de Instrumentos-IAC” (IAC).

En aspectos **electrónicos** o para el personal del Departamento de Electrónica, la formación ha consistido en:

- Curso: Simulación EMC con software “CST studio” (Alemania).
- Congresos: IFAC (Federación Internacional de Automática y Control) (Italia); “Modelado de sistemas optomecánicos complejos” (Suecia) y “Real-time control Systems for Adaptive Optics” (Durham, Reino Unido).

En aspectos de **software** o para el personal del Departamento de Software, la formación ha consistido en:

- Cursos: “Arquitectura de software. Diseño y evaluación” e “Introducción a la interacción persona-ordenador y a la concepción de las interfaces de usuario” (IAC) y “Linked data: Innovación en la apertura de datos” (Tenerife).
- Seminario: “XXII Jornadas de paralelismo de la ULL” (Tenerife).

En aspectos **ópticos** o para el personal del Departamento de Óptica, la formación ha consistido en:

- Curso: “Creo elements View” (IAC).
- Congreso: “International Conference on Adaptive Optics for Extremely Large Telescopes (AO4ELT)” (Victoria, Canadá).

En aspectos **mecánicos** o para el personal del Departamento de Mecánica, la formación ha consistido en:

- Cursos: “ANSYS Optimización con XDesign Explorer”; “ANSYS Cálculo estructural: capacidades y herramientas avanzadas con Workbench”; “ANSYS Tecnología HPC (cálculo remoto, cálculo paralelo, GPU, ...)” (Madrid); “AIP Summer School 2011- Opto Mechanical Design” (Postdam, Alemania).
- Congreso: “EUROMAT 2011 European Congress and Exhibition on Advances Materials and Processes” (Montpellier, Francia).
- Seminarios: “Riesgos Básicos de los Gases (N<sub>2</sub> y He)” (IAC) y “ANSYS Conference 2011” (Madrid).

En aspectos relacionados con la **gestión de proyectos**, o para el personal del Departamento de Proyectos, la formación ha consistido en:

- Curso: SAP Project System – IAC. Formación para usuarios finales de Proyectos (IAC).
- Congreso: “International Conference on Adaptive Optics for Extremely Large Telescopes (AO4ELT)” (Victoria, Canadá).

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: “Riesgos y medidas preventivas en trabajos en alturas”; “Primeros auxilios”; “Conducción de vehículos 4x4 en asfalto (conducción en condiciones adversas)”; “Realización de trabajos en altura” y “Eslingado y manipulación de grandes cargas”.

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 similar a la de años anteriores 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	3,4
Duración	3,3
Profesor	3,8
Aplicabilidad de los conocimientos	3,6
Valoración global	3,4
*1=Deficiente; 5=Excelente	

La comparación con los valores obtenidos en 2010 muestra unos resultados peores. También cabe destacar la disminución de cursos y congresos específicos de cada Departamento realizados este año, esta puede ser la razón de la peor valoración.

Se podría destacar este año el curso "Directivas de Seguridad que aplican a la Instrumentación y Certificación de Instrumentos" organizado por el IAC y que tenía como objetivo la formación del personal del Área en las directivas europeas de seguridad que se aplican a los instrumentos que son diseñados y fabricados.

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 difundir el conocimiento entre los miembros del Área.

## PERSONAL

*Altas.* Han sido las siguientes:

- Departamento de Mecánica. En el mes de septiembre se incorporó A. Vega Moreno, Ingeniero Industrial por la Universidad de Sevilla, como ingeniero mecánico para el Proyecto QUIJOTE, para realizar tareas de AIV del Telescopio I e instrumento MFI y en las de desarrollo del Telescopio II e instrumento de 30 GHz, y en noviembre se reincorporó J. Pérez después de la finalización de un periodo de excedencia. Tras la finalización a principios de octubre de su contrato, Á. Mato se reincorporó en noviembre tras obtener la plaza de un nuevo contrato para EMIR hasta octubre de 2013.

- Departamento de Óptica. En el mes de agosto se incorporó A. Bueno Bueno como contratado en prácticas, cuya labor estará centrada en dar soporte a los laboratorios y telescopios del Departamento de Astrofísica de la ULL y a tareas de apoyo a desarrollos en el Laboratorio de Óptica. Tras la finalización en julio de un contrato de interinidad por reserva de puesto de trabajo, A. Calcines se reincorporó en noviembre tras obtener la plaza de un nuevo contrato para la realización de prototipos de IFUS para espectrógrafos de alta resolución en telescopios solares. F. Gracia se incorporó al Departamento con un contrato postdoctoral de investigación en abril para realizar tareas de diseño en integración óptica del espectrógrafo HORUS.

- Departamento de Software. Se incorporó J. Vaz, a mediados de febrero, para trabajar en el diseñador de máscaras de OSIRIS y, a finales de mayo se incorporó J. Rosich para trabajar en los proyectos MIRADAS y EMIR.

*Bajas.* Han sido las siguientes:

- Departamento de Electrónica. Ha causado baja T. Dorta Pérez, en el mes de marzo, una

vez completadas las pruebas del Proyecto EDiFiSE en el telescopio OGS. También registró la baja de Y. Martín Hernando en el mes de julio, una vez completada la entrega de la documentación final del estudio de diseño del telescopio EST a la Comisión Europea. Por otro lado, en mayo, J.J. Díaz García comenzó una estancia de un año de duración en la Universidad de Florida (EEUU), donde está colaborando en su Departamento de Astrofísica de cara al desarrollo de los nuevos instrumentos científicos para el telescopio GTC y en otras actividades.

- Departamento de Mecánica. Causó baja en el mes de octubre P. Redondo por excedencia.

- Departamento de Óptica. Ha causado baja I. Montilla, que estaba contratada como ingeniero para realizar tareas de gestión y operación del telescopio OGS.

- Departamento de Software. Dejaron el Departamento las siguientes personas: en enero J. Marco que hasta el momento había estado trabajando en el Proyecto EST y a finales de año terminó el contrato de J.J. Vaz dentro del Proyecto OSIRIS.

- Departamento de Proyectos. Ha habido dos bajas en 2011. La finalización en julio del contrato de Estudio de Diseño del EST

con la Comisión Europea, dentro del FP7, ha llevado a la finalización de los contratos de personal asociados a él, en concreto el de Á. Pérez (gestora del EST) y el de C. Grivel (ingeniera de sistemas de EST).

- Secretaría del Área. Ha causado baja M.P. Rivero López.

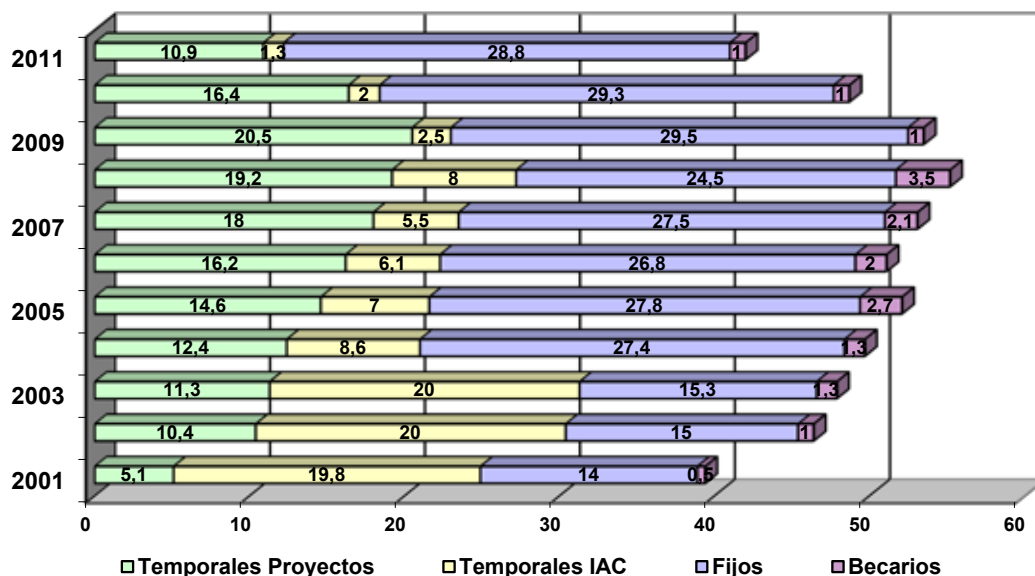
### Evolución de los contratos

En el gráfico siguiente (Gráfico V) se muestra la evolución de los contratos de Ingeniería y los becarios de proyectos desde el año 2001. 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 tres 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 varios 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.

### *Becas de verano*

- C. Colodró Conde (Estudiante de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de Cartagena).

Participó en la primera caracterización de una cámara térmica, dotada de un detector tipo microbolómetro de 640x480 píxels, manejada por un módulo prototipo de electrónica basado en FPGA desarrollado por la institución INO de Canadá, todo ello en el marco del incipiente Proyecto JEM-EUSO. C. Colodró sistematizó la adquisición de imágenes y reducción de datos (bajo Matlab) así como arrojó interesantes conclusiones al respecto de la dependencia del detector con la temperatura de funcionamiento, sustracción de frames y calibración, contando para ello con una cámara térmica auxiliar (FLIR A320) y la instrumentación general de LISA (Laboratorio de Imagen y Sensores para Astronomía). Además, colaboró igualmente en las mejoras del banco principal de LISA, que trabaja en el rango visible, incorporando una esfera integradora de mayor tamaño y un radiómetro calibrado, a través de una comunicación Ethernet. De esta forma fue posible el control completo de los dispositivos que integran dicho banco bajo una aplicación escrita en LabView, así como una automatización en la adquisición de imágenes para casi cualquier tipo de interfaz de salida de imágenes estándar, como Camera Link, FireWire y GigaEthernet, utilizando en este caso no sólo Labview sino también Visual C++. Las imágenes estándar FITS de test así obtenidas pueden integrarse directamente en la reducción de datos bajo Matlab. Para comprobar la validez de sus resultados, se calibraron cámaras de laboratorio de estas características, así como

se efectuaron medidas complementarias en otras diferentes, como la Ixon-EMCCD, en la que se obtuvieron resultados análogos a los ya conocidos pero con scripts de adquisición de datos totalmente automatizados.

Tutor: *E. Joven Álvarez*, del Departamento de Electrónica.

- E. Díaz Álvarez (Ingeniera Industrial por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

Ha participado dentro del Proyecto EMIR, en el Departamento de Mecánica en tareas de "Montaje, integración y verificación de prototipos de desarrollo y subsistemas mecánicos". Las tareas que realizó durante su estancia consistieron en la participación en el montaje, integración, verificación y caracterización del mecanismo de la ventana de entrada del instrumento, CWCS, así como en el diseño de la infraestructura y el montaje, integración y verificación del mecanismo criogénico rueda de grismas, GU, del instrumento. Las principales actividades formativas consistieron en familiarizarse con el entorno del Proyecto, sus objetivos y motivaciones, y el uso de las herramientas de diseño 3D, Creo Elements/Pro, y la adquisición de conocimientos de vacío y criogenia.

Tutor: *P. Redondo Caicoya*, del Departamento de Mecánica.

- J. Darío Gómez Villen (Estudiante de Ingeniería Industrial Superior por la Universidad de Jaén).

Ha participado dentro del Proyecto EMIR, en el Departamento de Mecánica en la tarea de "Generación del modelo 3D del cableado del instrumento EMIR en ProEngineer". Las tareas que realizó durante su estancia fueron la generación del modelo 3D del cableado interno (criogénico) y externo del instrumento, así como de las tuberías de Helio gas, agua glicolada y aire seco, usando Creo Elements/Pro. También participó en el análisis de los enlaces térmicos criogénicos del sistema de enfriamiento del instrumento. Las principales actividades formativas consistieron en familiarizarse con el entorno del Proyecto, sus objetivos y motivaciones,

y con el aprendizaje y consolidación en el uso de la herramienta de diseño 3D, ProEngineer.

Tutor: *S. Santana Tschudi*, del Departamento de Mecánica.

- A. Rion (Ingeniero Industrial por la Universidad de Lieja, Bélgica).

Ha participado dentro del Proyecto EMIR, en el Departamento de Mecánica en la tarea "Diseño mecánico de los armarios (racks) de electrónica del instrumento EMIR en ProEngineer". Las tareas que realizó durante su estancia fueron el diseño de los armarios y las estructuras soporte de la electrónica del instrumento. Las principales actividades formativas consistieron en familiarizarse con el entorno del Proyecto, sus objetivos y motivaciones, y con el aprendizaje y consolidación en el uso de las herramientas de diseño 2D y 3D, Autocad 2010 y Creo Elements/Pro.

Tutor: A. Mato Martínez, del Departamento de Mecánica.

- S. Catalán Pallarés (Estudiante de Ingeniería Informática de la Universidad Jaume I de Valencia).

Ha participado dentro del Departamento de Software en el desarrollo del software de simulación del controlador del mecanismo "Tapa/Ventana" del criostato del instrumento EMIR para el telescopio GTC. En concreto, desarrolló el software del simulador y también el software de pruebas asociado. Las tareas consistieron en familiarizarse con el entorno de la aplicación, definir el modelo de la arquitectura, desarrollar las clases del sistema, desarrollar el software de pruebas y realizar las pruebas unitarias y del simulador integradas. Así mismo se elaboró la documentación y se preparó una presentación pública del Proyecto.

Tutores: *H. Moreno Arce*, *J.C. López Ruiz* y *P. López Ramos*, del Departamento de Software.

#### *Proyectos Fin de Carrera*

- J.M. Trujillo Sevilla (Estudiante del Ingeniería Electrónica de la Universidad de La Laguna).

Realizó y presentó su proyecto fin de carrera en el tema de la calibración de la Cámara Plenóptica. Se abordó el problema geométrico generado por la ubicación del array de microlentes respecto al detector, que en la práctica puede no ser perfecto. Se modeló pues con tres parámetros (pitch, inclinación y desplazamiento), y se desarrollaron diferentes métodos automáticos para obtener dichos parámetros a partir de imágenes plenópticas cualesquiera, sin información previa ni participación del usuario.

Supervisor: *L.F. Rodríguez Ramos*, del Departamento de Electrónica.

- R.M. Luis Simoes (Estudiante de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

Realizó y presentó su proyecto fin de carrera enmarcado en el Proyecto ESPRESSO. Su proyecto consistió en el diseño avanzado del Banco Óptico del instrumento, incluyendo alternativas de diseño, de materiales, así como análisis estructurales y térmicos.

Supervisor: *F. Tenegi Sanginés*, del Departamento de Mecánica.

#### *Otras becas*

- B. Canales Pacheco (Becario del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, CONACYT).

Realizó una estancia de seis meses en el Departamento de Electrónica, donde colaboró activamente en la caracterización del Simulador de Telescopios+Atmósferas IACAT, sistema que fuera desarrollado y suministrado por la empresa LIDAX, S.A. sobre una especificación coordinada entre los proyectos del IAC que realizan desarrollos en Óptica Adaptativa. Tras un periodo de formación en óptica geométrica y de Fourier y de conocimiento general de las múltiples posibilidades del sistema IACAT, realizó y recopiló las estadísticas de fases de frente de onda generadas por las placas de fase disponibles en multitud de posiciones aleatorias, al objeto de caracterizar las mismas usando el sensor de frente de onda HASO que forma parte del propio sistema.

Supervisor: *L.F. Rodríguez Ramos*, del Departamento de Mecánica.

# PRODUCCIÓN

**Componen Producción el** Taller de Mecánica, Taller de Electrónica, Gabinete de Delineación Técnica, Servicio de Mantenimiento Instrumental y el SIE de Instrumentación.

## TALLER DE MECÁNICA

### Mejoras en infraestructura

Durante el año 2011 las mejoras en infraestructura realizadas en el Taller de Mecánica se enfocaron hacia el aumento de las prestaciones de la maquinaria existente.

Para realizar distintos mecanizados en materiales de pequeño espesor se han incorporado tres mesas de vacío con sus accesorios para fijar piezas planas a la superficie de trabajo y evitar el abombamiento de materiales rígidos, flexibles y rígido-flexibles durante su elaboración.

Para evitar pérdidas de calor en las conducciones que sirven para calentar el Taller en invierno se aislaron con Armaflex de 10 mm de espesor todos los conductos tanto interiores como exteriores.

Se han realizado las obras necesarias para habilitar el antiguo Almacén de Mecánica como oficina de los técnicos. Hasta la fecha era el último colectivo de Producción que no disponía de puestos de trabajo donde los técnicos pudieran trabajar con herramientas informáticas comunes tales como el Excel, Word, correo electrónico o específicas relacionadas con el trabajo que realizan, tales como el CAD-CAM.

Dentro de los temas de Seguridad y Salud se adquirió una nueva máquina fregadora-secadora Comac Abila 50 E para tareas de limpieza en el Taller.

### Formación

En cuanto a la formación el porcentaje se situó en un 4,9% del total de horas facturadas, el personal del Taller de Mecánica asistió a cursos sobre:

- La Nueva Ley de Residuos y Suelos Contaminados.

- Curso Teórico Práctico en la máquina CNC INTEGREGX, recibiendo formación sobre mejoras en el software de mecanizado de fresa con Proe/ENGINEER por parte de técnicos de la empresa SCA, excelencia tecnológica.

- Trabajos en altura. Equipos para la elevación de trabajadores.

- Riesgos y Medidas Preventivas en Trabajos en Altura.

- Directivas de Seguridad que aplican a la Instrumentación y Certificación de Instrumentos.

- Eslingado y Manipulación de grandes cargas.

- Curso de soldadura criogénica.

- Homologación de soldadores: Acero al carbono y acero inoxidable MAG y TIG.

- Prevención de riesgos en la conducción.

### Actividad

La actividad desarrollada por el Taller de Mecánica durante el año 2011 ha estado relacionada con trabajos solicitados por Proyectos, Departamentos y Servicios del IAC.

- Destaca la dedicación prestada al Proyecto EMIR con 3.043,29 horas (un 31,2% del total que significa un 10% más que en 2010).

- En el Proyecto QUIJOTE-CMB se emplearon 1.893,81 horas (6,24% del total).

- En el Proyecto Caracterización de los Observatorios de Canarias se emplearon 508,66 horas (un 5,2 % del total).

- En el Proyecto EDiFiSE se emplearon 506,33 horas (un 5,2% del total).

- El resto de horas trabajadas en el Taller de Mecánica, que representa un 27,94% se emplearon en proyectos como: GREGOR, Operaciones de las Instalaciones telescópicas, Sismología Solar y Estelar, Mantenimiento Instrumental, etc.

- El Taller de Mecánica absorbió un 6,1% del total de horas en tareas de mantenimiento y conservación de las instalaciones y maquinaria.

## TALLER DE ELECTRÓNICA

### Formación

El personal del Taller de Electrónica asistió a cursos sobre:

- EMC en el Diseño Electrónico: Aplicación de técnicas específicas de diseño orientadas a la consecución de la compatibilidad electromagnética en el momento de desarrollar nuevos equipos eléctricos o electrónicos de forma de obtener un producto inmune, con unos niveles de emisión bajos y acorde con la directiva y las normas EMC.
- Directivas de Seguridad y Certificación de Instrumentos.
- Conducción de Vehículos 4x4 en asfalto.
- Curso de Programación básica de autómatas MODICON bajo UNITY: Implementar e interpretar aplicaciones a nivel medio mediante la utilización de instrucciones estándar y el uso de lenguajes de programación basados en la norma CEI1131 que ofrece el software UNITY.

### Actividad

La actividad desarrollada en el Taller de Electrónica durante 2011 ha estado principalmente relacionada con el Proyecto EMIR. Estos trabajos han tenido una gran carga dedicada a generar la documentación para el Proyecto, donde a principios de 2011 se finalizó la documentación "Conexión General de EMIR" y terminado el año con la documentación finalizada de los subsistemas: Sistema de Arranque de Dispositivos; Sistema de Climatización de los Cabinet; Subsist Control Ruedas Filtros, Grismas y Ventanas y Sistema de Monitorización del Criostato. Cabe destacar en estos trabajos la dedicación de R. Barreto.

Esto, junto a la planificación aportada desde el Taller ha podido permitir de forma paralela la fabricación del subsistema o parte de algunos módulos.

Además se han realizado las siguientes actividades:

- Fabricación del Módulo de control de Dispositivos MAD IN-EM-CN-103.
- Fabricación del Módulo de Potencia del Cabinet A CPMA IN-EM-CN-102.
- Fabricación del Módulo GFWM: Control Ruedas Filtros, Grismas y Ventanas.
- Fabricación, integración a nivel de ingeniería y verificación conforme del subsistema 3\_ Subsist Control Ruedas Filtros, Grismas y Ventanas.
- Verificaciones en condiciones ambientales de trabajo de la Tapa Ventana EM-CT-100 en la Cámara Climática del Taller.
- Montar subrack's para EMIR.
- Instalación en el ORM del Filtro Sintonizable Azul de OSIRIS.
- Validación del método de fabricación de los cables criogénicos de los sensores temperatura para EMIR.
- Fabricar los cables para los sensores de temperatura para EMIR.
- Realización de Nota Técnica para el ruteado y fabricación de cables trenzado/apantallado en criogenia para el criostato del Proyecto QUIJOTE.
- Realización de Nota Técnica para OSIRIS en el telescopio GTC para sustitución del contactor en el Módulo de Potencia B CPMB.
- Modificación del Control del Sistema de Vacío del Criostato de Pruebas EMCTS de EMIR.
- Montaje y cableado del armario de GREGOR.
- Montaje, conexionado y fabricación del diodo de calibración para el Proyecto QUIJOTE.
- Fabricación de cables para distintos proyectos.

## GABINETE DE DELINEACIÓN TÉCNICA

### Formación

El personal del Gabinete de Delineación Técnica a lo largo de este año asistió a los cursos: Directivas de Seguridad que aplican a la Instrumentación y Certificación de Instrumentos.

Señalar la continuidad en la formación interna, consistiendo ésta en la realización

de ejercicios prácticos con nuestros propios manuales, lo cual sigue siendo vital para el desarrollo de nuestro trabajo.

### **Actividad**

Durante el año 2011 la actividad en el Gabinete de Delineación Técnica ha estado principalmente dedicada a los Proyectos: EMIR (847 horas - 28,6% del total), EDiFiSE (350 horas - 11,8%), QUIJOTE (304 horas - 10,3%), HORUS (257 horas - 8,7%) y GREGOR (con 238 horas - 8,4%).

El resto de horas se han repartido en formación y en proyectos tales como: FPGA, TTN, EST, OGS, LIRIS, OSIRIS, DIMMA, MERLIN, ESPRESSO, Sala AIV, Departamento de Óptica, Departamento de Mecánica, Servicio de Mantenimiento Instrumental, Mantenimiento Observatorio del Teide, etc.

Ya desde hace tiempo este Gabinete realiza diseños encargados por proyectos entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- EDiFiSE. Diseño de la máscara para alineado de espejo parabólico (EDI-HOMU-13) y espejo esférico (EDI-IFU-11). Diseñar dos soportes para aluminizar los espejos.
- GREGOR. Diseño y planos de las siguientes unidades del espectrógrafo: Rigidización del voladizo de la mesa; Modificaciones (o nueva) interfase del criostato; Unidad de Hartman; Piezas para la sujeción al rack de 19" control de LC+ Shutter; Soporte para los controladores de Temperatura y Presión de TIP 2.
- TTN. Diseño de un nuevo soporte para la cámara de TV de la caja de A&G del telescopio IAC-80.
- DIMMA. Diseño del cerramiento para los cables auxiliares en la montura Paramount. Diseño de la caja de cerramiento para el Panel II de la montura Paramount. Diseño de cajas de protección para el telescopio: caja de protección para el panel fijo en la montura; caja de protección para el panel

móvil de la montura; caja de protección para electrónica en telescopio. Soporte y protección de los sensores de la cúpula.

- HORUS. Medición de piezas interpretación de planos 2D. Pasar a Creo Elements/Pro, los planos celda-montura del colimador; montura de UES y el ensamble de los componentes.
- SALA AIV. Diseñar y generar plano de pieza de interfase con los manoreguladores de Nitrógeno.

### **SERVICIO DE MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL**

#### **Mejoras en infraestructura**

En 2011 se adquirió un sistema de vacío bomba turbomolecular de 80l/s, un reloj comparador digital, un torno de cable eléctrico para maniobras con cargas en el OT, un carro de montaje y un armario con baldas de resina para la planta de aluminizado.

#### **Formación**

El Jefe del Servicio asistió a los cursos: Gestión y Organización del Mantenimiento, Directivas de Seguridad y Certificación de Instrumentos y Formación de SAP en Compras y Proyectos.

#### **Actividad**

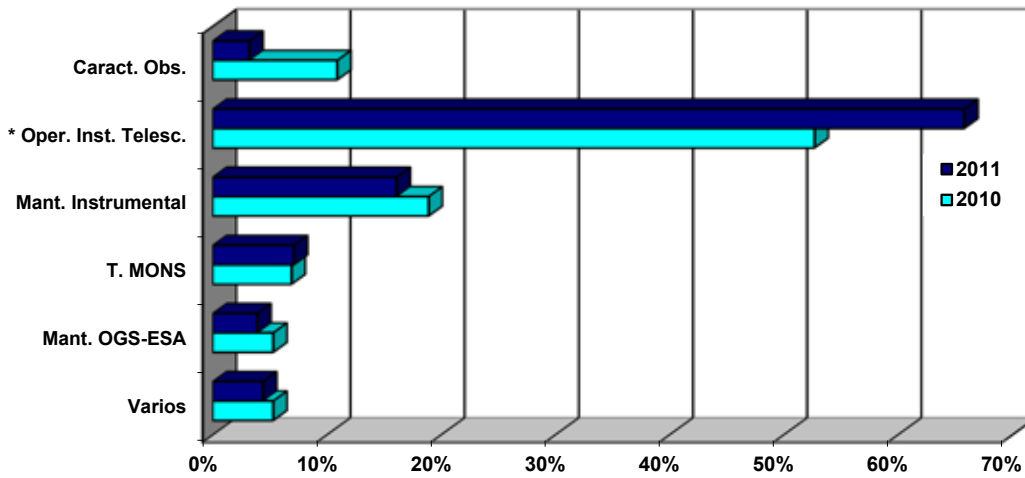
En el año 2011 el servicio de Mantenimiento Instrumental, como en los años anteriores, realizó las labores normales que tiene asignadas. Como hecho más relevante debemos citar la puesta en funcionamiento de la nueva caja de Adquisición y guiado del telescopio IAC-80.

Facturaron a los proyectos un total de 5.709,5 horas de las 6.490,5 previstas para el año. La diferencia se debe a un total de 803 horas de incidencias diversas, tales como los asuntos propios y las bajas por enfermedad y un excedente de 22 horas sobre lo previsto. La distribución de las horas facturadas distribuidas por proyectos, conforme Gráfico VI.



Gráfico VI

**Dedicación de Mantenimiento Instrumental a los diversos proyectos en 2010 y 2011**



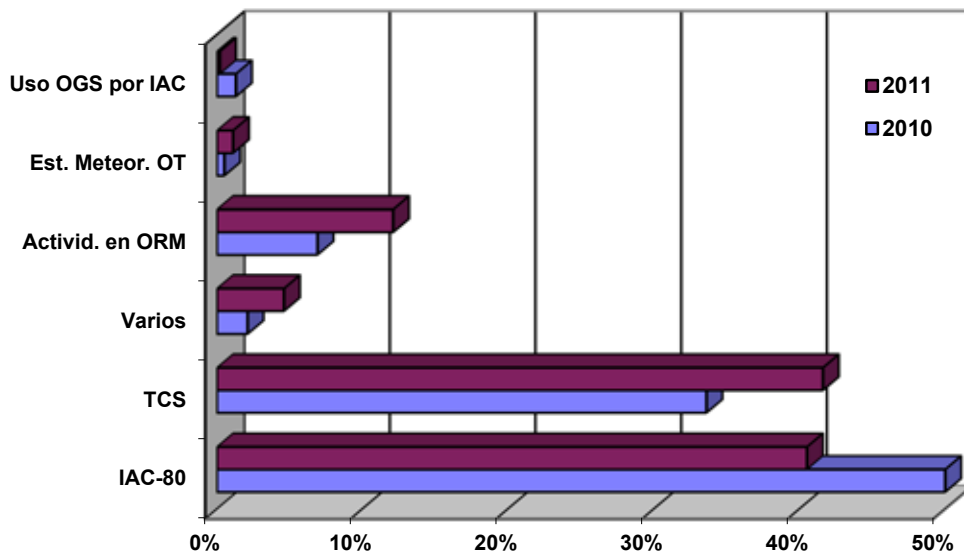
**Ver Gráfico VII**

La mayor variación con relación al año 2010 se debe a un aumento de horas en el proyecto “Operación de las Instalaciones Telescópicas del IAC”. Eso se debe a un aumento muy substancial de los cambios de equipo en el telescopio TCS (reparaciones de fallos relacionados con la cúpula) y en el ORM (los trabajos de reparación de la rueda de rendijas de LIRIS). En el Gráfico VII se aprecia como se distribuyeron los trabajos en este Proyecto.

El Servicio de Mantenimiento Instrumental facturo un total de 921 horas a lo largo de 2011. Como en 2010, una cantidad muy apreciable del tiempo (505,5 horas) se emplearon en el mantenimiento de la planta de aluminizado. Estos trabajos son la continuación de los iniciados en 2010 a raíz de una contaminación de la cámara de vacío con aceite de las bombas rotatorias. Dado que para resolver el problema habría que realizar una limpieza a fondo decidimos aprovechar la oportunidad y realizar una revisión completa de la máquina incluyendo

Gráfico VII

**Operación de las Instalaciones Telescópicas**



la pintura de las bombas, muy deteriorada por los años, cambio de aceite y la reforma de la parte eléctrica. Esto último incluyó el cambio del cableado y el reposicionado de algunos elementos. La mayor parte del este trabajo se finalizó en marzo de 2011. La máquina esta operativa y de lo propuesto inicialmente quedaron pendientes algunos aspectos menores que se irán haciendo conforme tengamos disponibilidad de personal.

Cabe mencionar que el 28 de febrero se instaló de forma definitiva la nueva Caja de A&G del telescopio IAC-80. Hasta la fecha su funcionamiento es correcto y las pequeñas anomalías que ocurren, por otro lado normales en un nuevo instrumento, no están afectando de forma seria a las observaciones.

## 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

Los cursos a los que asistió la persona que lleva este Servicio fueron: Gira Technet Secure 2010, Office 2010.

### Actividad

Las principales actividades realizadas durante 2011, 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:

- Cambio de los equipos de la red del bunker de Fast Ethernet (100 Mbits) a Gigabit Ethernet.
- Instalación de un sistema manos libres en la Sala limpia de AIV.
- Instalación de ratones 3D en la Sala de CAD.

- Tutoría de un estudiante en prácticas para la realización con un Arduino de un programa para toma de datos de un termohigrómetro.
- Colaboración con la IScAI 2010 para instalación de software en los portátiles de los alumnos y asesoramiento.
- Organización de cursos de Creo View para Óptica y Actualización de Wildfire 4 a Creo 5.
- Puesta en marcha de un servidor de publicaciones para los previsualizables de Windchill.
- Instalación de un KVM en la sala Burbuja para facilitar la conexión de la videoconferencia y los portátiles.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### Actividad

Desde hacía tiempo se estaba estudiando la posibilidad de cerrar este Laboratorio ya que cada vez se realizan menos calibraciones. La actividad que se desarrollaba estaba orientada sólo y exclusivamente a mantener la acreditación oficial. Este año a raíz de una desviación detectada en uno de los patrones y cuyo ajuste suponía un gran desembolso de dinero se ha decidido cerrarlo.

La última contribución a esta actividad fue calibrar un multímetro a la empresa Técnicas Biofísicas S.A y participar en la intercomparación nacional organizada por el INTA "INTA 2011/04 EL DMM" Calibración de un multímetro Digital KEITHLEY 2700 en Resistencia, Tensión CC y CA, Intensidad CC y CA.

Como Director del Laboratorio no puedo dejar de agradecer a *Manuel Amate Plasencia* (Gestor de Calidad) y a *Ángel Morales Ayllón* (Responsable y Técnico del Laboratorio) la gran labor que han realizado durante todos estos años.

### IAC-GESTIÓN

Al igual que el año pasado, el Jefe de Producción del Área de Instrumentación ha estado participando activamente en este proyecto como miembro de la Oficina Técnica.

## OTROS



### ESCUELA INTERNACIONAL DE INSTRUMENTACIÓN AVANZADA - ISCAI 2011

Cuarta 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.

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.

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.).

Esta edición cuenta con doce alumnos procedentes de España, Burkina Faso, Colombia, Filipinas, India, y México que asistirán durante cinco semanas a las clases teóricas, impartidas en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Siete de ellos van a realizar el programa completo (teórico y práctico), cuatro harán solo la parte teórica y uno más asistirá online. Dado que las clases teóricas se retransmiten en directo, la ISCAI-2011 cuenta con 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

MEMORIA  
IAC 2011

211

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)**  
**(7E0210, 7E0709, 7E3609, 7E3610, 7E4402)**

**J. Burgos, M. Regás y A. Sosa.**

## 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, centros de innovación y tecnología, fundaciones universidad-empresa, así como algunas asociaciones empresariales y similares. Estas oficinas fueron creadas por el Plan Nacional de I+D+i 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 y la Innovación.

La OTRI del IAC viene desarrollando su actividad desde 1989, y desde hace años ha pasado a desempeñar también un papel destacado en relación con 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 explotación industrial de los desarrollos tecnológicos y una mayor coordinación con la comunidad científica y tecnológica europea.

En esta línea de trabajo destaca durante el 2011:

- Nuestra participación en el Estudio de Diseño Conceptual del Telescopio Solar Europeo (EST),

- La gestión de la coordinación en la red europea SOLAIRE y la relativa a la participación del IAC en el Proyecto RIFI.

- La contribución a la preparación de la candidatura española para albergar en Tenerife el Cherenkov Telescope Array (CTA).

- La negociación de la participación del IAC en proyectos europeos como DAGAL, SPIA y GLORIA.

Del mismo modo, la OTRI ha dedicado un especial esfuerzo durante el 2011 a:

- Propiciar una línea de financiación comunitaria para la coordinación de la física solar europea (bajo el acrónimo de SOLARNET), encaminada a lograr financiación y continuidad para el EST;

- La presentación de una propuesta estratégica al Programa Severo Ochoa de fortalecimiento institucional;

- La participación en una convocatoria del Programa FP7-Space, en relación con el área de helio y asterosismología.

A la fecha de redacción de esta memoria, se conoce que estas propuestas han sido evaluadas muy favorablemente, pudiendo implicar para los respectivos consorcios una financiación de doce millones de euros en total, con más de un 40% aproximadamente para el IAC.

**MEMORIA  
IAC 2011**

**213**

Las distintas líneas de actuación y principales servicios que la OTRI presta de forma habitual a sus usuarios se muestran a continuación. Se destacan aquellos proyectos o líneas de trabajo que de manera especial se han gestionado durante el 2011 desde esta Oficina.

Línea de actuación y tipo de servicio	Actuaciones más relevantes a resaltar en 2011
1.- Financiación de la I+D+i.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Web de la OTRI del IAC. Información semanal y asesoramiento</li> <li>• Asesoramiento especializado sobre propuestas de financiación del IAC</li> <li>• Participación en reuniones nacionales y con la CE en relación con programas presentes y futuros de financiación de I+D+i</li> </ul>
2.- Actividad de I+D+i del IAC y sus capacidades tecnológicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria de Actividades de I+D+i e información específica de las distintas entidades</li> <li>• Participación en la Semana del Espacio Año Dual España – Rusia 2011, en las Jornadas Industriales ESO – CDTI y en las Jornadas FP7-Space CDTI</li> <li>• Participación en el II Foro InnovACCION (Tenerife) y en el II Encuentro de gestores de la Innovación de Canarias</li> <li>• Participación en otros foros nacionales e internacionales, y reuniones con distintas entidades en relación con las capacidades tecnológicas del IAC</li> </ul>
3.- Proyectos de financiación externa. Gestión y coordinación de solicitudes 4.- Proyectos Institucionales: - Proyectos de infraestructura científica y técnica y otras actuaciones internacionales 5.- Desarrollos y transferencia de Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 44 nuevas propuestas por un valor de 21 M€: 28 han sido concedidas (casi 10 M€) y 16 denegadas</li> <li>• EST. Estudio de impacto socio-económico y apoyo en la coordinación del estudio de diseño conceptual</li> <li>• Contribución a la preparación de la candidatura española para albergar el CTA</li> <li>• Revisión del Plan General de Ordenación de Garafía por sus implicaciones sobre el ORM</li> <li>• RIFI. Research Infrastructures: Foresight and Impact</li> <li>• SOLAIRE</li> <li>• Negociación de la participación del IAC en los proyectos europeos GLORIA, SPIA y DAGAL</li> <li>• SOLARNET y FP7-SPACE</li> <li>• Actuaciones relativas a la creación de un nuevo Centro Tecnológico ligado al IAC</li> <li>• Colaboración con el Proyecto ANTARES. Parque científico y tecnológico de La Palma</li> <li>• Preparación de un estudio de mercado sobre empresas de mecanizados de precisión</li> </ul>
6.- Otras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en IAC-Gestión</li> <li>• Participación en las reuniones de trabajo ministeriales sobre Compra Pública Innovadora</li> <li>• Participación de CANARIAS INNOVA en evento “Marte y Sociedad”. Madrid</li> <li>• Mejora de gestión interna en la presentación de servicios de la OTRI</li> </ul>

## Algunos resultados relevantes y actividades

MEMORIA  
2011 IAC

214

Durante el año 2011, 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

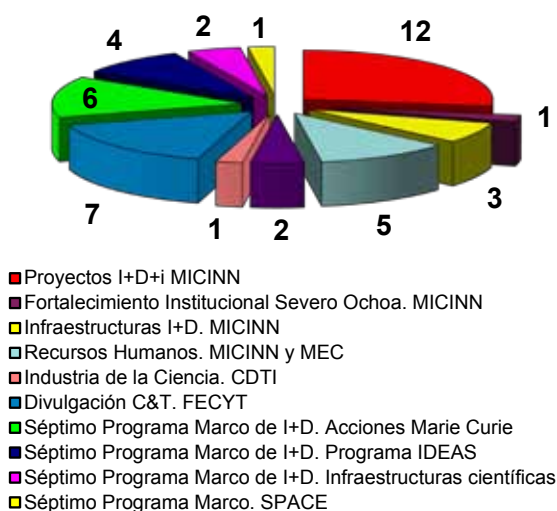
las convocatorias regionales, nacionales e internacionales de apoyo a la I+D de mayor interés para el centro, y participa muy activamente en la elaboración de propuestas, y en el ulterior seguimiento y justificación de los proyectos aprobados, en estrecha colaboración con todas las Áreas del IAC. Este servicio se presta no sólo al personal propio del centro, sino también a usuarios externos y socios internacionales.

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 2011 un total de

44 nuevas propuestas, por una cuantía de unos 21 millones de euros, de las cuales 28 fueron concedidas, por un total de aproximadamente 10 millones de euros y 16 han sido denegadas.

Gráfico VIII

**Número de solicitudes de financiación externa  
Programa de financiación 2011**



Es de destacar la financiación obtenida en el marco de la convocatoria de Fortalecimiento Institucional “Severo Ochoa”, con cuatro millones de euros, para potenciar un Programa de Investigación y de Recursos Humanos de carácter estratégico en el IAC

para los próximos cuatro años, tal y como se detalla más adelante.

Este año fue también importante en lo que se refiere a nuestra participación en el Programa Europeo IDEAS, ya que se logró la primera Starting Grant para el IAC, a raíz de una propuesta enviada en el 2010. E. Khomenko, investigadora del IAC, liderará el Proyecto “SPIA; Magnetic Connectivity through the Solar Partially Ionized Atmosphere”, financiado con casi un millón de euros para los próximos cinco años.

Este fue también el año de la negociación de dos importantes proyectos europeos en los que participará el IAC durante los próximos años: la red europea de formación de investigadores “DAGAL – Detailed Anatomy of Galaxies”, coordinada por el IAC; y el Proyecto “GLORIA – Global Robotic telescopes inteligente Array for e-Science”.

Durante el 2011, en estrecha colaboración con los representantes nacionales en el Programa Europeo de Infraestructuras de Investigación, se llevaron a cabo actuaciones conducentes a lograr que la convocatoria para las iniciativas integradas de infraestructuras de investigación de ese año incluyese la Física Solar como un área prioritaria. Así se logró, y se presentó una propuesta coordinada por el IAC y

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. MICINN	12	10	2	0	2.481.740 €
Fortalecimiento Institucional Severo Ochoa. MICINN	1	1	0	0	4.000.000 €
Infraestructuras I+D. MICINN	3	2	1	0	1.050.000 €
Recursos Humanos. MICINN y MEC	5	4	1	0	389.950 €
Acciones Complementarias. MICINN	2	2	0	0	13.400 €
Industria de la Ciencia. CDTI	1	1	0	0	11.500 €
Divulgación C&T. FECYT	7	3	4	0	34.000 €
Séptimo Programa Marco de I+D. Acciones Marie Curie	6	2	4	0	659.163 €
Séptimo Programa Marco de I+D. Programa IDEAS	4	0	4	0	0 €
Séptimo Programa Marco de I+D. Infraestructuras científicas	2	2	0	0	1.000.000 €
Séptimo Programa Marco. SPACE	1	1	0	0	97.940 €
<b>TOTAL</b>	<b>44</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>9.952.393 €</b>

participada por 33 instituciones europeas más. A la fecha de redacción de la presente Memoria, se sabe que la propuesta ha sido evaluada muy favorablemente.

La OTRI del IAC ha participado también muy activamente en una serie de actividades organizadas por la Comisión Europea y por nuestros representantes nacionales en relación con el Programa FP7-ESPACIO, con el objetivo de conseguir que las próximas convocatorias incluyan aspectos de especial interés para el centro, como son la explotación conjunta de datos de misiones espaciales y obtenidos con telescopios terrestres, el reconocimiento explícito de los Observatorios de Canarias en la propia convocatoria, y el desarrollo de tecnologías críticas desde Tierra con aplicación espacial. Asimismo, el IAC ha participado en una convocatoria de ESPACIO en el 2011, liderada por Alemania, que resultó finalmente aprobada. SPACEINN, con dos millones de euros, y por un espacio de cuatro años, se centrará en la explotación científica de datos en el área de helio y asterosismología.



## **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 2011 nuestra participación en la Semana del Espacio, evento organizado en el marco de las actividades del Año Dual España-Rusia, del 12 al 15 de mayo en Madrid. En este evento internacional se presentaron las capacidades del IAC, especialmente las relacionadas con las instalaciones presentes en los Observatorios de Canarias, y se describieron posibles vías de colaboración con equipos de investigación de Rusia.

Durante el mes de enero, se recibió en las instalaciones del Observatorio del Teide al Jefe de Unidad del Programa FP7-Space, pudiendo hacerle conocedor así de las capacidades observacionales de este Observatorio, y del gran potencial que la

observación terrestre puede significar para la explotación científica de datos de misiones espaciales.

Se participó también en las Jornadas Industriales ESO-CDTI y en unas Jornadas FP7-Space y CDTI; ambas en Madrid. Asimismo, se participó en el II Foro de Innovación de Tenerife y en el II Encuentro de Gestores de la Innovación de Canarias.

## **3.- Organización y prestación de servicios desde la OTRI**

La OTRI presta especial atención a evaluar y mejorar su sistema de gestión y atención al usuario para adaptarlo a las nuevas necesidades y actividades que se encomiendan a esta Oficina, y para tratar de ofrecer siempre un mejor servicio.

La informatización del procedimiento de tratamiento de consultas ha permitido, una vez más, optimizar el servicio, posibilitando la gestión de expedientes desde cualquier lugar con acceso a Internet, y permitiendo al usuario estar informado en todo momento sobre el estado de su consulta.

Durante el 2011 un total de 117 expedientes fueron resueltos a través de este sistema de atención al usuario (datos en el Gráfico IX). Desde que se implantó esta herramienta, son algo más de 1.900 expedientes los que se encuentran informatizados.

La variación en el número total de expedientes por año está muy relacionada con la propia variación del personal de la OTRI. Durante el 2011, además, y debido a limitaciones de recursos, se redujeron los servicios de información al exterior sobre ayudas de I+D+i, que precisamente suelen ser origen de un número importante de expedientes.

En la prestación de estos servicios durante el 2011 (Gráfico X), el 8,5% de las solicitudes de trabajo 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.



Gráfico IX

**Expedientes en sistema informatizado de la OTRI desde su implantación (Total 1.913)**

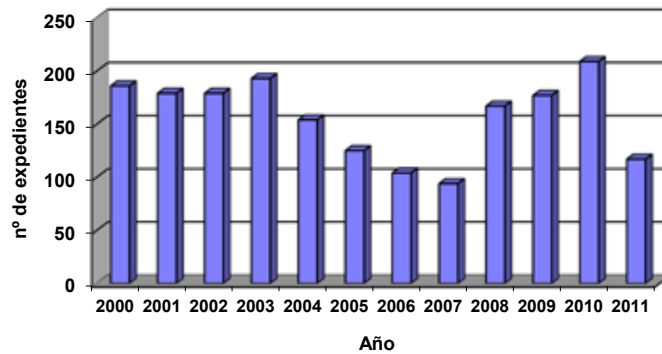
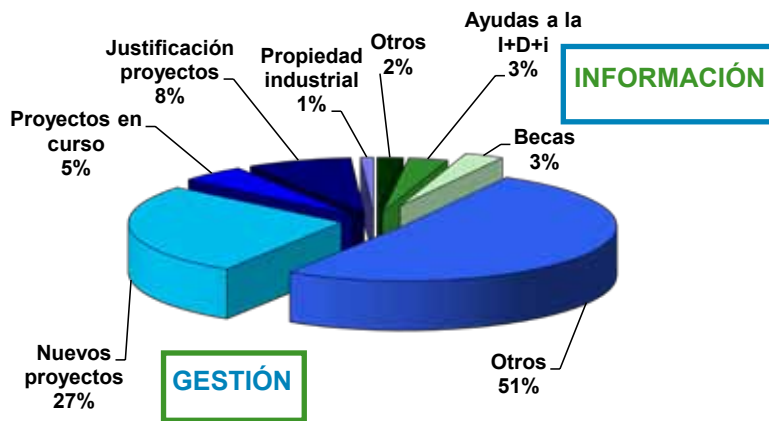


Gráfico X

**Tipo de servicios prestados durante 2011**

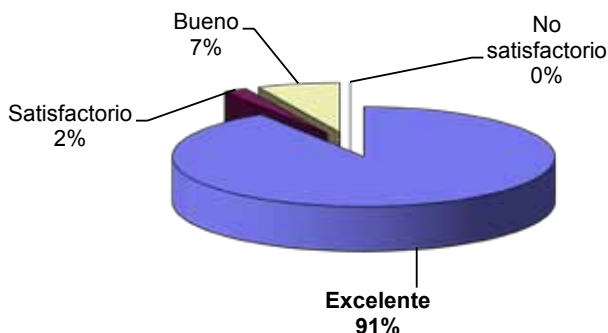


Destaca el alto porcentaje (más del 50%) de expedientes de gestión de muy diversa índole, no asociados directamente con la preparación y justificación de proyectos del IAC. El 2011 ha sido un año especialmente activo en actividades de prospección de nuevas fuentes de financiación, de participación en foros nacionales e internacionales, grupos de trabajo, etc.

El sistema invita al usuario a evaluar la calidad del servicio prestado. Durante el 2011, casi el 40% de dichos usuarios decidió hacerlo así (cifra inferior a la del 2010). El gráfico que se acompaña muestra el resultado de esas evaluaciones. Un 91% de las evaluaciones fueron "excelente", y ningún expediente fue evaluado como no satisfactorio.

Gráfico XI

**Evaluación servicios OTRI 2011**



*Horas de dedicación de la OTRI a las diferentes actuaciones durante 2011*

**MEMORIA IAC 2011**

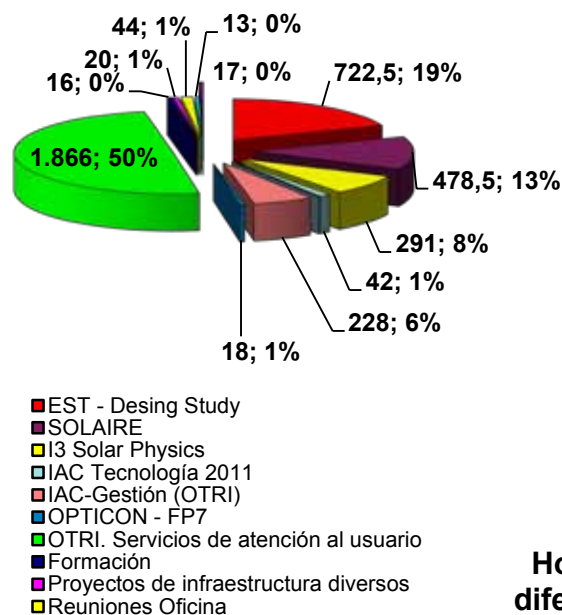
217

El personal de la OTRI del IAC registra de forma detallada las horas de dedicación a las distintas actividades y proyectos en los que participa. De esta forma, no sólo conocemos las actividades llevadas a cabo en la OTRI durante el año, sino también la carga de trabajo que cada una de ellas representa.

El gráfico (Gráfico XII) representa esa dedicación durante el 2011. El tiempo relativo a vacaciones, asuntos propios y otras ausencias está debidamente descontado. Se refleja, eso sí, el tiempo dedicado a formación, por parte de los miembros de la Oficina.

Gráfico XII

### Horas de dedicación del la OTRI a diferentes actuaciones durante 2011



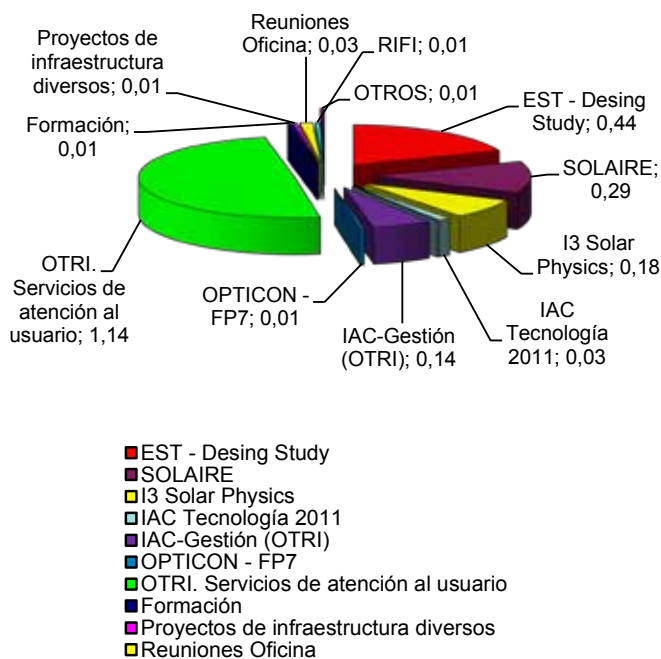
esas horas de trabajo a equivalentes de dedicación plena, puede verse el número de personas que se han requerido para una determinada actividad. Así, en el gráfico que se acompaña (Gráfico XIII), puede verse que algo más de una persona es necesaria para prestar esos servicios estándar de OTRI; y que el resto de personal se reparte porcentualmente entre los distintos proyectos que se reflejan.

Tener un conocimiento preciso de la carga de trabajo para cada una de las distintas actuaciones o tipo permite una mayor optimización de los recursos, así como una mejor valoración de los trabajos encomendados a esta Oficina.

Durante el 2011 debemos destacar también la participación de la OTRI en las actividades relacionadas con la reingeniería de procesos en el IAC y la implantación del ERP SAP (IAC-Gestión), que ha representado un 14% de dedicación de una persona.

Gráfico XIII

### Horas de dedicación del la OTRI a diferentes actuaciones durante 2011



El 50% que se indica como "OTRI-Servicios de atención al usuario", se corresponde con los servicios de apoyo más genérico y asesoramiento que de manera puntual, y con un plazo de ejecución generalmente breve, se ofrece a investigadores. Seguidamente destaca el 19% de dedicación al estudio de impacto socio-económico en relación con la posible construcción del Telescopio Solar Europeo (EST) en Canarias, y el 13% a la gestión y justificación final de la red europea SOLAIRE.

Durante 2011, con tres personas en la OTRI (una de ellas sólo hasta mitad de año), el 100% de trabajo se ha correspondido con 2,5 personas a dedicación plena. Si se convierten

#### 4.- Proyectos institucionales. Proyectos de infraestructura científica y técnica y actuaciones similares de carácter internacional

Durante el 2011 cabe destacar las siguientes actividades de carácter internacional coordinadas desde la OTRI del IAC o en las que se ha participado muy activamente.

##### 4.a. Acreditación del IAC como Centro de Excelencia SEVERO OCHOA

En abril de 2011 comenzó el apoyo de esta Oficina en la preparación de una propuesta conjunta del Área de Investigación del IAC a la convocatoria de acreditación de "Centros de Excelencia Severo Ochoa" convocada por el Ministerio de Ciencia e Innovación en el marco del Programa Nacional de Fortalecimiento Institucional. La propuesta presentada con el título "Genesis and Evolution in the Cosmos" resultó seleccionada en la primera fase junto con otras 21 solicitudes, de entre las 60 candidaturas consideradas aptas (un total de 75 solicitudes presentadas).

En octubre de 2011 se publicó el resultado de la segunda fase, siendo el IAC galardonado con uno de los ocho distintivos Severo Ochoa otorgados por el MICINN. La obtención del sello "Severo Ochoa" conlleva recibir un millón de euros anuales (4 millones de euros en total). La acreditación permitirá asimismo al IAC fortalecer sus capacidades de investigación, facilidad de acceso a otras convocatorias competitivas y a las grandes instalaciones de investigación, flexibilidad en la contratación de personal (científicos y tecnólogos) y un reconocimiento científico que les dará una visibilidad preferente en la obtención de ayudas de mecenazgo, entre otros beneficios.

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 técnica al Director Científico, al Comité de

Coordinación Severo Ochoa (CCSO) y al Comité Externo SEVERO OCHOA. Aunque el Proyecto arranca formalmente el 1 de enero de 2012, desde esta Oficina se han realizado diversas gestiones a finales de 2011 relacionadas con la puesta en marcha del mismo.

*Recepción del distintivo SEVERO OCHOA por parte del director científico del Proyecto, Prof. Rafael Rebolo.*



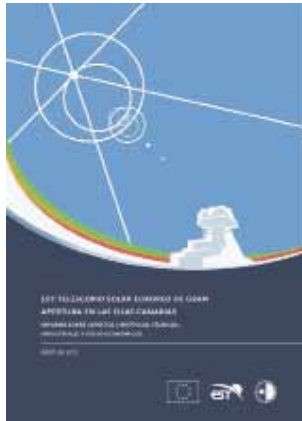
##### 4.b. Telescopio Solar Europeo (EST)

A mediados de 2011 concluyó con éxito el proyecto europeo denominado "Estudio de Diseño Conceptual del EST", cofinanciado por el Séptimo Programa Marco Europeo de I+D+I. El IAC ha sido el Coordinador de este Proyecto de 3,5 años de duración, con un presupuesto de más de 6 millones de euros, 29 entidades europeas (14 de ellas empresas), y una financiación comunitaria de 3,2 millones de euros. Se inició el 1 de febrero de 2008 y finalizó en julio de 2011.



*Reunión del consorcio EST en Friburgo (Alemania), en mayo de 2011.*

Desde la OTRI se ha proporcionado apoyo en las tareas de coordinación, gestión técnica y administrativa con la Comisión Europea (CE), incluyendo los trámites relativos a varias enmiendas al contrato, la realización con éxito de una auditoría por parte de la CE, la preparación de informes periódicos, la distribución y control de fondos entre todos los socios, así como la justificación final técnica y financiera.



Portada del Informe EST sobre aspectos científicos, técnicos, industriales y socio económicos.

Asimismo, esta Oficina ha sido la responsable del paquete de trabajo relativo al estudio de viabilidad financiera del Proyecto y al análisis de impacto socio-económico derivado de la instalación y operación del EST en Canarias. El estudio realizado aporta información que puede resultar de valor para la toma de decisiones a la hora de poner en marcha esta iniciativa europea de colaboración científica transnacional.

Con el fin de dar la correspondiente difusión de los estudios realizados y ofrecer una ventana de comunicación al público general, la OTRI ha habilitado una página Web específica sobre el Proyecto, con diversos contenidos que abordan aspectos técnicos, industriales y socio-económicos vinculados al EST, así como contribuciones de terceros al Proyecto ([www.otri.iac.es/est](http://www.otri.iac.es/est)). Cabe destacar también la producción por parte de la OTRI de un audiovisual sobre el EST dirigido al público general en colaboración con Gabinete de Dirección del IAC, bajo la supervisión de M. Collados Vera como Investigador principal de Proyecto.

Sin que aún se haya definido el panorama financiero para soportar económicamente las siguientes fases del Proyecto tras la finalización de la fase de Diseño Conceptual, la OTRI ha trabajado en la identificación y análisis de posibles mecanismos de financiación para el EST, habiendo mantenido diversas reuniones con agentes regionales, como la Consejería de Economía y Hacienda; la Agencia Canaria

de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) del Gobierno de Canarias y la Oficina RUP perteneciente a la Subdelegación del Gobierno de España en Canarias; así como diversos contactos a nivel nacional con el Ministerio de Ciencia e Innovación y el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), y en el ámbito europeo con la Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.

En el ámbito europeo, se impulsó con éxito la inclusión de la Física Solar como una de las Iniciativas Integradas de Infraestructura (I3) con opciones de recibir financiación comunitaria para el periodo 2013-2016 bajo el Séptimo Programa Marco de I+D+i. La OTRI jugó un papel destacado en la elaboración de la propuesta presentada a la correspondiente convocatoria I3 de infraestructuras científicas, a finales de noviembre de 2011, bajo el acrónimo SOLARNET. Nuevamente el IAC se perfila como entidad coordinadora en un consorcio formado por 34 entidades europeas (7 de ellas empresas) y 2 entidades americanas, solicitándose una financiación comunitaria de 7,6 millones de euros sobre un presupuesto total de 9,5 millones de euros. La propuesta fue evaluada muy favorablemente. Esta iniciativa puede suponer un apoyo decidido a la apuesta de la comunidad europea de Física Solar por potenciar las fortalezas y capacidades individuales de todos los participantes, y consolidar su liderazgo en el campo de la Física Solar mundial mediante una apuesta conjunta que de viabilidad política y financiera al EST.

#### 4.c. SOLAIRE. Solar Atmospheric and Interplanetary Research

SOLAIRE ha sido la primera red de formación e investigación liderada por el IAC en todos los Programas Marco. Ha contado con un total de 13 socios europeos y un presupuesto global de unos 3,4 millones de euros (333 k€ IAC). La red comenzó de forma efectiva el 1 de junio de 2007, por un periodo de 48 meses, concluyendo el 31 de mayo de 2011.

Al finalizar el Proyecto se ha completado la contratación de 10 doctorandos y 14 postdocs (con un esfuerzo equivalente de 581 persona-mes), superándose las previsiones de contratación iniciales del Proyecto tras solicitud de modificación aprobada por la CE. Desde la OTRI del IAC se ha llevado a cabo la gestión de esta red y la justificación final a la Comisión Europea bajo la supervisión del Coordinador de la misma.



*Reunión de la Red SOLAIRE en mayo de 2011 en Teistungen (Alemania).*

La Comisión Europea felicitó expresamente al Consorcio de esta Red por haber culminado con éxito el programa de formación e investigación, con más de 600 artículos publicados y alrededor de 4.100 citas (a septiembre 2011). Entre las principales acciones realizadas por la Red en 2011 destaca la organización de la Conferencia Internacional “Magnetic field emergence, linkage, reconnection and eruption in the solar atmosphere”, en Teistungen (Alemania) en mayo de 2011.

#### *4.d. Research Infrastructures: Foresight and Impact (RIFI)*

El IAC participó, junto con otras doce instituciones europeas, en un proyecto financiado por la Comisión Europea para definir y desarrollar una metodología con la que poder analizar el impacto socio-económico de las grandes infraestructuras científicas en Europa. Durante el primer trimestre de 2011 se llevó a cabo la justificación final del mismo.

#### *4.e. Detailed Anatomy of GALaxies (DAGAL)*

Se trata de una nueva red de formación de investigadores, financiada por la CE y coordinada por el IAC, con un total de 6 socios europeos más 3 entidades colaboradoras del sector privado y un presupuesto global de más de 2,5 millones de euros (640 k€ IAC). Se ha negociado durante este año que la red tenga una fecha efectiva de comienzo el 1 de abril de 2012, por un periodo de 48 meses. Contempla la contratación de 2 postdocs y de 8 doctorandos en los distintos nodos.

Desde la OTRI del IAC se llevará a cabo la gestión de esta red bajo la supervisión del Coordinador de la misma, Dr. J. Knapen.

#### *4.f. Conectividad Magnética en la Atmósfera Solar Parcialmente Ionizada (SPIA)*

La OTRI ha asesorado a investigadores del IAC en las convocatorias “Starting Grants” del programa IDEAS publicadas por el Consejo Europeo de Investigación. La propuesta presentada a finales de 2010 por la Dra. E. Khomenko, relacionada con el estudio de la “Conectividad Magnética en la Atmósfera Solar Parcialmente Ionizada (SPIA)”, resultó aprobada y contará con una financiación cercana al 1 millón de euros para el periodo 2012-2016.

Gracias a esta financiación, E. Khomenko liderará un grupo de investigación durante 5 años para impulsar un ambicioso proyecto, iniciado con la obtención de su contrato bajo el programa Ramón & Cajal, y que ahora se verá reforzado con la participación de otros investigadores del IAC, así como la incorporación de nuevo personal.

Desde esta Oficina se prestará el apoyo necesario para la gestión técnica y financiera del proyecto ante el Consejo Europeo de Investigación (ERC).

#### *4.g. CTA (Cherenkov Telescope Array o Red de Telescopios Cherenkov)*

CTA es una iniciativa internacional para la construcción de la nueva generación de telescopios Cherenkov para el estudio del universo en rayos gamma de muy alta energía, impulsada por instituciones de más de 20 países. Ya se ha completado la fase de estudio de diseño (2006-2010) y el proyecto se encuentra ahora en la fase preparatoria (2010-2013) que precede a la fase de construcción (2013-2018). Durante la fase preparatoria se decidirá el diseño exacto de CTA y su emplazamiento. CTA contará con una red de telescopios cubriendo una superficie en torno a un kilómetro cuadrado en el Hemisferio Norte y en torno a diez kilómetros cuadrados en el Hemisferio Sur.

En 2011 la OTRI participó activamente en la preparación de un informe solicitado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con vistas a la candidatura de España a albergar el CTA (Hemisferio Norte) en Tenerife. Esta Oficina, en estrecha colaboración con el resto de instituciones españolas del consorcio CTA, elaboró contenidos técnicos sobre las infraestructuras de apoyo presentes en el Observatorio del Teide así como sobre otros aspectos de valorización como la Calidad del Cielo de Canarias, la caracterización atmosférica, el riesgo geológico y la situación estratégica de Canarias para la comunidad científica europea.

El informe fue presentado al Ministerio MICINN a finales de 2011, constituyendo uno de los elementos clave para formalizar la candidatura de española.

#### *4.h. Programa Marco Europeo de apoyo a la I+D*

La OTRI coordina de manera especial la presentación de propuestas de financiación a las distintas convocatorias del Programa Marco Europeo de apoyo a la investigación, y gestiona además algunos de los proyectos

aprobados en los que el IAC participa con carácter institucional. Además de los indicados de manera especial anteriormente, cabe resaltar también:

**OPTICON** (Optical Infrared Co-ordination Network). Durante el 2011 han continuado las actividades previstas bajo el actual contrato, que se extiende hasta finales de 2012. EL IAC participa en este caso en el programa de acceso, a través del telescopio “Carlos Sánchez” (TCS), y en uno de los paquetes de trabajo de desarrollo tecnológico.

A finales de año, el coordinador del proyecto (Univ. de Cambridge, Reino Unido) procedió a enviar una nueva solicitud de financiación para el periodo 2013-2016, en la que participa también el IAC. Esta solicitud se ha evaluado favorablemente y pasará a la fase de negociación con la Comisión Europea durante 2012 por valor de 8,5 millones de euros.

**SPACEINN** (Exploitation for Space Data for Innovative Helio- and Asteroseismology). El IAC participó a finales de 2011 en esta nueva propuesta bajo el Programa FP7-Espacio, liderada por Alemania, y participada por un total de 18 socios. La propuesta resultó aprobada, y dispondrá de una financiación de 2 millones de euros para los próximos cuatro años.

#### *4.i. Participación en comisiones y grupos de trabajo*

Durante este año, J. Burgos actuó una vez más como Coordinador de la Comisión de Evaluación del Programa de Infraestructuras Científicas y de la Innovación, en el marco del informe de Seguimiento y Evaluación del Plan nacional (SISE), impulsado desde la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

También se puede resaltar la participación de la OTRI en el grupo de trabajo formado desde el Área de Investigación para analizar

la situación actual de las instalaciones telescópicas de Canarias y el futuro de las mismas. El grupo preparó un documento al respecto, que se entregó a finales de año, en el que la OTRI colaboró proporcionando asesoramiento.

## **5.- Otras actividades**

Durante 2011, se han llevado a cabo también otras actividades de diversa índole.

### **5.a. Participación en IAC-Gestión**

El 7 de abril de 2010 se produjo el inicio formal de este importante proyecto para el IAC, que involucra a todas las áreas y a un gran número de personas. Se pretende dotar al IAC de un sistema de gestión integral y transparente, llevando a cabo una compleja reingeniería de procesos, y la implantación de SAP, como herramienta ERP (Enterprise Resource Planning).

La OTRI participa en este proyecto de manera activa, como miembro del Equipo Conductor y usuario clave en el tema de proyectos. Durante 2011 la dedicación a este proyecto ha sido de un 14% del equivalente a una persona; cifra que iguala a la del año anterior. El sistema se pondrá en funcionamiento a principios de 2012, y la OTRI pasará a desempeñar un papel relevante como brazo ejecutor del Grupo de Proyectos.

### **5.b. Otras actuaciones**

- Desde la OTRI se sigue prestando apoyo a la dirección del centro, para avanzar en el proceso de definición y creación del centro tecnológico ligado al IAC. Se ha avanzado en la definición del proyecto constructivo de la sede.

- Se ha colaborado con el Cabildo de La Palma, en relación con el Proyecto ANTARES/-Parque Científico y Tecnológico de La Palma.

- Los audiovisuales producidos por CANARIAS INNOVA, iniciativa de divulgación puesta en marcha por la OTRI del IAC en el periodo 2000-2006, fueron expuestos en el evento "Marte y Sociedad" organizado por el INTA en El Escorial, durante el mes de julio.

- Se participó en las Jornadas de divulgación científica "Astronomízate" organizadas en Los Realejos, con una ponencia sobre megatelescopios.

- Se inició un pequeño estudio de mercado sobre empresas de mecanizados de precisión, que se completará a principios de 2012.





# 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 XXIII 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).

El IAC también participa en los estudios de posgrado (Master, doctorado) que han obtenido la Mención de Calidad del Ministerio de Educación y Ciencia.

Dentro de la actividad docente correspondiente a 2011 se impartieron los cursos y seminarios que se relacionan a continuación:

## CURSOS DE DOCTORADO

### CURSOS IMPARTIDOS DENTRO DEL MASTER DE ASTROFÍSICA

Segundo cuatrimestre del curso académico 2010-11 (febrero a mayo de 2011)

#### I Curso:

"Astrofísica de Altas Energías"  
Dr. I. Pérez Fournon (IAC-ULL)

"Astrofísica Computacional"  
Dres. E. Mediavilla Gradolph (IAC-ULL) y S. Cassisi (INAF)

"Atmósferas Estelares"  
Prof. A. Herrero Davó (IAC-ULL)

"Estructura y Evolución Estelar"  
Dr. F. Pérez Hernández (IAC-ULL)

"Física de la Galaxia"  
Dr. A. Aparicio Juan (IAC-ULL)

"Física Extragaláctica"  
Dr. F. Garzón López (IAC-ULL)

#### II Curso:

"Introducción a la Investigación Astrofísica"  
(Trabajo de fin de Máster)

"Técnicas astrofísicas Nebulosas y Galaxias"  
Dr. I. Pérez Fournon (IAC-ULL)

"Física Solar"  
Dr. M. Collados Vera (IAC-ULL)

"Astronomía Clásica e Historia Astronomía"  
Dra. M.J. Arévalo Morales (IAC-ULL)

"Nucleosíntesis y evolución química"  
Dres. C. Esteban López (IAC-ULL) y L. Carigi (UNAM)

### Primer cuatrimestre del curso académico 2011-12 (septiembre-diciembre de 2011)

#### I Curso:

"Espectroscopía Atómica y Molecular"  
Dres. C.M. Gutiérrez de la Cruz y L. Crivellari (IAC)

"Técnicas de Fotometría Estelar"  
Dres. E. Mediavilla Gradolph (IAC-ULL) y R. Carrera (IAC)

"Métodos de cálculo en Astrofísica"  
Dres. F.J. Pérez Hernández y C. Régulo Rodríguez (IAC-ULL)

MEMORIA  
IAC 2011

225

“Comunicación de resultados científicos y dinámica de la Ciencia”  
Dra. C. del Puerto Varela (IAC) y Prof. J.E. Beckman (IAC-CSIC)

“Relatividad General”  
Dr. J. Cepa Nogué (IAC-ULL)

## **II Curso:**

“Actividades complementarias de Investigación”  
Dres. M.J. Arévalo Morales e I. González Martínez-Pais (IAC-ULL)

“Diseño y calibración de instrumentación astrofísica”  
Dres. R. García López (IAC-ULL) y B. García Lorenzo (IAC)

“Instrumentación Astrofísica avanzada”  
Dres. F. Garzón López (IAC-ULL) y P.L. Hammersley (IAC)

“Técnicas de simulación numéricas”  
Profs. F. Moreno-Insertis (IAC-ULL); J.M. Ibáñez Cabanell y Dr. M.A. Aloy Torás (Univ. de Valencia)

“Técnicas avanzadas de programación”  
Dr. A. de Vicente Garrido (IAC)

“Técnicas de Espectroscopia Estelar”  
Dres. M.J. Arévalo Morales y M. Collados Vera (IAC-ULL); M. García García; A.M. Pérez García; M.J. Martínez González y D. C. Quintero Noda (IAC)

“Física del Plasma”  
Prof. F. Moreno-Insertis (IAC-ULL)

“Nuevas fronteras en Cosmología”  
Dr. J. Betancort Rijo (IAC-ULL)

“Física Estelar avanzada”  
Prof. A. Herrero Davó (IAC-ULL)

“Procesos de Acreción”  
Dr. I. González Martínez-Pais (IAC-ULL)

“Radioastronomía”  
Dres. R.T. Génova Santos y J.A. Rubiño Martín (IAC)

“Exoplanetas y Exobiología”  
Prof. T. Roca Cortés (IAC-ULL); Dres. E. Pallé Bago y M. Vázquez Abeledo (IAC)

“Nebulosas Ionizadas”  
Dr. C.A. Esteban López (IAC-ULL)

“Poblaciones Estelares”  
Dr. A. Aparicio Juan (IAC-ULL)

“Magnetismo y Polarización en Astrofísica”  
Dr. R. Manso Sainz (IAC)

“Sistema Solar”  
Dr. Javier A. Licandro Goldaracena (IAC)

## **CURSOS IMPARTIDOS EN LA LICENCIATURA DE FÍSICA**

### **Segundo cuatrimestre del curso académico 2010-11 (febrero a mayo de 2011)**

“Física Estelar II: Estructura y Evolución Estelar”  
Dr. F. Pérez Hernández (IAC-ULL)

“Física de la Galaxia”  
Dr. A. Aparicio Juan (IAC-ULL)

“Física Extragaláctica”  
Dr. F. Garzón López (IAC-ULL)

“Física Solar”  
Dr. M. Collados Vera (IAC-ULL)

“Cosmología”  
Dr. J. Betancort Rijo (IAC-ULL)

“Técnicas astrofísicas III”  
Dr. I. Pérez Fournon (IAC-ULL)

### **Primer cuatrimestre del curso académico 2011-12 (septiembre a diciembre de 2011)**

“Física de la Materia Interestelar”  
Dr. C.A. Esteban López (IAC-ULL)

“Relatividad”  
Dr. J. Cepa Nogué (IAC-ULL)

“Técnicas Astrofísicas II”

Dres. M.J. Arévalo Morales y M Collados Vera (IAC-ULL); M. García García; A.M. Pérez García; M.J. Martínez González y D. C. Quintero Noda (IAC)

GRADO EN FÍSICA:

**Segundo cuatrimestre del curso académico 2010-11 (febrero a mayo de 2011)**

**I Curso:**

“Física Básica II”

Dr. I. González Martínez-Pais (IAC-ULL)

**Primer cuatrimestre del curso académico 2011-12 (septiembre a diciembre de 2011)**

**I Curso:**

“Computación científica”

Prof. T. Roca Cortés (IAC-ULL); D. J.A. Pérez Prieto; J.R. Sánchez Gallego y P.A. González Morales (IAC)

**II Curso:**

“MM4: Ecuaciones diferenciales y variables complejas”

Dr. I. González Martínez-Pais (IAC-ULL)

LICENCIATURA DE MATEMÁTICAS:

**Segundo cuatrimestre del curso académico 2010-11 (febrero a mayo de 2011)**

“Mecánica celeste”

Dr. C. Lázaro Hernando (IAC-ULL)

“Técnicas de análisis de datos  
Astronómicos”

Dr. P. Rodríguez Gil (ULL)

**Primer cuatrimestre del curso académico 2011-12 (septiembre a diciembre de 2011)**

“Medios continuos”

Dra. E. Khomenko (IAC)

GRADO EN MATEMÁTICAS:

**Primer cuatrimestre del curso académico 2011-12 (septiembre a diciembre de 2011)**

“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 2011 han tenido lugar los siguientes seminarios:

“Globular cluster systems and the origin of early-type dwarfs in Virgo”

Dr. Rubén Sánchez-Janssen (ESO)  
11 de enero

“Exploring the local Universe with Massive Stars”

Dr. Ben Davis (Univ. de Leeds, Reino Unido)  
13 de enero

“The Quest for Gamma-rays in Clusters of Galaxies: Simulations and Observations”

D. Fabio Zandanel (IAA-CSIC)  
20 de enero

“The distribution of gas and star formation in M 81”

D. José Ramón Sánchez Gallego (IAC)  
25 de enero

“SDSS-III: News, Data Access, and Activities at the IAC” 227

Dres. Carlos Allende Prieto e Ismael Pérez-Fournon (IAC)  
3 de febrero

“Ionization of the diffuse gas in galaxies: Hot low-mass evolved stars at work”

Dr. Christophe Morisset (IAC/IA-UNAM)  
10 de febrero

MEMORIA  
IAC 2011

“How simple are galaxies?”

Dr. Yago Ascasibar (Univ. Autónoma de Madrid)

16 de febrero

“Astronomía y paisaje en la tierra de los Hititas”

Dres. César González García y Juan A. Belmonte Avilés (IAC)

22 de febrero

“MAGIC observations and multiwavelength properties of the quasar 3C 279 in 2007 and 2009”

Dr. Karsten Berger (IAC)

1 de marzo

“A search for supermassive binary black holes”

Dña. Mar Mezcuca (MPI für Radioastronomie, Bonn, Alemania)

3 de marzo

“Nitrogen spectroscopy of O-type stars -- On the difficulties to derive reliable abundances”

Dr. Joachim Puls (Univ. Obs. de Munich, Alemania)

15 de marzo

“Dark Matter in Spiral Galaxies: dynamical constraints”

Dr. Alber Bosma (Obs. de Marseilles Provence, OAMP, Francia)

17 de marzo

“Interacting Binary Stars and Stellar Populations”

Dra. Anne Sansom (UCLAN, Univ. Central Lancashire, Reino Unido)

25 de marzo

“PLATO: The ESA Cosmic Vision planetary system characterizer”

Dr. Juan Carlos Suárez Yanes (IAA)

1 de abril

“Are magnetic fields shaping PNe?”

Dr. M. Jesús Martínez González (IAC)

7 de abril

“The dynamical status of galaxy clusters with high X-ray temperature and diffuse radio emissions”

Dr. Rafael Barrena Delgado (IAC)

12 de abril

“Testing the Unification Model for AGN in the Infrared: are the obscuring tori of Type 1 and 2 Seyferts different?”

Dra. Cristina Ramos Almeida (Univ. De Sheffield, Reino Unido)

26 de abril

“Extragalactic background light and its implications for galaxy evolution and gamma-ray Astronomy”

Dr. Alberto Domínguez Díaz (IAA)

28 de abril

“Probing gamma-ray production in relativistic jets of flat spectrum radio quasars”

Dña. Josefa Becerra González (IAC)

3 de mayo

“Spectral Energy Distributions of Single Stellar Populations in the Infrared range”

Dña. Sofía Meneses-Goytia (Kapteyn Inst., Rijkuniversiteit Groningen, Alemania)

12 de mayo

“Galactic Dynamics to Explain Outer Disc Features in Spiral Galaxies”

Dr. Martín López Corredoira (IAC)

17 de mayo

“Evidence of a Distinct Stellar Population in the Counterrotating Core of NGC 1700”

Dr. Alexandre Vazdekis Vazdekis (IAC)

24 de mayo

“Relationship between Hubble type and spectroscopic class in local galaxies”

Dr. Jorge Sánchez Almeida (IAC)

24 de mayo

“Unraveling the Galactic Thick Disk with QUEST- RR Lyrae stars”

Dra. Cecilia Mateu (CIDA, Venezuela)

26 de mayo

MEMORIA  
2011 IAC

228

“Free space quantum teleportation over 144 km”  
Dr. Thomas Herbst (Institute for Quantum Optics and Quantum Information, Austria)  
27 de mayo

“Astronomy in the Middle East - Current Status & Future Challenges”  
Dr. Athem Alsabti (Univ. of London Obs., Reino Unido)  
31 de mayo

“Reconstructing the stellar mass distributions of nearby galaxies using S4G IRAC 3.6 and 4.5 micron images”  
Dra. Sharon Meidt (MPIA Heidelberg, Alemania)  
7 de junio

“Upgrading VIMOS”  
Dr. Peter Hammersley (ESO, Alemania)  
9 de junio

“Imaging polarimetry of circumstellar environments. Science Results of ExPo”  
Dr. Héctor Canovas (Astronomical Inst. Utrecht, Países Bajos)  
13 de junio

“The non-homology - star-formation connection: hints for the solution of the FP problem”  
Dr. Mauro D’Onofrio (Univ. de Padua, Italia)  
17 de junio

“New insight into the T-type planetary mass population in the Sigma Orionis cluster”  
Dña. Karla Yulién-Peña (IAC)  
21 de junio

“Study of the planetary system HD 46375 with CoRoT and ground-based support”  
Dr. Patrick Gaulme (Institut d’Astrophysique Spatiale; Univ. Paris Sud, Francia)  
23 de junio

“Kepler: Are There Any Good Worlds Out There?”  
Dr. Jon M. Jenkins (ARC-SST, SETI Inst., California, EEUU)  
24 de junio

“Galaxy ecology with SDSS”  
Dra. Anna Pasquali (Astronomisches Rechen-Inst., Heidelberg, Alemania)  
14 de julio

“M43, the little sister of the Orion Nebula”  
Dres. Sergio Simón Díaz y Jorge García Rojas (IAC)  
19 de julio

“MUSE, a giant integral field spectrograph; Instrument design, data processing, and science projects”  
Dr. Peter Weilbacher (Leibniz Inst. for Astrophysics, Potsdam, Alemania)  
21 de julio

“The Kepler space mission sheds a new light on variable A- and F-type stars”  
Dra. Katrien Uytterhoeven (IAC)  
26 de julio

“Impact of, and Evidence for, Stellar Migration in Disk Galaxies”  
Dr. Victor Debattista (Univ. of Central Lancashire, Reino Unido)  
29 de julio

“The Scutum-Crux Complex: Tying massive stellar formation with the overall structure of the Milky Way”  
Dr. Carlos González Fernández (Univ. de Alicante)  
2 de agosto

“WEAVE - A new wide-field multi-object spectrograph for the William Herschel Telescope”  
Dr. Marc Balcells Comas (ING)  
12 de septiembre

“How massive galaxies have evolved over cosmic time?”  
Dr. Ignacio Trujillo Cabrera (IAC)  
27 de septiembre

“Discerning the location of the gamma-ray emission region in AGN blazars from multi-messenger observations”  
Dr. Ivan Agudo (IAA)  
4 de octubre

**MEMORIA  
IAC 2011**

**229**

“Facing the Abundance Discrepancy in the Orion Nebula”  
Dr. Adal Mesa (Inst. for Astronomy, Univ. de Hawai, EEUU)  
20 de octubre

“Inflation and the CMB”  
Dra. Mar Bastero (Univ. de Granada)  
26 de octubre

“A decadal survey of AO wavefront sensing detector developments in Europe, the OCAM revolution”  
Dr. Philippe Feautrier (PAG, Grenoble, Francia)  
2 de noviembre

“LCOGT - Time - Domain Astronomy Around the World”  
Dr. Tim Brown (Las Cumbres Obs. Global Telescope Network (LCOGT), California, EEUU)  
5 de noviembre

“Metallicities, Age-Metallicity Relationships, and Kinematics of Red Giant Branch Stars in the Outer Disk of the Large Magellanic Cloud”  
Dr. Ricardo Carrera Jiménez (IAC)  
8 de noviembre

“The anomalous microwave emission in our Galaxy”  
Dr. Ricardo Génova Santos y D. Carlos H. López-Caraballo (IAC)  
10 de noviembre

“Double white dwarfs and the connections between hot subdwarfs, R CrB stars and extreme helium stars”  
Dr. Simon Jeffery (Armagh Obs., Irlanda)  
22 de noviembre

“Mass, metallicity and SFR relationships in star forming galaxies using deep surveys”  
Dra. Maritza Lara-López (Australian Astronomical Obs.)  
24 de noviembre

“Can Voids and Superclusters trace Dark Energy?”  
Dr. Carlos Hernández-Monteagudo (Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón, CEFCA)  
1 de diciembre

“The Hierarchical Origins of Observed Galaxy Morphology”  
Dr. Dave Wilman (Max Planck Inst. for Extraterrestrial Physics, Alemania)  
3 de diciembre

“Novedades de IDL 8 y 8.1”  
D. Imanol Echave Calvo (Exelis Visual Information Solutions)  
14 de diciembre

“GRB 101225A: a stellar murder on Christmas Day”  
Dr. Miguel Ángel Aloy (Univ. de Valencia)  
15 de diciembre

“Progenitors of recent core-collapse supernovae”  
Dra. Nancy Elías de la Rosa (Institut d’Estudis Espacials de Catalunya, IEEC)  
20 de diciembre

## COLOQUIOS IAC

Siguiendo el programa iniciado en 1991, el IAC organiza una serie de conferencias de especial relevancia a las que asiste como invitado un científico de prestigio internacional. Con ello se pretende que los distintos grupos de Investigación tengan una oportunidad complementaria de establecer relaciones con personalidades científicamente relevantes, activas y en vanguardia a nivel mundial. Durante el 2011 tuvieron lugar los siguientes coloquios:

“Star and Galaxy formation, then and now”  
Prof. Tom Abel (Stanford Univ., California, EEUU)  
27 de enero

“Matter under extreme conditions and Heavy Ion Colliders”  
Prof. Antonio Dobado (Univ. Complutense de Madrid)  
24 de enero

“Galaxies and Quasars in the Early Universe: Recent Results and Future Prospects from Sub/Millimeter Observations”  
Dr. Pierre Cox (Inst. de Radioastronomie Millimétrique IRAM, Grenoble, Francia)  
24 de marzo

MEMORIA  
2011 IAC

230

“Measuring Dark Energy with Massive Redshift Surveys”

Prof. David Schlegel (Lawrence Berkeley National Lab., California, EEUU)

14 de abril

“Measuring Black Hole Spin”

Prof. Ramesh Narayan (Natural Sciences, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Massachusetts, EEUU)

19 de mayo

“Stellar dynamics at the centers of galaxies”

Prof. Scott Tremaine (Inst. for Advanced Study, Univ. de Princeton, Nueva Jersey, EEUU)

30 de junio

“New Worlds: The Search for Planets outside the Solar System”

Prof. Scott Tremaine (Inst. for Advanced Study, Univ. de Princeton, Nueva Jersey, EEUU)

1 de julio

“The Formation of Molecular Clouds and Massive Stars”

Prof. Mordecai-Mark Mac Low (Dept. of Astrophysics, American Museum of Natural History, Nueva York, EEUU)

7 de julio

“The Square Kilometre Array: at the Frontiers of Astronomy, Physics and Astrobiology”

Prof. Joseph Lazio (Jet Propulsion Lab., California, EEUU)

22 de septiembre

“Predicting extraterrestrials – and preparing for the worst”

Prof. Simon Conway Morris (Univ. de Cambridge, Reino Unido)

6 de octubre

- Tanausú del Pino Alemán (Univ. de La Laguna)

Proyecto: “Polarización atómica y campos magnéticos en envolturas circunestelares”

Directores: Dres. Javier Trujillo Bueno y Rafael Manso Sainz

- Bartosz Gauza (Univ. de Zielona Góra, Polonia)

Proyecto: “Búsqueda y caracterización por imagen directa de enanas marrones y planetas gigantes alrededor de estrellas”

Directores: Dres. Víctor Sánchez Béjar y Rafael Reboló López

- Marja Kristin Seidel (Univ. Jacobs Bremen, Alemania)

Proyecto: “Unravelling the Nature of Bars & Bulges: observing secular evolution in action”

Director: Dr. Jesús Falcón Barroso

- Paulo Alberto Miles Páez (Univ. Complutense de Madrid)

Proyecto: “Mediciones polarimétricas de atmósferas frías de estrellas a planetas”

Directores: Dres. Enric Pallé Bago y M. Rosa Zapatero Osorio

- Jorge Karolt Barrera Ballesteros (Univ. de Bonn, Alemania)

Proyecto: “Activity phenomena in interacting/merging galaxies”

Directora: Dra. Begoña García Lorenzo

- Jana Polednikova (Univ. Masaryk, República Checa)

Proyecto: “Quasar variability, evolutionary and environmental effects”

Directores: Dres. Jordi Cepa Nogué y Alessandro Ederoclite

MEMORIA  
IAC 2011

## Becas de iniciación a la investigación en Astrofísica 231

## BECAS

### 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:

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 2011 se concedieron becas de verano a los siguientes estudiantes:

- Tanausú del Pino Alemán (Univ. de La Laguna)

Proyecto: "Estudio multi-banda de una muestra de galaxias en interacción"

Directores: Dres. Begoña García Lorenzo; Joan Font y Prof. John E. Beckman

- Miguel Querejeta Pérez (Univ. Complutense de Madrid)

Proyecto: "Exploración del campo de resonancias en los discos de las galaxias"

Directores: Prof. John E. Beckman y Dr. Joan Font

- Ignasi Pérez Ráfols (Univ. de Barcelona)

Proyecto: "VLT/SINFONI Adaptive Optics assisted Integral Field Spectroscopy of nearby Active Galactic Nuclei"

Director: Dr. Francisco Müller Sánchez

- Paula Huelin Merino (Univ. de California, EEUU)

Proyecto: "Uncovering obscured low-luminosity active galactic nuclei"

Directores: Dres. Omaira González Martín, José A. Acosta Pulido y Ana M. Pérez García

- Elena Alegría Nadine Mohn Noh Velastín (Univ. St. Andrews, Reino Unido)

Proyecto: "Star formation in early-type galaxies"

Directores: Dr. Johan Knapen y Prof. John E. Beckman

- Víctor Martínez López de la Reina (Univ. Autónoma de Madrid)

Proyecto: "A library of Stellar spectra based on SDSS observations"

Director: Dr. Carlos Allende Prieto

232 - Cristina Catalán Torrecilla (Univ. Complutense de Madrid)

Proyecto: "Estudio del estado dinámico de una muestra de grupos fósiles de galaxias"

Directores: Dres. Jairo Méndez Abreu y Rafael Barrena Delgado

- Sabine Thater (Univ. de Postdam, Alemania)

Proyecto: "Search for Cataclysmic Variables (CVs) in the EMPhaSSiS Surrey"

Directores: Dres. Alessandro Ederoclite,

Begoña García Lorenzo y Francisco Jiménez

### **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:

- Sebastià Barceló Forteza (Univ. de las Islas Baleares)

Proyecto: "Participación del IAC en la misión COROT"

Director: Prof. Teodoro Roca Cortés

- Irantzu Calvo Santamaría (Univ. de La Laguna)

Proyecto: "Magnetismo solar y espectropolarimetría en Astrofísica"

Directores: Dres. Elena Khomenko y Manuel Collados Vera

- Rodrigo H. Hinojosa Goñi (Univ. Católica del Norte, Antofagasta, Chile)

Proyecto: "Estallidos y su huella en la evolución cósmica de las galaxias"

Directora: Dra. Casiana Muñoz-Tuñón

- Ignacio Martín Navarro (Univ. de La Laguna)

Proyecto: "Galaxias reales y virtuales de primeros tipos: modelos de síntesis de poblaciones estelares"

Director: Dr. Alexandre Vazdekis Vazdekis

- Alba Eva Peláez Santos (Univ. de Oviedo)

Proyecto: "Explotación científica del satélite Planck y puesta a punto del experimento QUIJOTE\_CMB. Participación en el satélite EUCLID"

Director: Dr. José Alberto Rubiño Martín

- Klaüs Simón Rübke Zuñiga (Univ. de Chile)

Proyecto: "Contribución del IAC a las misiones espaciales en el infrarrojo medio y lejano y a la explotación científica multirrango"

Director: Dr. Ismael Pérez Fournon

- Andrea Triviño Hage (Univ. de La Laguna)

Proyecto: "Sismología del Sol y estrellas similares"

Director: Dr. Pere L. Pallé Manzano



# TESIS DOCTORALES

En el 2011 se leyeron 2 tesis doctorales.  
(Ver PRODUCCION CIENTIFICA)

## XXIII ESCUELA DE INVIERNO

### “Evolución Secular de Galaxias”

Este año tuvo lugar la vigésimo tercera edición de la Escuela de Invierno de Astrofísica de las Islas Canarias, cuyo título fue “Evolución Secular de Galaxias”. El IAC contó con el apoyo económico del Ministerio de Ciencia e Innovación. Se celebró del 14 al 25 de noviembre, en el Hotel Beatriz Atlantis & Spa en el Puerto de la Cruz. En esta edición, los cursos fueron impartidos por nueve profesores expertos en distintos aspectos relacionados con la Evolución Secular de las Galaxias. Se impartieron un total de 40 horas de clase y asistieron 82 alumnos de 22 países que actualmente preparan su tesis doctoral, o la han terminado recientemente, sobre un tema relacionado con el de la Escuela. Se concedieron 46 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 doctores Johan Knapen, Jesús Falcón Barroso, César Esteban 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:

**ORGANIZING COMMITTEE**  
J. Falcón Barroso  
J. H. Knapen  
C. Esteban  
F. Sánchez  
Contact:  
Ms. L. González Pérez  
winter@iac.es

XXIII Canary Islands Winter School of Astrophysics  
**Secular Evolution of Galaxies**  
Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain. 14th - 25th November 2011

**TOPICS AND LECTURERS**

- Theory of Bars, Rings and Spirals  
L. Athanassoula (CIAMP, France)
- Galactic Dynamics  
J. Binney (Oxford University, United Kingdom)
- Morphology of galaxies  
R. Buta (University of Alabama, USA)
- Star Formation & Dust  
D. Calzetti (University of Massachusetts, USA)
- Stellar Populations  
R. J. Peletier (Kapteyn Astronomical Institute, The Netherlands)
- Observing Secular Evolution in Nearby Galaxies  
J. Kormendy (University of Texas Austin, USA)
- Observing Secular Evolution in Distant Galaxies  
M. Swain (Caltech, USA)
- Cosmological Galaxy Evolution  
I. Shlosman (University of Kentucky, USA)
- The Evolving Interstellar Medium  
J. van der Kruit (Columbia University, USA)

<http://www.iac.es/winterschool/2011>  
The application deadline is June 15, 2011.

MEMORIA  
IAC 2011

233



*Foto de grupo de los asistentes a la vigésimo tercera Escuela de Invierno de Astrofísica de las Islas Canarias.*

THEORY OF BARS, RINGS AND SPIRALS

Lia Athanassoula, Lab. de Astrophysique de Marsella, Francia

MORPHOLOGY OF GALAXIES

Ronald J. Buta, Univ. de Alabama, EEUU

STAR FORMATION AND DUST

Daniela Calzetti, Univ. de Massachusetts, EEUU

SECULAR EVOLUTION IN NEARBY GALAXIES

John Kormendy, Univ. de Texas at Austin, EEUU

SECULAR EVOLUTION IN DISTANT GALAXIES

Nick Scoville, California Inst. of Technology, EEUU

COSMOLOGICAL GALAXY EVOLUTION

Isaac Shlosman, Univ. de Kentucky, EEUU

STELLAR POPULATIONS

Reynier F. Peletier, Kapteyn Astronomical Inst., Países Bajos

THE EVOLVING INTERSTELLAR MEDIUM

Jacqueline van Gorkom, Univ. de Columbia, Nueva York, 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. Durante 2011 ha sido necesario adaptar la gestión a las directrices del Texto Refundido de la LCP.

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.

Durante el 2011 además de las actividades asociadas a las responsabilidades de la Administración, el personal de la Gerencia Administrativa ha continuado su participación activa en el Proyecto IAC-GESTIÓN. Todo el equipo ha tenido participación directa en el

diseño (BBP) de la presupuestaria, finanzas, tesorería, fondos externos, compras y contratación administrativa.

Los usuarios claves han realizado la revisión de manuales e impartido la formación correspondiente a su ámbito.

En cuanto a la formación, el personal de la Gerencia Administrativa ha asistido a seminarios relacionados y recibido formación relacionada con el proyecto IAC-GESTIÓN.

Durante 2011 se ha puesto en funcionamiento el Plan General de Contabilidad Pública (PGCP) y la migración del SIC'2 (Sistema de Información Contable) de la Administración General del Estado al SIC'3.

### 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 mantenimiento preventivo se realizaron numerosos trabajos en el interior y exterior del edificio.

- Medidas preventivas en el interior del edificio. Se cambiaron todos los cristales de las ventanas altas del aula, taller de electrónica, biblioteca y corralón por cristales de seguridad.

- Se instalaron cámaras de seguridad en el exterior del edificio y se pusieron en marcha las grabaciones de video-vigilancia, respetando los protocolos exigidos por la Ley Orgánica de Protección de Datos.

- En cuanto a mejoras en las instalaciones, se realizó un ampliación de la red de agua fría para dar servicio a los fan-coil de las áreas sensibles de investigación y enseñanza, se realizaron acometidas nuevas desde las UPS y el cuadro eléctrico general hasta el Centro de Proceso de Datos y se modificó la acometida general al Grupo Electrógeno.

Por otra parte, a lo largo del 2011 se llevó a cabo la preparación de un contrato de arrendamiento a Telefónica, en el que se engloban todas las instalaciones que Telefónica viene disfrutando desde hace años en los dos observatorios y sobre las que existían acuerdos parciales.

## OBSERVATORIO DEL TEIDE

El Observatorio del Teide recibió durante 2011 un total de 4.391 visitantes. Las Jornadas de Puertas Abiertas del año 2011 se realizaron los días 24 y 25 de junio con una afluencia total de 1.250 personas, viernes 24 de junio = 450 y sábado 25 de junio = 800. 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 (GOAT, Alpha Cygni, IES San Hermenegildo) con telescopios para la observación solar junto al MONS.
- Voluntarios en las instalaciones:
  - Telescopio Themis (5 personas)
  - Laboratorio Solar (16 personas)
  - Telescopios nocturnos IAC-80, TCS y OGS (10 personas)
  - Telescopio Bradford (4 personas)

Las Jornadas transcurrieron sin ningún tipo de incidencia.

### Plan de ahorro y eficiencia energética en el OT 2004/2011

- Instalación de un sistema técnico de control (TAC), con el que gestionar y controlar la climatización en todas las dependencias de la Residencia, teniendo en cuenta la ocupación de las habitaciones. Cuando las habitaciones están vacías se desconecta la climatización, la electricidad y el agua evitando cualquier consumo.

- Instalación de una caldera de última generación. Esta caldera está clasificada en la categoría de "gran rendimiento", conforme a la normativa vigente, obtenida con la optimización del intercambio térmico y con un aislamiento completo de las superficies exteriores.

- Instalación de sistema de paneles solares para climatización y agua caliente en la Residencia de Estudiantes (antigua Casa Solar).

- Cambio progresivo de lámparas en todos los edificios del Observatorio adaptándolas a sistemas de bajo consumo.

- Instalación de detectores de presencia en zonas comunes con el fin de evitar iluminación sin personas.

- Instalación de grifos de lavabos con control de activación por sensor (habitaciones Residencia/anexos y baños del MONS).

- Instalación de dos sistemas de producción eléctrica fotovoltaica:

Sistema1. Instalación monofásica piloto de 3,9 Kw, generando un promedio de 8.500 Kw/año, inyectados a la red de consumo de la Residencia.

Sistema2. Instalación trifásica de 10 Kw, generando un promedio de 25.600 Kw/año, inyectados a la red de consumo del OT.

Durante el año 2011 se ha continuado la realización de simulación de emergencias médicas (actuaciones de primera intervención), coordinadas por la empresa SUAD24).

### Obras civiles

Durante el mes de octubre finalizan las obras civiles de las siguientes instalaciones: Las Cumbres Observatory Global Telescope Network (LCOGT) y una torre de site-testing diurna (situada en las inmediaciones de GONG).

## OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS

El número de visitantes que accedieron a las instalaciones del Observatorio durante el año 2011 fue de 8.216 personas (6.591 en 2010), lo que supuso un aumento de un 24,65% con respecto al año anterior. De ellas, 4.693 lo hicieron en alguno de los 142 días en los que se organizaron "Visitas Concertadas", siendo el primer año en el que se reciben grupos de visitas particulares durante todos los meses del año. Nuevamente el telescopio GTC se convirtió en el más visitado al recibir 5.607 personas, asumiendo dos terceras partes del total de visitas recibidas por los telescopios, seguido de los telescopios MAGIC y WHT con 3.022 y 1.603 respectivamente. Es de destacar asimismo la visita de 1.436 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 615 alumnos de 14 centros y otro curso más, ha sido un ejemplo de colaboración de astrónomos de las diferentes Instituciones Usuarías del Observatorio que dieron las charlas en los centros y efectuaron talleres y visitas guiadas al Observatorio. Los 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:

- Culminaron los trabajos de instalación del telescopio Superwasp Qatar Follow-up Telescope (SQFT).

- Comenzaron los trabajos del edificio anexo al telescopio Liverpool.

- Finalizaron los trabajos de instalación del experimento CILBO (Canary Island Double-Station Observatory) gestionado por ESA.

- Se procedió al desmontaje y retirada de la torre DIMM y contenedor ubicados en la zona de los telescopios MAGIC. También se desmontó la estación de caracterización del cielo ubicada en la zona de Las Lajitas y la torre que albergó la instrumentación para la caracterización del ATST en las inmediaciones de la Torre Solar Sueca. Todas estas zonas fueron restauradas para dejarlas en sus condiciones naturales originales.

- Se ejecutaron los trabajos para la renovación de las habitaciones de la planta alta de la Residencia (201 a 208).

- Se realizó el acondicionamiento y supresión de barreras arquitectónicas para la entrada de la Residencia del Observatorio, así como la reserva de un espacio de aparcamiento para discapacitados.
- Se renovaron las instalaciones de calderas para la calefacción y agua caliente del edificio de la Residencia.
- Se acometieron obras de mejora en la sala IBERCOM del Observatorio para la incorporación de nuevos equipos para la RedIRIS Nova.
- Se completaron los trabajos de acondicionamiento para establecer una zona de almacenamiento y clasificación de residuos

no peligrosos del Observatorio, previo a su transporte a vertederos autorizados.

- Entró en funcionamiento la nueva depuradora del telescopio TNG con la implementación de un sistema más eficiente de aireación, dándose por culminados los trabajos de renovación de todas las depuradoras del Observatorio.

- Se ha llevado a cabo por parte del personal del IAC, la formación en Primeros Auxilios, Urgencias y Emergencias con la utilización de desfibriladores y diverso material específico para este tipo de situaciones, impartido por una empresa externa especializada en este tipo de asistencias.

## CENTRO DE ASTROFISICA DE LA PALMA

En la actualidad las Instituciones que utilizan las instalaciones del CALP de forma permanente son las siguientes: IAC, GTC, MAGIC.

Dentro de las actividades realizadas en el CALP durante el año 2011 destaca la realización de la obra civil, instalación del equipamiento y nuevo cableado de fibra óptica que permitirá ampliar considerablemente el actual ancho de banda, para la transmisión de datos entre el CALP y la Sede Central del IAC en La Laguna. Además por parte de RedIris, se procedió a instalar el equipamiento adecuado para soportar estos nuevos enlaces que entrarán en operación a lo largo del año 2012.

Se colaboró de forma activa, en diversas tareas relacionadas con divulgación, cursos

y Congresos, celebrados en La Palma entre los que se puede destacar, el Concurso Internacional de Astrofotografía 2011 organizado por el Cabildo Insular de La Palma, el IV Congreso de Ciencia con GTC, el Starmus Festival, el Congreso IWINAC 2011, el I Curso para la Capacitación de Guías Starlight y el programa de divulgación destinado a todos los alumnos de 4º de la ESO de la isla de La Palma.

Se ha fomentado la visita al Nodo de Supercomputación La Palma ubicado en el CALP, para aquellos centros escolares de la Isla que imparten ciclos formativos de informática. A estas visitas asistieron un total de tres centros y 80 alumnos.

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

MEMORIA  
2011 IAC

238 La OTPC ha continuado con las labores de emisión de informes técnicos e inspección a instalaciones de alumbrado. Respecto al 2010, este año se han realizado 166 inspecciones (232% más) y se han formulado 89 denuncias (ninguna en 2010) y se ha reducido un 19% el número de informes técnicos (154). Los registros de salida han aumentado un 41% (298) y los de entrada se han reducido un 0,5% (163), el número

de correos electrónicos para consultas fue de 809 mensajes (11% más que el 2010) (593 en consultas a instalaciones y 216 de luminarias).

Durante el 2011 se realizó una tercera fase de adaptación del alumbrado público con fondos del Ministerio de Ciencia e Innovación para Mazo y Puntagorda. La actuación se terminó oficialmente faltando sin embargo,

adaptar algunas zonas previstas en la subvención en el municipio de Mazo.

Se ha continuado con las mediciones periódicas del fondo del cielo con el fotodiodo (filtro V). La media antes y después de media noche en el OT (3 medidas) ha sido de 21,17//21,64 (similar al año anterior) y en el ORM se ha realizado con la colaboración del Grupo de Astrónomos de Soporte.

A finales de noviembre se instaló en el OT el nuevo instrumento de medida automática del fondo del cielo "ASTMON". Tras su puesta en marcha han empezado las mediciones. El instrumento memoriza los datos del brillo del cielo cada 17 minutos en los filtros V, R, B, U en noches sin Luna e indica si la noche es fotométrica en cada una de las medidas. Los datos son coherentes con los históricos.

En 2011, la Jefatura Provincial de Telecomunicaciones no ha realizado mediciones de campo eléctrico.

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 2011

### Divulgación

- Charla en el Colegio Santa Rosa de Lima, Dominicas, La Laguna, sobre contaminación lumínica, febrero.
- Charla en el Colegio Pureza de María de Santa Cruz de Tenerife sobre contaminación lumínica, marzo.
- Ponencia "La Ley del Cielo de Canarias, Objetivos y Experiencias", organizado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, en Sevilla, marzo.
- Asistencia al XXXVII Simposium Nacional de Alumbrado del CEI en Santander, mayo.
- I Encuentro Internacional de Administraciones con regulación en materia de contaminación lumínica en

Almería, organizado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, noviembre.

- Impartición del Curso Starlight sobre prevención de la Contaminación Lumínica organizado por la Fundación Starlight con la colaboración de la Reserva de Biosfera de Fuerteventura, noviembre.
- Revisión de los cuadernos técnicos sobre normas, recomendaciones y criterios a tener en cuenta en el alumbrado de exteriores (Rev.2012).

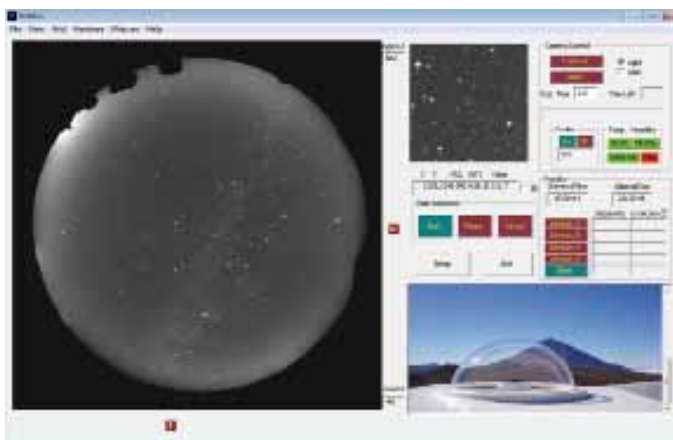
### Colaboraciones

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 en la elaboración y revisión de los documentos de las Reservas STARLIGHT.

La OTPC se ha integrado dentro del grupo de trabajo internacional de administraciones para la protección del cielo nocturno coordinado por Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

### Medidas, Control y Calidad

Medidas del fondo del cielo: Se continúa con las medidas usando el fotodiodo y el nuevo instrumento "All Sky ASTMON.



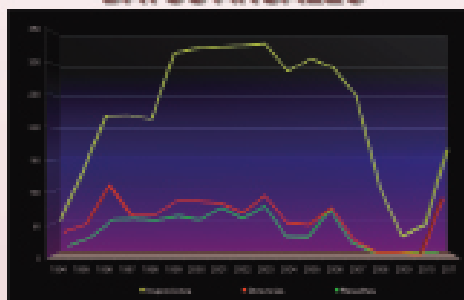
Pantalla del instrumento de medidas de fondo de cielo ASTMON e imagen.

## INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR

### EVOLUCIÓN DE INSPECCIONES Y DENUNCIAS 1994-2011

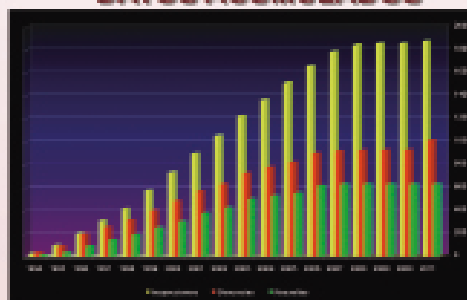
AÑO	Inspecc.	Denuncias	Resueltas
1994	58	36	10
1995	138	49	24
1996	217	110	52
1997	218	61	54
1998	212	61	51
1999	314	64	56
2000	321	84	62
2001	323	81	71
2002	328	68	64
2003	328	93	74
2004	286	50	25
2005	308	47	24
2006	291	74	68
2007	248	23	15
2008	110	4	0
2009	32	4	0
2010	50	0	0
2011	166	89	0

DATOS ANUALES



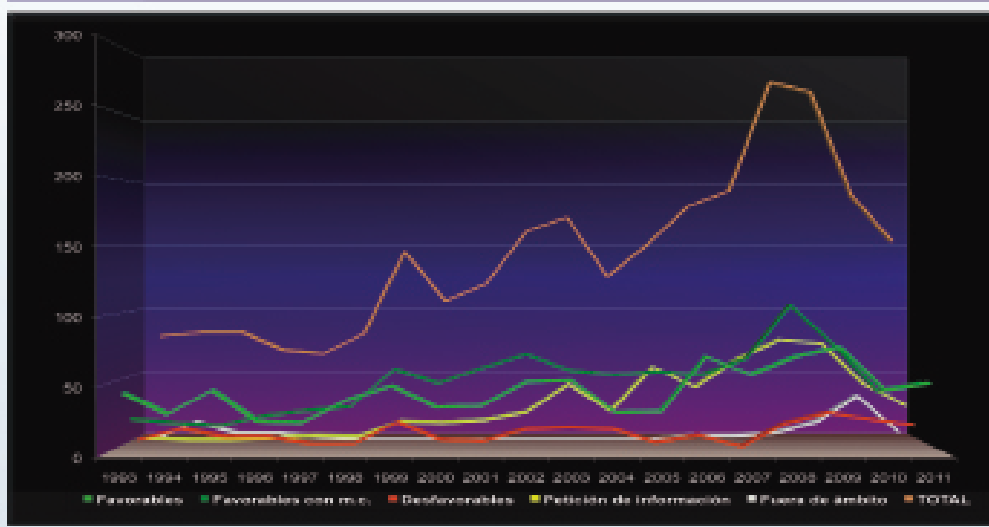
AÑO	Inspecc. (x3)	Denuncias	Resueltas
1994	28	36	10
1995	95	65	34
1996	203	165	86
1997	312	266	140
1998	418	317	191
1999	675	401	249
2000	736	485	301
2001	897	566	372
2002	1060	632	429
2003	1224	726	500
2004	1367	775	525
2005	1520	822	549
2006	1695	895	617
2007	1769	919	632
2008	1844	923	632
2009	1860	927	632
2010	1885	927	632
2011	1930	1016	632

DATOS ACUMULADOS



### EVOLUCIÓN DE INFORMES TÉCNICOS 1993-2011

INFORMES	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Favorables	45	30	47	25	34	40	50	35	36	51	64	91	30	77	98	71	73	41	52
Favorables con m.c.	24	21	14	28	30	33	69	90	81	71	89	98	58	99	81	107	73	44	90
Desfavorables	1	14	1	1	3	7	19	8	5	14	15	14	4	9	1	11	28	21	17
Petición de información	4	3	3	4	6	1	17	16	18	24	45	28	48	43	64	73	75	45	26
Fuera de ámbito	1	14	1	1	2	*	*	*	*	*	*	*	*	3	3	5	14	14	1
TOTAL	75	82	65	59	75	111	146	161	166	192	266	282	282	322	344	381	272	201	284





# EJECUCIÓN DEL PRESUPUESTO 2011

## GASTOS

DESTINO FONDOS	(Miles de €)	
- Personal	11.735,24	
- Funcionamiento (suministros y m. fungible)	2.710,89	
- Financieros	8,13	
- Transferencias corrientes	840,51	
- Inversiones reales	6.056,38	
- Activos financieros	85,00	
- Pasivos financieros	66,07	
- Compras	2.523,45	
<b>TOTAL GASTOS</b>		<b>24.025,67</b>
<b>VARIACION FONDO MANIOBRA</b>		<b>1.281,86</b>

## FINANCIACIÓN

ORIGEN FONDOS	(Miles de €)	
<b>PRESUPUESTARIOS</b>		<b>14.509,86</b>
- Administración del Estado	11.597,18	
- Comunidad Autónoma	2.912,68	
<b>OTROS</b>		<b>10.797,67</b>
- Contratos, acuerdos, etc. con financiación externa	8.153,52	
- Venta de servicios y otros	2.644,15	
<b>TOTAL FINANCIACION</b>		<b>23.307,53</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 2010

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.

A lo largo de su vida ha experimentado dos grandes cambios de diseño, el último de los cuales se realizó en noviembre de 2011. Esta renovación, que tuvo en cuenta criterios de usabilidad, llegó acompañada por nuevas funciones y utilidades, así como por un ampliado sistema de edición de la página. Estéticamente, fue una apuesta por trocar los colores oscuros, tradicionalmente asociados a la Astrofísica, por otros más claros.

MEMORIA  
IAC 2011

243

Por causas ajenas al personal de la publicación, “caosyciencia” sufrió en 2011 un paréntesis en su actividad de cuatro meses. Debido a ello, los valores estadísticos de consulta de la página están incompletos y para obtener resultados anuales ha sido necesario estimarlos. Las cifras resultantes han sido las siguientes: 180.236 visitas a la publicación; 128.914 lecturas de artículos; 34.278 visualizaciones de vídeos, 50.398 de animaciones y 91.311 de imágenes.

Entre las revistas enviadas este año se pueden citar como ejemplo “Planetario portátil: cuando el cielo baja a la Tierra”; “Crónicas del Universo: un nuevo hogar”; “Grandes figuras de la ciencia: Marie Sklodowska-Curie”; “Historia de la detección del agujero negro XTE J1859+26”; “Siete años en Saturno”; ¿Qué edad tiene la Tierra? Comienza la batalla - fin de la batalla”, etc. En 2010 se inició la sección “especial astrofísicos” en la que distintos investigadores del IAC responden a la pregunta ¿Por qué alguien se hace astrofísico?; este año hemos sabido por qué son astrofísicos: J.A. Belmonte, V. Martínez Pillet, I. González Martínez-Pais, C. Muñoz-Tuñón, J.A. Rubiño, J. Licandro, I. Trujillo, M. Vázquez, A. Herrero, J. Casares, M. López Corredoira, C. Régulo, E. Mediavilla, C. Allende y M. Prieto. En 2011, en lo que a los contenidos se refiere, cabe destacar el comienzo de la nueva serie de entrevistas a jóvenes investigadores “El futuro de la Astrofísica”.

La dirección es <http://www.caosyciencia.com/>

## CARTELES

MEMORIA  
2011 IAC

244

El IAC ha editado a lo largo del año 2010 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.

- XXIII Canary Islands Winter School of Astrophysics “Secular Evolution of Galaxies” (“Evolución Secular de Galaxias”). Organizada por el IAC, contó con el apoyo económico del Ministerio de Ciencia e Innovación. Se celebró en el Hotel Beatriz Atlantis & Spa en el Puerto de la Cruz (Tenerife), del 14 al 25 de noviembre.

## FOLLETOS

- La Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC) del IAC, elaboró una “Guía Práctica de Iluminación de Exteriores” en colaboración con la Oficina de Protección del Cielo de Chile con el objetivo que sea difundida con el apoyo de la UNESCO en inglés y español.

- La Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) ha impulsado la edición y distribución del catálogo sobre los servicios, capacidades, medios y proyectos más representativos del área más tecnológica del IAC, en versión inglesa. Este catálogo será de gran utilidad como punto de partida sobre las potencialidades del IAC para la creación del nuevo centro tecnológico.

El catálogo, tanto en su versión española como inglesa, ha sido distribuido entre diferentes entidades, muy especialmente en el sector empresarial.

- La Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) del IAC ha publicado y distribuido un informe sobre aspectos técnicos y socio-económicos “EST: Telescopio Solar



Europeo de gran apertura en las Islas Canarias”, informe que puede resultar de valor para la toma de decisiones a la hora de poner en marcha esta iniciativa europea de colaboración científica

transnacional, de la viabilidad financiera del

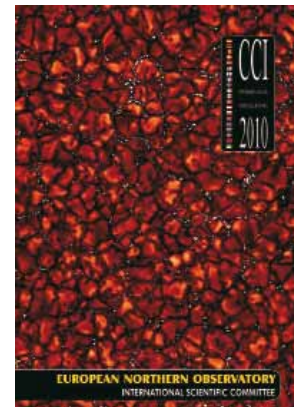
proyecto realizando un análisis de impacto socio-económico derivado de la instalación y operación del EST en Canarias.

## 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 2010 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/cci>



## 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 2011.

### 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 2011 un total de 50 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 **325 consultas** de medios de comunicación.

Por correo electrónico: se atendieron, aproximadamente, unas **200 solicitudes** de medios de comunicación vía e-mail.

#### *Peticiones de material audiovisual*

A lo largo del año se atendieron un total de **45 solicitudes** de material audiovisual.

#### *Visitas para hacer reportajes*

Los Observatorios recibieron un total de **85 visitas** de medios de comunicación a lo largo del año, lo que significa alrededor de 7 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.

## INFORME SEMANAL (TVE)

El 14 de noviembre de 2011 se emitió en el programa Informe Semanal de TVE un reportaje que, bajo el título “Espías del Universo”, informaba sobre la actividad científico-tecnológica del IAC y del reconocimiento a su excelencia a través de la distinción Severo Ochoa.



En la emisión del programa se anunció que el Dr. Alfred Rosenberg, asesor científico del Gabinete, charlaría en directo con los internautas de la página de RTVE el lunes 16 de noviembre.

## LOS OFICIOS DE LA CULTURA (TVE)

A través de la estudiante Rosa Clavero, estudiante del Máster de Astronomía en la Universidad de La Laguna, se muestra cómo es la profesión de astrónomo gracias a varios encuentros con científicos e ingenieros que trabajan en el Instituto de Astrofísica de Canarias. El programa se emitió el sábado 14 de noviembre a las 19:00 (hora canaria) por la 2 de TVE.



## CONTRATOS Y CONVENIOS ENTRE EL IAC Y OTROS ORGANISMOS EN MATERIA DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

Se han suscrito los siguientes contratos/ convenios:

- Convenio de Colaboración entre Canarias Cultura en Red y el Instituto de Astrofísica de Canarias, para la financiación mediante contrato de patrocinio, para la presencia en ferias dedicadas a la divulgación de la ciencia, en el marco del Programa SEPTENIO (adenda 2011).

- Convenio de colaboración entre el Instituto Cervantes y el Instituto de Astrofísica de Canarias para la impartición de charlas divulgativas de científicos en sus sedes por todo el mundo.

- Acuerdo con el Centro Cultural Internacional Óscar Niemeyer para la cesión de materiales divulgativos del IAC destinados a sus exposiciones, tanto permanente como itinerante.

- 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 mecenazgo de la Caixa.

## EXPOSICIONES Y FERIAS

En el año 2011, 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.

## TELESCOPIO GTC. PEDRO ÁLVAREZ

24 de febrero al 6 de marzo, Sala Prebendado Pacheco (Tegeste, Tenerife)

El 24 de febrero tuvo lugar la inauguración de la exposición dedicada al Proyecto Gran Telescopio CANARIAS (GTC ) y especialmente a la figura del Dr. Pedro Álvarez Martín, que en la actualidad desempeña el cargo de Director de la empresa pública GRANTECAN, S.A., creada específicamente para llevar a cabo la construcción del telescopio GTC.

*El Dr. Pedro Álvarez Martín, Director de GRANTECAN S.A. con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) al fondo.*



Objetivos que perseguidos con la exposición:

- Informar a los vecinos de Tegeste que el telescopio GTC es una realidad, está en marcha y en explotación científica, así como el interés por parte de la alcaldía por la difusión de la Astronomía y la cultura científica
- Resaltar que detrás de un gran proyecto científico hay personas que trabajan para impulsarlo y ejecutarlo, destacando la gran labor del Director de GRANTECAN, S.A.
- Promocionar la calidad del cielo de Canarias
- Fomentar la cultura científica en la población del municipio de Tegeste
- Realzar el telescopio GTC como valor industrial, tecnológico y de cultura científica para su entorno
- Generar información positiva para los ciudadanos sobre el Proyecto GTC y la Astronomía que se desarrolla en Canarias



El día de la inauguración asistieron **200 personas** vinculadas al mundo de la política, la cultura y la ciencia. Durante dos semanas los estudiantes de Tegeste (sobre **1.000 alumnos**) visitaron la sala expositiva.

## AULA 2011

2 al 6 de marzo, Recinto Ferial de Madrid

Del 2 al 6 de marzo se celebró "AULA 2011", la Feria Internacional del Estudiante y de la Oferta Educativa que fue inaugurada por la Infanta Doña Elena y el Ministro de Educación, D. Ángel Gabilondo.

AULA 2011 fue la edición número 19 de esta feria y la más importante cita anual relacionada con la educación y la formación que se celebra en España.

El IAC estuvo presente con un stand propio para la promoción del cielo de Canarias y de las salidas profesionales vinculadas con la Astrofísica. Aula reunió a **116.000 visitantes**.

Más información en: Inauguración AULA 2011: <http://www.youtube.com/watch?v=EHFMUkY9VO0> y <http://www.ifema.es/ferias/aula/default.html>



*Instantáneas de "Aula 2011" celebrada en el Recinto Ferial de Madrid.*

## FORO INNOVACIÓN

24 y 25 de marzo, Centro Internacional de Ferias y Congresos, S/C de Tenerife

Tras el éxito de la primera edición, el Programa TF Innova 2008-2011 en colaboración con el Parque Científico y Tecnológico de Tenerife, organizó el "II Foro InnovAcción, si cre@s puedes", que se celebró los días 24 y 25 de marzo de 2011, en el Recinto Ferial de Tenerife, con el objetivo de presentar la cultura de la innovación, el desarrollo tecnológico, la emprendeduría tecnológica y la creatividad como estrategias que repercuten en el aumento de la competitividad y en el beneficio y sostenibilidad de la sociedad insular.

**MEMORIA  
IAC 2011**

**247**

Estuvo dirigido, principalmente, a empresas con interés en conocer cómo innovar, empresas innovadoras y/o de base tecnológica, emprendedores, investigadores, inversores, estudiantes, y personas que promueven la innovación en el ámbito local.

El foro llegó a más de **80.000 personas** entre visitantes y redes sociales (las publicaciones en Facebook fueron visualizados más de **54.000 veces** y los mensajes en Twitter llegaron a más de **27.000 personas**)

Más información en: <http://foroinnovacion.es/>



Vista parcial del Stand del IAC en el Foro Innovación

## 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.

En el 2011 centramos nuestras actividades divulgativas en dos ferias:

MEMORIA  
2011 IAC  
248

### Feria de Tenerife

17 al 19 de noviembre, Campus de la Universidad de La Laguna

### Feria de Gran Canaria

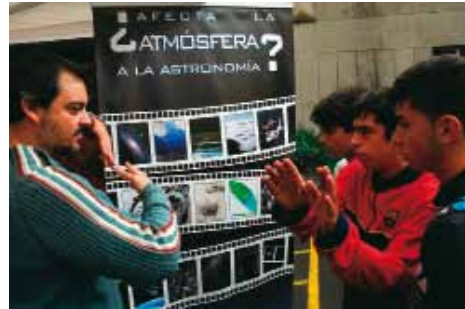
24 al 26 de noviembre, Parque de Santa Catalina (Las Palmas de Gran Canaria)

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. Se estima en unas **10.000 personas** las que visitaron estas ferias.

Se presenta algunas de las actividades organizadas en: <http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=16&id=703/>

**Taller “¿Afecta la atmósfera a la astronomía?”**. Las actividades de este taller pusieron de manifiesto los efectos de la turbulencia atmosférica en la propagación de la luz, facilitando la comprensión del porqué de la ubicación de los observatorios astronómicos, o de la instalación de telescopios orbitales en satélites artificiales, como el Hubble. Impartido por *Julio Castro*.



**Taller “El espectro electromagnético”**. Jóvenes y adultos, mediante simples experiencias, pudieron acceder a conocer los fundamentos físicos de la investigación astrofísica. Actividad conducida por *Sara González*.





**Taller “Astrofotografía”.** El astrofotógrafo *Daniel López* mostró a estudiantes de secundaria cómo rentabilizar una cámara digital (con o sin telescopio) para captar la belleza de la noche estrellada canaria.

**Taller de telescopios para amigos de la astronomía.** Astrónomos aficionados mostraron cómo se usa un telescopio y realizaron observaciones en directo del Sol. En La Laguna, los responsables de esta actividad fueron los miembros del *Grupo de Observadores Astronómicos de Tenerife (GOAT)* y en Las Palmas la *Agrupación Astronómica de Gran Canaria*.

**Taller y exposición de meteoritos.** La *Agrupación Astronómica de Gran Canaria* divulgó la ciencia de los meteoritos a través de paneles explicativos y de su propia colección.

**Charla “El IAC una ventana al Universo”.** Gracias a la charla impartida por *Nayra Rodríguez* se mostró la actividad investigadora y divulgativa que se desarrolla en el IAC.

**Charla “Grandes espectáculos del Cielo”.** El Sol, nuestra estrella, propicia espectáculos de la naturaleza de gran belleza. Un ejemplo son las auroras boreales, que con el aumento de la actividad solar, pudo disfrutar una expedición canaria en el Sur de Groenlandia dirigida por el divulgador *Miquel Serra*.

**Charla “Ingenierías: salidas profesionales en astrofísica”.** La investigación astrofísica lleva aparejada el desarrollo de tecnología. De este modo, en el Instituto de Astrofísica de Canarias conviven científicos y tecnólogos, con el objetivo de resolver desafíos científicos e instrumentales. Charla impartida por *Nieves Castro*.

## **FERIA DE LA CIENCIA DE LA OROTAVA**

13 de noviembre, Plaza de la Constitución de La Orotava, Tenerife

El 13 de noviembre se celebró en la Villa de La Orotava la VIII FERIA DE LA CIENCIA. La Plaza de la Constitución acogió esta nueva edición con un planetario digital, talleres, stand de centros de investigación (entre los que se encontraba el IAC).



Unas **5.000 personas** pudieron disfrutar de talleres, charlas y el contacto directo con profesionales del mundo de la ciencia.

## **EXPOSICIÓN “EL IAC: DESDE SU ORIGEN AL GRAN TELESCOPIO CANARIAS”**

22 al 29 de noviembre, Convento de San Francisco, Santa Cruz de La Palma

El IAC, en colaboración con Sodepal y los Centros de Profesores de la Isla de La Palma, organizó la exposición titulada “*El IAC: Desde su origen al Gran Telescopio CANARIAS*”. En esta exposición se realizó un recorrido que 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.

Además, los asistentes fueron invitados a la proyección del documental “*Pioneros de la Astronomía en Canarias*” donde pudieron 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.

A esta exposición asistieron unas **1.000 personas**, entre alumnos y profesores palmeros así como público en general.

## PROYECTOS DE COLABORACIÓN CON EL MUSEO DE LA CIENCIA Y EL COSMOS DEL CABILDO DE TENERIFE



- Conferencia “Black Holes” (“Agujeros Negros”), a cargo de Ramesh Narayan, (Univ. de Harvard, Massachusetts, EEUU), invitado por el IAC. En inglés, con traducción simultánea.



- Conferencia “Nuevos mundos: La búsqueda de planetas fuera del Sistema Solar”, a cargo de Scott Tremaine (Inst. de Estudios Avanzados de la Univ. de Princeton, Nueva Jersey, EEUU), invitado por el IAC. En inglés, con traducción simultánea.



- Conferencia “¿Por qué la evolución de los seres humanos ha sido inevitable?”, a cargo de Simon Conway Morris (Univ. de Cambridge, Reino Unido), invitado por el IAC. En inglés, con traducción simultánea.



- Conferencia “Astronomía desde el espacio: 20 años de descubrimientos”, a cargo de Daniela Calzetti (Univ. de Massachusetts, EEUU), invitada por el IAC a la XXIII Canary Islands Winter School of Astrophysics sobre “La evolución Secular de Galaxias”. En inglés, con traducción simultánea.

- Taller de Espionaje Cósmico. Primer curso de observación celeste, manejo básico de telescopios y principios de astrofotografía del Museo de la Ciencia y el Cosmos. En el marco de las Semanas de la Ciencia y la Innovación en Canarias 2011, el Museo y la

Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias, en colaboración con el IAC, promovieron el primer curso de observación celeste, manejo básico de telescopios y principios de astrofotografía de este Museo, impartido por el astrofotógrafo Pablo Bonet. Este “Taller de Espionaje Cósmico”, gratuito pero limitado a las primeras 50 personas que se inscribieron, tuvo una duración de siete días, con sesiones en el Museo y prácticas en el Observatorio del Teide.



- 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 que deberá estar finalizado en 2012.

- Colaboración con el Máster Oficial en Astrofísica de la ULL/IAC para la realización de prácticas en el Museo.

- Asesoramiento científico y técnico del IAC para proyectos e instrumentos del Museo.

## 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.

Innovar en la difusión y explicación a la sociedad el quehacer de nuestra actividad investigadora conlleva innovar, a su vez, en las herramientas divulgativas que usamos.

### TeleAstronomía

Este proyecto divulgativo del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) lleva en funcionamiento más de cuatro años. Su objetivo es mostrar la actividad de un observatorio astronómico en las aulas escolares, museos y asociaciones de aficionados a la Astronomía de toda España y del extranjero utilizando internet como medio de comunicación. Los espectadores pueden ver y escuchar las explicaciones y observaciones en directo, además de preguntar en cualquier momento o proponer observaciones.

Este año hemos llegado a unas **4.000 personas**, además de haber realizado numerosas actualizaciones y mejoras en el software utilizado que han facilitado las comunicaciones.

### Proyecto Educativo con Telescopios Robóticos

A mediados de 2011 se incorporó la astrofísica *Nayra Rodríguez Eugenio* al Proyecto Educativo con Telescopios Robóticos (PETeR). Los avances desde entonces han sido: realización de una consulta entre profesores y asociaciones de astrónomos aficionados sobre el tipo de programas que les parecían más atractivos y realizables en sus centros; creación de un foro de discusión e intercambio de ideas sobre PETeR; interacción con otros proyectos educativos y divulgativos con telescopios robóticos para el estudio de posibles colaboraciones; y revisión y ampliación de varias unidades didácticas para su uso por centros educativos.

## 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.

Este año se presentaron las entrevistas realizadas a las siguientes científicas:

*Daniela Calzetti*. La Profesora Daniela Calzetti nos desvela algunas de las claves para comprender la formación de estrellas y cómo podemos estudiar los fenómenos que tienen lugar en las galaxias. Es una de las investigadoras más destacadas en el campo de la formación estelar y las propiedades del polvo en galaxias cercanas y lejanas. En 2011 formaba parte del Departamento de Astronomía de la Universidad de Massachusetts (EEUU), estando su investigación muy vinculada al uso de telescopios espaciales (HST, SPITZER, Herschel).

*Jocelyn Bell Burnell*. Una de las astrónomas más relevantes del siglo XX. Codescubridora de los púlsares, estrellas de neutrones que giran a altas velocidades y tienen campos magnéticos muy intensos, así como gran promotora de las mujeres en la ciencia. Además de hablarnos de púlsares y magnetares, nos contó sus inquietudes científicas y el apoyo e inspiración de sus padres y algunos profesores que la impulsaron a vencer las barreras del sistema educativo de la época y convertirse en una de las primeras profesoras de Física de Gran Bretaña, primero en la Open University y posteriormente en otras universidades inglesas y americanas. En el momento de la entrevista era profesora visitante en la University of Oxford.

Más información sobre las entrevistas recogidas en Voces en: <http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=16&op2=403>

## COOPERACIÓN CON EL INSTITUTO CERVANTES

En el año 2011, el Instituto Cervantes y el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) renovaron su colaboración con el fin de llevar a los Centros Cervantes actividades que tienen como objetivo la divulgación cultural de la Astronomía. La colaboración se organizó a través de dos líneas generales de actuación:

- “*Arqueoastronomía*” (Área de Ciencia e Historia). El Dr. Juan Antonio Belmonte, impartió charlas-coloquio en las sedes del Instituto Cervantes: El Cairo (Egipto), Lyon (Francia), Gibraltar (Reino Unido) y Túnez.

- “*Starlight: el derecho a la luz de las estrellas*” (Área de Ciencia e Historia). En el marco de esta línea se promovió la iniciativa Starlight que difunde la protección del cielo nocturno y el derecho a ver las estrellas en lugares protegidos de todo el mundo. El cielo se mostró como un Patrimonio de todos, que tenemos derecho a heredar, elemento esencial en el desarrollo de todas las culturas y cuya contemplación ha sido el fundamento de innumerables avances científicos y técnicos, y fuente de continua inspiración artística y cultural. Se impartieron charlas en las sedes del Instituto Cervantes de: Amman, (Jordania), Belgrado (Serbia), Burdeos y Toulouse (Francia), Curitiba (Brasil), Milán y Palermo (Italia).

## CONCURSOS

### Concurso de cortos en Jameson Notodofilmfest

MEMORIA  
2011 IAC

252

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), que disfrutó el premiado: *Javier Botet*.

Más información sobre el concurso en: <http://www.notodofilmfest.com/#/queEsStarlight/>

### Concurso para escolares de La Palma

El IAC, en colaboración con Sodepal y los Centros de Profesores de la Isla de La Palma, organizó un concurso sobre los pioneros de la astronomía en España.

Los centros educativos palmeros asistentes a la exposición “El IAC: Desde su origen al Gran Telescopio CANARIAS”, que se mostró en el Convento de San Francisco de Santa Cruz de La Palma a finales de noviembre, participaron respondiendo, a través de Internet, una serie de preguntas. Los premios repartidos a los ganadores consistieron en un proyector de bolsillo para portátiles, un netbook, una PDA, una cámara digital y un dispositivo móvil para juegos, patrocinados por Sodepal.

## BIA (BANCO DE IMÁGENES ASTRONÓMICAS)

En 2011, 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.

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 2011 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>

## 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, usando como principal herramienta las visitas a sus Observatorios y la promoción de la afición por la contemplación de los astros. Pero además, siempre ha clamado por que se aprovechara turísticamente nuestro cielo. Ya en 1979, apenas se firmaron los Acuerdos Internacionales de Cooperación en Astrofísica, propuso a las autoridades el aprovechar los grandes telescopios que se iban a instalar como reclamo para promover un “turismo estelar” y de ese modo enriquecer la oferta turística con una identidad muy especial.

El IAC convoca en el año 2007, en la Isla de La Palma, la primera *Conferencia Internacional en Defensa de la Calidad del Cielo el Derecho a Observar las Estrellas* y promueve la **INICIATIVA STARLIGHT**, que es apadrinada por organizaciones internacionales tan relevantes como la UNESCO, la UAI (Unión Astronómica Internacional) o la OMT (Organización Mundial del Turismo de Naciones Unidas). La Iniciativa Starlight para la difusión de la Astronomía, es gestionada por la *Fundación STARLIGHT para la difusión de la Astronomía*, que está acreditada para otorgar certificaciones de *Reservas Starlight y Destinos Turísticos Starlight*.

Naciones Unidas en el *Día Mundial del Turismo* resaltó, por una parte la importancia que tiene la naturaleza para el sector turístico, que requiere un desarrollo responsable y, por otra, la segmentación del sector turístico demanda productos de calidad, bien definidos y diferenciados del resto de destinos competidores, ya que son los Observatorios del IAC quienes confieren a este recurso ventajas únicas.

Cuando se habla de recursos naturales o de ecosistemas no suele incluirse al cielo diurno o nocturno formando parte de ellos y del “sistema turístico”, pero es evidente que un cielo diáfano y oscuro constituye un atractivo para cualquier ser humano, que se conmueve al contemplar el cielo estrellado.

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.

MEMORIA  
IAC 2011

253



Poco a poco se va consolidando un turismo astronómico en las Islas Canarias, por lo que se ha necesitado con urgencia capacitar guías específicamente astronómicos. El IAC ha considerado que debía implicarse en ello formando expertos en este nuevo segmento turístico y por eso decide organizar a través de la Fundación Starlight, el I curso de Guías Starlight.



### **I Curso para la capacitación de Guías Starlight**

En el proceso de las actividades turísticas la presencia y el significado del guía es muy relevante y de gran importancia tanto para el visitante como para el destino. Teniendo en cuenta las peculiaridades y el alto nivel de exigencia del turismo científico resulta claramente necesaria una capacitación específica para aquellos que se quieran dedicar al turismo astronómico (o turismo de las estrellas). Por otra parte, la extraordinaria calidad del Cielo de Canarias debe ser promocionada con mucho rigor, ya que se trata de un recurso científico escasísimo que poseen las cubres de las islas de Tenerife y La Palma. Con los Guías Starlight se pretende dar consistencia a un producto turístico de calidad que contribuya a la economía de las Islas desde la sostenibilidad.

#### *Objetivo*

**MEMORIA  
2011 IAC**

**254**

Diseñado para dar la formación específica necesaria para guiar a grupos de personas en la noche, con el objetivo de mostrarles el cielo estrellado y la naturaleza que lo enmarca, interpretando sus valores desde el conocimiento del Universo concebido como un todo. Se ha tenido en cuenta el no interferir con ningún reglamento existente en la prestación de servicios guiados, respetando las competencias de los sectores implicados: turismo, medio-ambiente, educación, cultura y ciencia.

Dirigido preferentemente, a actualizar conocimientos, capacitar y acreditar como Guías Starlight a aquellas personas que ya estaban implicadas en actividades de turismo astronómico, y/o turismo de naturaleza.

Es un curso intensivo en el que se suplen deficiencias en la formación específica y se aportan nuevas técnicas y formas de actuación para elevar el nivel operativo optimizando la capacidad de actuación. El corazón de los contenidos corresponde a la Astronomía, con partes de actualización didáctica y prácticas que incluyen la observación nocturna y diurna con diversos instrumentos facilitando la formación específica necesaria para guiar a grupos de personas en la noche, con el objetivo de mostrarles el cielo estrellado y la naturaleza que lo enmarca, siendo capaces de interpretar sus valores desde el conocimiento del Universo interpretado como un todo. Además se ofrecen pautas para poder diseñar productos de calidad, respetuosos con el medio ambiente. Y se pone énfasis en el trato y recepción al visitante, en las características del servicio que espera y requiere y en la trascendencia de la calidad de la atención como factor de satisfacción; componentes del concepto de calidad y hospitalidad de un destino.

En 2011 se llevó a cabo el primer curso en la Isla de La Palma. El IAC capacitó y acreditó como Guías Starlight a 14 personas. El curso resultó plenamente satisfactorio, la mayoría de los alumnos que se acreditaron ya están trabajando en este sector.

Más información: <http://cursoguiastarlight.iac.es>

## WEB

Durante 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](http://www.iac.es), una plataforma común dentro y fuera del Instituto de Astrofísica de Canarias (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](http://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](http://www.iac.es). En ella se muestran, de forma automatizada, gran parte de sus contenidos periódicos, que durante el año 2011 ascendieron a 23 resultados relevantes, 2 lecturas de tesis, 58 charlas (34 de ellas disponibles en formato multimedia),

12 coloquios (5 de ellos disponibles en formato multimedia), 3 congresos, 73 preprints, 50 notas de prensa, 2 entrevistas “Voces” en formato multimedia, 7 anuncios de licitaciones y 27 de adjudicación de licitaciones, 52 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.

### Migración

Aprovechando la migración que había que llevar a cabo debido a la actualización de los servidores, se ha hecho un gran esfuerzo en la organización de los directorios, quitando, conjuntamente con sus responsables, ficheros y directorios obsoletos.

## **Estadísticas**

Se cambia la herramienta *Webalizer* para el estudio estadístico de la Web por la *Advanced Web Statistics 6.5*.

Extrapolando el número total de visitas recogidas con esta nueva herramienta durante los meses de agosto a diciembre de 2011, el número de visitas anual fue aproximadamente de 1.807.610,4 (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 fue de 13.033.809,6.

El origen de las visitas fue tanto nacional como internacional. Cada mes nos visitan una media de 198 países distintos. Durante 2011, los países que más nos visitaron fueron en este orden: España, Estados Unidos, Portugal, México, Alemania, China, Colombia, Gran Bretaña, Francia y Argentina.

## **Accesibilidad**

En 2011, el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), calificó a la Web principal del IAC, como la más accesible de las de todos sus organismos. La puntuación alcanzada fue de 9.23 sobre 10 y nivel de adecuación de prioridad 1 y 2.

**MEMORIA** Aunque el cumplimiento de la normativa de accesibilidad de los videos, no se consideró para dicha calificación, durante el año 2011 se ha estudiado la manera de que los nuevos vídeos ofrecidos en la Web principal comiencen a ser accesibles. El primer ejemplo de un video accesible está disponible en: <http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=16&op2=403&id=18&orden=&ind=0&up=>

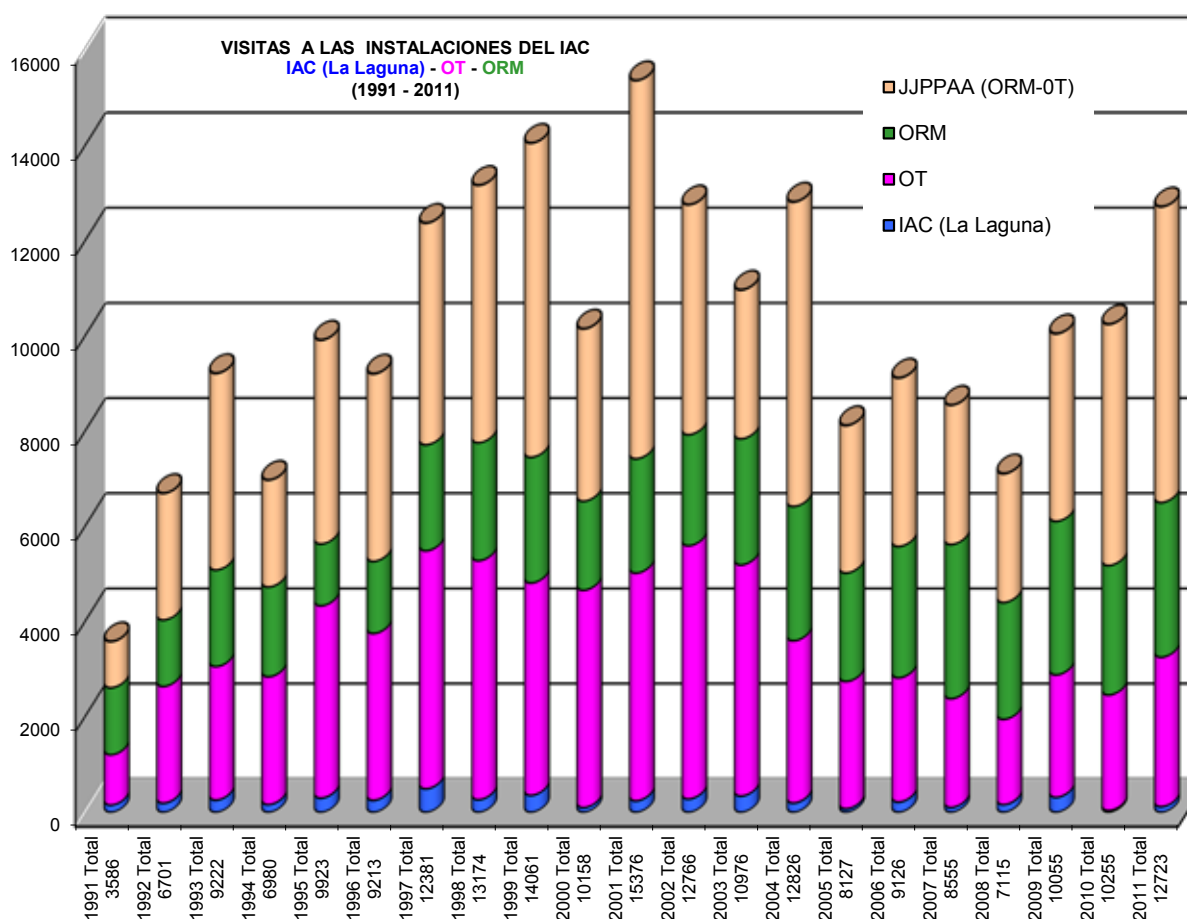
**2011 IAC**

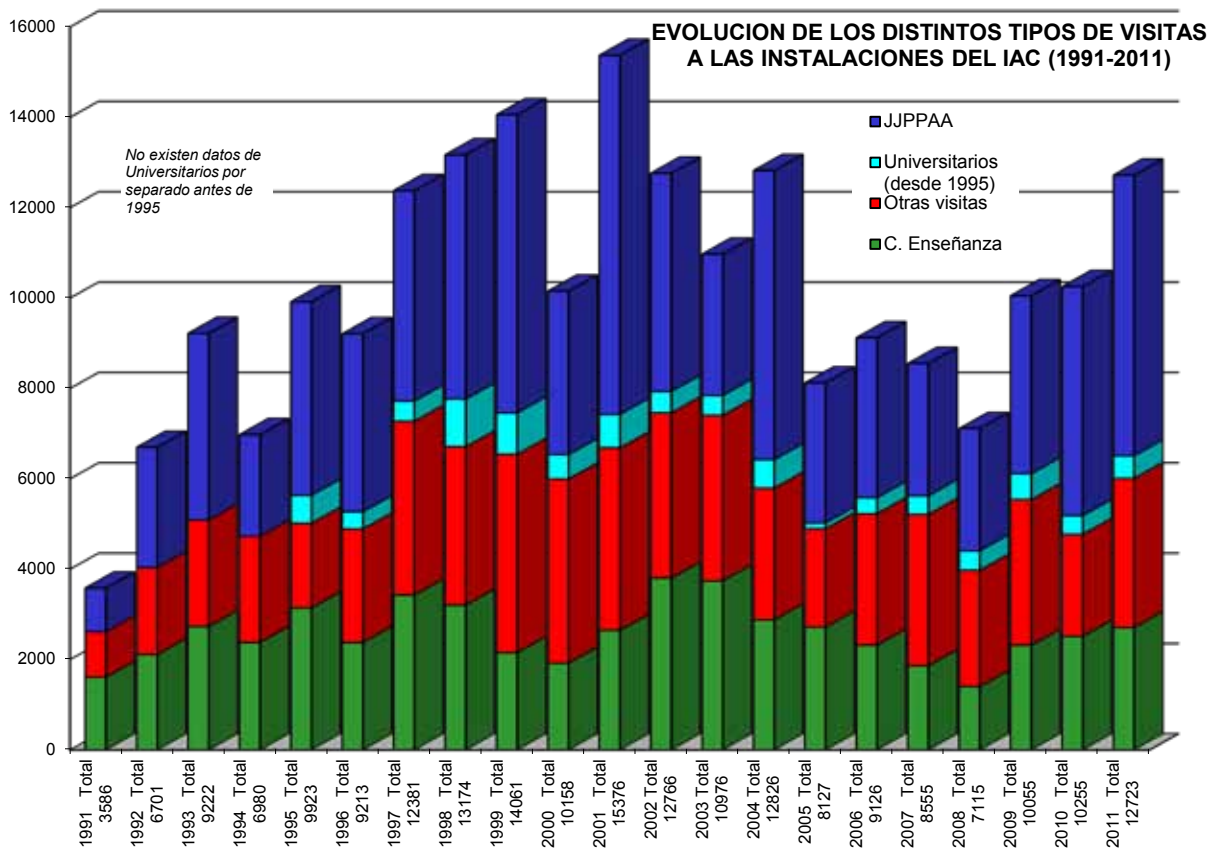
**256**



## 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.





# SERVICIOS INFORMATICOS COMUNES (SIC)

Los objetivos de los Servicios Informáticos Comunes (SIC) durante el año 2011 se han centrado en los siguientes apartados:

- Mantenimiento y mejora de las infraestructuras y capacidades, teniendo en cuentas los procedimientos de Seguridad y Salud.
- Mejora de la organización, calidad y formación.
- Infraestructuras de las bases de datos del IAC.
- Ampliación del sistema de comunicaciones en el IAC.
- Puesta en marcha del nodo de supercomputación del IAC/CALP.

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. Dentro de los objetivos mencionados anteriormente el SIC ha desarrollado, a través de sus distintos grupos las siguientes tareas y proyectos.

## GRUPO DE SISTEMAS Y COMUNICACIONES (GSC)

### *RedIRIS NOVA*

Durante este año se ha continuado con el proceso de adecuación de los CPD que tenemos en los observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos para que puedan albergar los equipos del Proyecto RedIRIS Nova. A final de año han procedido a instalar parte de los equipos que corresponden al Proyecto para llevar las lambdas entre las sedes del IAC y hasta RedIRIS.

### *IPv6*

Se ha iniciado una tarea para la migración a IPv6, de forma que se pueda ir haciendo un cambio por fase y sin interrupción del servicio. Ya nos han asignado un rango de IP que corresponde con 2001:0720:1610:/48.

### *Migración servicio Web*

El servicio Web se termino de migrar durante este año, de forma, que todos los servidores

tienen instalaciones recientes. Además se continúa con el apoyo al Gabinete y al Área de Investigación en el soporte de todas las Web.

### *Sistema de almacenamiento*

A final de año se ha procedido a comprar un nuevo sistema de almacenamiento para sustituir al anterior con el que se ha aumentado la capacidad en disco, y también el rendimiento de la misma. Además durante el primer semestre se terminó de pasar todos los volúmenes de las NAS al sistema de archivado, con lo que se ha conseguido un ahorro en el espacio de un 10% aproximadamente.

### *DNS*

En 2011 se ha procedido a cambiar nuestros sistema de DNS compuesto por 5 equipos a un sistema con 4 Infoblox en grid. Con el nuevo sistema está mejor cubierto la distribución geográfica de las diferentes sedes del IAC. Estos equipos proporcionan nuevos servicios como el DHCP que permite llevar una mejor gestión del mismo.

**MEMORIA  
IAC 2011**

**259**

### *Balancedor de tráfico*

Durante el primer trimestre del año se finalizó la instalación del balanceador de tráfico F5 BIG-IP, en el que hemos incluido alguno de los servicios críticos del IAC, como son el correo, ldap, impresión, etc. Con este servicio se ha conseguido no sólo tener la alta disponibilidad en estos servicios, sino un sistema parcial de monitorización.

### *Software, virtualización y linux*

Durante el año se ha actualizado el software del sistema de copias de seguridad a sus más recientes versiones, tanto el Avamar como el Veritas Netbackup.

Se ha seguido creciendo en el sistema de virtualización de servidores (VMWare), de forma que en 2011 ya se tienen 77 servidores en esta plataforma, con todos lo que significa en ahorro energético.

Durante el año se actualizó a Fedora la casi totalidad de equipos que hay en el IAC, por lo que en RedHat sólo quedan algunos servidores y alguna máquina de control de instrumento. También se empezó con la instalación de Windows 7 en los equipos de sobremesa.

### *Aportación a IAC-Gestión*

En abril del año 2010 comenzó en el IAC el Proyecto IAC-Gestión y se ha prolongado a lo largo de todo el año 2011. Este Proyecto tiene como misión disponer de un sistema de gestión Integral informatizado que finalmente tendrá como resultado la implantación de los procesos de gestión básicos del IAC en la herramienta SAP.

Uno de los objetivos principales del IAC en este Proyecto era el de formar el equipo necesario con personal propio para poder tener un mantenimiento sostenible de la nueva herramienta informática de gestión, y esta decisión obviamente involucraba totalmente a los servicios informáticos, y

como es lógico se ha llevado a cabo una reorganización de los servicios para poder abordarlo. Se han creado dos grupos de trabajo internos: por un lado, los funcionales técnicos (analistas y desarrolladores del grupo de análisis y desarrollo de aplicaciones) han tenido que realizar una formación y transformación de sus funciones que les permitiera adquirir el conocimiento necesario de los procesos de negocio del IAC, particularmente en las áreas de Recursos Humanos, Proyectos, Compras, Contratación Administrativa y Finanzas. Por otro lado, se ha creado un grupo de sistemas especializado en los sistemas SAP que se ha encargado de la instalación de toda la infraestructura necesaria para implantación de este sistema informático. La jefatura de implantación (responsable de la coordinación de actividades en la fase de implantación del Proyecto) también ha sido realizada por responsable técnico del Departamento.

En esta última fase de implantación del Proyecto se está realizando la formación necesaria para que el Centro de Atención al Usuario esté listo para poder atender las incidencias que se generen desde el mismo momento del arranque.

## **GRUPO DE ANÁLISIS Y DESARROLLO (GAD)**

### *Aportación a IAC-Gestión*

Transferencia de conocimiento de los consultores de Seidor de la parametrización y de las tareas diarias del módulo de Nómina (módulo HCM). Mantenimiento e incidencias del mismo en productivo.

Participación como analistas programadores en la fase de implantación de los demás módulos (HCM, MM, FI/CO, EA-PS/GM, PS).

Elaboración de las plantillas de los Expedientes.

Apoyo y desarrollo de los roles para los distintos usuarios de SAP de todos los módulos.

Colaboración y supervisión de las pruebas unitarias e integradas de los módulos. Apoyo a los consultores en los desarrollos de permisos y corrección de errores. Coordinación con los Usuarios Claves para finalizar los BBPs. Supervisión junto con los Usuarios Claves de los desarrollos aprobados: Caja, Justificación de Financiación Externa, Firmas, Integración con el SIC3.

Impartición de tutorías sobre uso inicial de SAP. 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.

Apoyo en la Carga de Datos de los distintos módulos para la preparación del arranque inicial.

#### *Proceso del CAT*

Para el CAT Nocturno: modificaciones para incluir estado de la tesis y fecha estimada de finalización, inclusión de tiempos rutinarios y posibilidad de Disparos ("Target of Opportunity") y adaptación de la exportación de datos (Excel y XML) para la reunión del CAT.

#### *Plan de Actuación*

Modificación de la aplicación para incluir los parámetros de Objetivo/Perspectiva/Propietario/Líder con el fin de adecuarla a la nueva gestión estratégica del centro.

#### *Cursos*

SAP NetWeaver Portal Development (EP120) (5 personas).

#### *Colaboración en proyectos*

Transferencia de conocimiento al GSC y apoyo en el mantenimiento de la

infraestructura Web del IAC (interna y externa).

Apoyo al proyecto de Dirección de la nueva Web del IAC y la subcontratación de la misma.

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 (continúa).

#### *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).

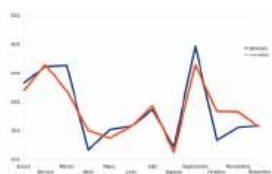
Preparación de las aplicaciones de Administración de los Servicios Generales para el ejercicio Contable 2011.

Atención al usuario, resolución de incidencias relativas a las más de 50 aplicaciones mantenidas directamente por el Departamento.

## **CENTRO DE ATENCIÓN AL USUARIO Y OPERACIONES**

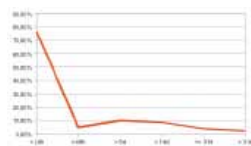
Gestión de congresos, compra de material informático, gestión de portátiles de préstamo, mantenimiento de equipos informáticos, equipos audiovisuales en el Aula.

Creación y gestión de más de 4.500 casos, de los cuales más de 4.300 (94%) han sido resueltos directamente por el SIC.



*Arriba: Número de incidencias abiertas y cerradas en el año 2011.*

*Abajo: Tiempo de resolución de incidencias desde el CAU.*



# BIBLIOTECA

En 2011, el personal de la biblioteca formado por un bibliotecario-gestor y una documentalista-encargada, siguió ofreciendo 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.

La colección aumentó en 120 libros y se mantuvieron unas 240 suscripciones a revistas especializadas. Se renovó la participación en los consorcios abiertos de AIP-APS (American Institute of Physics y American Physical Society) y de Springer de forma que la biblioteca renueva sus suscripciones habituales y consigue además el acceso a todas las revistas de APS y de AIP, a los proceedings de AIP, y a más de 550 revistas de Springer de Física, Matemáticas y Astrofísica.

La colaboración con la biblioteca del ING (Isaac Newton Group of Telescopes) iniciada en 2006 se ha mantenido y se han renovado las suscripciones conjuntas IAC-ING, a *Astronomy & Astrophysics*, *Nature* y *ASP Conference Series* online.

El servicio de préstamo interbibliotecario funcionó normalmente con algo más de 70 solicitudes de usuarios internos y más de 60 peticiones externas.

A lo largo del año, el personal ha ido adaptando sus procesos al nuevo software de gestión EOS Web instalado a finales de 2010. Una novedad del sistema es que permite recuperar registros bibliográficos de otras bibliotecas. Una vez superados los primeros problemas de configuración y acceso a los catálogos externos, estamos ahora en situación de hacer la catalogación de forma más ágil.

Para prepararse ante el cambio de sistema de gestión del IAC que implica para la biblioteca un cambio en su proceso de adquisiciones, el bibliotecario gestor ha participado en reuniones y sesiones de formación para adquirir los conocimientos necesarios para poder realizar las compras de la biblioteca con el nuevo sistema que arrancará en 2012.

A su vez, la documentalista ha recibido también formación como usuario final del nuevo sistema tanto para las compras como para los proyectos.

El bibliotecario gestor que forma parte del equipo de primera intervención del IAC completó su formación realizando un curso avanzado de Primeros auxilios.

En octubre, la documentalista asistió en una jornada sobre "Open access" organizada por la red de bibliotecas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) para los 7 organismos públicos de investigación que pertenecían al Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) con la participación del personal del MICINN que coordina la comisión de biblioteca y el personal de la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) involucrado en la coordinación de repositorios institucionales.

Además, a final de año, el MICINN llegó a un acuerdo con REBIUN (Red de Bibliotecas Universitarias españolas) para que las bibliotecas de los Organismos Públicos de Investigación (OPI's) que no participaban todavía en el catálogo de REBIUN pudieran hacerlo. La biblioteca del IAC está en fase de pruebas para exportar sus registros al catálogo de REBIUN.

# PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

## ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES CON ÁRBITRO

Cuesta A.J. et al. (Incluye **Sánchez-Conde M.A.**) "L6 Dark Matter Decay and Annihilation in the Local Universe: Clues from Fermi"  
*Astrophysical Journal Letter*, **726**, L6.

Frayser D.T. et al. (Incluye **Cava A.**) "GBT Zpectrometer CO (1-0) Observations of the Strongly-Lensed Submillimeter Galaxies from the Herschel ATLAS"  
*Astrophysical Journal Letter*, **726**, L22.

**Sollima A., Martínez-Delgado D., Valls-Gabaud D., Peñarrubia J.** "Discovery of tidal tails around the distant globular cluster Palomar 14"  
*Astrophysical Journal*, **726**, 47.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Costado M.T., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Gaug M., Herrero A., Pochon J., Sánchez-Conde M.A.**) "Observations of the Blazar 3C 66A with the MAGIC Telescopes in Stereoscopic Mode"  
*Astrophysical Journal*, **726**, 58.

Ascaso B., **Aguerri J.A.L., Varela J., Cava A., Bettoni D., Moles M., D'Onofrio M.** "Evolution of BCGs structural parameters in the last ~6 Gyr: feedback processes versus merger events"  
*Astrophysical Journal*, **726**, 69.

MEMORIA  
2011 IAC

264

**Tingley B., Bonomo A.S., Deeg H.J.** "Using stellar densities to evaluate transiting exoplanetary candidates"  
*Astrophysical Journal*, **726**, 112.

Kilic M., Brown W.R., **Allende-Prieto C., Agúeros M.A., Heinke C., Kenyon S.J.** "The ELM Survey. II. Twelve Binary White Dwarf Merger Systems"  
*Astrophysical Journal*, **727**, 3.

D'Onofrio M. et al. (Incluye **Varela J., Cava A.**) "On the connection between shape and stellar population in early-type galaxies"  
*Astrophysical Journal Letter*, **727**, L6.

**Yelles-Chaouche L., Moreno-Insertis F., Martínez Pillet V., Wiegmann T., Bonet J.A.** et al. "Mesogranulation and the solarsurface magnetic field distribution"  
*Astrophysical Journal Letter*, **727**, L30.

Abdo A.A. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R., Gaug M., Herrero A., Pochon J., Sánchez-Conde M.**) "Insights into the High-energy  $\gamma$ -ray Emission of Markarian 501 from Extensive Multifrequency Observations in the Fermi Era"  
*Astrophysical Journal*, **727**, 129.

Hopwood R. et al. (Incluye **Cava A.**) "Spitzer Imaging of Herschel-atlas Gravitationally Lensed Submillimeter Sources"  
*Astrophysical Journal Letter*, **728**, L4.

**Pallé E., Zapatero-Osorio M.R., García-Muñoz A.** "Characterizing the atmospheres of transiting rocky planets around late type dwarfs"  
*Astrophysical Journal*, **728**, 19.

Mosquera A.M., Muñoz J.A., **Mediavilla E., Kochanek C.S.** "A Study of Gravitational Lens Chromaticity using Ground-based Narrowband Photometry"  
*Astrophysical Journal*, **728**, 145.

**Delgado-Mena E., Israelian G., González-Hernández J.I., Santos N.C., Rebolo R.** "Measuring Be depletion in cool stars with exoplanets"  
*Astrophysical Journal*, **728**, 148.

Acciari V.A. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Gaug M., Herrero A., Pochon J., Sánchez-Conde M.A.**) Spectral Energy Distribution of Markarian 501: Quiescent State vs. Extreme Outburst"  
*Astrophysical Journal*, **729**, 2.



**Comerón S., Knapen J.H.** et al. "The thick Disk in the Galaxy NGC 4244 from S4G Imaging"  
*Astrophysical Journal*, **729**, 18.

**López-Caraballo C.H., Rubiño-Martín J.A., Rebolo R., Génova-Santos R.** "Constraints on the Polarization of the Anomalous Microwave Emission in the Perseus Molecular Complex from 7-year WMAP data"  
*Astrophysical Journal*, **729**, 25.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Costado M.T., Delgado-Méndez C., García-López R.J., Garczarczyk M., Gaug M., Herrero A.**) "Gamma-ray excess from a stacked sample of high-frequency peaked blazars observed with the MAGIC telescope"  
*Astrophysical Journal*, **729**, 115.

**García-Hernández D.A., Kameswara Rao N., Lambert D.L.** "Are C60 molecules detectable in circumstellar shells of R Coronae Borealis stars?"  
*Astrophysical Journal*, **729**, 126.

**Sollima A., Valls-Gabaud D., Martínez-Delgado D., Fliri J., Peñarrubia J., Hoekstra H.** "A Deep View of the Monoceros Ring in the Anticenter Direction: Clues of Its Extragalactic Origin"  
*Astrophysical Journal Letter*, **730**, L6.

Aleksić J., Antonelli L.A., Antoranz P., Backes M., Barrio J.A., Bastieri D., **Becerra-González J.** et al. (Incluye **Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J.**) "MAGIC Discovery of Very High Energy Emission from the FSRQ PKS 1222+21"  
*Astrophysical Journal Letter*, **730**, L8.

**Hidalgo S.L., Aparicio A., Skillman E., Monelli M., Gallart C.** et al. "The ACS LCID Project. V. The Star Formation History of the Dwarf Galaxy LGS-3: Clues to Cosmic Reionization and Feedback"  
*Astrophysical Journal*, **730**, 14.

**Mediavilla E., Muñoz J.A., Kochanek C.S., Guerras E., Acosta-Pulido J.A.** et al. (Incluye **Manchado A.**) "The Structure of the Accretion Disk in the Lensed Quasar SBS 0909+532"  
*Astrophysical Journal*, **730**, 16.

Peng E.W. et al. (Incluye **Balcells M.**) "The HST/ACS Coma Cluster Survey. IV. Intergalactic Globular Clusters and the Massive Globular Cluster System at the Core of the Coma Galaxy Cluster"  
*Astrophysical Journal*, **730**, 23.

**Martínez-González M.J., Asensio-Ramos A., Manso-Sainz R., Khomenko E., Martínez-Pillet V.** et al. "Unnoticed magnetic field oscillations in the very quiet Sun revealed by Sunrise/IMaX"  
*Astrophysical Journal Letter*, **730**, L37.

Shchukina N., **Trujillo-Bueno J.** "Determining the Magnetization of the Quiet Sun Photosphere from the Hanle Effect and Surface Dynamo Simulations"  
*Astrophysical Journal*, **731**, L21.

**Asensio A.** "Bayesian Inference of Solar and Stellar Magnetic Fields in the Weak-field Approximation"  
*Astrophysical Journal*, **731**, 27.

Chou M.-Y., Majewski S.R., Cunha K., Smith V.V., Patterson R.J., **Martínez-Delgado D.** "First Chemical Analysis of Stars in the Triangulum-Andromeda Star Cloud"  
*Astrophysical Journal Letter*, **731**, L30

Leone F., **Martínez-González M.J., Corradi R.L.M., Privitera G., Manso-Sainz R.** "Non-detection of magnetic fields in the central stars of the Planetary Nebulae NGC1360 and LSS1362"  
*Astrophysical Journal Letter*, **731**, L33.

Marino A.F., **Milone A.P.** et al "Sodium-Oxygen anticorrelation and neutron-capture elements in Omega Centauri stellar populations"  
*Astrophysical Journal*, **731**, 64.

MEMORIA  
IAC 2011

265

Ramos-Almeida C., Levenson A., Alonso-Herrero A., **Asensio-Ramos A., Rodríguez-Espinosa J.M., Pérez-García A.M.** et al. "Testing the Unification Model for Active Galactic Nuclei in the Infrared: Are the Obscuring Tori of Type 1 and 2 Seyferts Different?"

*Astrophysical Journal*, **731**, 92.

**Asensio A., Manso R.** "On the Inversion of Stokes Profiles with Local Stray-light Contamination"

*Astrophysical Journal*, **731**, 125.

Chaplin W.J. et al. (Incluye **Régulo C., Salabert S.**) "Evidence for the Impact of Stellar Activity on the Detectability of Solar-like Oscillations Observed by Kepler"

*Astrophysical Journal Letter*, **732**, L5.

Negueruela I., Ribó M., **Herrero A., Lorenzo J., Khangulyan D., Aharonian F.A.** "Astrophysical Parameters of LS 2883 and Implications for the PSR B1259-63 Gamma-ray Binary"

*Astrophysical Journal Letter*, **732**, L11.

Kleineberg K., Sánchez-Blázquez P., **Vazdekis A.** "Evidence of a Distinct Stellar Population in the Counterrotating Core of NGC 1700"

*Astrophysical Journal Letter*, **732**, L33.

Conley A. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) "Discovery of a Multiply Lensed Submillimeter Galaxy in Early HerMES Herschel/SPIRE Data"

*Astrophysical Journal Letter*, **732**, L35.

Chaplin W.J. et al. (Incluye **Creevey O.L., Régulo C., Salabert D.**) "Predicting the Detectability of Oscillations in Solar-type Stars Observed by Kepler"

*Astrophysical Journal*, **732**, 54.

**Stepan J., Trujillo-Bueno J.** "Scattering Polarization of Hydrogen Lines in Weakly Magnetized Stellar Atmospheres I. Formulation and Application to Isothermal Models"

*Astrophysical Journal*, **732**, 80.

Kun M., Szegedi-Elek E., Moór A., Ábrahám P., **Acosta-Pulido J.A.** et al. "A Peculiar Young Eruptive Star in the Dark Cloud Lynds 1340"

*Astrophysical Journal Letter*, **733**, L8.

Riechers D.A. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) "Dynamical Structure of the Molecular Interstellar Medium in an Extremely Bright, Multiply Lensed  $z \approx 3$  Submillimeter Galaxy Discovered with Herschel"

*Astrophysical Journal Letter*, **733**, L12.

Scott K.S. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) "Redshift Determination and CO Line Excitation Modeling for the Multiply Lensed Galaxy HLSW-01"

*Astrophysical Journal*, **733**, 29.

**Creevey O., Metcalfe T.S., Brown T.M., Jiménez-Reyes S., Belmonte J.A.** "Constraining the Properties of Delta Scuti Stars Using Spectroscopic Eclipsing Binary Systems"

*Astrophysical Journal*, **733**, 38.

Mathur S. et al. (Incluye **Régulo C., Salabert D., Creevey O.**) "Solar-like Oscillations in KIC 11395018 and KIC 11234888 from 8 Months of Kepler Data"

*Astrophysical Journal*, **733**, 95.

Meech K.J. et al. (Incluye **Licandro J.**) "EPOXI: Comet 103P/Hartley 2 Observations from a Worldwide Campaign"

*Astrophysical Journal Letter*, **734**, L1.

Burgarella D. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) "HerMES: Lyman Break Galaxies Individually Detected at  $0.7 \leq z \leq 2.0$  in GOODS-N with Herschel/SPIRE"

*Astrophysical Journal Letter*, **734**, L12.

Valyavin G. et al. (Incluye **Zurita C.**) "A Study of the Photometric Variability of the Peculiar Magnetic White Dwarf WD 1953-011"

*Astrophysical Journal*, **734**, 17.

Petropoulou V., Vílchez J.M., Iglesias-Páramo J., Papaderos P., Magrini L., **Cedrés B., Reverte D.** "Spatially Resolved

Spectroscopy and Chemical History of Star-forming Galaxies in the Hercules Cluster: The Effects of the Environment”  
*Astrophysical Journal*, **734**, 32.

Schlaufman K.C., Rockosi C.M., Lee Y.-S., Beers T.C., **Allende-Prieto C.** “Insight into the Formation of the Milky Way through Cold Halo Substructure. II. The Elemental Abundances of ECHOS”  
*Astrophysical Journal*, **734**, 49.

Kann D.A. et al. (Incluye **Ferrero P.**) “The Afterglows of Swift-era Gamma-Ray Bursts. II. Type I GRB versus Type II GRB Optical Afterglows”  
*Astrophysical Journal*, **734**, 96.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczy M., Herrero A., Pochon J.**) “A Search for Very High Energy Gamma-Ray Emission from Scorpius X-1 with the Magic Telescopes”  
*Astrophysical Journal*, **735**, L5.

**Oteo I., Bongiovanni A., Pérez García A.M., Cepa J., Ederoclite A., Sánchez-Portal M., Pintos-Castro I.** et al. “FIR measurements of Ly- $\alpha$  emitters at  $z \sim 1.0$ : dust attenuation from PACS-Herschel”  
*Astrophysical Journal Letter*, **735**, L15.

Urbaneja M.A., **Herrero A.**, Lennon D., Corral L.J., Meynet G. “Blue Luminous Stars in Nearby Galaxies - UIT 005: a Possible Link to the Luminous Blue Variable Stage”  
*Astrophysical Journal*, **735**, 39.

Leggett S.K., **Lodieu N.**, Tremblay P.-E., Bergeron P., Nitta A. “Cool White Dwarfs Found in the UKIRT Infrared Deep Sky Survey”  
*Astrophysical Journal*, **735**, 62

**Felipe T., Khomenko E., Collados M.** “Magneto-acoustic wave energy from numerical simulations of an observed sunspot umbra”  
*Astrophysical Journal*, **735**, 65.

Alatalo K. et al. (Incluye **Falcón-Barroso J.**) “Discovery of an Active Galactic Nucleus Driven Molecular Outflow in the Local Early-type Galaxy NGC 1266 K”  
*Astrophysical Journal*, **735**, 88.

**Sánchez Almeida J., Aguerri J.A.L., Muñoz-Tuñón C., Huertas-Company M.** “Relationship between Hubble Type and Spectroscopic Class in Local Galaxies”  
*Astrophysical Journal*, **735**, 125.

D’Antona F., D’Ercole A., Marino A.F., **Milone A.P.**, Ventura P., Vesperini E. “The Oxygen versus Sodium (Anti)Correlation(S) in  $\omega$  Cen”  
*Astrophysical Journal*, **736**, 5.

Martínez-Sykora J., Hansteen V., **Moreno-Insertis F.** “On the origin of the Type II spicules - dynamic 3D MHD simulations”  
*Astrophysical Journal*, **736**, 9.

Alonso-Herrero A., Ramos-Almeida C., Mason R., **Asensio-Ramos A.** et al. (Incluye **Rodríguez-Espinosa J.M., Díaz-Santos T., Pérez-García A.M.**) “Torus and AGN properties of nearby Seyfert galaxies: Results from fitting IR spectral energy distributions and spectroscopy”  
*Astrophysical Journal*, **736**, 82.

Abdo A.A. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R., Garczarczyk M., Gaug M., Herrero A., Pochon J., Sánchez-Conde M.**) “Fermi Large Area Telescope Observations of Markarian 421: The Missing Piece of its Spectral Energy Distribution”  
*Astrophysical Journal*, **736**, 131.

**Gutiérrez C.M.** “The most distant compact groups”  
*Astrophysical Journal Letter*, **737**, L21.

Brown W.R., Kilic M., Hermes J.J., **Allende-Prieto C.**, Kenyon S.J., Winget D.E. “A 12 Minute Orbital Period Detached White Dwarf Eclipsing Binary”  
*Astrophysical Journal Letter*, **737**, L23.

**García-Hernández D.A., Iglesias-Groth S., Acosta-Pulido J.A., Machado A.** et al. “The formation of fullerenes: clues from new C60, C70, and (possible) planar C24 detections in Magellanic Cloud Planetary Nebulae” *Astrophysical Journal Letter*, **737**, L30.

Elmegreen D.M. et al. (Incluye **Knapen J.H., Erroz-Ferrer S.**) “Grand Design and Flocculent Spirals in the Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S<sup>4</sup>G)” *Astrophysical Journal*, **737**, 32.

**Trujillo-Bueno J., Stepan J., Casini R.** “The Hanle effect of the Hydrogen Ly- $\alpha$  line for probing the magnetism of the solar transition region” *Astronomical Journal Letter*, **738**, L11.

Moreno F., Lara L.M., **Licandro J., Ortiz J.L., de León J., Alí-Lagoa V., Agís-González B., Molina A.** “The Dust Environment of Main-Belt Comet P/2010 R2 (La Sagra)” *Astrophysical Journal Letter*, **738**, L16.

Comerón S., Elmegree B.G., **Knapen J.H.** et al. “The Unusual Vertical Mass Distribution of NGC 4013 Seen through the Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S<sup>4</sup>G)” *Astrophysical Journal Letter*, **738**, L17.

Martínez-Manso J., Guzman R., Barro G., Cenarro J., Pérez-González P., Sánchez-Blazquez P., **Trujillo I.** et al. (Incluye **Balcells M., Hempel A., Prieto M.**) “Velocity Dispersions and Stellar Populations of the Most Compact and Massive Early-Type Galaxies at Redshift 1” *Astrophysical Journal Letter*, **738**, L22.

**MEMORIA** Vernes G.A. et al. (Incluye **Régulo C.**)  
**2011 IAC** “Verification of the Kepler Input Catalog from  
**268** Asteroseismology of Solar-type Stars”  
*Astrophysical Journal Letter*, **738**, L28.

**González-Hernández J.I., Casares J., Rebolo R., Israelian G., Filippenko A.V., Chornock R.** “Chemical Abundances of the Secondary Star in the Black Hole X-Ray Binary V404 Cygni” *Astrophysical Journal*, **738**, 95.

Wuyts S. et al. (Incluye **Bongiovanni A., Cepa J., Pérez-García A.M.**) “On Star Formation Rates and Star Formation Histories of Galaxies Out to  $z \sim 3$ ” *Astrophysical Journal*, **738**, 106.

Gavazzi R. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) “Modeling of the HerMES Submillimeter Source Lensed by a Dark Matter Dominated Foreground Group of Galaxies” *Astrophysical Journal*, **738**, 125.

Moreno F., **Licandro J., Ortiz J.L., Lara L.M., Alí-Lagoa V., Vaduvescu O., Morales N.** et al. “(596) Scheila in Outburst: A Probable Collision Event in the Main Asteroid Belt” *Astrophysical Journal*, **738**, 130.

**García-Hernández D.A., Kameswara Rao N., Lambert D.L.** “Dust around R Coronae Borealis Stars: I. Spitzer/IRS Observations” *Astrophysical Journal*, **739**, 37.

**Müller-Sánchez F., Prieto M.A.** et al. “Outflows from Active Galactic Nuclei: Kinematics of the Narrow-line and Coronal-line Regions in Seyfert Galaxies” *Astrophysical Journal*, **739**, 69.

Mazzuca L.M., Swaters R.A., **Knapen J.H., Veilleux S.** “Nuclear rings in galaxies – A kinematic perspective” *Astrophysical Journal*, **739**, 104.

**Font J., Beckman J.E., Rosado M., Epinat B., Fathi K.** et al. (Incluye **Gutiérrez L.**) “Detection of infalling hydrogen in transfer between the interacting galaxies NGC 5426 and NGC 5427” *Astrophysical Journal Letter*, **740**, L1.

Zapatero-Osorio M.R., **Béjar V.J.S., Goldman B., Caballero J.A., Rebolo R., Acosta-Pulido J.A., Machado A., Peña-Ramírez K.** “Near-infrared Linear Polarization of Ultracool Dwarfs” *Astrophysical Journal*, **740**, 4.

La Barbera F., Ferreras I., Carvalho R.R., Lopes A.A., Pasquali A., **de la Rosa I.G., De Lucia G.** “On the radial Stellar content of early-Type galaxies as a Function of Mass and Environment” *Astrophysical Journal Letter*, **740**, L41.

Arregui I, **Asensio-Ramos A.** “Bayesian Magnetohydrodynamic Seismology of Coronal Loops”  
*Astrophysical Journal*, **740**, 44.

Wünsch R., Silich S., Palous J., Tenorio-Tagle G., **Muñoz-Tuñón C.** “Evolution of super star cluster winds with Strong cooling”  
*Astrophysical Journal*, **740**, 75.

**Font J., Beckman J.E.,** Epinat B., **Fathi K., Gutiérrez L.,** Hernández O. “Resonant structure in the disks of spiral galaxies, using phase reversals in streaming motions from two-dimensional H $\alpha$  Fabry-Perot spectroscopy”  
*Astrophysical Journal Letter*, **741**, L14.

Comerón S., Elmegreen B.G., **Knapen J.H.** et al. “Thick Disks of Edge-On Galaxies seen through the Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S<sup>4</sup>G): Lair of Missing Baryons?”  
*Astrophysical Journal*, **741**, 28.

Rouan D., **Deeg H.J.,** Demangeon O., Samuel B., Cavarroc C., Fegley B., Léger A. “The orbital phases and secondary transit of Kepler-10b - A physical interpretation based on the Lava-ocean planet model”  
*Astrophysical Journal Letter*, **741**, L30.

**Mediavilla E.,** Mediavilla T., Muñoz J.A., Ariza O., López P., González-Morcillo C., Jiménez-Vicente J. “New developments on Inverse Polygon Mapping to calculate gravitational lensing magnification maps: Optimized computations”  
*Astrophysical Journal*, **741**, 42.

Mandushev G. et al. (Incluye **Belmonte J.A.**) “TrES-5: A Massive Jupiter-sized Planet Transiting a Cool G Dwarf”  
*Astrophysical Journal*, **741**, 114.

Mathur S. et al. (Incluye **Jiménez A., Régulo C.**) “Granulation in red giants: Observations by Kepler misión and Three-Dimensional convection simulations”  
*Astrophysical Journal*, **741**, 119.

White T.R. et al. (Incluye **Régulo C.**) “Asteroseismic Diagrams from a Survey of Solar-like Oscillations with Kepler”  
*Astrophysical Journal Letter*, **742**, L3.

Elias-Rosa N. et al. (Incluye **Beckman J.E.**) “The Massive Progenitor of the Possible Type II-Linear Supernova 2009hd in Messier 66”  
*Astrophysical Journal*, **742**, 6.

Altamirano D. et al. (Incluye **Muñoz-Darias T.**) “The Faint “Heartbeats” of IGR J17091–3624: An Exceptional Black Hole Candidate”  
*Astrophysical Journal Letter*, **742**, L17.

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-Jiménez I.**) “Observations of the crab pulsar between 25 and 100 GeV with the MAGIC I Telescope”  
*Astrophysical Journal*, **742**, 43.

**Simón-Díaz S.,** Caballero J.A., Lorenzo J. “A third massive star component in the  $\sigma$  Orionis AB system”  
*Astrophysical Journal*, **742**, 55.

Muñoz J.A., **Mediavilla E.,** Kochanek C.S., Falco E.E., Mosquera A.M. “A Study of Gravitational Lens Chromaticity with the Hubble Space Telescope”  
*Astrophysical Journal*, **742**, 67.

**Belluzzi L., Trujillo-Bueno J.** “The impact of quantum interferences between different J-levels on scattering polarization in spectral lines”  
*Astronomical Journal*, **743**, 3.

**Guglielmino S.,** Zuccarello F. “High-resolution observations of siphon flows in a solar magnetic pore”  
*Astrophysical Journal Letter*, **743**, L9.

**Manso-Sainz R., Trujillo-Bueno J.** “Scattering Polarization and Hanle effect in Stellar Atmospheres with Horizontal inhomogeneities”  
*Astrophysical Journal*, **743**, 12.

MEMORIA  
IAC 2011

269

Siegel M.H. et al. (Incluye **Aparicio A., Milone A., Rosenberg A.**) "The ACS Survey of Galactic Globular Clusters XI: The Three-Dimensional Orientation of the Sagittarius Dwarf Spheroidal Galaxy and its Globular Clusters"

*Astrophysical Journal*, **743**, 20.

Cooper A.P., Martínez-Delgado D., Helly J., Frenk C., Cole S., Crawford K., Zibetti S., **Carballo-Bello J.A.**, Gabany R.J. "The formation of shell galaxies similar to NGC 7600 in the cold dark matter cosmogony"

*Astrophysical Journal Letter*, **743**, L21.

**Béjar V.J.S.**, Zapatero-Osorio M.R., **Rebolo R.** et al. "The substellar population of  $\sigma$  Orionis: A deep wide survey"

*Astrophysical Journal*, **743**, 64.

**Génova-Santos R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A., López-Caraballo C.H., Hildebrandt S.R.** "Detection of Anomalous Microwave Emission in the Pleiades Reflection Nebula with Wilkinson Microwave Anisotropy Probe and the COSMOSOMAS Experiment"

*Astrophysical Journal*, **743**, 67.

Hatzes A. et al. (Incluye **Deeg H.J., Tingley B.**) "On the Mass of CoRoT-7b"

*Astrophysical Journal*, **743**, 75.

**Morales-Luis A.B., Sánchez-Almeida J., Aguerri J.A.L., Muñoz-Tuñón C.** "Systematic search for extremely metal poor galaxies in the Sloan Digital Sky Survey"

*Astrophysical Journal*, **743**, 77.

**Jiménez A., García R.A., Pallé P.L.** "The Acoustic Cut-off Frequency of the Sun and the Solar Magnetic Activity Cycle"

*Astrophysical Journal*, **743**, 99.

Rodríguez-Ardila A., **Prieto A.M.**, Portilla J.G., Tejeiro J.M. "The Near-Infrared coronal line spectrum of 54 nearby active galactic nuclei"

*Astrophysical Journal*, **743**, 100.

Ramírez I., **Allende-Prieto C.** "Fundamental Parameters and Chemical Composition of Arcturus"

*Astrophysical Journal*, **743**, 135.

Hareter M., Fossati L., Weiss W., Suárez J.C., **Uytterhoeven K.**, Rainer M., Poretti E. "Looking for a connection between the Am phenomenon and hybrid delta Sct/gamma Dor pulsation: a determination of the fundamental parameters and abundances of HD 114839 and BD +18 4914"

*Astrophysical Journal*, **743**, 153.

Mainzer A. et al. (Incluye **del Pino-Molina A., Hidalgo S.L.**) "NEOWISE Observations of Near-Earth Objects: Preliminary Results"

*Astrophysical Journal*, **743**, 156.

Aihara H., **Allende-Prieto C.** et al. (Incluye **Esposito M., Femenía B., González-Hernández J.I.**) "The Eighth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey: First Data from SDSS-III"

*Astrophysical Journal Supp. Series*, **193**, 29.

**Riaz B., Martín E.L.** "Large-amplitude photometric variability of the candidate protoplanet TMR-1C"

*Astronomy & Astrophysics*, **525**, A10.

**Licandro J.** et al. "(65) Cybele: detection of small silicate grains, water-ice, and organics"

*Astronomy & Astrophysics*, **525**, A34.

**Giammanco C.** et al. (Incluye **Corradi R.L.M., Viironen K., Santander-García M., Mampaso A.**) "IPHAS extinction distances to Planetary Nebulae"

*Astronomy & Astrophysics*, **525**, A58.

Bouchy F., Deleuil M., Guillot T., Aigrain S., Carone L., Cochran W.D., **Almenara J.M.** et al. (Incluye **Deeg H.J., Parviainen H., Tingley B.**) "Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XV. CoRoT-15b: a brown-dwarf transiting companion"

*Astronomy & Astrophysics*, **525**, A68.

Wu Y., Singh H.P., Prugniel P., Gupta R., **Koleva M.** "Coude-feed stellar spectral library - atmospheric parameters"

*Astronomy & Astrophysics*, **525**, A71.

Hekker et al. (Incluye **Régulo C.**) "Solar-like oscillations in red giants observed with Kepler: comparison of global oscillation parameters from different methods"

*Astronomy & Astrophysics*, **525**, A131.

**Beck C.A.R.** “An uncombed inversion of multi-wavelength observations reproducing the Net Circular Polarization in a sunspot’s penumbra”  
*Astronomy & Astrophysics*, **525**, A133.

**Scarpa R.**, Marconi G., Carraro G., Falomo R., Villanova S. “Testing Newtonian gravity with distant globular clusters: NGC 1851 and NGC 1904”  
*Astronomy & Astrophysics*, **525**, A148.

Huertas-Company M., **Aguerre J.A.L.**, Bernari M., Mei S., **Sánchez Almeida J.** “Revisiting the Hubble sequence in the SDSS DR7 spectroscopic sample: a publicly available bayesian automated classification”  
*Astronomy & Astrophysics*, **525**, A157.

Schulze S. et al. (Incluye **Ferrero P.**) “The circumburst density profile around GRB progenitors: a statistical study”  
*Astronomy & Astrophysics*, **526**, A23

Fritz J., Poggianti B.M., **Cava A.** et al. “WINGS-SPE II: A catalog of stellar ages and star formation histories, stellar masses and dust extinction values for local clusters galaxies”  
*Astronomy & Astrophysics*, **526**, A45.

**Simón-Díaz S.**, Stasińska G. “The chemical composition of the Orion star-forming region. II. Stars, gas, and dust: the abundance discrepancy conundrum”  
*Astronomy & Astrophysics*, **526**, A48.

Uribe-Patarroyo N., Alvarez-Herrero A., López-Ariste A., **Asensio-Ramos A.**, Belenguer T., **Manso-Sainz R.** et al. “Detecting photons with orbital angular momentum in extended astronomical objects: application to solar observations”  
*Astronomy & Astrophysics*, **526**, A56.

Viticchié B., **Sánchez-Almeida J.**, del Moro D., Berrilli F. “Interpretation of HINODE SOT/SP asymmetric Stokes profiles observed in quiet Sun network and internetwork”  
*Astronomy & Astrophysics*, **526**, A60.

**Fernández-Lorenzo M.**, **Cepa J.**, **Bongiovanni A.**, **Pérez-García A.M.**,

**Ederoclite A.**, **Lara-López M.A.**, **Pović M.**, Sánchez-Portal M. “Evolution of the Fundamental Plane of  $0.2 < z < 1.2$  Early-type galaxies in the EGS”  
*Astronomy & Astrophysics*, **526**, A72.

Sousa S.G., Santos N.C., **Israelian G.**, Lovis C., Mayor M., Silva P.B., Udry S. “Spectroscopic characterization of a sample of metal-poor solar-type stars from the HARPS planet search program - Precise spectroscopic parameters and mass estimation”  
*Astronomy & Astrophysics*, **526**, A99.

**Labadie L.**, **Rebolo R.**, Villó I., **Pérez-Prieto J.A.**, Pérez-Garrido A., Hildebrandt S.R., **Femenía B.** et al. (Incluye **Béjar V.J.S.**, **Oscos A.**, **López R.**, **Rodríguez L.F.**) “High contrast optical imaging of companions: the case of the brown dwarf binary HD130948 BC”  
*Astronomy & Astrophysics*, **526**, A144.

**Hammersley P.L.**, **López-Corredoira M.** “Modeling Star counts in the Monoceros stream and the Galactic anti-centre”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A6.

de la Cruz-Rodríguez J., **Socas-Navarro H.** “Are solar chromospheric fibrils tracing the magnetic field?”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, L8.

**Sánchez-Gallego J.R.**, **Knapen J.H.** et al. “The JCMT nearby Galaxies Legacy Survey – VI. The Distribution of Gas and Star Formation in M81”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A16.

**Lodieu N.**, Dobbie P.D., Hambly N.C. “Multi-fibre optical spectroscopy of low-mass stars and brown dwarfs in Upper Scorpius”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A24.

Lazorenko P.F. et al. (Incluye **Rodler F.**)  
“Astrometric search for a planet around VB 10”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A25.

Bellazzini M., Beccari G., Oosterloo T.A., Galletti S., **Sollima A.** et al. “An optical and H I study of the dwarf Local Group galaxy VV124 = UGC4879 - A gas-poor dwarf with a stellar disk?”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A58.

MEMORIA  
IAC 2011

271

Cassisi S., Marín-Franch A., Salaris M., **Aparicio A.**, **Monelli M.**, Pietrinferni A. “On the magnitude difference between the main sequence turn off and the red giant branch bump in Galactic globular clusters”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A59.

Sing D.K., Desert J.-M., Fortney J., Lecavelier des Etangs A., Ballester G.E., **Cepa J.** et al. “Gran Telescopio Canarias OSIRIS Transiting Exoplanet Atmospheric Survey: Detection of potassium in XO-2b from narrowband spectrophotometry”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A73.

López-Ariste A., **Asensio-Ramos A.**, González-Fernández C. “Photospheric Hanle diagnostic of weak magnetic dipoles in stars”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A120.

Kóspál Á., Ábrahám P., **Acosta-Pulido J.A.**, **Arévalo M.J.** et al. “The outburst and nature of two young eruptive stars in the North America/Pelican Nebula Complex”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A133.

González-Martín O., Papadakis I., Braitto V., Masegosa J., Márquez I., Mateos S., **Acosta-Pulido J.A.** et al. “Suzaku observation of the LINER NGC 4102”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A142.

**Aguerri J.A.L.**, Girardi M., Boschini W., **Barrena R.**, **Méndez-Abreu J.**, **Sánchez-Janssen R.**, Borgani S., **Castro-Rodríguez N.** et al. “Fossil groups origins - I. RX J105453.3+552102 a very massive and relaxed system at  $z \sim 0.5$ ”  
*Astronomy & Astrophysics*, **527**, A143.

**Salabert D.**, Ballot J., García R.A. “Mode visibilities in radial velocity and photometric Sun-as-a-star helioseismic observations”  
*Astronomy & Astrophysics*, **528**, A25.

**Tingley B.** et al. (Include **Almenara J.M.**, **Deeg H.J.**) “Transiting exoplanets from the CoRoT space mission - XVI. CoRoT-14b: an unusually dense very hot Jupiter”  
*Astronomy & Astrophysics*, **528**, A97.

Prugniel Ph., Zeilinger W., **Koleva M.**, de Rijcke S. “Kinematics and stellar population of NGC 4486A”  
*Astronomy & Astrophysics*, **528**, A128.

**Tingley B.** “Searching for transits in data with long time baselines and poor sampling”  
*Astronomy & Astrophysics*, **529**, A6.

Khan A., **Belluzzi L.**, Landi Degl’Innocenti E., Fineschi S., Romoli M. “Spectropolarimetric forward modelling of the lines of the Lyman-series using a self-consistent, global, solar coronal model”  
*Astronomy & Astrophysics*, **529**, A12.

**Socas-Navarro H.** “A High-Resolution Three-Dimensional Model of the Solar photosphere Derived from Hinode Observations”  
*Astronomy & Astrophysics*, **529**, A37.

**Corradi R.L.M.**, Balick B., **Santander-García M.** “The evolution of M 2–9 from 2000 to 2010”  
*Astronomy & Astrophysics*, **529**, A43.

**Corradi R.L.M.**, Sabin L., Munari U., Cetrulo G., Englaro A., Angeloni R., Greimel R., **Mampaso A.** “The new carbon symbiotic star IPHAS J205836.43+503307.2”  
*Astronomy & Astrophysics*, **529**, A56.

Pérez I., **Sánchez-Blázquez P.** “Study of stellar populations in the bulges of barred galaxies”  
*Astronomy & Astrophysics*, **529**, A64.

**Barrena R.**, Girardi M., Boschini W., De Grandi S., Eckert D., Rossetti M. “Internal dynamics of the galaxy cluster Abell 545 - The ideal case where to study the simultaneous formation of a galaxy system and its brightest galaxy”  
*Astronomy & Astrophysics*, **529**, A128.

Rossi A. et al. (Include **Ferrero P.**) “The Swift/Fermi GRB 080928 from 1 eV to 150 keV”  
*Astronomy & Astrophysics*, **529**, A142.

Aleksić J., Antonelli L.A., Antoranz P., Backes M., Barrio J.S., Bastieri D., **Becerra-González J.** et al. (Include **Berger K.**,



**Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J.**) "MAGIC Observations and multiwavelength properties of the quasar 3C 279 in 2007 and 2009"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A4.

Taylor W.D. et al. (Incluye **Herrero A.**) "The VLT-FLAMES Tarantula Survey II. R139 revealed as a massive binary system"  
*Astronomy & Astrophysics* **530**, L10.

Markova N., Puls J., Scuderi S., **Simón-Díaz S., Herrero A.** "Spectroscopic and physical parameters of Galactic O-type stars - I. Effects of rotation and spectral resolving power in the spectral classification of dwarfs and giants"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A11.

de León J., Mothé-Diniz T., **Licandro J.**, Pinilla-Alonso N., Campins H. "New observations of asteroid (175706) 1996 FG3, primary target of the ESA *Marco Polo-R* mission"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, L12.

Viticchié B., **Sánchez-Almeida J.** "Asymmetries of the Stokes V profiles observed by HINODE SOT/SP in the quiet Sun"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A14.

Bestenlehner J.M. et al. (Incluye **Herrero A.**) "The VLT-FLAMES Tarantula Survey - III. A very massive star in apparent isolation from the massive cluster R136"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, L14.

**Rys A.**, Grocholski A.J., van der Marel R.P., Aloisi A., Annibali F. "Hubble Space Telescope study of resolved red giant stars in the outer halos of nearby dwarf starburst galaxies"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A23.

**Simón-Díaz S., García-Rojas J., Esteban C.**, Stasińska G., López-Sánchez A.R., Morisset C. "A detailed study of the H II region M 43 and its ionizing star - I. Stellar parameters and nebular empirical analysis"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A57.

Gálvez-Ortiz M.C., **Delgado-Mena E., González Hernández J.I., Israelian G.**, Santos N.C., **Rebolo R., Ecuillon A.** "Beryllium abundances in stars with planets: Extending the sample"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A66.

Ballot J. et al. (Incluye **Salabert D., Régulo C., Creevey O.**) "Accurate p-mode measurements of the G0V metal-rich CoRoT target HD 2265"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A97.

**Viironen K., Mampaso A., Corradi R.L.M.**, Drew J.E., Frew D.J., **Giammanco C.** et al. "A new planetary nebula in the outer reaches of the Galaxy"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A107

Evans C.J., Taylor W.D., Hénault-Brunet V., Sana H., de Koter A., **Simón-Díaz S.** et al. (Incluye **García M., Herrero A., Sabín-Sanjulián C.**) "The VLT-FLAMES Tarantula Survey I. Introduction and observational overview"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A108.

**Martínez-Pillet V.**, del Toro-Iniesta J.C., **Quintero-Noda C.** "Ubiquitous quiet-Sun jets"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A111.

**Salabert D., Régulo C.**, Ballot J., García R.A., Mathur S. "About the p-mode frequency shifts in HD 49933"  
*Astronomy & Astrophysics*, **530**, A127.

**Socas-Navarro H.**, Elmore D., **Asensio-Ramos A.**, Harrington D.M. "Characterization of Solar Telescope Polarization Properties Across the Visible and Near-Infrared Spectrum - Case Study: The Dunn Solar Telescope"  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, A2.

Jenkins J.S., **Murgas F.** et al. "Chromospheric activities and kinematics for solar type dwarfs and subgiants: analysis of the activity distribution and the AVR"  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, A8.

**Manso-Sainz R., Martínez-González, M.J., Asensio-Ramos A.** "Advection and dispersal of small magnetic elements in the very quiet Sun"  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, L9.

Csizmadia Sz. et al. (Incluye **Deeg H.J.**, **Tingley B.**) “Transiting exoplanets from the CoRoT space mission XVII. The hot Jupiter CoRoT-17b: a very old planet”  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, A41.

**Labadie L.**, Martín G., Anheier N.C., Arezki B., Qiao H.A., Bernacki B., Kern P. “First fringes with an integrated-optics beam combiner at 10  $\mu\text{m}$  - A new step towards instrument miniaturization for mid-infrared interferometry”  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, A48.

Tozzi P., Patriarchi P., Boehnhardt H., Vincent J.-B., **Licandro J.**, Kolokolova L., Schulz R., Stüwe J. “Evolution of the dust coma in comet 67P/Churyumov-Gerasimenko before the 2009 perihelion”  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, A54.

Muinenen K., **Parviainen H.** et al. “Lunar mare single-scattering, porosity, and surface-roughness properties with SMART-1 AMIE”  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, A150.

Miszalski B., Jones D., **Rodríguez-Gil P.**, Boffin H.M.J., **Corradi R.L.M.**, **Santander-García M.** “Discovery of close binary central stars in the planetary nebulae NGC 6326 and NGC 6778”  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, A158.

Prugniel Ph., Vauglin I., **Koleva M.** “The atmospheric parameters and spectral interpolator for the MILES stars”  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, A165.

**Beck C.A.R.**, Rezaei R. “Spectroscopy at the solar limb. I. Average off-limb profiles and Doppler shifts of Ca II H”  
*Astronomy & Astrophysics*, **531**, A173.

MEMORIA  
2011 IAC

274 Nieva M.F., **Simón-Díaz S.** “The chemical composition of the Orion star-forming region. III. C, N, Ne, Mg and Fe abundances in B-type stars revisited”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A2.

Sanz-Forcada J. et al. (Incluye **García-Alvarez D.**) “Estimation of the XUV radiation onto close planets and their evaporation”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A6.

Marino A.F., Sneden C., Kraft R.P., Wallerstein G., Norris J.E., Da Costa G., **Milone A.P.** et al. “The two metallicity groups of the globular cluster M 22: a chemical perspective”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A8.

**Rodler F.** et al. “Detecting planets around very cool dwarfs at near infrared wavelengths with the radial velocity technique”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A31.

**Peña-Ramírez K.**, Zapatero-Osorio M.R., **Béjar V.J.S.**, **Rebolo R.**, Bihain G. “Search and characterization of T-type planetary mass candidates in the  $\sigma$  Orionis cluster”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A42.

Berta S. et al. (Incluye **Castañeda H.O.**, **Cepa J.**, **Pérez-Fournon I.**) “Building the cosmic infrared background brick by brick with Herschel/PEP”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A49.

**Licandro J.**, Campins H., Tozzi G.P., de León J., Pinilla-Alonso N., Boehnhardt H., Hainaut O.R. “Testing the comet nature of main belt comets. The spectra of 133P/Elst-Pizarro and 176P/LINEAR”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A65.

Lutz D., Poglitsch A., Altieri B., Andreani P., Aussel H., Berta S., **Bongiovanni A.** et al. (Incluye **Cepa J.**, **Pérez-García A.M.**) “PACS Evolutionary Probe (PEP) – A Herschel key program”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A90.

**Falcón-Barroso J.**, Sánchez-Blázquez P., **Vazdekis A.**, **Ricciardelli E.**, Cardiel N., Cenarro A.J., Gorgas J., Peletier R.F. “An updated MILES stellar library and stellar population models”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A95.

**Lodieu N.**, de Wit W.-J., Carraro G., Moraux E., Bouvier J., Hambly N.C. “The mass function of IC 4665 revisited by the UKIDSS Galactic Clusters Survey”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A103.

Alvarez-Candal A., Pinilla-Alonso N., **Licandro J.** et al. “The spectrum of (136199) Eris between 350 and 2350 nm: results with X-Shooter”  
*Astronomy & Astrophysics*, **532**, A130.

Popesso P. et al. (Incluye **Bongiovanni A., Cava A., Cepa J., Pérez-García A.M.**) "The effect of environment on star forming galaxies at redshift I. First insight from PACS" *Astronomy & Astrophysics*, **532**, A145.

Shore S.N., Augusteijn T., **Ederoclite A.**, Uthas H. "The spectroscopic evolution of the recurrent nova T Pyxidis during its 2011 outburst - I. The optically thick phase and the origin of moving lines in novae" *Astronomy & Astrophysics*, **533**, L8.

**Puschmann K.G., Beck C.A.R.** "Application of speckle and (multi-object) multi-frame blind deconvolution techniques on imaging and imaging spectropolarimetric data" *Astronomy & Astrophysics*, **533**, A21.

**García-Alvarez D.** et al. "Starspots on the fastest rotators in the  $\beta$  Pictoris moving group" *Astronomy & Astrophysics*, **533**, A30.

Eliche-Moral M.C., **González-García A.C., Balcells M., Aguerri J.A.L.,** Gallego J., Zamorano J., **Prieto M.** "A minor merger origin for stellar inner discs and rings in spiral galaxies" *Astronomy & Astrophysics*, **533**, A104.

Hébrard G. et al. (Incluye **Almenara J.M., Deeg H.J., Parviainen H., Tingley B.**) "Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XVIII. CoRoT-18b: a massive hot Jupiter on a prograde, nearly aligned orbit" *Astronomy & Astrophysics*, **533**, A130.

Hedelt P., Alonso R., Brown T., **Collados M.** "Venus transit 2004: Illustrating the capability of exoplanet transmission spectroscopy" *Astronomy & Astrophysics*, **533**, A136.

Sousa S.G., Santos N.C., **Israelian G., Mayor M., Udry S.** "Spectroscopic stellar parameters for 582 FGK stars in the HARPS volume-limited sample - Revising the metallicity-planet correlation" *Astronomy & Astrophysics*, **533**, A141.

Campante T.L. et al. (Incluye **Régulo C., Salabert D., Creevey O.L.**) "Asteroseismology from multi-month Kepler photometry: the evolved Sun-like stars

KIC 10273246 and KIC 10920273" *Astronomy & Astrophysics*, **534**, A6.

Nigoche-Netro A., **Aguerri J.A.L.,** Lagos P., Ruelas-Mayorga A., Sánchez L.J., **Muñoz-Tuñón C.,** Machado A. "The intrinsic dispersion in the Faber-Jackson relation for early-type galaxies as function of the mass and redshift" *Astronomy & Astrophysics*, **534**, A61.

Tal-Or L. et al. (Incluye **Deeg H.J.**) "CoRoT LRA02\_E2\_0121: Neptune-size planet candidate turns into a hierarchical triple system with a giant primary" *Astronomy & Astrophysics* **534**, A67.

Tavecchio F., **Becerra-González J.,** Ghisellini G., Stamerra A., Bonnoli G., Foschini L., Maraschi L. "On the origin of the  $\gamma$ -ray emission from the flaring blazar PKS 1222+216" *Astronomy & Astrophysics*, **534**, A86.

Bethge C., Peter H., Kentischer T.J., Halbgewachs C., Elmore D.F., **Beck C.A.R.** "The Chromospheric Telescope" *Astronomy & Astrophysics*, **534**, A105.

**Uytterhoeven K.** et al. "The *Kepler* characterization of the variability among A- and F-type stars I. General Overview" *Astronomy & Astrophysics*, **534**, A125.

**Ramírez-Alegria S., Herrero A.,** Marín-Franch A., Puga E., Najarro F., **Acosta-Pulido J.A., Hidalgo S.L., Simón-Díaz S.** "Near-infrared study of the stellar population of Sh2-152" *Astronomy & Astrophysics*, **535**, A8.

**Carrera R.,** Pancino E. "Chemical abundance analysis of the open clusters Berkeley 32, NGC 752, Hyades, and Praesepe" *Astronomy & Astrophysics*, **535**, A30.

Martín E.L., Spruit H.C., **Tata R.** "A binary merger origin for inflated hot Jupiter planets" *Astronomy & Astrophysics*, **535**, A50.

**Pérez Hernández F.,** Oreiro R., Haili H. "Angular momentum transfer between oscillations and rotation in subdwarf B hybrid pulsators" *Astronomy & Astrophysics*, **535**, A96.

MEMORIA  
IAC 2011

275

Adibekyan V.Zh., Santos N.C., Sousa S.G., **Israeli G.** “A new  $\alpha$ -enhanced super-solar metallicity population”  
*Astronomy & Astrophysics*, **535**, L11.

**Beck C.A.R.**, Rezaei R., **Fabbian D.** “Stray-light contamination and spatial deconvolution of slit-spectrograph observations”  
*Astronomy & Astrophysics*, **535**, A129.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. I. The Planck mission”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A1.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. II. The thermal performance of Planck”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A2.

Mennella A. et al. (Incluye **Génova-Santos R.**, **Gómez F.**, **Herreros J.M.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck early results. III. First assessment of the Low Frequency Instrument in-flight performance”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A3.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R.**) “Planck Early Results. IV. First assessment of the High Frequency Instrument in-flight performance”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A4.

Zacchei A. et al. (Incluye **Génova-Santos R.**, **Gómez F.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. V. The Low Frequency Instrument data processing”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A5.

MEMORIA  
2011 IAC

276

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R.**) “Planck Early Results. VI. The High Frequency Instrument data processing”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A6.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. VII. The Early Release Compact Source Catalog”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A7.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Flores-Cacho I.**, **Génova-Santos R.**, **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. VIII. The all-sky Early Sunyaev-Zeldovich cluster sample”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A8.

Planck Collaboration, Aghanim N. et al. (Incluye **Flores-Cacho I.**, **Génova-Santos R.**, **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. IX. XMM-Newton follow-up for validation of Planck cluster candidates”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A9.

Planck Collaboration, Aghanim N. et al. (Incluye **Flores-Cacho I.**, **Génova-Santos R.**, **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. X. Statistical analysis of Sunyaev-Zeldovich scaling relations for X-ray galaxy clusters”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A10.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Flores-Cacho I.**, **Génova-Santos R.**, **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XI. Calibration of the local galaxy cluster Sunyaev-Zeldovich scaling relations”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A11.

Planck Collaboration, Aghanim N. et al. (Incluye **Flores-Cacho I.**, **Génova-Santos R.**, **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XII. Cluster Sunyaev-Zeldovich optical scaling relations”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A12.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XIII. Statistical properties of extragalactic radio sources in the Planck Early Release Compact Source Catalogue”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A13.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R.**, **Hoyland R.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XIV. ERCSC Validation and Extreme Radio Sources”  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A14.

Planck Collaboration, Aatrokoski J. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results XV. Spectral energy distributions and radio continuum spectra of northern extragalactic radio sources” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A15.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XVI. The Planck View of Nearby Galaxies” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A16.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XVII Origin of the submm excess dust emission in the Magellanic Clouds” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A17.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XVIII. The power spectrum of cosmic infrared background anisotropies” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A18.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hoyland R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XIX. All-sky temperature and dust optical depth from Planck and IRAS: Constraints on the “dark gas” in our galaxy” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A19.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Génova-Santos R., Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XX. New Light on Anomalous Microwave Emission from Spinning Dust Grains” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A20.

Planck Collaboration, Abergel A. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XXI. Properties of the interstellar medium in the Galactic plane” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A21.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XXII. The submillimetre properties of a sample of Galactic cold clumps” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A22.

Planck Collaboration, Ade P.A.R. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck early results. XXIII. The first all-sky survey of Galactic cold clumps” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A23.

Planck Collaboration, Abergel A. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rubiño-Martín J.A.**) (2111) “Planck Early Results XXIV: Dust in the diffuse interstellar medium and the Galactic halo” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A24.

Planck Collaboration, Abergel A. et al. (Incluye **Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results: Thermal dust in Nearby Molecular Clouds” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A25.

Planck Collaboration, Aghanim N. et al. (Incluye **Flores-Cacho I., Génova-Santos R., Hildebrandt S.R., Hoyland R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck Early Results. XXVI. Detection with Planck and confirmation by XMM-Newton of PLCK G266.6-27.3, an exceptionally X-ray luminous and massive galaxy cluster at  $z \sim 1$ ” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, A26.

Zorotovic M. et al. (Incluye **Rodríguez-Gil P.**) “Post-common-envelope binaries from SDSS. XIII: Mass dependencies of the orbital period distribution” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, L31.

Tingley B., Pallé E., Parviainen H., Deeg H.J., Zapatero-Osorio M.R., Cabrera-Lavers A., Belmonte J.A. (Incluye **Rodríguez P.M., Murgas F.**) “Detection of transit timing variations in excess of one hour in the *Kepler* multi-planet candidate system KOI 806 with the GTC” *Astronomy & Astrophysics*, **536**, L9.

Nebot Gómez-Morán A. et al. (Incluye **Rodríguez-Gil P.**) "Post common envelope binaries from SDSS. XII: The orbital period distribution"  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A43.

Courbin F. et al. (Incluye **Koleva M.**) "COSMOGRAIL: the COSmological MOnitoring of GRAVItational Lenses IX. Time delays and N-body realisations of the lens in HE 0435-1223"  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A53.

Girardi M., Bardelli S., **Barrena R.**, Boschini W., Gastaldello F., Nonino M. "Internal dynamics of Abell 2254: a merging galaxy cluster with a clumpy, diffuse radio emission"  
*Astronomy & Astrophysics*, **536**, A89.

Kunder A., Walker A., Stetson P.B., Bono G., Nemeč J.M., de Propris R., **Monelli M.** et al. "Period Change Similarities among the RR Lyrae Variables in Oosterhoff I and Oosterhoff II Globular Systems"  
*Astronomical Journal*, **141**, 15.

Manteiga M., **García-Hernández A.**, Ulla A., **Manchado A.**, García-Lario P. "IRAS 17423-1755 (Hen 3-1475) Revisited: An O-rich High-mass Post-AGB Star"  
*Astronomical Journal*, **141**, 80.

Lee Y.S., Beers T.C., **Allende-Prieto C.** et al. "The SEGUE Stellar Parameter Pipeline. V. Estimation of Alpha-Element Abundance Ratios From Low-Resolution SDSS/SEGUE Stellar Spectra"  
*Astronomical Journal*, **141**, 90.

Cox N.L.J., **García-Hernández D.A.**, García-Lario P., **Manchado A.** "Far-Infrared Imaging of Post-Asymptotic Giant Branch Stars and (proto)-Planetary Nebulae with the AKARI Far-Infrared Surveyor"  
*Astronomical Journal*, **141**, 111.

**Gutiérrez L.**, **Beckman J.E.**, **Buenrostro V.** "Properties of the HII region populations of M51 and NGC 4449 from H $\alpha$  images with the Advanced Camera for Surveys on Hubble Space Telescope"  
*Astronomical Journal*, **141**, 113.

Costa E., Méndez R.A., Pedreros M.H., Moyano M., **Gallart C.**, Noël N. "The Proper Motion of the Magellanic Clouds. II. New Results for Five Small Magellanic Cloud Fields"  
*Astronomical Journal*, **141**, 136.

Moór A., Frey S., Lambert S.B., Titov O.A., **Bakos J.** "On the Connection of the Apparent Proper Motion and the VLBI Structure of Compact Radio Sources"  
*Astronomical Journal*, **141**, 178.

Toloba E., **Sánchez-Blázquez P.** "NH and Mg Index Trends in Elliptical Galaxies Jedidiah Seren, Guy Worthey"  
*Astronomical Journal*, **141**, 184.

ten Brummelaar T.A. et al. (Incluye **Simón-Díaz S.**) "An Interferometric and Spectroscopic Analysis of the Multiple Star System HD 193322"  
*Astronomical Journal*, **142**, 21.

Alves F.O., **Acosta-Pulido J.A.**, Girart J.M., Franco G.A.P., López R. "Infrared and optical polarimetry around the low-mass star-forming region NGC 1333 IRAS 4A"  
*Astronomical Journal*, **142**, 33.

**Carrera R.**, **Gallart C.**, **Aparicio A.**, Hardy E. "Metallicities, Age-Metallicity Relationships, and Kinematics of Red Giant Branch Stars in the Outer Disk of the Large Magellanic Cloud"  
*Astronomical Journal*, **142**, 61.

Eisenstein D.J., Weinberg D.H., Agol E., Aihara H., **Allende-Prieto C.** et al. (Incluye **Esposito M.**, **Femenía B.**, **González-Hernández J.I.**) "SDSS-III: Massive spectroscopic surveys of the distant universe, the milky way, and extra-solar planetary systems"  
*Astronomical Journal*, **142**, 72.

Méndez R.A., Costa E., **Gallart C.**, Pedreros M.H., Moyano M., Altmann M. "First Ground-based Charge-coupled Device Proper Motions for Fornax. II. Final Results"  
*Astronomical Journal*, **142**, 93.

**Gutiérrez L.**, Erwin P., Aladro R., **Beckman J.E.** “The Outer Disks of Early-type Galaxies, II. Surface Brightness Profiles of Unbarred Galaxies, and Trends with Hubble Type” *Astronomical Journal*, **142**, 145.

Chonis T.S., Martínez-Delgado D., Gabany R.J., Majewski S.R., Hill G.J., Gralak R., **Trujillo I.** “A Petal of the Sunflower: Photometry of the Stellar Tidal Stream in the Halo of Messier 63 (NGC 5055)” *Astronomical Journal*, **142**, 166.

**García-Lorenzo B.**, **Fuensalida J.J.** “Statistical structure of the atmospheric optical turbulence at Teide Observatory from recalibrated generalized SCIDAR data” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **410**, 934.

**Corradi R.L.M.**, Sabin L., Miszalski B., **Rodríguez-Gil P.**, **Santander-García M.** et al. (Incluye **Mampaso A.**, **Casares J.**, **Giammanco C.**) “The Necklace: equatorial and polar outflows from the binary central star of the new planetary nebula IPHASXJ194359.5+170901” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **410**, 1349.

Wilson C.D., Warren B.E., Irwin J., **Knapen J.H.** et al. “The JCMT Nearby Galaxies Legacy Survey IV. Velocity Dispersions in the Molecular Interstellar Medium in Spiral Galaxies” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **410**, 1409.

Irwin J.A. et al. (Incluye **Knapen J.H.**) “The JCMT Nearby Galaxies Legacy Survey V: The CO (J=3-2) Distribution and Molecular Outflow in NGC~4631” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **410**, 1423.

**Iglesias-Groth S.**, Cataldo F., Ursini O., **Manchado A.** “Amino acids in comets and meteorites: Stability under gamma radiation and preservation of the enantiomeric excess” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **410**, 1447.

**Durant M.**, **Shahbaz T.**, Gandhi P., **Cornelisse R.**, **Muñoz-Darias T.**, **Casares J.** et al. “High time resolution optical/X-ray cross-correlations for X-ray binaries: anticorrelations and rapid variability” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **410**, 2329.

Loubser S.I., **Sánchez-Blázquez P.** “The ultraviolet upturn in brightest cluster galaxies” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **410**, 2679.

**Fernández-Ontiveros J.A.**, López-Sanjuan C., **Montes M.**, **Prieto A.M.**, **Acosta-Pulido J.A.** “The most recent Burst of Star Formation in the Massive Elliptical Galaxy NGC 1052.” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **411**, L21.

Brown W.R., Kilic M., **Allende-Prieto C.**, Kenyon S.J. “The merger rate of extremely low mass white dwarf binaries: links to the formation of AM CVn stars and underluminous supernovae” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **411**, L31.

**Allende-Prieto C.** “Bridging model and observed stellar spectra” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **411**, 807.

Grützbauch R., Conselice C.J., **Varela J.**, Bundy K., Cooper M.C., Skibba R., Willmer C.N.A. “How does galaxy environment matter? The relationship between galaxy environments, colour and stellar mass at  $0.4 < z < 1$  in the Palomar/DEEP2 survey” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **411**, 929.

**Iglesias-Groth S.** “Interstellar C<sub>2</sub> in the Perseus molecular complex: excitation temperature and density of a molecular cloud with anomalous microwave emission” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **411**, 1857.

Bauer A., Grützbauch R., Jorgensen I., **Varela J.**, Bergmann M. “Star Formation in the XMMU J2235.3-2557 Galaxy Cluster at  $z=1.39$ ” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **411**, 2009.

López-Sánchez A.R., **Mesa-Delgado A.**, **López-Martín L.**, **Esteban C.** “The ionized gas at the center of IC 10: A possible localized chemical pollution by Wolf-Rayet stars” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **411**, 2076.

Hoyos C., den Brok M., Kleijn G.V., Carter D., **Balcells M.** et al. “The HST/ACS Coma Cluster Survey – III. Structural parameters of galaxies using single Sérsic fits” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **411**, 2439.

MEMORIA  
IAC 2011

279

Shih I.C., Charles, P.A., **Cornelisse R.** “Correlated optical/X-ray long-term variability in LMXB 4U 1636-536”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **412**, 120.

Vulcani B. et al. (Incluye **Cava A.**) “Galaxy stellar mass functions of different morphological types in clusters, and their evolution between  $z=0.8$  and  $z=0$ ”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **412**, 246.

Bracco A. et al. (Incluye **Cava A.**) “Herschel-ATLAS: Statistical Properties of Galactic Cirrus in the GAMA-9 Hour Science Demonstration Phase Field”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **412**, 1151.

Guo Q. et al (Incluye **Cava A.**) “Which haloes host *Herschel*-ATLAS galaxies in the local Universe?”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **412**, 2277.

**Corral-Santana J.M., Casares J., Shahbaz T., Zurita C., Martínez-Pais I.G., Rodríguez-Gil P.** “Evidence for a black hole in the X-ray transient XTE J1859+226”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, L15.

Conselice C.J. et al. (Incluye **Trujillo I.**) “The Hubble Space Telescope GOODS NICMOS Survey: Overview and the Evolution of Massive Galaxies at  $1.5 < z < 3$ ”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, 80.

Kilic M., Brown W.R., Kenyon S.J., **Allende-Prieto C.** et al. “The shortest period detached binary white dwarf system”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, L101.

**Iglesias-Groth S., Cataldo F., Manchado A.** “Infrared Spectroscopy and integrated molar absorptivity of  $C_{60}$  and  $C_{70}$  Fullerenes at extreme Temperatures”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, 213.

Cano Z. et al. (Incluye **Vaduvescu O.**) “A tale of two GRB-SNe at a common redshift of  $z=0.54$ ”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, 669.

Vulcani B. et al. (Incluye **Cava A.**) “The evolution of early-type galaxies in clusters from  $z\sim 0.8$  to  $z\sim 0$ : the ellipticity distribution and the morphological mix”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, 921.

Miszalski B., **Corradi R.L.M.**, Boffin H.M.J., Jones D., Sabin L., **Santander-García M., Rodríguez-Gil P.**, Rubio-Díez M.M. “ETHOS 1: a high-latitude planetary nebula with jets forged by a post-common-envelope binary central star”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, 1264.

**Femenía B., Rebolo R., Pérez-Prieto J., Hildebrandt S.R., Labadie L., Pérez-Garrido A., Béjar V.J.S.** et al. (Incluye **Oscos A., López R., Rodríguez L.F., Piqueras J.**) “Lucky Imaging Adaptive Optics of the brown dwarf binary GJ569Bab”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, 1524.

Seymour N. et al. (Incluye **Castro-Rodríguez N., Cava A., Pérez-Fournon I.**) “HerMES: SPIRE emission from radio-selected active galactic nuclei”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, 1777.

Ramos-Almeida C., Dicken D., Tadhunter C., **Asensio-Ramos A.**, Inskip K.J., Hardcastle M.J., Mingo B. “Clear detection of dusty torus signatures in a Weak-Line Radio Galaxy: the case of PKS 0043-42”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **413**, 2358.

Burningham B. et al. (Incluye **Lodieu N.**) “The discovery of the T8.5 dwarf UGPS J0521+3640”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **414**, L90.

Murray D.N. et al. (Incluye **Lodieu N., Pérez-Prieto J.**) “Blue not brown: UKIRT Infrared Deep Sky Survey T dwarfs with suppressed K-band flux”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **414**, 575.

Wang L. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) “HerMES: detection of cosmic magnification of submillimetre galaxies using angular cross-correlation”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **414**, 596.

**García-Lorenzo B., Eff-Darwich A., Fuensalida J.J., Castro-Almazán J.** “Adaptive optics parameters connection to wind speed at the Teide Observatory: corrigendum”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **414**, 801.



- Bureau M. et al. (Incluye **Falcón-Barroso J.**) “The SAURON project – XVIII. The integrated UV–line-strength relations of early-type galaxies”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **414**, 1887.
- Hempel A.**, Cristóbal-Hornillos D., **Prieto M.**, **Trujillo I.**, **Balcells M.**, **López-Sanjuan C.**, **Abreu D.** et al. (Incluye **Domínguez-Palmero L.**) “The morphologies and masses of extremely red galaxies in the Groth Strip”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **414**, 2246.
- den Brok M., Peletier R.F., Valentijn E.A., **Balcells M.** et al. “The *HST*/ACS Coma Cluster Survey – VI. Colour gradients in giant and dwarf early-type galaxies”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **414**, 3052.
- di Criscienzo M., D’Antona F., **Milone A.P.** et al. “NGC 2419: a large and extreme second generation in a currently undisturbed cluster”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **414**, 3381.
- Barentsen G. et al. (Incluye **Valdivielso M.L.**, **Corradi R.L.M.**) “T Tauri candidates and accretion rates using IPHAS: method and application to IC 1396”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 103.
- Walker A.R., Kunder A.M., Andreuzzi G., Di Cecco A., Stetson P.B., **Monelli M.** et al. “Constraints on the formation of the globular cluster IC 4499 from multiwavelength photometry”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 643.
- Pascale E. et al. (Incluye **Cava A.**) “The first release of data from the Herschel ATLAS: the SPIRE images”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 911.
- Wijesinghe D.B. et al. (Incluye **Cava A.**) “GAMA/H-ATLAS: the ultraviolet spectral slope and obscuration in galaxies”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 1002.
- Redaelli M. et al. (Incluye **Creevey O.L.**) “The pulsations of PG 1351+489”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 1220.
- Rahimi A., Kawata D., **Allende-Prieto C.**, Brook C.B., Gibson B.K., Kiessling A. “Metallicity gradients of disc stars for a cosmologically simulated galaxy”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 1469.
- MacKenzie T. et al. (Incluye **Knapen J.H.**) “A pilot study for the SCUBA-2 All-Sky Survey”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 1950.
- Ascasibar Y., **Sánchez-Almeida J.** “Do galaxies form a spectroscopic sequence?”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 2417.
- Verner G.A. et al. (Incluye **Régulo C.**, **Salabert D.**) “Global asteroseismic properties of solar-like oscillations observed by *Kepler*: a comparison of complementary analysis methods”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 3539.
- Trujillo I.**, Ferreras I, **de la Rosa I.G.** “Dissecting the size evolution of elliptical galaxies since  $z \sim 1$ : puffing up vs minor merging scenarios”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **415**, 3903.
- González-Solares E.A. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) “Wide-field optical imaging on ELAIS N1, ELAIS N2, First Look Survey and Lockman Hole: observations and source catalogues”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **416**, 927.
- Magliocchetti M. et al. (Incluye **Cepa J.**, **Castañeda H.O.**) “The PEP survey: clustering of infrared-selected galaxies and structure formation at  $z \sim 2$  in GOODS-South”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **416**, 1105.
- García-Lorenzo B.**, **Fuensalida J.J.** “Atmospheric optical-turbulence at Roque de los Muchachos Observatory: database and recalibration of the generalized-SCIDAR data”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **416**, 2123.
- Ramos-Almeida C. Sánchez-Portal M., **Pérez-García A.M.**, **Acosta-Pulido J.A.**, Castillo M., **Asensio-Ramos A.** et al. (Incluye **Rodríguez-Espinosa J.M.**) “Resolving the nuclear dust distribution of the Seyfert 2 galaxy NGC 3081”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **417**, L46.

**Mesa-Delgado A., Núñez-Díaz M., Esteban C., López-Martín L., García-Rojas J.** “Integral field spectroscopy of selected areas of the Bright Bar and Orion-S cloud in the Orion Nebula”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **417**, 420.

**Koleva M., Prugniel P., De Rijcke S., Zeilinger W.W.** “Age and metallicity gradients in early-type galaxies: a dwarf-to-giant sequence”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **417**, 1643.

**Falcón-Barroso J.** et al. “The SAURON Project - XIX. Optical and near-infrared scaling relations of nearby elliptical, lenticular and Sa galaxies”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **417**, 1787.

**Bilir S., Karaali S., Ak S., Dağtekin N.D., Önal O., Yaz E., Coşkunoğlu B., Cabrera-Lavers A.** “Transformations between the WISE, 2MASS, SDSS and BVRI photometric systems – I. Transformation equations for dwarfs”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **417**, 2230.

**Symeonidis M.** et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) “*Herschel*/HerMES: the X-ray–infrared correlation for star-forming galaxies at  $z \lesssim 1$ ”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **417**, 2239.

**Kuiper E.** et al. (Incluye **Cepa J.**) “Discovery of a high- $z$  protocluster with tunable filters: the case of 6C0140+326 at  $z = 4.4$ ”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **417**, 1088.

**Fahed R.** et al. (Incluye **Knapen J.H., Sánchez-Gallego J.R.**) “Spectroscopy of the archetype colliding-wind binary WR 140 during the 2009 January periastron passage”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **418**, 2.

**de la Rosa I.G., La Barbera F., Ferreras I., de Carvalho R.R.** “The link between the star formation history and  $[\alpha/\text{Fe}]$ ”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **418**, L74

**Kilic M., Brown W.R., Hermes J.J., Allende-Prieto C., Kenyon S.J., Winget D.E., Winget K.I.** “SDSS J163030.58+423305.8: a 40-min orbital period detached white dwarf binary”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **418**, L157.

**Laurikainen E., Salo H., Buta R., Knapen J.H.** “Near-IR Atlas of S0-Sa galaxies (NIRS0S)”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **418**, 1452.

**Lodieu N., Hambly N.C., Dobbie P.D., Cross N.J.G., Christensen L., Martín E.L., Valdivielso L.** “Testing the fragmentation limit in the Upper Sco association”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **418**, 2604.

**Amblard A.** et al (Incluye **Castro-Rodríguez N., Cava A., Pérez-Fournon I.**) “Submillimetre galaxies reside in dark matter haloes with masses greater than  $3 \times 10^{11}$  solar masses”  
*Nature*, **470**, 510.

**Antoci V.** et al. (Incluye **Uytterhoeven K.**) “The excitation of solar-like oscillations in a  $\delta$ Sct star by efficient envelope convection”  
*Nature*, **477**, 570.

**Sicardy B.** et al. (Incluye **Cebrián M., Montañés-Rodríguez P., Oscoz A.**) “A Pluto-like radius and a high albedo for the dwarf planet Eris from an occultation”  
*Nature*, **478**, 493.

**Chaplin W.J.** et al. (Incluye **Creevey O.L., Jiménez A., Régulo C., Salabert D.**) “Ensemble Asteroseismology of Solar-Type Stars with the NASA Kepler Mission”  
*Science*, **332**, 213.

**Sternberg A.** et al. (Incluye **Allende-Prieto C.**) “Circumstellar Material in Type Ia Supernovae via Sodium Absorption Features”  
*Science*, **333**, 856.

**Barthol P.** et al. (Incluye **Martínez-Pillet V., Bonet J.A.**) “The Sunrise Mission”  
*Solar Physics*, **268**, 1.

**Gandorfer A.** et al. (Incluye **Martínez-Pillet V., Bonet J.A.**) “The Filter Imager SuFI and the Image Stabilization and Light Distribution System ISLiD of the Sunrise Balloon-Borne Observatory: Instrument Description”  
*Solar Physics*, **268**, 35.

**Martínez-Pillet V.**, del Toro-Iniesta J.C., Alvarez-Herrero A., Domingo V., **Bonet J.A.** et al. "The Imaging Magnetograph eXperiment (IMaX) for the Sunrise balloon-borne solar observatory"  
*Solar Physics*, **268**, 57.

Berkefeld T. et al. (Incluye **Martínez-Pillet V.**) "The Wave-Front Correction System for the Sunrise Balloon-Borne Solar Observatory"  
*Solar Physics*, **268**, 103.

Borrero J.M., Tomczyk S., Kubo M., **Socas-Navarro H.**, Schou J., Couvidat S., Bogart R. "VFISV: Very Fast Inversion of the Stokes Vector for the Helioseismic and Magnetic Imager"  
*Solar Physics*, **273**, 267.

Sheth K. et al. (Incluye **Knapen J.H.**) "The Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S4G)"  
*Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **122**, 1397.

**Lara-López M.A.**, **Cepa J.**, **Castañeda H.O.**, **García-Pérez A.M.**, **Bongiovanni A.**, **Ederoclite A.**, **Fernández-Lorenzo M.**, **Povic M.** et al. "OTELLO Survey: Optimal Emission-Line Flux Determination with OSIRIS/GTC"  
*Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **123**, 252.

Feautrier P. et al. (Incluye **Díaz-García J.J.**) "OCam with CCD220, the Fastest and Most Sensitive Camera to Date for AO Wavefront Sensing"  
*Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **123**, 263.

Fabrizio M., Nonino M., Bono G., Ferraro I., François P., Iannicola G., **Monelli M.** et al. "The Carina Project. IV. Radial Velocity Distribution"  
*Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **123**, 384.

Troisi F. et al. (Incluye **Monelli M.**) "On a New Parameter to Estimate the Helium Content in Old Stellar Systems"  
*Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **123**, 879.

**Méndez-Abreu J.**, **Sánchez-Almeida J.**, **Muñoz-Tuñón C.**, **Rodríguez-Espinosa J.M.**, **Aguerri J.A.L.** et al. "Wavelength Calibration for OSIRIS/GTC Tunable Filters"  
*Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **123**, 1107.

Vernin J., **Muñoz-Tuñón C.**, Sarazin M., **Vázquez-Ramió H.**, **Varela A.M.** et al. (Incluye **Delgado J.M.**, **Fuensalida J.J.**, **Reyes M.**) "European extremely large telescope site characterization. I. Overview"  
*Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **123**, 1334.

Gorosabel J. et al. (Incluye **Ferrero P.**, **Cepa J.**) "Study of the NGC 2770 interstellar medium through  $H_{\alpha}$ , millimetric and optical polarimetric data of SN 2008D and SN 2007uy"  
*Advanced in Space Research*, **47**, 1421.

Meech K.J. et al. (Incluye **Licandro J.**) "Deep Impact, Stardust-NExT and the behavior of Comet 9P/Tempel 1 from 1997 to 2010"  
*Icarus*, **213**, 323.

Belton M.J.S. et al. (Incluye **Licandro J.**) "Stardust-NExT, Deep Impact, and the accelerating spin of 9P/Tempel 1"  
*Icarus*, **213**, 345.

Ziffer J., Campins H., **Licandro J.** et al. "Near-infrared spectroscopy of primitive asteroid families"  
*Icarus*, **213**, 538.

Sánchez-Lavega A. et al. (Incluye **García-Rojas J.**) "Long-term evolution of the aerosol debris cloud produced by the 2009 impact on Jupiter"  
*Icarus*, **214**, 462.

**Laken B.A.**, Kniveton D.R. "Forbush decreases and Antarctic cloud anomalies in the upper troposphere"  
*Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, **73**, 371.

Erylykin A.D., **Laken B.A.**, Wolfendale A.W. "Fluctuations in some climate parameters"  
*Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, **73**, 805.

MEMORIA  
IAC 2011

283

**García-Muñoz A., Pallé E.,** Zapatero-Osorio M.R., Martín E.L. "The impact of the Kasatochi eruption on the Moon's illumination during the August 2008 lunar eclipse" *Geophysical Research Letter*, **38**, L14805.

**Laken B.A., Čalogović J.** "Solar irradiance, cosmic rays and cloudiness over daily timescales" *Geophysical Research Letters*, **38**, L24811.

**Laken B.,** Kniveton D., Wolfendale A. "Forbush decreases, solar irradiance variations, and anomalous cloud changes" *Journal of Geophysical Research*, **116**, D09201.

Lammer H. et al. (Incluye **Pallé E.**) "Exoplanet Status Report: Observation, Characterization and Evolution of Exoplanets and Their Host Stars" *Solar Systems Research*, **44**, 290.

**García-Muñoz A., Pallé E.** "Lunar eclipse theory revisited: Scattered sunlight in both the quiescent and the volcanically perturbed atmosphere" *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, **112**, 1609.

**López-Corredoira M.** "Pending problems in QSOs" *International Journal of Astronomy and Astrophysics*, **1**, 73.

**García M., Herrero A.,** Najarro F. "WSO and the winds of massive stars: the gate to the metal-poor Local Universe" *Astrophysics & Space Science*, **335**, 91.

MEMORIA  
2011 IAC  
284

**García M.** "Pursuing Local Group blue massive stars with WSO-ISSIS" *Astrophysics & Space Science*, **335**, 131.

Cataldo F., Angelini G., **Iglesias-Groth S., Manchado A.** "Solid state radiolysis of amino acids in an astrochemical perspective" *Radiation Physics and Chemistry*, **80**, 57.

Cataldo F., Ragni P., **Iglesias-Groth S., Manchado A.** "Solid state radiolysis of

sulphur-containing amino acids: cysteine, cystine and methionine" *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **287**, 573.

Cataldo F., Ragni P., **Iglesias-Groth S., Manchado A.** "A detailed analysis of the properties of radiolyzed proteinaceous amino acids" *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **287**, 903.

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.**) "Searches for dark matter annihilation signatures in the Segue 1 satellite galaxy with the MAGIC-I telescope" *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (JCAP)*, **06**, 035.

Domínguez A. **Sánchez-Conde M.A.,** Prada F. "Axion-like particle imprint in cosmological very-high-energy sources OPEN ACCESS" *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (JCAP)*, **11**, 0320.

**Sánchez-Conde M.A.,** Cannonid M., Zandanele F., Gómez M.E., Pradae F. "Dark matter searches with Cherenkov telescopes: nearby dwarf galaxies or local galaxy clusters?" *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (JCAP)*, **12**, 011.

**Belmonte J.A.** "Essay review: Archeoastronomia; un dibattito tra archaeologi ed astronomi alla ricerca di un metodo comune" *Journal for the History of Astronomy*, **42**, 113.

**González-García C., Belmonte J.A.** "Thinking Hattusha: Astronomy and Landscape in the Hittite Lands" *Journal for the History of Astronomy*, **42**, 461.

**González-García C.,** Kolev D.Z., Belmonte J.A., Koleva V.P., Tsonev L.V. "On the Orientation of Thracian Domens" *The Journal of Astronomy in Culture*, **22**, 21.

Lammer H. et al. (Incluye **Deeg H.J., Tingley B.**) "Exoplanet discoveries with the CoRoT space observatory"  
*Solar System Research*, **44**, 520.

**Vaduvescu O.**, Birlan M., Tudorica A., Sonka A., Pozo F.N., Barr A.D., Asher D.J., **Licandro J.** et al. "EURONEAR-Recovery, follow-up and discovery of NEAs and MBAs using large field 1-2 m telescopes"  
*Planetary and Space Science*, **59**, 1632.

**Parviainen H.**, Näränen J., Muinonen K.I. "Soft X-ray fluorescence from particulate media: Numerical simulations"  
*Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, **112**, 1907.

Cataldo F., Ursini O., Angelini G., **Iglesias-Groth S.** "On the way to graphene: the bottom-up approach to very large paphs using the scholl's reaction"  
*Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*, **19**, 713.

## INVITED REVIEWS (ARTÍCULOS DE REVISIÓN INVITADOS)

**Rebolo R.** "The polarization of the CMB and the QUIJOTE Experiment" en "VIth Iberian Cosmology Meeting IBERICOS 2011", 18-20 abril, Salamanca.

**Moreno-Insertis F.** "Plasmas in Solar Physics" en "Plasmas and fusion energy: Basic science and technology", 11-12 abril, Madrid.

**Trujillo I.** "How have the massive galaxies evolved over cosmic time?" en "Fornax, Virgo, Coma et al. Stellar systems in high density environments", 27 junio - 1 julio, Garching, Alemania.

**Pérez-Fournon I.** y colaboraciones HerMES y Herschel-ATLAS "Review of Herschel HerMES and ATLAS Results" en "Journées SF2A 2011 de l'Astrophysique Française", 20-23 junio, París, Francia.

**Luridiana V., García Rojas J.** "Report on the Tenerife Workshop on Uncertainties in Atomic Data and How They Propagate in Chemical Abundances" en "IAUS283: Planetary Nebulae. An eye to the future", 25-29 julio, Puerto de la Cruz, Tenerife.

**García-Hernández D.A.** "Molecular processes from the AGB to the PN stage" en "IAUS283: Planetary Nebulae. An eye to the future", 25-29 julio, Puerto de la Cruz, Tenerife.

**Martínez-Pillet V.** "The Quiet Sun as Seen by SUNRISE" en "ESPM-13: 13th European Solar Physics Meeting", 12-16 septiembre, Rodas, Grecia.

**Khomenko E.** "Oscillations and Wave Propagation in the Solar Atmosphere" en "ESPM-13: 13th European Solar Physics Meeting", 12-16 septiembre, Rodas, Grecia.

**Asensio-Ramos A.** "Observational Investigations of Magnetic Fields and Their Emergence in the Solar Atmosphere" en "ESPM-13: 13th European Solar Physics Meeting", 12-16 septiembre, Rodas, Grecia.

## INVITED TALKS (CHARLAS INVITADAS)

**López-Corredoira M.** "Galactic dynamics to explain outer of the features in spiral galaxies" en "AAS: 42nd Meeting of the Division on the Dynamical Astronomy (DDA)", 10-14 abril, Austin, Texas, EEUU.

**Rebolo R.** "The Quijote Experiment: A search for primordial gravitational waves" en "Frascati 2011 Workshop", 23-28 mayo, Frascati, Italia.

**Iglesias-Groth S.** "Identification of PAHs and Fullerenes in the Interstellar Medium" en "Frascati 2011 Workshop", 23-28 mayo, Frascati, Italia.

**Rebolo R.** "Cosmic Challenges" en "IWINAC2011 4th. International Work-conference on the Interplay between Natural and Artificial Computation", 30 mayo - 3 junio, La Palma.

MEMORIA  
IAC 2011

285

**Moreno-Insertis F.** “3-D Modelling of the Emergence of Magnetized Plasma from the Solar Interior” en “6th Annual International Conference on Numerical Modeling of Space Plasma Flows”, 13-17 junio, Valencia.

**Allende Prieto C.** “Determination of Stellar Parameters and Their Uncertainties” en “Journées SF2A 2011 de l’Astrophysique Française”, 20-23 junio, París, Francia.

**Khomenko E.** “Sunspot waves: propagation, refraction and mode conversion” en “Journées SF2A 2011 de l’Astrophysique Française”, 20-23 junio, París, Francia.

**Rubiño-Martin J.A.** “The QUIJOTE-CMB Experiment” en “Journées SF2A 2011 de l’Astrophysique Française”, 20-23 junio, París, Francia.

**Martínez-González M.J.** “The stochastic, intermittent nature of the quiet Sun magnetismo” en “Journées SF2A 2011 de l’Astrophysique Française”, 20-23 junio, París, Francia.

**Israelian G.** “Abundance Studies of Exoplanet Host Stars” en “Origins of Solar Systems. Composition of Forming Planets: A Tool to Understand Processes”, 17-22 julio, Boston, Massachusetts, EEUU.

**Belmonte J.A.** “The Voyages of the Zodiac: an impenitent traveller across lands and ages” en “SEAC 2011. Stars and Stones: Voyages in Archaeoastronomy and Cultural Astronomy”, 19-24 septiembre, Évora, Portugal.

**MEMORIA** **González-García C.** “A voyage of Christian  
**2011 IAC** medieval astronomy: symbolic, ritual and  
**286** political orientation of churches” en “SEAC  
2011. Stars and Stones: Voyages in  
Archaeoastronomy and Cultural Astronomy”,  
19-24 septiembre, Évora, Portugal.

**Licandro J.** “Activated Asteroids and MBCs” en “Workshop on Water in Asteroids and Meteorites” 29-30 septiembre, París, Francia.

**Martínez-Pillet V.** “Sunspots and Active Region Filaments: What do they have in common?” en “LWS/SDO-3/SOHO-26/GONG-2011 Workshop. Solar Dynamics and Magnetism from the Interior to the Atmosphere”, 31 octubre - 4 noviembre, Stanford, California, EEUU.

**Asensio-Ramos A.** “Extracting information from the data flood of new solar telescopes: Brainstorming” en “2nd ATST - EAST Workshop in Solar Physics: “Magnetic Fields from the Photosphere to the Corona”, 9-11 noviembre, Washington, EEUU.

## COMUNICACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES

**“IAUS278 Oxford IX: Archaeoastronomy and Ethnoastronomy. Building Bridges between Cultures”, 5-9 enero, Lima, Perú**

González-García A.C., Costa-Ferrer L. “Diachronic study of orientations: Merida, a case study”

Belmonte J.A., Barba J. “Can nature align? The enigma of Moxos’ Lagoons, astronomy and landscape in south-western Amazonia”

**“217th AAS Meeting”, 9-13 enero, Seattle, Washington, EEUU**

Balick B., Gómez T., Alcolea J., Vinkovic D., Corradi R.L.M., Frank A. “The Evolving Structure of CRL2688: 14 Years of HST Images”

Kilic M., Brown W.R., Kenyon S.J., Allende-Prieto C. “Binary White Dwarf Mergers and Underluminous Supernovae”

Kelley M.S., Harker D.E., Woodward C.E., Licandro J., DIXI Team “Using the EPOXI Mission to Measure the Dust Heterogeneity of Comet 103P/Hartley”

Sternberg A. et al. (Incluye Allende-Prieto C.) “Evidence for Circumstellar Material in Type Ia Supernovae via Na I D Absorption Features”

Díaz-Alfaro M., González-Hernández I., Pérez-Hernández F., Lindsey C. "First Steps toward Seismic Holography of the Tachocline"

**"PLANCK 2011 Conference the Millimeter and Submillimeter Sky in the PLANCK Mission Era", 10-14 enero, París, Francia**

Rubiño-Martín and the QUIJOTE Collaboration "The QUIJOTE-CMB Experiment"

López-Caraballo C.H., Rubiño-Martín J.A., Rebolero R., Génova-Santos R. "Constraints on the Polarization of the Anomalous Microwave Emission in the Perseus Molecular Complex from 7-year WMAP data"

**"Space Climate - 4", 16-21 enero, Goa, India**

Laken B., Wolfendale A. "Forbush decreases and anomalous cloud changes detected over Antarctica"

Calogovic J., Laken B. "Testing a link between solar irradiance and atmospheric parameters"

**"ISSI Meeting on Magnetic Flux Emergence", 7-11 febrero, Berna, Suiza**

Moreno-Insertis F. "Jets, Plasmoid"

Guglielmino S. "Small-scale flux emergence and interaction"

**"The Fourth International Workshop on the Mars Atmosphere: Modelling and Observation", 8-11 febrero, París, Francia**

Geminale A., Formisano V., García-Muñoz A., Sindoni G., Giuranna M., Grassi D. "Study of the Oxygen Dayglow in the Martian atmosphere with Nadir Data of PFS-MEX"

**"42nd Lunar and Planetary Science Conference", 7-11 marzo, Texas, EEUU**

Ortiz J.L., Campo-Bagastin A., Thirouin A., Duffard R., Licandro J. et al. "How Important is Rotational Fission in the Trans-Neptunian Region?"

**"The 61st Fujihara Seminar: Progress in Solar/Stellar Physics with Helio- and Asteroseismology", 13-17 marzo, Hakone, Japón**

García R.A. et al. (Incluye Jiménez A, Pallé P.L., Régulo C.) "Fast rotating solar-like stars using asteroseismic datasets"

Mathur S., Salabert D., Garcia R.A., Régulo C., Ballot J., Metcalfe T.S. "Investigating stellar activity with CoRoT observations"

Mathur S. et al. (Incluye Régulo C.) "Seismic analysis of four solar-like stars observed during more than eight months by Kepler"

Mathur S., Salabert D., García R.A., Metcalfe T.S., Régulo C., Ballot J. "Investigating stellar activity with CoRoT data and complementary ground-based observations"

Turck-Chieze S., Couvidat S., Eff-Darwich A. et al. "The long term dynamics of the solar radiative zone associated to new results from SoHO and young solar analogs"

**"Resolving the Future of Astronomy with Long-Baseline Interferometry", 28-31 marzo, Nuevo Mexico, EEUU**

Tata R. "VLTI/AMBER Observations of an exoplanet host star"

**"AAS: 42nd Meeting of the Division on the Dynamical Astronomy (DDA)", 10-14 abril, Austin, Texas, EEUU**

Díaz-Alfaro M., González-Hernández I., Pérez-Hernández F., Lindsey C. "First Steps toward Seismic Holography of the Tachocline"

López-Corredoira M. "Galactic dynamics to explain outer disc features in spiral galaxies"

**"Assembling the Puzzle of the Milky Way", 17-22 abril, Le Grand-Bornand, Francia**

Hidalgo S.L. and the LCID team "Star Formation History of the Milky Way Satellite Dwarf Galaxies"

MEMORIA  
IAC 2011

287

**“4th MultiDark Consolider Workshop one year later”, 4-6 abril, Madrid**

Sánchez-Conde M.A. “The Search of Axion Signatures in the VHE Spectra of Distant AGNs”

**“European Geosciences Union General Assembly 2011”, 3-8 abril, Viena, Austria**

García-Muñoz A., Pallé E., Montañés-Rodríguez P., Cabrera-Lavers A., Murgas F. “A multi-site ground-based search for Venus’ lightning flashes”

Pallé E. “Earthshine measurements and extrasolar planet spectral retrieval”

**“Beamed and Unbeamed Gamma-rays from Galaxies”, 11-15 abril, Muonio, Finlandia**

Becerra J. “Constraints given by the MAGIC discovery of the Flat Spectrum Radio Quasar PKS1222+21 in VHE Gamma rays”

**“Adaptive Optics Real-time control system workshop”, 13-14 abril, Durham, Reino Unido**

Rodríguez-Ramos L.F. “EDiFiSE”

Puga-Antolin M. “Tip-tilt digital controller: design and study of the finite precision implementation on an FPGA”

**“2011 Fermi Symposium”, 9-12 mayo, Roma, Italia**

Berger K., Becerra-González J. et al. “Review of canonical scenarios of gamma-ray jet emission from recent HE-VHE observations of 3C279 with MAGIC”

MEMORIA  
2011 IAC

288 Berger K. et al. “Exploring the very high energy gamma-ray emission ( $E > 100$  GeV) of the hard spectrum Fermi sources 1FGL J2001.1+4351 and B3-2247+381 with MAGIC”

Carosi A., Antonelli L.A., Barres de Almeida U., Bastieri D., Becerra-González J., Colombo E., Garczarczyk M. et al. “MAGIC low energy observation of GRB090102 afterglow”

**“4th SOLAIRE Network Meeting: Magnetic Field Emergence, Linkage, Reconnection and Eruption in the Solar Atmosphere” 9-13 mayo, Teistungen, Alemania**

Collados M. “Observational Capabilities of the EST”

Yelles L., Kuckein, Martínez-Pillet V., Moreno-Insertis F. “Extrapolation of an Active regions filament from the photosphere and the chromosphere”

Moreno-Insertis F. “The Solaire Network: Report from the Coordinator”

Guglielmino S.L. “Emergence of small-scale flux concentrations of high resolution”

Kuckein C., Martínez-Pillet V. “Magnetic Evolution of a filament in a compact active region neutral line”

Fabbian D. “Exploring solar abundance corrections due to magnetic fields in 3D atmospheric models”

**“218th AAS Meeting”, 22-26 mayo, Boston, Massachusetts, EEUU**

Ziffer J., Campins H., Licandro J., Kelley M.S., Fernandez Y.R., Delbo M., Hargrove K., Alí-Lagoa V. “WISE Observations of Primitive Asteroid Families”

Korzennik S.G., Eff-Darwich A. “The Solar Rotation and its Evolution During Cycle 23”

**“Stellar Clusters & Associations”, 23-27 mayo, Granada**

Simón-Díaz S., García M., Herrero A., Maíz-Apellaniz J., Negueruela I. “The IACOB project synergies for the GAIA era”

Lodieu N. “The Initial Mass function seen by the UKIDSS Galactic Clusters Survey”

**“3rd Roma International Conference on Astroparticle Physics (RICAP 11)”, 25-27 mayo, Roma, Italia**

Sánchez-Conde M.A. “Low energy astroparticle physics”



**“IAUS 280 The Molecular Universe”, 30 mayo- 3 junio, Toledo**

Trigo-Rodríguez J.M., García-Hernández D.A. “The pathways of C: from AGB stars, to the Interstellar Medium, and finally into the protoplanetary disk”

García-Hernández D.A. “On the formation of fullerenes in H-rich circumstellar environments”

Sacchi N. et al. (Incluye Castro-Rodríguez N., Pérez-Fournon I.) “Herschel-SPIRE spectroscopy of nearby Seyfert galaxies”

**“VIII Serbian Conference on Spectral Line Shapes in Astrophysics”, 6-10 junio, Divcibare, Serbia**

Mediavilla T. Mediavilla E., Muñoz J.A. “Microlensing based studies of the unresolved structure of agn and the composition of lens galaxies”

**“Third Workshop Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, 6-10 junio, Sozopol, Bulgaria**

Calogovic J., Laken B.A. “Testing a link between solar irradiance and cloud cover over daily timescales”

**“Scientific and Technological Aspects of a Sample Return Mission to a Near Earth Asteroid: The ESA Cosmic Vision M3 Mission MarcoPolo-R”, 9-10 junio, Frascati, Italia**

Licandro J., Herrera G., Joven E. “The building of an electronic control unit for a microbolometer array for space thermal instrument at the IAC labs”

**“SPD Meeting 2011”, 12-16 junio, Las Cruces, Nuevo Mexico, EEUU**

Díaz Alfaro M, González-Hernández I., Pérez-Hernández F., Lindsey C. “First Steps toward Seismic Holography of the Tachocline”

**“Very Wide Field Surveys in Light ASTRO2010”, 13-16 junio, Maryland, EEUU**

Lodieu N. “The stellar and substellar IMF seen by the UKIDSS Galactic Clusters Survey”

**“2nd CoRoT Symposium: Transiting Planets, Vibrating Stars and their Connection”, 14-17 junio, Marsella, Francia**

Régulo C. “Investigating stellar activity with CoRoT data”

Deeg H.J., Seidel M. “The Timing precision of CoRoT data”

Parviainen H., Deeg H.J., Belmonte J.A. “Characterizing Stellar Activity in Transit Observations”

Tingley B. “Identifying the best transit candidates using transit parameters”

**“A Universe of dwarf galaxies: Observations, Theories, Simulations”, 14-18 junio, Lyon, Francia**

Hidalgo S.L. “The LCID project: star formation history of isolated, Local Group dwarf galaxies”.

Monelli M. “The star formation histories of the Magellanic Clouds 15:20 David L Nidever, University of Vi2

**“Journées SF2A 2011 de l’Astrophysique Française”, 20-23 junio, Paris, Francia**

Pallé P.L. “Challenges in the development of new instrumentation for Helio- and Asteroseismology”

Asensio-Ramos A. “Compressed sensing in polarimetry” 289

Collados M., Calcines A, López-López R. “Integral-Field Spectrographs for the European Solar Telescope”

Pelló R. et al. (Incluye Garzón F.) “Extragalactic science with EMIR-GTC”

**“GREAT-ESF Stellar Atmospheres in the Gaia Era Workshop: Quantitative Spectroscopy and Comparative Spectrum Modeling”, 23-24 junio, Bruselas, Bélgica**

Simón-Díaz S., Castro N., Herrero A., Puls J., García M., Sabín-Sanjulián C. “The IACOB project: A grid-based automatic tool for the quantitative spectroscopic analysis of O-stars”

**“Stellar Polarimetry: From Birth to Death”, 27-30 junio, Madison, Wisconsin, EEUU**

Rodrigues C.V. et al. (Incluye Milone A.) “SPARC4: A Simultaneous Polarimeter and Rapid Camera in 4 Bands”

**“The X-ray Universe 2011”, 27-30 junio, Berlin, Alemania**

Shih I.C., Charles P., Cornelisse R. “Long term spectral variation in the neutron star X-ray binary, 4U 1636-536”

**“Fornax, Virgo, Coma et al. Stellar systems in high density environments”, 27 junio- 1 julio, Garching, Alemania**

Monelli M. “Star formation history of Local Group galaxies and the ELT perspective”

Méndez-Abreu J., Sánchez-Jansse R., Aguerri J.A.L. “Bar formation in different environments: Virgo, Coma, and Field”

Rys A., Falcon-Barroso J., van de Ven G. “Dwarf elliptical galaxies in the Virgo Cluster - a SAURON perspective”

Zarattini S., Aguerri J.A.L., Méndez-Abreu J. “From nearby clusters to Fossil Groups. Clues through their luminosity functions”

**“JENAM 2011: European Week of Astronomy and Space Science”, 4-8 julio, St. Petersburg, Rusia**

González-Hernández J.I. “The orbital period evolution in the black hole binary XTEJ1118+480”

Rodríguez-Espinosa J.M. “A spectroscopic survey of starforming sources beyond the VIGO Clusters”

**“IAUS 281: Binary Paths to the Explosions of type Ia Supernovae”, 4-8 julio, Padua, Italia**

Schmidtobreick L., Tappert C., Ederoclite A., Vogt N. “The post-nova population”

**“Galactic Archaeology with SEGUE”, 6-8 julio, Potsdam, Alemania**

Allende-Prieto C. “An Update on FERRE for SEGUE”

Fernández-Alvar E. “Chemical abundances from synthetic spectra”

**“Asiago Meeting on symbiotic Stars 2011”, 10-11 julio, Asiago, Italia**

Corradi R.L.M. “The search for symbiotic stars in IPHAS”

**“Four Decades of Research on Massive Stars: A Scientific Meeting in Honour of Anthony F. J. Moffat”, 11-15 julio, Quebec, Canadá**

Simón-Díaz S., Castro N., Herrero A., Aerts C., Puls J., Markova N. “Macroturbulent broadening: a single snap-shot approach to investigate pulsations in massive stars?”

Herrero A., García M., Urbaneja M.A. “Some Challenges to massive star theories”

Sabin San Julian C., Simón-Díaz S., García M., Castro N., Herrero A., Puls J. “On the systematic errors of Quantitative spectroscopy of OB stars”

Blomme R. et al. (Incluye Simón-Díaz S.) “CoRoT observations of O stars: diverse origins of variability”

Maíz-Apellániz J., Barbá R.H., Simón-Díaz S. et al. “The Galactic O-Star Spectroscopic (GOSSS) and Northern Massive Dim Stars (NoMaDS) Surveys,

the Galactic O-Star Catalog (GOSC), and Marxist Ghost Buster (MGB)”

Castro N., Herrero A., Urbaneja M.A., García M., Simón-Díaz S. et al. “Blue Massive Stars beyond the Milky Way”

**“4th Kepler Asteroseismic Science Consortium (KASC) Workshop: “From unprecedented data to revolutionary science”, 11-15 julio, Boulder, Colorado, EEUU**

Uytterhoeven K. “New prospects for delta Scuti, gamma Doradus and hybrid stars”

**“The Galaxy-Globular Cluster Connection II: A Meeting in Honor of Professor Robert P. (Bob) Kraft”, 12-14 julio, Santa Cruz, California, EEUU**

Milone A. “Multiple Stellar Populations in 47 Tucanae”

**“Galaxy Formation”, 18-22 julio, Durham, Reino Unido**

Vazdekis A. et al. “Alpha-enhanced stellar population models for studying massive galaxies”

Ferré-Mateu A., Vazdekis A., Trujillo I., Sánchez-Blázquez P., Ricciardelli E. “Young Ages and other intriguing properties of Compact Massive Galaxies in the Local Universe”

**“IAUS 283 Planetary Nebulae: An Eye to the Future”, 25-29 julio, Puerto de la Cruz, Tenerife**

Corradi R.L.M., Sabin L., Parker Q., Mampaso A., Morris R., Greimel R., Drew J.E., and the IPHAS collaboration “A wealth of new planetary nebulae from the IPHAS survey”

Manchado A., García-Hernández D.A., Villaver E., Guirounet de Massas J. “Morphological classification of post-AGB stars”

Stanghellini L., García-Hernández D.A., García-Lario P., Davies J.E., Shaw R.A., Villaver E., Manchado A., Perea-Calderon J.V. “Spitzer IRS spectra of compact Galactic planetary nebulae: the link between dust, early evolution, and metallicity”

Rubin R., Colgan S., Corradi R.L.M., Sankrit R., Tielens A., Tsamis Y. “SOFIA Observations of the Planetary Nebula NGC 7009”

Cataldo F., Iglesias-Groth S., Manchado A. “Molar Extinction Coefficient and integrated molar absorptivity of the infrared absorption spectra of C60 and C70 fullerenes and related hydrogenated derivatives Fullerenes”

García Rojas J., Peña M., Morisset C., Ruiz M.T. “Abundances and ADFs in PNe with [WC] central stars”

Bianchi L., Forster K., Herald J., Manchado A. “UV Emission Line Imaging of Planetary Nebulae”

Sabin L., Corradi R.L.M., Parker Q., Mampaso A., Zijlstra A. “New Planetary Nebulae with ISM interaction discovered with IPHAS”

Szczerba R., Siodmiak N., Stasinska G., Borkowski J., García-Lario P., Suárez O., García-Hernández A. “The second release of the Torun catalogue of Galactic post-AGB objects. Morphological and spectral classifications”

Wesson R., Barlow M.J., Corradi R.L.M., Drew J.E., Groot P.J., Knigge C., Steeghs D., Napiwotzki R., Rodríguez-Gil P., Zijlstra A.A. “The evolution of the nebula surrounding V458 Vulpeculae, a post double common-envelope nova2”

Shaw R.A., Lee T.-H., Stanghellini L., Davies J.E., García-Hernández D.A., García-Lario P., Perea-Calderón J.V., Villaver E., Manchado A., Palen S., Balick B. “A Detailed Look at Chemical Abundances in Magellanic Cloud Planetary Nebulae”

MEMORIA  
IAC 2011

291

Corradi R.L.M., Parker Q.A., Sorensen P., Frew D. "Sh 2-71 and its possible binary central star"

Navarro S.G., Corradi R.L.M., Mampaso A. "Distance determination of PNe using the extinction-distance method"

Liimets T., Corradi R.L.M., Balick B., Santander-García M. "The growth of outflows from evolved stars: a live video"

Luridiana V., Morisset C., Shaw R. "PyNeb: a new software for the analysis of emission lines"

Rechy-García J.S., Peña M., García-Rojas J. "The kinematical behavior of Galactic PNe with [WC] central star"

Morisset C., Szczerba R., García-Hernández D.A., García-Lario P. "Modeling the dust emission from PN IC 418"

**"Asia Oceania Geosciences Society 8th Annual Meeting & International Exhibition (AOGS2011)", 8-12 agosto, Taipei, Taiwan**

Miyahara H., Peng H., Yokoyama Y. Yukihiro T., Sato M., Munakata K., Laken B.A. "Influence of the 27-day solar rotational period on tropical convective cloud activity"

**"ICRC 2011: 32nd International Cosmic Ray Conference", 11-18 agosto, Pekín, China**

Becerra-González J. et al. (Incluye Berger K.) "Testing the emission models of blazar jets with the MAGIC Telescopes"

**MEMORIA  
2011 IAC**

**292**

Lombardi S., Berger K. et al. "Advanced stereoscopic gamma-ray shower analysis with the MAGIC telescopes"

Berger K. et al. "MAGIC observations of the giant radio galaxy M87 in a low emission state between 2005 and 2007"

Berger K. for the Magic Collaboration "Overview of the results from extra-galactic observations with the MAGIC telescopes"

Saito T.Y., Sun S., Orito R., Lorenz E., Mirzoyan R., Teshima M., Garczarczyk M. for the MAGIC Collaboration "Field test of the hybrid photodetector R9792U-40 on the MAGIC camera"

Colin P., Borla-tridon D., Diago-Ortega A., Doert M., Doro M., Pochon J. et al. "Probing the CR positron/electron ratio at few hundreds GeV through Moon shadow observation with the MAGIC Telescopes"

**"ICPS 2011: XXVI International Conference of Physics Students", 11-18 agosto, Budapest, Hungría**

Erroz S. "Kinematics of the spiral galaxy NGC 864" (CO)

**"SDSS-III 2011 Workshop", 13-15 agosto, Nashville, Tennessee, EEUU**

Allende Prieto C. "SEGUE Activity at the IAC"

**"Solar Physics and Space Weather Instrumentation IV", 21-24 agosto, San Diego, California, EEUU**

Uribe-Patarroyo N., Alvarez-Herrero A., García-Parejo P., Vargas J., Heredero R.L., Restrepo R., Martínez-Pillet V. et al. "Space-qualified liquid-crystal variable retarders for wide-field-of-view coronagraphs"

Watanabe H., Narukage N., Kubo M., Ishikawa R., Bando T., Kano R., Tsuneta S., Kobayashi K., Ichimoto K., Trujillo-Bueno J. "Ly-alpha polarimeter design for CLASP rocket experiment"

Narukage N. et al. (Incluye Trujillo-Bueno J., Stepan J., Manso-Sainz R., Belluzzi L., Asensio-Ramos A.) "Overview of Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter (CLASP)"

**"Flux Emergence Workshop 2011", 22-25 agosto, Berkeley, California, EEUU**

Trujillo-Bueno J. "The Magnetization of the quiet Sun atmosphere"

**“Feeding the Giants: ELTs in the Era of Surveys”, 29 agosto- 2 septiembre, Ischia, Italia**

Gallart C. “Nearby Galaxies: new prospects with ELTs en Feeding the Giants: ELTs in the era of surveys”

**“AHAR2011: The Central Kiloparsec in Galactic Nuclei”, 29 agosto- 2 septiembre, Bonn, Alemania**

Prieto A.M. “The central parsecs of active galactic nuclei across the electromagnetic spectrum”

**“First Joint UK-Ukraine Meeting on solar Physics and Space Science”, 29 agosto- 2 septiembre, Crimea, Ucrania**

Martínez-González M.J., Khomenko E. “Puzzling magnetic field oscillations found in the quiet Sun”

Kondrashova N., Khomenko E. “Temporal Variations in Photospheric Parameters During a Small Solar X-Ray Burst”

Shchukina N., Trujillo-Bueno J. “Solar observations: From the interior to heliosphere Magnetization of the quiet sun photosphere from the Hanle effect and surface dynamo simulations”

Collados M. “Observational capabilities of the European Solar Telescope”

Asensio-Ramos A. “Which model is suited for my spectro-polarimetric observations?”

Khomenko E., Collados M. “Partial Ionization Effects in the Solar Photosphere and Chromosphere”

Collados M. “Solar observations: From the interior to heliosphere Observational capabilities of the European Solar Telescope”

**“School of Astrophysics Francesco Lucchi: The Transition from Low-Mass Stars to Planets Galaxy Bulges”, 4-9 septiembre, Erice, Italia**

Peña-Ramírez K. “The Sigma Orionis mass function revised”

**“8th International Congress of Hittitology”, 5-9 septiembre, Warsaw, Polonia**

González-García C., Belmonte J.A. “Astronomy and landscape in central LB age Anatolia”

Belmonte J.A., González-García C. “Astral Symbolism and Time-Keeping in the Hittite Culture”

**“IAUS 284: The Spectral Energy Distribution of Galaxies”, 5-9 septiembre, Preston, Reino Unido**

Prieto A.M. “Genuine Spectral energy distribution template of redshift-zero AGN”

Sansom A.E., Milone A.C., Vazdekis A., Sánchez-Blázquez P. “Effects of Non-Solar Abundance Ratios on Star Spectra: Observations versus Models”

Milone A.C., Sansom A.E., Sánchez-Blázquez P., Vazdekis A., Falcón-Barroso J., Prieto C.A. “An empirical spectral library of chemically well characterized stars for stellar populations modelling”

Koleva M., Vazdekis A. “Stellar population models in the UV: I. Characterisation of the New Generation Stellar Library”

**“20th Stellar Pulsation Conference: Impact of New Instrumentation & New Insights in Stellar Pulsations”, 5-9 septiembre, Granada**

Uytterhoeven K. et al. “The new Kepler picture of variability among A and F type stars”

Molenda-Zakowicz J., Uytterhoeven K. et al. “Standard Photometry of Kepler Asteroseismic Targets”

Uytterhoeven K., Pallé P.L. et al. “The SONG Project and the prototype node at Tenerife”

MEMORIA  
IAC 2011

293

**“Extreme Solar Systems II”, 11-17 septiembre, Wyoming, EEUU**

Tata R., Martín E.L. “Design-considerations For A Ground-based Transit Survey to Find Habitable Planets around L and T Dwarfs”

Parviainen H., Deeg H.J. “Bayesian Analysis of the CoRoT-7 Light curve”

Sousa S., Santos N.C., Israelian G., Lovis C., Mayor M., Lo Curto G., Udry S. “The Metallicity Planet Correlation In The Harps Volume Limited Sample”

Sanorama E., Pallé E. “The photometric light curves of Earth as a planet along its history”

“Young and Bright: Understanding High Redshift Structures” 12-16 Septiembre, Potsdam, Alemania

Oteo I. “Physical properties of Lyman- $\alpha$  emitters from FIR observations”

**“ESPM-13: 13th European Solar Physics Meeting”, 12-16 septiembre, Rodas, Grecia**

Arregui I., Asensio-Ramos A. “Bayesian inversion technique for seismology of the solar atmosphere”

Collados M. “Partial Ionization Effects in the Solar Photosphere and Chromosphere”

Guglielmino S.L., Martínez-Pillet V. et al. “High-resolution observations of small-scale magnetic flux emergence at the photosphere and response of the upper atmospheric layers”

Khomenko E., Collados M. “Partial ionization effects in the solar photosphere and chromosphere”

Kondrashova N.N., Pasechnik M.N., Chornogor S.N., Khomenko E. “Dynamics of the new-cycle active region NOAA 11024”

**“The Golden Age of Cataclysmic Variables and Related Objects”, 12-17 septiembre, Palermo, Italia**

Corradi R.L.M. “V 458 Vul and Other Close Binary Central Stars of Planetary Nebulae”

Rodríguez-Gil P., Schmidtbreick L., Long K.S., Shahbaz T., Gänsicke B.T., Torres M.A.P. “The Low States of CVs at the Upper Edge of the Period Gap”

Schmidtbreick L., Rodríguez-Gil P., Gänsicke B.T. “The Search for SW Sex Type Stars”

**“The Starburst-AGN Connection under the Multiwavelength Limelight”, 14-16 septiembre, Madrid**

González-Martín O. “Suzaku observation of the LINER NGC 4102”

**“4th Workshop for SONG: Stellar Observations Network Group”, 15-20 septiembre, Charleston, Carolina del Sur, EEUU**

Uytterhoeven K., Pallé P.L. “SONG-OT: The prototype SONG node at Tenerife”

Uytterhoeven K., Pallé P.L. “IAC science with the prototype SONG node at Tenerife”

Tingley B., Parviainen H., Deeg H.J. “Using SONG photometry to confirm transit candidates through color changes during transit”

**“IAUS 285: New Horizons in Time Domain Astronomy”, 19-23 septiembre, Oxford, Reino Unido**

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”

**“SEAC 2011. Stars and Stones: Voyages in Archaeoastronomy and Cultural Astronomy - A Meeting of Different Worlds”, 19-24 septiembre, Évora, Portugal**

Aller-Egea A., Belmonte J.A. “Statistical analysis of temple orientation in ancient India”

García-Quintela M., Seoane-Veiga Y., González-García A.C., Blanco-Rotea R. "Archaeology, Hagiography & solar orientations in Santa Mariña de Augas Santas (Orense, España)"

**"Philosophical Aspects of Modern Cosmology", 22-23 septiembre, Granada**

López-Corredoira M. "Non-standard Models and the Sociology of Cosmology"

**"Keck Science Meeting 2011", 23-24 septiembre, Caltech, California, EEUU**

Müller F. "Constraining AGN Feedback Parameters from Seyfert Galaxy Outflows"

**"EPSC-DPS Joint Meeting 2011", 2-7 octubre, Nantes, Francia**

Alvarez-Candal A., Pinilla-Alonso N., Licandro J. et al. "The X-Shooter spectrum of (136199) Eris"

Moreno F., Licandro J., Ortiz J.L., Lara L.M., Alf-Lagoa V., Vaduvescu O. et al. "(596) Scheila in outburst: A probable collision event in the Main Asteroid Belt"

Mazzotta Epifani E., Perna D., Licandro J., Dall M. "The dust activity of the "transition" cometary object P/2010 C1 (Scotti)"

Campins H., Morbidelli A., de León J., Tsiganis K., Licandro J. "Using the EPOXI Mission The Origin of Near-Earth Asteroid 1999 JU3"

Licandro J. et al. (Incluye Alf-Lagoa V.) "Multi-wavelength study of activated asteroid (596) Scheila"

de Leon J., Pinilla-Alonso N., Licandro J., Campins H., Marzo G.A. "Near-infrared spectroscopic survey of B-type asteroids: compositional analysis"

Pravec P. et al. (Incluye Vaduvescu O.) "Anisotropic distribution of orbit poles of binary asteroids"

Alf-Lagoa V.M., Licandro J. et al. "Spitzer spectra of Themis family asteroids"

Campins H., Morbidelli A., de León J., Tsiganis K., Licandro J. "The Origin of Near-Earth Asteroid 1999 JU3"

**"Hinode 5: Exploring the Active Sun", 10-15 octubre, Cambridge, Massachusetts, EEUU**

Trujillo-Bueno J., Stepan J., Belluzzi L. "The Ly-alpha lines of hydrogen and helium for probing the magnetism of the solar transition region"

Kobayashi K., Tsuneta S., Trujillo-Bueno J., Bando T., Belluzzi L. et al. (Incluye Manso-Sainz R., Asensio-Ramos A., Stepan J.) "The Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter (CLASP)"

Martínez-Sykora J., De Pontieu B., Hansteen V.H., Moreno-Insertis F., Pereira T.M.D. "Comparison of Observations and Advanced Numerical Simulations of Type II Spicules"

Asensio Ramos A. "Bayesian model comparison in spectropolarimetry"

Belluzzi L., Trujillo-Bueno J., Manso-Sainz R. "Partial Frequency Redistribution Effects on the Scattering Polarization Pattern of Ly-alpha"

Stepan J., Trujillo-Bueno J., Ramelli R., Bianda M. "An abrupt magnetization in the upper chromosphere of the quiet Sun"

Arregui I., Ballester J.L., Goossens M., Oliver R., Asensio-Ramos A. "Inversion of physical parameters in coronal magnetic structures"

Kano R. et al. (Incluye Trujillo-Bueno J.) "Instrument for the Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter (CLASP) program"

MEMORIA  
IAC 2011

**"Formation and Early Evolution of Very Low Mass Stars and Brown Dwarfs", 11-14 octubre, Garching, Alemania**

Lodieu N. "Testing the fragmentation limit in the Upper Sco association"

Peña-Ramírez K. "The complete low-mass mass function of the young star cluster sigma Orionis"

Espinoza M., Lodieu N., Zapatero-Osorio M.R., Solano E., Aberasturi M., Martín E.L. "New Ultracool subdwarfs identified in large-scale"

Lodieu N. "The UKIDSS View of the Substellar Initial Mass Function"

**"Galaxy Mergers in an Evolving Universe"**  
**23-28 octubre, Hualien, Taiwán**

Font J. "Hydrogen Capture and enhanced star formation in the interacting galaxy NGC 5427"

**"OSIRIS-Rex Science Team Kick off Meeting", 31 octubre- 3 noviembre, Tucson, Arizona, EEUU**

Licandro J. "1996 RQ36-like Objects in the Asteroid Population"

**"6th Symposium on the Science by the CHIMON Observatory & International Workshop of Interactive Research Center of Science" 31 octubre- 2 noviembre, Tokio, Japón**

Laken B. "Testing a hypothesised solar - cloud connection"

**"LWS/SDO-3/SOHO-26/GONG-2011 Workshop. Solar Dynamics and Magnetism from the Interior to the Atmosphere", 31 octubre- 4 noviembre, Stanford, California, EEUU**

Eff-Darwich A., Korzennik S.G. "The Dynamics of the Solar Radiative Zone"

**"The 3rd Subaru International Conference: Galactic Archaeology. Near Field Cosmology and the Formation of the Milky Way", 1-4 noviembre, Shuzeki, Japón**

Hidalgo S.L. "Stellar Population gradients in dwarf galaxies of the Local Group"

Carrera R. "The outer LMC disk en Galactic Archaeology"

**"2nd ATST-EAST Workshop in Solar Physics: "Magnetic Fields from the Photosphere to the Corona", 9-11 noviembre, Washington, EEUU**

Beck C.A.R., Rezaei R. "Chromospheric multi-wavelength observations near the solar limb: Techniques and prospects"

Collados M. "Instrumental capabilities of the EST"

Khomenko E., Collados M. "Partial ionization effects in the solar photosphere and chromosphere"

Socas-Navarro H. "NICOLE: A massively parallel code for NLTE synthesis and inversion of Zeeman line profiles"

**"XXIII Canary Islands Winter School of Astrophysics - Secular Evolution of Galaxies", 14-25 noviembre, Puerto de la Cruz, Tenerife**

Martín I., Bakos J., Trujillo I., Knapen J.H. "The properties of stellar disk truncations in a sample of nearby spiral galaxies"

del Pino A., Hidalgo S.L., Aparicio A., Gallart C. "A Detailed Study of Fornax Dwarf Galaxy"

Erroz-Ferrer S., Knapen J.H., Font J., Beckman J.E., Falcón-Barroso J. et al. "Kinematics of the spiral galaxy NGC 864"

Ferré-Mateu A., Vazdekis A., Trujillo I., Sánchez-Blázquez P., Ricciardelli E. "Young Ages and other intriguing properties of Compact Massive Galaxies in the Local Universe"

González-García A.C., Balcells M., Trujillo I. "The sizes of massive elliptical galaxies from  $z=2.5$ "

Lorenzo-Cáceres A., Falcón-Barroso J., Vazdekis A. "Constraining the role of inner bars in the evolution of galaxies"



Morales-Luis A.B., Sánchez-Almeida J., Aguerri J.A.L., Muñoz-Tuñón C. "K-means search for low metallicity galaxies in SDSS/DR7"

Oteo I., Bongiovanni A., Pérez García A.M., Cepa J., Ederoclite A. et al. "FIR detections of Lyman-alpha emitters at  $z \sim 0.3$ "

Sánchez-Gallego J.R., Knapen J.H. et al. "Gas, dust and star formation in nearby galaxies"

Tapia-Peralta M.T. "The sizes of massive elliptical galaxies from redshift 2.5 to the present"

Martín I., Bakos J., Trujillo I., Knapen J.H. "The properties of stellar disk truncations in a sample of nearby spiral galaxies"

Rys A., Falcon-Barroso J., van de Ven G. "Dwarf is beautiful - and complex! A SAURON tale of dwarf elliptical galaxies"

**"The Fourth Science with the GTC Meeting", 16-18 noviembre, La Palma, Tenerife**

Beckman J.E. "Electron densities of HII regions throughout the NGC 6946 disk"

Bernal A., Rosado M., Maertinez L.A., Cepa J. "NEFER, a High Resolution Fabry-Perot Spectrometer"

Carrera F.J., Mateos S., Della Ceca R., Caccianiga A., Severgnini P., delMoro A. "Exploring extremely obscured accretion"

Cenarro J., Bongiovanni A.M., Vazdekis A., Cepa J. "Absorption Line Mapping with OSIRIS TFs: A Pilot Study"

Cepa J. "OSIRIS at the GTC"

Cepa J. "The Oteolo Project"

Colon K., Ford E., Deeg H.J. "Measuring Potassium in Exoplanet Atmospheres with the OSIRIS Tunable Filter"

Corral-Santana J.M., Casares J., Shahbaz T., Zurita C., Martínez-Pais I.G., Rodríguez-Gil P. "A dynamical black hole in XTE J1859+226"

de Diego J.A., De Leo M.A., Verdugo T., Bongiovanni A., Cepa J., Gonzalez-Serrano J.I. "A gravitational-lensed Lyman Alpha Emitter at  $z=6.5$ "

Drozdovsky I., Rodríguez-Espinosa J.M., Muñoz Tuñón C., Aguerri J.A.L. "Star-Forming Galaxies at the Turn-Over Epochs of the Cosmic Star Formation History"

Eliche-Moral M.C., González-García C.A., Balcells M., Aguerri J.A.L., Gallego J., Zamorano J., Prieto M. "A minor merger origin for stellar inner discs and rings in spiral galaxies"

Femenía B., Crass J., King D., Rebolo R. et al. (Incluye Fuensalida J.J., López R., Oscoz A., Pérez Prieto J.A., Rodríguez L.F.) "AOL: The Adaptive Optics Lucky Imager for the WHT and GTC telescopes"

García M., Herrero A. et al. "GTC and OSIRIS: expanding the metallicity horizon of massive stars knowledge"

García-López R.J., Allende-Prieto C., Calvo J., Gracia-Témich F., Rasilla J.L., López R., Sánchez-Capuchino J., Henderson C. "A High resolution Ultra-stable spectrograph from the GTC"

González-Galán A., Vilardell F., Negueruela I., Casares J., Herrero A. Shahbaz T. "The ULX Holmberg II"

González J., Cepa J. "The Lockman SpReSO Survey"

González-Martín O., Díaz-Santos T., Rodríguez-Espinosa J.M., Packham C., Alonso Herrero A., Esquej P., Levenson N., López-Rodríguez E., Mason R., Ramos-Almeida C., Telesco C.M. "RedCan: CanariCam pipeline for the data reduction and analysis of the spectroscopic data"

MEMORIA  
IAC 2011

297

Gorosabel J., Castro-Tirado A.J., de Ugarte Postigo A., Thoene C.C., Ferrero P., Cepa J. "OSIRIS narrow band imaging of the NGC2770 supernova factory"

Lara-López M.A., Cepa J. and the OTELO core "Metallicity estimation using N2 method with OSIRIS"

Licandro J. "Mid-infrared spectroscopy of primitive asteroids"

Lodieu N., Espinoza-Contreras M. "A GTC OSIRIS view of metal-poor stars and brown dwarfs"

Martínez-Manso J., Guzmán R., Barro G., Cenarro J., Pérez-González P., Sánchez-Blázquez P., Trujillo I., Balcells M., Cardiel N., Gallego J., Hempel A., Prieto M. "Velocity Dispersions and Stellar Populations of the Most Compact and Massive Early-Type Galaxies at Redshift  $\sim 1$ "

Masegosa J., González-Martín, O., Acosta-Pulido J.A., Marquez I., Rodríguez-Espinosa J.M., Alonso Herrero A. "Obscuration in low-luminosity active galactic nuclei"

Méndez-Abreu J. and the LUS collaboration "Emission line maps using the OSIRIS/GTC TF: The case of M101"

Muñoz-Tuñón C. et al. "SF feedback for massive Systems"

Pérez-Fournon I., Cabrera-Lavers A., Ferrero P. Martínez-Navajas P., González-Solares E., Oliver S. and the HerMES consortium "The Herschel HerMES survey: first results of the GTC follow-up programme"

Prieto M., Eliche-Moral M.C., Balcells M., Barro G., Cristobal-Hornillos D., Domínguez-Palmero L., Erwin P., Gallego J., Guzmán R., Hempel A. et al. "The evolutionary paths among galaxy types on the Red Sequence at  $0.3 < z < 1.5$ "

Rebolo R. et al. "Evidence for spiraling in of the stellar companion of the black hole binary XTEJ1118+480"

Rodríguez-Espinosa J.M., González-Martín O., Aguerri J.A.L., Muñoz-Tuñón C. "The dependence of the Lyman alpha luminosity function on redshift"

Rodríguez-Gil P., Steeghs D., Casares J., Marsh T.R. "Probing the ultra-compact binary V407 Vul with OSIRIS fast spectroscopy"

San Roman I., Sarajedini A., Aparicio A., Gallart C. "Kinematic Properties of Star Clusters in M33"

Sánchez B. et al. (Incluye Díaz J.J., Patrón J., López P., Prieto A., Acosta J.A. "FRIDA, a second generation instrument for GTC, a status report"

Sánchez F. "Present and future of the GTC"

Sánchez-Almeida J., López-Aguirre A., Muñoz Tuñón C. "Outliers of the ASK classification as targets for GTC serendipity"

Sánchez-Portal M., Cepa J. and the GLACE collaboration "GLACE: an ESO/GTC project aimed to study the evolution of galaxies in clusters"

Balcells M. "GTC and ING: Scientific and Technical synergies at ORM"

**"The First Kepler Science Conference", 5-9 diciembre, California, EEUU**

Doyle L.R., Deeg H.J. "Detecting Circumbinary Planets by Eclipse Echo"

Parviainen H. "Using Multicolor photometry to confirm transiting planet"

Tata R. "Ultracool dwarfs in the Kepler field of view"

Tata R. "Planets around stellar remnants@ Puerto Rico"

**"International Workshop on Stellar Spectral Libraries 2011", 5-9 diciembre, Delhi, India**

Manchado A. "Stellar library of M Stars Isotopic C Abundances using APOGEE"

MEMORIA  
2011 IAC

298

Koleva M. Vazdekis A. "Stellar Population Models in the Blue"

**"AGU Fall Meeting 2011", 5-9 diciembre, California, EEUU**

Trujillo-Bueno J. "The Hanle Effect from Space"

Manso-Sainz R. "Polarization Diagnostics of Solar Magnetic Fields"

## **COMUNICACIONES A CONGRESOS NACIONALES**

**"Jornada ESO 2011", 10-11 febrero, Granada**

García M. "IC 1613's Blue massive stars, as seen with VLT-VIMOS"

Rodríguez-Espinosa J.M. "ALMA Observation of Ly Alpha Sources"

Simón-Díaz S. "The VLT-Flames Tarantula Survey"

**"Ciencia y oportunidades tecnológicas en la era SKA", 9-10 mayo, Madrid**

Rodríguez-Espinosa J.M. "SKA y los ELTs"

**"III Reunión Española de Física Solar y Heliosférica", 7-9 junio, Granada**

Arregui I., Asensio-Ramos A. "Inversión Bayesiana de Parámetros Físicos en la Corona Solar"

Asensio-Ramos A. "Influence of phase-diversity image reconstruction techniques on circular polarization asymmetries"

Carlin-Ramírez E. "The impact of Chromospheric Velocity Gradients on the scattering polarization of the Call IR Triplet"

Collados M., Khomenko E. "Efectos de la ionización parcial en la fotosfera y cromosfera"

del Toro Iniesta J.C., Martínez-Pillet V. "Assessing modern magnetographs"

Fabbian D., Khomenko E., Moreno-Insertis F., Nordlund Å. "Exploring solar abundance corrections due to magnetic fields in 3D atmospheric models"

Felipe T., Khomenko E., Collados M. "Magneto-acoustic wave energy from numerical simulations of an observed sunspot umbra"

Guglielmino S., Martínez-Pillet V., Bellot-Rubio L.R. "Bipolar structures at arcseconds scale"

Khomenko E., Cally P. "Simulación numérica de transformación de ondas magneto-acústicas en ondas Alfvén en regiones activas solares"

Manso-Sainz R. "¿Pero para qué sirve la polarización en las líneas coronales del EUV?"

Martínez-Sykora J., Hansteen V.H., Moreno-Insertis F., De Pontieu B. "Origin of the spicules"

Martínez-González M.J. "Magnetic field oscillations all over the quiet sun"

Moreno-Insertis F. "Las redes europeas SOLAIRE y SOLAIRE Plus"

Quintero-Noda C.C., Martínez-Pillet V. "Study of Quiet Sun jets discovered by IMAx/SUNRISE"

Trujillo-Bueno J. "On the Quiet-Sun Magnetization and the Hanle Effect from Space"

Yelles-Chaouche L., Kuckein C., Moreno-Insertis F., Martínez-Pillet V. "Extrapolation of an active region filament from the photosphere and the chromosphere"

**"II Encuentro de exploración del sistema solar", 16-17 junio, Bilbao**

Licandro J., Lara L.M., Campo-Bagatín A., Trigo J.M. "Marco Polo-R: A Scientific and Technological Opportunity for Spanish Researchers"

**MEMORIA IAC 2011**

**299**

González-Merino B., Pallé E., Montañés-Rodríguez P. "Atmósferas planetarias: la Tierra y el sistema solar"

Moreno-Insertis F. "Una hipótesis colisional para el outburst del asteroide 596 Scheila"

Pallé E. "La observación de eclipses lunares en preparación para futuras misiones de exoplanetas"

Alí-Lagoa V., Licandro J., Campins H., Kelley M., Delbò M., Fernández Y., Hargorve K., Zieffer J. "Outer Main Belt asteroids: first analyses of the Wide field Survey Explorer Preliminary Release"

**"Desarrollo de Instrumentación Espacial", 29-30 junio, Madrid**

Licandro J., Joven E., Herrera G. "Development of an electronic control unit of a microbolometer array for space instrumentation".

**"Gaia: II Reunión de la Red Española de Explotación Científica", 19-21 septiembre, Santillana del Mar, Santander**

Allende-Prieto C. "GAIA-ESO Survey: Objetivos, Organización y Participación"

Balcells M. "The weave wide-field multi-object spectrograph on the WHT"

**"XXXIII Reunión Bienal" de la Real Sociedad Española de Física", 19-23 septiembre, Santander**

Rodríguez-Espinosa J.M. "A spectroscopic survey of star forming galaxies beyond the Virgo cluster"

MEMORIA  
2011 IAC

300 **"Física de Partículas, Astrofísica y Cosmología ASTURPAC 11", 3-5 noviembre, Avilés, Asturias**

Allende Prieto C. "Aún Quedan Sorpresas en el Sol"

## ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES SIN ÁRBITRO Y COMUNICACIONES CORTAS

García de la Rosa I. "Il Museo della Scienza e del Cosmo"  
*Nuova Museologia*, 24, 25.

Stetson P.B., Monelli M. et al. "The Carina Dwarf Spheroidal Galaxy: A Goldmine for Cosmology and Stellar Astrophysics"  
*The Messenger*, 144, 32.

Evans C. et al. (Incluye García M., Herrero A., Sabín-Sanjulán C., Simón-Díaz S.) "The VLT FLAMES Tarantula Survey"  
*The Messenger*, 145, 33.

Casares J., Torres M.A.P., Negueruela I., Gonzalez-Fernandez C., Corral-Santana J.M., Zurita C., Rodríguez-Llano S. "High resolution H $\alpha$  spectroscopy and R-band photometry of Swift J1357.2-0933"  
*The Astronomer's Telegram*, 3206.

Casares J., Ribo M., Paredes J.M., Herrero A., Negueruela I., Vilardell F. "Absence of radial velocity variations in MWC 148 during the recent activity of HESS J0632+057"  
*The Astronomer's Telegram*, 3209.

Shore S.N., Augusteijn T., Ederoclite A., Uthas H. "Estimate of reddening for T Pyx based on optical diffuse interstellar bands (DIBs)"  
*The Astronomer's Telegram*, 3306.

Balanutsa P. et al. (Incluye Lodieu N.) "Three MASTER OT's discovery"  
*The Astronomer's Telegram*, 3366.

Shore S.N., Augusteijn T., Ederoclite A., Uthas H. "Development of discrete velocity components in the optical spectrum of T Pyx"  
*The Astronomer's Telegram*, 3376.

Balanutsa P. et al. (Incluye Lodieu N.) "MASTER Bright Flare 163942.75 +122414.4 discovery"  
*The Astronomer's Telegram*, 3427.

Gorosabel J., de Ugarte Postigo A., Mottola S., Hellmich S., Ferrero P. et al. "Swift J1822.3-1606: Optical/NIR counterpart candidate"

*The Astronomer's Telegram*, 3496.

Russell D.M. et al. (Incluye Shahbaz T.) "Bright mid-infrared detections of MAXI J1836-194 with VISIR on the VLT: brightening of the compact jet"

*The Astronomer's Telegram*, 3689.

Gorosabel J. et al. (Incluye Tata R.) "GRB 110106B: early optical and near-IR observations"

*GRB Coordinates Network, Circular Service*, 11552, 1.

de Ugarte Postigo A., Castro-Tirado A.J., Tello J.C., Cabrera Lavers A., Reverte D. GRB 110503: redshift from 10.4m GTC"

*GRB Coordinates Network, Circular Service* 2011 11993.

Gorosabel J., Barrena R., Castro-Tirado A.J., de Ugarte Postigo A., Malesani D. "GRB 110520A: IAC80 i-band observations"

*GRB Coordinates Network, Circular Service*, 12029, 1.

Gorosabel J., Terron V., Ferrero P., Jelinek M., Kubanek P., Fernández M. "GRB 110625A: 1.23m CAHA i-band observations"

*GRB Coordinates Network, Circular Service*, 12098, 1.

Gorosabel J., Terron V., Ferrero P. et al. "Swift J185003.2-005627: 1.23m CAHA and BOOTES-3 observations"

*GRB Coordinates Network, Circular Service*, 12101, 1.

Cabrera Lavers A., de Ugarte Postigo A., Castro-Tirado A.J., Gorosabel J., Thoene C. C., Dominguez R. GRB 110801A: afterglow redshift from 10.4m GTC"

*GRB Coordinates Network, Circular Service*, 12234.

Isso L., Ederoclite A., González-Hernández J.I., Mason E., Della-Valle M. "T pyxidus"

*IAU Circular*, 9205, 3.

Tingley B. "Misadventures in Discovery: the Exoplanets that weren't"

*Sky & Telescope* 2011, Vol. agosto.

Belmonte J.A., González García C. "Desvelando los enigmas de Nemrud Dag"

*Alkaid* 12.

Katz D. et al. (Incluye Allende-Prieto C.) "Gaia spectroscopy: processing, performances and scientific returns"

*EAS Publication Series*, 45.

Fitzsimmons A., Vaduvescu O., Sonka, A. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"

*Minor Planet Circular* 74148.

Buie M.W. et al. (Incluye Vaduvescu O.) "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]"

*Minor Planet Circular* 74496.

Benecchi S., Sheppard S.S., Vaduvescu O., Benecchi S.D. "Minor Planet Observations [304 Las Campanas Observatory]"

*Minor Planet Circular* 74818.

Cavadore C. et al. (Incluye Vaduvescu O.) "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory, La Silla]"

*Minor Planet Circular* 74891.

Fitzsimmons A., Vaduvescu O., Gladman B., Campo-Bagatin A., Benavidez P., Sonka A. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"

*Minor Planet Circular* 7489.

Benecchi S., Sheppard S.S., Vaduvescu O., Udalski A., Poleski R. "Minor Planet Observations [304 Las Campanas Observatory]"

*Minor Planet Circular* 75149.

Buie M.W., Wittman D., Wasserman L.H., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]"

*Minor Planet Circular* 75198.

Fitzsimmons A., Vaduvescu O., Sonka A. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"

*Minor Planet Circular* 75207.

MEMORIA  
IAC 2011

301

Benecchi S., Sheppard S.S., Vaduvescu O., Udalski A., Pietrukowicz P., Poleski R. "Minor Planet Observations [304 Las Campanas Observatory]"

*Minor Planet Circular 2011 75403.*

Buie M.W., Wasserman L.H., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]"

*Minor Planet Circular 75441.*

Fitzsimmons A., Vaduvescu O., Petit J.-M. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"

*Minor Planet Circular 75445.*

Buie M.W., Wittman D., Wasserman L.H., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]"

*Minor Planet Circular 75623.*

Cavadore C., Elst E.W., Lagerkvist C.-I., Boattini A., Boehnhardt H., Rousselot P., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory, La Silla]"

*Minor Planet Circular 75624.*

Holman M., Fitzsimmons A., Balam D.D., Grav T., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"

*Minor Planet Circular 75625.*

Buie M.W., Wittman D., Wasserman L.H., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]"

*Minor Planet Circular 75939.*

Balam D.D., Vaduvescu O., Licandro J. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"

*Minor Planet Circular 75940, 4.*

Benecchi S., Sheppard S.S., Vaduvescu O., Benecchi S.D. "Minor Planet Observations [304 Las Campanas Observatory]"

*Minor Planet Circular 76738.*

Buie M.W., Wittman D., Rabinowitz D., Wasserman L.H., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]"

*Minor Planet Circular 76865.*

Holman M. et al. (Incluye Vaduvescu O.) "Minor Planet Observations [950 La Palma]"

*Minor Planet Circular 76867.*

Buie M.W., Wittman D., Wasserman L.H., Vaduvescu O., Holmes R., Linder T., Hoette V. "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]"

*Minor Planet Circular 77265, 2.*

Elst E.W., Boattini A., Behrend R., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory, La Silla]"

*Minor Planet Circular 77265, 3.*

Fitzsimmons A., Balam D.D., Vaduvescu O., Licandro J. et al. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"

*Minor Planet Circular 77266, 11.*

Evans C. et al. (Incluye García M., Herrero A., Simón-Díaz S., Sabín-Sanjulián C.) "The VLT FLAMES Tarantula Survey"

*VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/530/A108.*

Markova N. et al. (Incluye Herrero A., Simón-Díaz S.) "The VLT-FLAMES Tarantula Survey"

*Bulgarian Astronomical Journal, 15, 29.*

**MEMORIA  
2011 IAC**

**302**

Elst E.W., Lagerkvist C.-I., Boattini A., Vaduvescu O. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory]"

*Minor Planet Circular 76441.*

Fitzsimmons A., Vaduvescu O., Fohring D., Ledo J., Tyndall A., Licandro J., Lacatus D., Paraschiv A. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"

*Minor Planet Circular 76443, 2.*

**ARTICULOS EN REVISTAS  
NACIONALES**

Rebolo R. "Una ruta por el Cosmos"

*El Cultural, 29 de julio, El Mundo.*

## LIBROS Y CAPITULOS DE LIBROS

“The Sun, the Solar Wind, and the Heliosphere”

*Eds. Miralles M.P., Sánchez Almeida J. IAGA Special Sopron Book Series, 4. Berlin: Springer (ISBN: 978-90-481-9786-6).*

“CRAL-2010 A Universe of Dwarf Galaxies”  
*EAS Publications Series, 48. Eds. M. Koleva, Ph. Prugniel, and I. Vauglin.*

“Solar Polarization Workshop 6”

*Eds. J. R. Kuhn, D. M. Harrington, H. Lin, S. V. Berdyugina, J. Trujillo-Bueno, S. L. Keil, and T. Rimmele. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific.*

Eff-Darwich A., García-Lorenzo B.  
“Geological Hazards Analysis at Astronomical Sites: The Candidate Sites for the European Solar Telescope”

*Advances in Engineering Research, 4, (ISBN: 978-1-62100-695-4). Nova Publishers.*

Belmonte Avilés J.A. “El abogado del diablo: un estudio alternativo sobre la orientación de las taulas de Menorca y de los talayots cuadrados de Mallorca”

*Gran Libro de las Taulas de Menorca Vol I., F. Lagarda (editor), 295. Ed. Ferran Lagarda Mata. Zaragoza.*

Belmonte Avilés J.A. “En busca de megalitos en Guía del Centro Solar “Michael Hoskin”, 13. Junta de Andalucía, Antequera.

## TESIS

Becerra González J. “Study of Very High Energy Gamma-Ray Sources: Discovery of the Blazars PKS 1222+21 and 1ES 1215+303”

Director: Dr. Ramón J. García López.

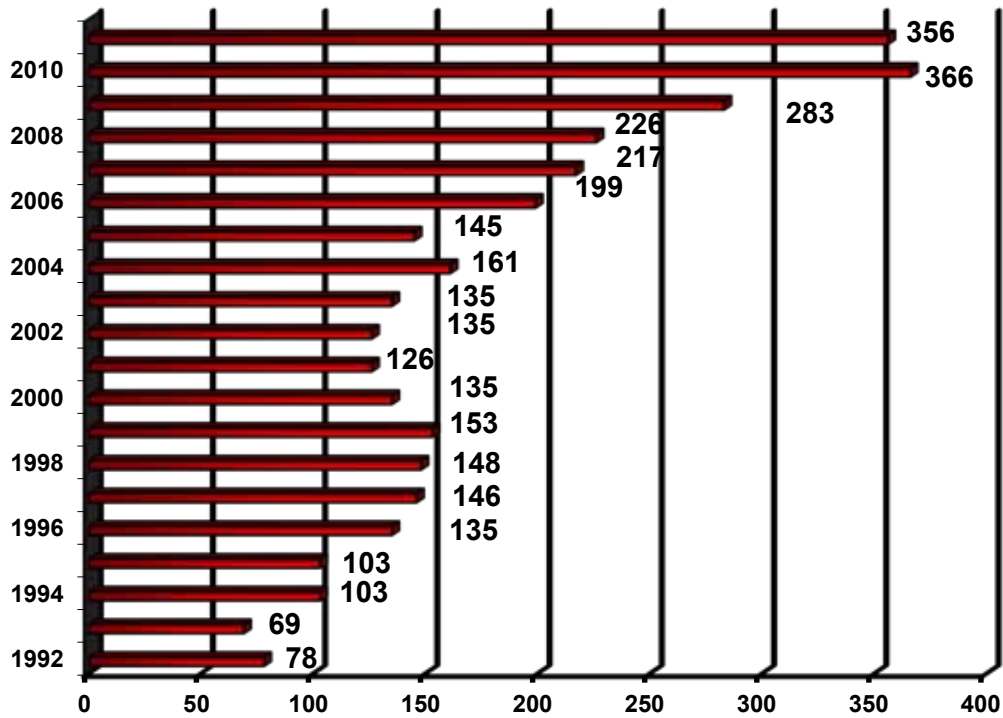
Delgado Mena E. “Abundancias químicas detalladas en estrellas con exoplanetas”

Director: Dr. Carlos Lázaro Henándo

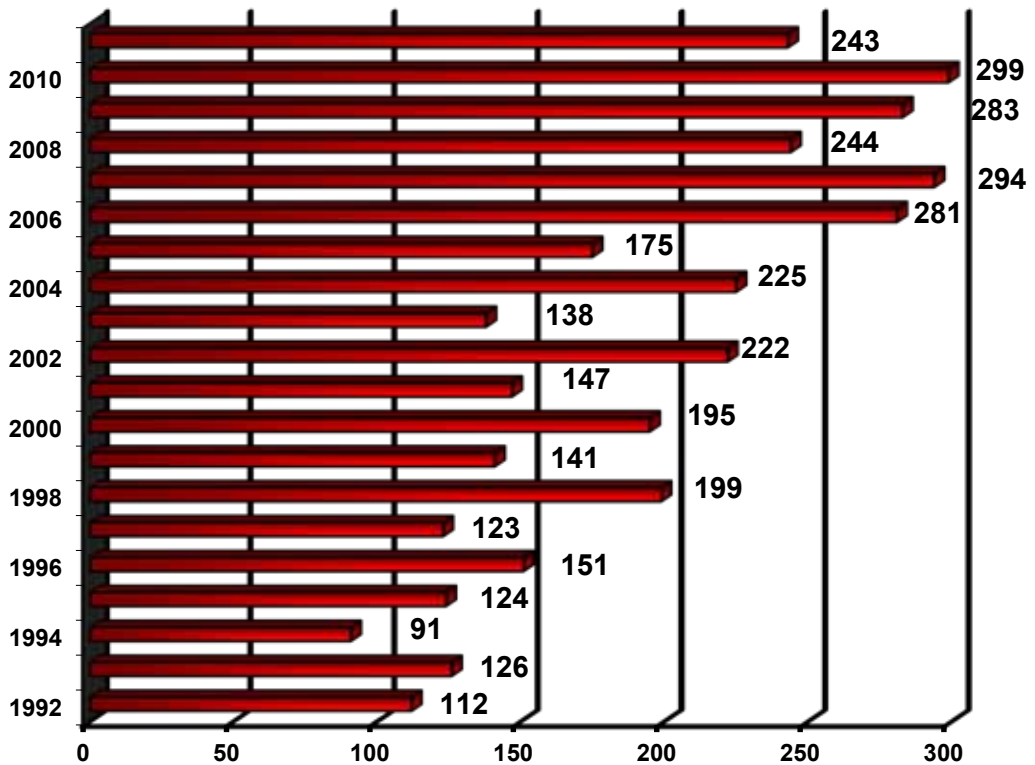
## RESUMEN

ARIA	356	Artículos en revistas internacionales con árbitro.
IR	9	Invited Reviews (Conferencias invitadas).
IT	15	Invited Talks (Charlas invitadas).
CI	243	Comunicaciones a Congresos Internacionales.
CN	30	Comunicaciones a Congresos Nacionales.
ARIS	47	Artículos en revistas internacionales sin árbitro y comunicaciones cortas.
ARN	1	Artículos en revistas nacionales.
L	6	Libros y capítulos de libros.
T	2	Tesis doctorales.

### Artículos en revistas internacionales con árbitros



### Comunicaciones a congresos internacionales



MEMORIA  
2011 IAC  
304



# REUNIONES CIENTÍFICAS

“IAUS278 Oxford IX: Archaeoastronomy and Ethnoastronomy. Building Bridges between Cultures”  
Lima, Perú. Enero.

“217th AAS Meeting”  
Seattle, Washington, EEUU. Enero.

“PLANCK 2011 Conference the Millimeter and Submillimeter Sky in the PLANCK Mission Era”  
París, Francia. Enero.

“Space Climate - 4”  
Goa, India. Enero.

“ISSI Meeting on Magnetic Flux Emergence”  
Berna, Suiza. Febrero.

“The Fourth International Workshop on the Mars Atmosphere: Modelling and Observation”  
París, Francia. Febrero.

“Jornada ESO 2011”  
Granada. Febrero

“42nd Lunar and Planetary Science Conference”  
Texas, EEUU. Marzo.

“The 61st Fujihara Seminar: Progress in Solar/Stellar Physics with Helio- and Asteroseismology”  
Hakone, Japón. Marzo.

“Resolving the Future of Astronomy with Long-Baseline Interferometry”  
Nuevo Mexico, EEUU. Marzo.

“AAS: 42nd Meeting of the Division on the Dynamical Astronomy (DDA)”  
Austin, Texas, EEUU. Abril.

“Assembling the Puzzle of the Milky Way”  
Le Grand-Bornand, Francia. Abril.

“4th MultiDark Consolider Workshop one year later”  
Madrid. Abril.

“European Geosciences Union General Assembly 2011”  
Viena, Austria. Abril.

“Beamed and Unbeamed Gamma-rays from Galaxies”  
Muonio, Finlandia. Abril.

“Adaptive Optics Real-time control system workshop”  
Durham, Reino Unido. Abril.

“Ciencia y oportunidades tecnológicas en la era SKA”  
Madrid. Mayo.

“2011 Fermi Symposium”  
Roma, Italia. Mayo.

“4th SOLAIRE Network Meeting: Magnetic Field Emergence, Linkage, Reconnection and Eruption in the Solar Atmosphere”  
Teistungen, Alemania. Mayo.

“218th AAS Meeting”  
Boston, Massachusetts, EEUU. Mayo.

“Stellar Clusters & Associations”  
Granada. Mayo.

“3rd Roma International Conference on Astroparticle Physics (RICAP 11)”  
Roma, Italia. Mayo.

“IAUS 280 The Molecular Universe”  
Toledo. Mayo-junio.

“VIII Serbian Conference on Spectral Line Shapes in Astrophysics”  
Divcibare, Serbia. Junio.

“Third Workshop Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”  
Sozopol, Bulgaria. Junio.

“III Reunión Española de Física Solar y Heliosférica”  
Granada. Junio.

**MEMORIA  
IAC 2011**

**305**

“Scientific and Technological Aspects of a Sample Return Mission to a Near Earth Asteroid: The ESA Cosmic Vision M3 Mission MarcoPolo-R”  
Frascati, Italia. Junio.

“SPD Meeting 2011”  
Las Cruces, Nuevo Mexico, EEUU. Junio.

“Very Wide Field Surveys in Light ASTRO2010”  
Maryland, EEUU. Junio.

“2nd CoRoT Symposium: Transiting Planets, Vibrating Stars and their Connection”  
Marsella, Francia. Junio.

“A Universe of dwarf galaxies: Observations, Theories, Simulations”  
Lyon, Francia. Junio.

“II Encuentro de exploración del sistema solar”  
Bilbao. Junio.

“Journées SF2A 2011 de l’Astrophysique Française”  
París, Francia. Junio.

“GREAT-ESF Stellar Atmospheres in the Gaia Era Workshop: Quantitative Spectroscopy and Comparative Spectrum Modeling”  
Bruselas, Bélgica. Junio.

“Stellar Polarimetry: From Birth to Death”  
Madison, Wisconsin, EEUU. Junio.

“The X-ray Universe 2011”  
Berlín, Alemania. Junio.

“Desarrollo de Instrumentación Espacial”  
Madrid. Junio

“Fornax, Virgo, Coma et al. Stellar systems in high density environments”  
Garching, Alemania. Junio-julio.

“JENAM 2011: European Week of Astronomy and Space Science”  
San Petersburgo, Rusia. Julio.

“IAUS 281: Binary Paths to the Explosions of type Ia Supernovae”  
Padua, Italia. Julio.

“Galactic Archaeology with SEGUE”  
Potsdam, Alemania. Julio.

“Asiago Meeting on symbiotic Stars 2011”  
Asiago, Italia. Julio.

“Four Decades of Research on Massive Stars: A Scientific Meeting in Honour of Anthony F. J. Moffat”  
Quebec, Canadá. Julio.

“4th Kepler Asteroseismic Science Consortium (KASC) Workshop: “From unprecedented data to revolutionary science”  
Boulder, Colorado, EEUU. Julio.

“The Galaxy-Globular Cluster Connection II: A Meeting in Honor of Professor Robert P. Kraft”  
Santa Cruz, California, EEUU. Julio.

“Galaxy Formation”  
Durham, Reino Unido. Julio.

“IAUS 283 Planetary Nebulae: An Eye to the Future”  
Puerto de la Cruz, Tenerife. Julio.

“Asia Oceania Geosciences Society 8th Annual Meeting & International Exhibition (AOGS2011)”  
Taipei, Taiwán. Agosto.

“ICRC 2011: 32nd International Cosmic Ray Conference”  
Pekín, China. Agosto.

“ICPS 2011: XXVI International Conference of Physics Students”  
Budapest, Hungría. Agosto.

“SDSS-III 2011 Workshop”  
Nashville, Tennessee, EEUU. Agosto.

“Solar Physics and Space Weather Instrumentation IV”  
San Diego, California, EEUU. Agosto.

“Flux Emergence Workshop 2011”  
Berkeley, California, EEUU. Agosto.

“Feeding the Giants: ELTs in the Era of Surveys”  
Ischia, Italia. Agosto-septiembre.

“AHAR2011: The Central Kiloparsec in Galactic Nuclei”  
Bonn, Alemania. Agosto-septiembre.

“First Joint UK-Ukraine Meeting on solar Physics and Space Science”  
Crimea, Ucrania. Agosto-septiembre.

“School of Astrophysics Francesco Lucchi: The Transition from Low-Mass Stars to Planets Galaxy Bulges”  
Erice, Italia. Septiembre.

“8th International Congress of Hittitology”  
Warsaw, Polonia. Septiembre.

“IAUS 284: The Spectral Energy Distribution of Galaxies”  
Preston, Reino Unido. Septiembre.

“20th Stellar Pulsation Conference: Impact of New Instrumentation & New Insights in Stellar Pulsations”  
Granada. Septiembre.

“Extreme Solar Systems II”  
Wyoming, EEUU. Septiembre.

“ESPM-13: 13th European Solar Physics Meeting”  
Rodas, Grecia. Septiembre.

“The Golden Age of Cataclysmic Variables and Related Objects”  
Palermo, Italia. Septiembre.

“The Starburst-AGN Connection under the Multiwavelength Limelight”  
Madrid. Septiembre.

“4th Workshop for SONG: Stellar Observations Network Group”  
Charleston, Carolina del Sur, EEUU. Septiembre.

“Gaia: II Reunión de la Red Española de Explotación Científica”  
Santillana del Mar, Santander. Septiembre.

“XXXIII Reunión Bienal” de la Real Sociedad Española de Física”  
Santander. Septiembre.

“IAUS 285: New Horizons in Time Domain Astronomy”  
Oxford, Reino Unido. Septiembre.

“SEAC 2011. Stars and Stones: Voyages in Archaeoastronomy and Cultural Astronomy - A Meeting of Different Worlds”  
Évora, Portugal. Septiembre.

“Philosophical Aspects of Modern Cosmology”  
Granada. Septiembre.

“Keck Science Meeting 2011”  
Caltech, California, EEUU. Septiembre.

“EPSC-DPS Joint Meeting 2011”  
Nantes, Francia. Octubre.

“Hinode 5: Exploring the Active Sun”  
Cambridge, Massachusetts, EEUU. Octubre.

“Formation and Early Evolution of Very Low Mass Stars and Brown Dwarfs”  
Garching, Alemania. Octubre.

“Galaxy Mergers in an Evolving Universe”  
Hualien, Taiwán. Octubre.

“OSIRIS-Rex Science Team Kick off Meeting”  
Tucson, Arizona, EEUU. Octubre-noviembre.

“6th Symposium on the Science by the CHIMON Observatory & International Workshop of Interactive Research Center of Science”  
Tokio, Japón. Octubre-noviembre.

“LWS/SDO-3/SOHO-26/GONG-2011 Workshop. Solar Dynamics and Magnetism from the Interior to the Atmosphere”  
Stanford, California, EEUU. Octubre-noviembre.

“The 3rd Subaru International Conference: Galactic Archaeology. Near Field Cosmology and the Formation of the Milky Way”  
Shuzeki, Japón. Noviembre.

“Física de Partículas, Astrofísica y Cosmología ASTURPAC 11”  
Avilés, Asturias. Noviembre.

**MEMORIA  
IAC 2011**

**307**

“2nd ATST-EAST Workshop in Solar Physics: “Magnetic Fields from the Photosphere to the Corona”  
Washington, EEUU. Noviembre.

“XXIII Canary Islands Winter School of Astrophysics - Secular Evolution of Galaxies”  
Puerto de la Cruz, Tenerife. Noviembre.

“The Fourth Science with the GTC Meeting”  
La Palma, Tenerife. Noviembre.

“The First Kepler Science Conference”  
California, EEUU. Diciembre.

“International Workshop on Stellar Spectral Libraries 2011”  
Delhi, India. Diciembre.

“AGU Fall Meeting 2011”  
California, EEUU. Diciembre.

## **SIMPOSIO INTERNACIONAL “PLANETARY NEBULAE: AN EYE TO THE FUTURE”**

El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) acogió un simposio internacional sobre Nebulosas Planetarias, claves para comprender la evolución de galaxias y estrellas, que reunió, durante cinco días, del 25 al 30 de julio, a los principales expertos en este campo de investigación.

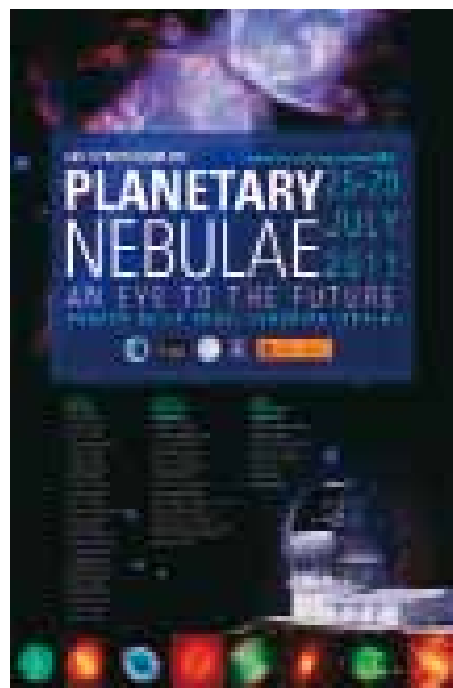
La reunión cuenta con el apoyo de la Unión Astronómica Internacional (UAI), que le ha otorgado la categoría de simposio, la de mayor nivel. Bajo el título “Planetary Nebulae: An Eye to the Future”, el Simposio, el número 283 de la organización, reunió a 150 científicos de los cinco continentes para repasar los últimos avances en este complejo campo de investigación. No en vano, las Nebulosas Planetarias (NP) constituyen un fenómeno relativamente breve en términos astronómicos, pues dura apenas unas decenas de miles de años. Poco espacio de tiempo, si se compara con la vida media de una estrella.

Las Nebulosas Planetarias, una de las últimas fases en la vida de la mayoría de las estrellas, constituyen una prometedora área de estudio que aporta información sobre la evolución química del Universo y sobre el fin de las estrellas como el Sol.

En el siglo XVIII, sus descubridores llegaron a pensar que lo que veían en sus telescopios ópticos eran planetas gigantes. Sin embargo, las Nebulosas Planetarias no guardan ninguna relación con ellos. Estos fenómenos astronómicos, capaces de adoptar una gran diversidad de formas, son cruciales para explicar la evolución de estrellas y galaxias.

**MEMORIA  
2011 IAC**

**308** El astrofísico del IAC e investigador científico del CSIC, Dr. Arturo Manchado, organizador del evento, explica la naturaleza del fenómeno: *“La mayoría de las estrellas en el Universo pasan por una fase de Nebulosa Planetaria. Ocurre al final de sus vidas, cuando las capas exteriores de la estrella son expulsadas debido a la acción de los intensos vientos estelares, entre otros factores. Sin estas capas, lo que queda de la estrella es un pequeño núcleo que brilla de manera intensa”*. Se trata de una fase transitoria, antes de que las estrellas se conviertan en enanas blancas, un remanente estelar que ha perdido todo su combustible nuclear.



Como apuntan desde la organización del Simposio, el hecho de que sea una de las fases finales de la vida estelar confiere a las Nebulosas un especial interés a la hora de investigar el origen y evolución de las estrellas. Además, al ser un factor clave para el enriquecimiento químico de las galaxias (sobre todo, de nitrógeno y carbono que se desprende en esta fase), también son relevantes para conocer mejor cómo evolucionan.

Manchado amplía este extremo: *“Cuando se describen modelos sobre la formación de las galaxias, los astrofísicos se encuentran con el obstáculo de determinar el gradiente de abundancia de materiales químicos entre una galaxia y otra. Las Nebulosas Planetarias ofrecen datos para esta y otras múltiples cuestiones. Son, en definitiva, laboratorios estelares que nos ayudan a comprender los procesos atómicos y moleculares de diversos entornos astrofísicos”.*

Por ejemplo, los últimos avances en este campo han revelado que las Nebulosas Planetarias pueden emplearse como indicadores de distancia para medir el universo cercano e, incluso, podrían rastrear uno de los grandes enigmas de la astrofísica: la materia oscura, esa materia del universo –de hipotética existencia y composición desconocida- que el ser humano es incapaz de ver con los medios técnicos actuales, ya que no emite o no refleja suficiente radiación electromagnética para ser observada directamente. En la actualidad, su existencia sólo se puede sugerir a partir de los efectos que causa en la materia que sí es visible.

#### *Diversa morfología*

No sólo son relevantes en términos científicos, sino unos objetos estelares que siguen sorprendiendo por su morfología. Con las técnicas actuales, como las observaciones del telescopio Hubble, de la NASA, quienes descubrieron las primeras nebulosas no las hubieran confundido con planetas gigantes. Las últimas observaciones han revelado que muchas nebulosas presentan morfologías complejas, lejos de la tradicional esfera a la que se asociaban.

## **IV CONGRESO “CIENCIA CON EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)”**



Entre el 16 y el 18 de noviembre el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) reunió, a más de 150 investigadores de diferentes países en la isla canaria de La Palma elegida por ser en esta Isla donde está instalado, en el Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía) del IAC.

Este cuarto congreso, después de tres de carácter preparatorio, es sin embargo, el primero en el que se presentaron internacionalmente los datos científicos obtenidos por el telescopio GTC después de su entrada en servicio, hace más de dos años, en campos como el estudio de los planetas extrasolares o la exploración del Universo primigenio.

**MEMORIA  
IAC 2011**

**309**

El miércoles 16 tuvo lugar un acto de presentación, en las dependencias del futuro Museo de Arte Contemporáneo de Santa Cruz de La Palma, al que asistieron Guadalupe González Taño, Presidenta del Cabildo de La Palma; Felipe Petriz, Secretario de Estado de Investigación; Juan Ruiz Alzola, Director de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias; Sergio C. Mato Castro, Alcalde de Santa Cruz de la Palma; Yeray Rodríguez Rodríguez, Alcalde de Garafía y el Prof. Francisco Sánchez, Director del IAC.

También hubo espacio para la divulgación en el Convento de San Francisco con dos charlas públicas: “Preguntas al cielo” y “El GTC y los desafíos del Universo”, impartidas respectivamente por los investigadores del IAC Ignacio García de la Rosa y Rafael Rebolo, sobre los misterios del Universo que acercarán a la ciudadanía las posibilidades del telescopio GTC y las aportaciones del mismo a su resolución.



Foto de grupo de los asistentes al Congreso en las escalinatas del Convento de San Francisco en Santa Cruz de La Palma.

Los investigadores expusieron, en más de 60 intervenciones, sus avances en terrenos de primer orden para la astrofísica actual, como los planetas extrasolares o la exploración del universo primigenio. Esta iniciativa coincide además con la apertura del archivo de datos del telescopio: unas 15.000 observaciones pasarán a ser de dominio público para uso de la comunidad científica y del resto de la sociedad.

Tras un periodo de puesta a punto y de aprendizaje en el manejo de los instrumentos por parte de la comunidad científica, el GTC ha pisado el acelerador en su producción científica. El organizador del congreso e investigador del IAC, José Miguel Rodríguez Espinosa, afirma: *“Hasta ahora, en todos estos encuentros científicos en torno al GTC estábamos haciendo planes; hoy tenemos resultados. Es más, en breve veremos un aumento aún mayor de publicaciones de los avances realizados por el telescopio”.*

En la actualidad, los investigadores pueden operar el GTC de forma rutinaria con el instrumento OSIRIS, cámara y espectrógrafo que trabaja en el rango visible (la luz sensible al ojo humano). Cada uno de los dos filtros sintonizables de este instrumento equivale a 19.000 filtros convencionales y, además, se ahorra un tiempo precioso al no tener que desmontar y montar estos elementos. A este dispositivo se sumará en breve CanariCam, en fase de puesta a punto, que trabaja en el rango infrarrojo medio, invisible para el ojo humano.

En los próximos años, se incorporarán nuevos instrumentos de segunda generación, como EMIR, un espectrógrafo multiobjeto de gran campo que trabajará en el infrarrojo y que será clave para estudiar la historia de la formación de estrellas en el universo. Llegará en 2014, un año antes que FRIDA, que eliminará **en tiempo real, gracias a la Óptica Adaptativa**, las turbulencias con que nos llega la luz tras su paso por la atmósfera. Entre 2016 y 2018 se incorporarán los instrumentos de tercera generación: MEGARA y MIRADAS.

MEMORIA  
2011 IAC

310 Para Pedro Álvarez, director de GRANTECAN S.A.: *“Gracias a la progresiva incorporación de esta instrumentación, el GTC podrá mantener su liderazgo como el telescopio de mayor diámetro en funcionamiento durante la próxima década ...”*

#### *Evolución del Universo, exoplanetas y rayos gamma*

La intención de este encuentro es dar a conocer, tanto a la comunidad científica como al público, los avances del telescopio y la ciencia que se está llevando a cabo, aprender sobre el funcionamiento del GTC y su operación científica; y dar un empujón definitivo a las colaboraciones entre las diferentes comunidades del GTC.

Entre otros temas, se discutieron los hallazgos sobre la evolución del Universo. El GTC ha aportado nuevos datos gracias a las observaciones que han detectado agrupaciones de galaxias formadas cuando el Universo tenía aproximadamente el 10% de su edad actual. Asimismo, se presentaron investigaciones sobre los planetas extrasolares: gracias a las observaciones del telescopio, se ha medido por primera vez desde la Tierra la línea de potasio en las atmósferas de estos planetas fuera del sistema solar.

Los rayos gamma, radiaciones que se producen en galaxias distantes asociadas al colapso de una estrella masiva o de una supernova, también han centrado diversos estudios con el GTC. De hecho, los investigadores han logrado ver un chorro de rayos gamma en formación, lo que contribuirá a ampliar el conocimiento de este esquivo fenómeno. El telescopio ha detectado un sorprendente brote de estos rayos en el centro de una galaxia lejana. El hallazgo, ha sido publicado en la revista *Science*.

#### *Las observaciones del GTC, al alcance de todos*

La celebración de este cuarto Congreso coincide con otro hito para la instalación: la apertura de su archivo de unas 15.000 observaciones realizadas entre marzo de 2009 y septiembre de 2010. Una vez transcurrido el *tiempo de propiedad*, los datos dejan de pertenecer de manera exclusiva a los científicos responsables de las propuestas de observación y éstos son ofrecidos a toda la comunidad a través del Centro de Astrobiología (INTA-CSIC), que forma parte del Observatorio Virtual (VO, según sus siglas en inglés), lo que permitirá una comparación eficiente con datos de otros archivos distribuidos por todo el mundo. El archivo de GTC es de libre acceso, lo que implica que toda la sociedad (no solo astrónomos profesionales, sino también investigadores de otras disciplinas, astrónomos aficionados, educadores y público en general) podrá hacer uso de los datos.

#### *Consolider-GTC*

Esta reunión científica se organiza desde el programa Consolider-GTC, un proyecto global basado en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) y financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) dentro de su programa CONSOLIDE. En la organización de este encuentro científico también participan el Cabildo de La Palma, el Ayuntamiento de Santa Cruz de La Palma, el Club Náutico de La Palma y la sede palmera de la UNED.

# TIEMPO DE OBSERVACIÓN FUERA DE CANARIAS

<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>OBSERVATORIO</b>	<b>INSTALACION</b>
ALESSANDRO EDEROCLITE	18/2-13/3 25/6-10/7	ESO, La Silla (Chile)	Telescopio NTT
GARIK ISRAELIAN	7-16/3 25/7-15/9	SAO (Rusia) Obs. Byurakan (Armenia)	Telescopios, 1,2 y 2 m Telescopio 2,6 m
RAMARAO TATA	18/8-4/9	ESO, La Silla (Chile)	Telescopio NTT
SEBASTIAN HIDALGO	18/9-1/10	Obs. Cerro Tololo (Chile)	Telescopio 1 m
RICARDO CARRERA	22/9-8/10	Anglo Australian Obs., Sidin Spring (Australia)	Telescopio 3,8 m
MANUEL NUÑEZ DIAZ	28/11-1/12	Obs. Hispano-Alemán de Calar Alto (Almería)	Telescopio 3,5 m



# DISTINCIONES

## Distintivo de investigación de excelencia “Severo Ochoa”

Un jurado internacional, encabezado por tres premios Nobel, ha acreditado al Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) como uno de los ocho centros de investigación españoles que “destacan entre los mejores del mundo en su especialidad”. Rafael Rebolo, que encabeza el proyecto “Severo Ochoa” del IAC, recogió el 28 de noviembre, la acreditación en la sede del Ministerio de Ciencia e Innovación, en un acto presidido por la titular en funciones de este Departamento, Cristina Garmendia.



*El director del Proyecto “Severo Ochoa” del IAC, Rafael Rebolo, recogió la acreditación de excelencia en la sede del Ministerio de Ciencia e Innovación, en un acto presidido por la titular en funciones de este Departamento, Cristina Garmendia. Fuente/MICINN.*



*El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) es uno de los ocho primeros centros de investigación distinguidos con la acreditación de excelencia Severo Ochoa. Fuente/MICINN.*

Las candidaturas fueron evaluadas por tres comités de selección, compuestos por científicos internacionales de prestigio procedentes de 12 países diferentes. El programa Severo Ochoa ha sido promovido por el Ministerio de Ciencia e Innovación para identificar y apoyar la investigación de excelencia que se realiza en España.

Ser centro “Severo Ochoa”, con una validez de cuatro años, conlleva recibir un millón de euros anuales (4 millones de euros en total). La acreditación permitirá asimismo a los centros fortalecer sus capacidades de investigación, facilidad de acceso a otras convocatorias competitivas y a las grandes instalaciones de investigación, flexibilidad

en la contratación de personal (científicos y tecnólogos) y un reconocimiento científico que les dará una visibilidad preferente en la obtención de ayudas de mecenazgo, entre otros beneficios.

Cristina Garmendia ha señalado que este programa “*abre una nuevo camino para la ciencia española*” ya que supone “*una forma de fomentar la excelencia cualitativamente distinta e incluso pionera a nivel internacional*”. Asimismo, añadió que “*las políticas públicas de investigación y, en particular las de promoción de la excelencia, necesitan más que nunca transmitir a los responsables políticos y al conjunto de los ciudadanos un mensaje de confianza*”.

*“Confío sinceramente en que esta iniciativa, lejos de desvirtuarse o desaparecer, se consolidará en los próximos años”.*

Según el Prof. Rafael Rebolo que encabeza el proyecto “Severo Ochoa” del IAC, *“con el Programa Severo Ochoa, el IAC pretende avanzar en la comprensión de las leyes que gobiernan el origen y la evolución de las distintas formas de materia y energía en el Universo. En los próximos años el centro investigará problemas clave de la astrofísica desde fenómenos de muy alta energía en el Big Bang y alrededor de agujeros negros, a la génesis de los rayos cósmicos y rayos gamma; desde la formación y evolución de las galaxias a los ciclos de vida de las estrellas, especialmente su nacimiento y muerte. Se estudiará en profundidad la física de los campos magnéticos en el Sol, incluida la interacción Sol-Tierra, y se impulsarán los programas de búsqueda de planetas similares a la Tierra en estrellas cercanas. El IAC hará uso de una gran variedad de instrumentos en la frontera tecnológica desde observatorios terrestres y espaciales y, en particular, del Gran Telescopio CANARIAS (GTC). Se desarrollará también un programa específico para atraer a investigadores de excelencia que contribuyan a la observación y modelización de los procesos astrofísicos, incluida la simulación con superordenadores y el desarrollo de nuevas tecnologías”.*

Para el Director del IAC, el Prof. Francisco Sánchez, *“esta distinción sitúa al Consorcio Público Instituto de Astrofísica de Canarias en mejores condiciones para afrontar la crisis económica y para lograr que se potencie, cada día más, como un centro de referencia de esta rama de la ciencia en el mundo”.*

En esta primera edición del programa Severo Ochoa del Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) han sido acreditados, junto al IAC, el Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación, el

Instituto de Ciencias Matemáticas, el Instituto de Ciencias Fotónicas, el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas, el Instituto de Investigación Biomédica, el Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares y el Barcelona Graduate School of Economics.

Los directores de los primeros ocho centros y unidades de investigación que han recibido esta distinción manifiestan en “una carta abierta” al futuro Gobierno de España: *“... la importancia para la ciencia en España de que exista el programa Severo Ochoa y que en sus próximas ediciones mantenga el rigor y ambición con que ha empezado ...”* - *“Sabemos que la investigación de excelencia representa una de las principales inversiones de futuro, que permite impulsar la creación de riqueza a través de la formación de científicos y la innovación tecnológica ...”* - *“En consecuencia, los centros que hemos recibido la distinción Severo Ochoa nos ponemos a disposición del Gobierno para trabajar conjuntamente por la excelencia, el liderazgo y el impacto internacional de la ciencia española”.*



*Los directores de los primeros ocho centros y unidades de investigación distinguidos por el programa Severo Ochoa en el acto de entrega de las acreditaciones de excelencia, en la sede del Ministerio de Ciencia e Innovación.  
Fuente/MICINN.*

# RECURSOS HUMANOS

A. Ruigómez.  
M.R. Galván González, C. García de Sola y L. Manadé.

## PERSONAL FUNCIONARIO

Efectivos a 31 de diciembre (fuente DARETRI): 28

En 2011, tomo posesión como funcionario de carrera a la plantilla del IAC, de la Escala de Investigadores Titulares de los Organismos Públicos de Investigación de la OEP 2010 con nivel 26, el Dr. Martín López Corredoira, que se incorporó a su plaza en abril de 2011.

En 2011 el Ministerio de Ciencia e Innovación convoca 4 plazas con destino en el IAC correspondiente a la Escala de Científicos Titulares de los Organismos Públicos de Investigación, correspondiente a la Oferta Pública de Empleo de 2011. En la actualidad pendiente de nombramiento y toma de posesión.

A finales de 2011, se procedió a la integración en las Escalas previstas en la disposición adicional sexta de la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, de los investigadores titulares de OPI's del IAC.

En 2011, se jubiló, el Dr. John E. Beckman, Profesor de Investigación del CSIC, adscrito al IAC desde sus inicios.

## PERSONAL LABORAL

Efectivos a 31 de diciembre de 2011 (fuente DARETRI):

Personal laboral fijo:	147
Personal laboral temporal:	111
<b>Total</b>	<b>258</b>

### Oferta empleo Público 2011

En la OEP 2011, 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.
- 4 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.

### Cursos

#### *Cursos de formación:*

El INAP (Instituto Nacional de Administración Pública), aprobó una subvención al IAC para formación continua de 38.310,12 €, que se gestionó en su totalidad. Se impartieron los siguientes cursos:

- Conducción Segura. Conducción en condiciones peligrosas
- Curso avanzado de primeros auxilios
- Gestión del tiempo
- Directivas de Seguridad y Reglamentación aplicable a la Instrumentación que se desarrolla en el IAC
- Mantenimiento Higienico Sanitario. Legionella
- Microsoft Office 2010
- Mecanizado de fresa con Proe/Engineer

Los miembros de la *Comisión Paritaria de Formación Continua* son: M. Ávila y A. Ruigómez (CD); C. Álvarez y H. Gabino (CE).

MEMORIA  
IAC 2011

315

## ACCIÓN SOCIAL

El Plan de Acción Social 2011 recogió las siguientes ayudas:

- Ayuda conciliación de la vida laboral y familiar
- Ayuda material escolar y servicios complementarios
- Ayuda estudios para el solicitante
- Ayuda estudios universitarios para los descendientes
- Ayuda médicas (tratamientos odontológicos, óptica, calzado ortopédico y audífonos)
- Ayuda por nacimiento de hijos
- Ayuda para cuidado familiares mayores de 70 años y discapacitados
- Ayuda por jubilación al personal del IAC
- Ayuda para víctimas de violencia de género

El BOE de 8 de agosto de 2011, publicó la *“Resolución de 28 de julio de 2011, de la Secretaría 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”*. A finales de 2011, se iniciaron los trabajos para la adaptación del Plan de Acción Social del IACF a dichas directrices las cuales establecen un periodo transitorio de adaptación de dos años. En 2012 el Plan iniciará esa adaptación.

Los miembros de la *Comisión Paritaria de Acción Social* son: R.M. González, J.M. Ramos y A.M. Varela (CD); C. Morell, L. Pérez e I. Plasencia (CE).

## 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, se aprovecha para explicarlos uno a uno. Se informa de la herramienta creada por la UPRL para el seguimiento de las acciones de PRL derivadas de la Evaluación de Riesgos.

### Comunicación

Se presentan al CSS el resumen de las actividades realizadas por la UPRL, así como las memorias de SPA y de la Mutua de Accidentes de Trabajo.

Se lleva mantenimiento y mejora de la página interna de la unidad de prevención.

Para conseguir mayor rapidez de comunicación de los riesgos derivados de las ER's se tramita con SPA el envío periódico de esta información en documento editable. Esta información se completa con la información necesaria para el seguimiento de estas acciones pendientes, así como de su cierre.

### Consulta y participación

Durante 2011 se llevan a cabo 4 reuniones del CSS.

Los procedimientos del SGPRL que se han elaborado a lo largo del año, tres, han sido previamente sometidos a comentarios 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.

MEMORIA  
2011 IAC

316

## PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Durante el año 2011 se han realizado las siguientes actividades en materia de Prevención de Riesgos Laborales:

## **Evaluación y planificación**

### *Estrategia de evaluación*

A lo largo del año se ha realizado una nota técnica de prevención en relación a un cambio de ubicación de un puesto y la existencia de tronja en parte superior. Se solicitó de la empresa instaladora un estudio de carga que también fue realizado.

Se inicia la revisión de las evaluaciones de riesgo de secciones, realizándose este año las correspondientes a:

- Taller de Electrónica
- Taller de Mantenimiento Civil
- Taller de Mecánica
- Administración de Servicios Generales
- Servicios Informáticos Comunes

De los resultados de las primeras revisiones de las evaluaciones de secciones se realizan reuniones con los mandos para detectar los temas ya resueltos así como la fecha prevista para llevar a cabo aquellas que no se han realizado (Mantenimiento Civil, SIC).

### *Mediciones*

Durante las revisiones de las secciones se realizan las correspondientes medidas de luminosidad de los puestos.

## **Formación e información**

Se organiza desde la UPRL los cursos que se relacionan a continuación:

- Conducción 4x4 en asfalto
- Primeros auxilios avanzado
- Gestión del tiempo
- Trabajos en altura
- Normas básicas PRL - Taller de Mecánica
- Charlas trabajadores PRL general

Asistieron 173 personas a las diferentes acciones formativas.

Organizado por el Área de Instrumentación se impartió el curso dirigido a los ingenieros del Área y responsables de proyectos "Directivas de seguridad y reglamentación aplicable a la instrumentación que se desarrolla en el IAC" al que asistieron 48 personas.

Como complemento a la información a impartir al personal de nuevo ingreso y respondiendo a las necesidades de información a estos nuevos trabajadores, se ha elaborado un manual de acogida bilingüe donde se informa a estos nuevos trabajadores de la estructura orgánica del IAC, declaración de política preventiva, organización para la prevención, riesgos laborales generales, plano general del centro de trabajo, normas de aplicación en caso de incendio, planos y rutas de evacuación, etc., para cada una de las sedes.

### *Campaña de sensibilización*

Durante este año se realizó una parte de las campañas de sensibilización previstas. En las sedes de La Palma se hizo entrega de carteles, trípticos (conducción, estiramientos, circulación comunicación de riesgos, escaleras y PVD's) y se impartió una charla de seguridad vial. En el resto del IAC, La Laguna y OT, se entregaron los carteles y los trípticos.

## **Medidas de emergencia**

Se comienza la revisión del Plan de Emergencia del OT y por parte de del Servicio de Prevención Ajeno, se entrega un borrador del Plan de Emergencia que incorpora parte de los temas específicos contenidos en el plan del OT.

## **Accidentes de trabajo - Incidentes**

Durante el 2011 se han contabilizado por la UPRL los siguientes accidentes: uno leve con baja y 2 sin baja.

## **Vigilancia de la salud**

Durante el año 2011, se planificaron aproximadamente 150 revisiones médicas. El Servicio de Prevención Ajeno entrega el documento de protocolización por puesto de trabajo en base a los riesgos detectados en función de la Evaluación de Riesgos del IAC. Este documento está colocado en la página interna del IAC en el apartado de la UPRL al cual tienen acceso todos los trabajadores.

## **Mediciones higiénicas**

A raíz de las mediciones de radón de la sede central se decide realizar unas nuevas mediciones en el Observatorio del Teide y en las sedes de La Palma: Observatorio del Roque de los Muchachos y Centro de Astrofísica de La Palma. A finales de año se recibe el informe y se adoptan las medidas correctoras.

## **Protocolo para la prevención y tratamiento de los casos de posible Acoso Laboral, Sexual y por razones de sexo**

Se realizan las adaptaciones de los protocolos para la prevención y tratamiento de los casos de acoso laboral, sexual y por razón de sexo del IAC, conforme a:

- *Resolución de 5 de mayo de 2011, de la Secretaría de Estado para la Función Pública, por la que se aprueba y publica el Acuerdo de 6 de abril de 2011 de la Mesa General de Negociación de la Administración General del Estado sobre el Protocolo de actuación frente al acoso laboral en la Administración General del Estado. (BOE de 1 de junio)*

- *Resolución de 28 de julio de 2011, de la Secretaría 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 el Protocolo de actuación frente al acoso sexual y al acoso por razón*

*de sexo en el ámbito de la Administración General del Estado y de los Organismos Públicos vinculados a ella. (BOE de 8 de agosto)*

## **Contrato Servicio de Prevención Ajeno (SPA)**

En 2011 se convocó concurso para la contratación del Servicio de Prevención Ajeno, siendo adjudicado el nuevo contrato a la Sociedad de Prevención FREMAP.

Los miembros del *Comité de Seguridad y Salud* son: J. Calvo, F. de la Paz, J.C. Pérez Arencibia, G. Pescador y M. Serra (CD); C. Álvarez, A. Bacallado, I. Corona, J.J. González y L. Pérez (CE).

## **CONCIERTO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LA FORMACIÓN EN CENTROS DE TRABAJO**

Durante el año 2011 se firmaron conciertos específicos de colaboración para la formación en centros de trabajo, que permitieron que tres estudiantes realizaran su periodo de prácticas en el IAC.

Se incorporaron al Taller de Mecánica:

- A. Méndez Rodríguez, del IES Oscar Domínguez.  
- E. Pérez Plasencia, del IES Virgen de Candelaria.

Se incorporó al Taller de Electrónica:

- S.D. Barreto González, del CPEIS San Juan Bosco.

# 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**

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)

## **ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

### **Coordinador**

\* Arturo Manchado Torres (CSIC)

### **Gerente**

Irene Fernández Fuarrós (CL)

### **Secretaría**

Judith de Araoz Vigil (CL)

Eva Patricia Bejarano Padrón (CL)

Tatiana Cecilia Karthaus Londo (CL)

## **SERVICIOS INFORMÁTICOS ESPECÍFICOS (SIE)**

### **Jefe**

Nicola Caon (CL)

### **Soporte**

Ángel M. de Vicente Garrido (CLT)

## **OPERACIONES TELESCÓPICAS**

### **Jefe**

Alejandro Oscoz Abad (CL)

### **Astrónomo de Soporte**

Rafael D. Barrena Delgado (CLT)

M. Pilar Montañez Rodríguez (CLT)

Jorge García Rojas (CLT)

Cristina Zurita Espinosa (CLT)

### **Observadores**

Santiago López González-Coviella (CL)

Antonio Pimienta de la Rosa (CL)

### **Operadores**

M. Isabel Carnerero Martín (CLT)

David Jiménez Mejías (CLT)

María Cebrián Renau (CLT)

Roc Martí Valls (CLT)

Roger Gimeno Llobet (CLT)

Meritxell Visus Llobet (CLT)

## **SERVICIO MULTIMEDIA (SMM)**

Miguel Briganti Correa (CL)

Gabriel A. Pérez Díaz (CL)

## **SERVICIO DE CORRECCIÓN LINGÜÍSTICA (SCL)**

Terence John C. Mahoney (CL)

## **PROYECTO DIMM**

Antonia M. Varela Pérez (CL)

## PERSONAL INVESTIGADOR

### Astrofísicos

- \* José Antonio Acosta Pulido (V)
- \* Carlos Allende Prieto (PO)
- \* Antonio Aparicio Juan (ULL)
- \* M. Jesús Arévalo Morales (ULL)
- \* John E. Beckman (CSIC)
- \* Juan A. Belmonte Avilés (PO)
- \* Juan E. Betancort Rijo (ULL)
- \* José Antonio Bonet Navarro (PO)
- \* Jorge Casares Velázquez (PO)
- \* Jordi Cepa Nogué (ULL)
- \* Manuel Collados Vera (ULL)
- \* Romano Corradi (PO)
- \* Hans Deeg (PO)
- \* César Esteban López (ULL)
- \* M. Carmen Gallart Gallart (PO)
- \* Ignacio García de la Rosa (PO)
- \* Jesús González de Buitrago Díaz (ULL)
- \* Ignacio González Martínez-Pais (ULL)
- \* Carlos M. Gutiérrez de la Cruz (PO)
- \* Artemio Herrero Davó (ULL)
- \* Garik Israelian (PO)
- \* Jesús Jiménez Fuensalida (PO)
- \* Carlos Lázaro Hernando (ULL)
- \* José Alfonso López Aguerri (PO)
- \* Martín L. López Corredoira (PO)
- \* Antonio Mampaso Recio (PO)
- Arturo Manchado Torres (CSIC)
- \* Valentín Martínez Pillet (PO)
- \* Evencio Mediavilla Gradolph (ULL)
- \* Fernando Moreno Insertis (ULL)
- \* Casiana Muñoz-Tuñón (PO)
- \* Pere Lluís Pallé Manzano (PO)
- \* Ismael Pérez Fournon (ULL)
- \* Fernando Pérez Hernández (ULL)
- \* Almudena Prieto Escudero (PO)
- \* Mercedes Prieto Muñoz (ULL)
- \* Rafael Rebolo López (CSIC)
- \* Clara Régulo Rodríguez (ULL)
- \* Teodoro Roca Cortés (ULL)
- \* José Miguel Rodríguez Espinosa (PO)
- \* Basilio Ruiz Cobo (ULL)
- \* Jorge F. Sánchez Almeida (PO)
- Tariq Shahbaz (PO)
- \* Héctor Socas Navarro (PO)
- \* Javier Trujillo Bueno (CSIC)
- Alejandro Vazdekis Vazdekis (PO)
- \* Manuel Vázquez Abeledo (PO)

### Becarios y contratados

- Roi Alonso Sobrino (CLT)
- Andrés Asensio Ramos (CLT)
- Christian Beck (CLT)
- Luca Belluzzi (CLT)
- Karsten Berger (CLT)
- Ángel M. Bongiovanni Pérez (CLT)
- Steve Boudreault (CLT)
- Ricardo Jesús Carrera Jiménez (CLT)
- Nieves Dolores Castro Rodríguez (CLT)
- Bernabé Cedrés Expósito (CLT)
- Antonio Cava (CLT)
- Remon Cornelisse (CLT)
- Alessandro Ederoclite (CLT)
- Massimiliano Esposito (CLT)
- Bihain Alexandre Laken (CLT)
- Javier Licandro Goldaracena (CLT)
- Nicolás Cedric Lodieu (CLT)
- Luis López Martín (CLT)
- Valentina Luridiana (CLT)
- Rafael Manso Sainz (CLT)
- Esther Marmol Queralto (CLT)
- M. Jesús Martínez González (CLT)
- Jairo Méndez Abreu (CLT)
- Antonino Paolo Milone (CLT)
- Matteo Monelli (CLT)
- Enric Pallé Bago (CLT)
- Ana M. Pérez García (CLT)
- Jorge Andrés Pérez Prieto (CLT)

Damian Fabbian (CLT)	Cristina Ramos Almeida (CLT)
Jesús Falcón Barroso (CLT)	M. Ángeles Rodríguez Hernández (CLT)
Patrizia Ferrero (CLT)	Javier Rodríguez Zaurín (CLT)
Juan Font Serra (CLT)	José Alberto Rubiño Martín (CLT)
M. Mercedes Franqueira Pérez (CLT)	David M. Russel (CLT)
Miriam García García (CLT)	Víctor Sánchez Béjar (CLT)
Domingo Aníbal García Hernández (CLT)	Claudia G. Scoccola (CLT)
Begoña García Lorenzo (CLT)	Jiri Stepan (CLT)
Antonio García Muñoz (CLT)	Meszaros Szabolcs (CLT)
Ricardo T. Génova Santos (CLT)	Ramarao Tata (CLT)
César A. González García (CLT)	Brandon West Tingley (CLT)
Jonay González Hernández (CLT)	Ignacio Trujillo Cabrera (CLT)
Omaira González Martín (CLT)	Katrien Uytterhoever (CLT)
Salvatore Guglielmino (CLT)	Ana Belén Vicente Martínez (CLT)
Angela Hempel (CLT)	Carsten Weider (CLT)
Sebastián L. Hidalgo Rodríguez (CLT)	Lofti Yelles Chaouche (CLT)
Susana Iglesias Groth (CLT)	

#### **Afiliados**

Carlos A. Álvarez Iglesias (V)	José Miguel González Pérez (V)
Marc Ballcels Comas (V)	Olena Khomenko (V)
Antonio Luis Cabrera Lavers (V)	Daniel Reverte Paya (V)
Lucio Crivellari (V)	Pablo Rodríguez Gil (V)
David García Álvarez (V)	Miguel Santander García (V)
Bettina Gerken (V)	Riccardo Scarpa (V)
Gabriel Gómez Velarde (V)	Ovidiu Vaduvescu (V)

#### **Sabático**

José A. de Diego Onsurbe (V)

#### **Colaboradores**

Emilio Casuso Romate (V)	Alejandro García Gil (V)
Antonio Eff-Darwich Peña (V)	Inés Márquez Rodríguez (V)

## ÁREA DE ENSEÑANZA

### Coordinador

\* Francisco Garzón López (ULL)

### Secretaría

M. Lourdes González Pérez (CL)

## ASTROFÍSICOS RESIDENTES

### Residentes 2º IAC

Edgar Samuel Carlín Ramírez (AR) Karla Yulién Peña Ramírez (AR)  
Anna Ferré Mateu (AR) José Ramón Sánchez Gallego (AR)  
Carlos Hugo López Carballo (AR) M. Trinidad Tapia Peral (AR)  
Mireia Montes Quiles (AR)

### Residentes 1º IAC

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)

### Beca 2º IAC

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)

### Beca 1º IAC

Jorge Karolt Barrera Ballesteros (AR) Paolo Alberto Miles Páez (AR)  
Tanausú del Pino Alemán (AR) Jana Polednikova (AR)  
Bartosz Galiza (AR) Marja Kristin Seidel (AR)

### UE RocPACS

Parviainen Hannu (CLT) Felipe Murgas Alcaino (CLT)

### Becarios y colaboradores

David Abreu Rodríguez (V) Rodrigo H. Hinojosa Goñi (V)  
Judith Bakos (V) Christoph Kuckein (V)  
Sebastia Barceló Forteza (V) Ignacio Martín Navarro (V)  
Irantzu Calvo Santamaría (V) Ingrid Patricia Meschin (V)  
Julio A. Carballo Bello (V) Manuel Felipe Núñez Díaz (V)  
Julio A. Castro Almazán (V) Carmen Pilar Padilla Torres (V)  
Rosa Clavero Jiménez (V) Alba Eva Peláez Santos (V)  
Paul Compère (V) Luis Peralta de Arriba (V)  
Jesús M. Corral Santana (V) Manuel Perger (V)  
Adriana de Lorenzo Cáceres Rodríguez (V) Irene Pintos Castro (V)  
Andrés del Pino Molina (V) Carlos Cristo Quintero Noda (V)  
Alicia Diago Ortega (V) Sebastián Andrés Ramírez Alegría (V)  
Carolina Domínguez Cerdeña (V) Illa Rivero Losada (V)  
Rosa M. Domínguez Quintero (V) Klaus Simon Rübke Zuñiga (V)  
Beatriz González Merino (V) Carolina Sabín San Julian (V)  
Eduardo Guerras Valera (V) Andrea Triviño Hage (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)	Roger Hoyland (CL)
Haresh Mangharam Chulani (CL)	Enrique Joven Álvarez (CL)
José Miguel Delgado Hernández (CL)	Miguel Ángel Núñez Cagigal (CLT)
José Javier Díaz García (CL)	Teodora A. Viera Curbelo (CL)

### DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

#### Jefe

Vicente Sánchez de la Rosa (CL)

#### Ingenieros

Patricia Fernández Izquierdo (CLT)	Pablo Redondo Caicoya (CL)
Elvio Hernández Suárez (CL)	Samuel Santana Tschudi (CLT)
Angel Mato Martínez (CLT)	Fabio Tenegi Sanginés (CL)
Jaime Pérez Espinós (CL)	Afrodísio Vega Moreno (CLT)

### DEPARTAMENTO DE ÓPTICA

#### Jefe

José Luis Rasilla Piñeiro (CL)

#### Ingenieros

Alberto Bueno Bueno (CLT)	Roberto López López (CL)
Ariadna Zares Calcines Rosario (CLT)	Iciar Montilla García (CLT)
Ana Belén Frago López (CL)	Jorge Sánchez-Capuchino Revuelta (CL)
Maidor 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)	Jacinto Javier Vaz Cedillo (CLT)

## **PROYECTOS**

### **Jefe**

Marcos Reyes García-Talavera (CL)

### **Gestores**

Ángel Alonso Sánchez (CL)	Víctor M. González Escalera (CL)
Manuel Amate Plasencia (CL)	José Miguel Herreros Linares (CL)
Carmen M. Barreto Cabrera (CL)	Jesús Patrón Recio (CL)

## **PRODUCCIÓN**

### **Jefe**

Juan Calvo Tovar (CL)

## **MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL**

### **Jefe**

Emilio J. Cadavid Delgado (CL)

### **Técnicos**

Pedro A. Ayala Esteban (CL)	José Julio González Nóbrega (CL)
Jesús E. García Velázquez (CL)	Juan Antonio Morrison Price (CL)

## **DELINEACIÓN TÉCNICA**

### **Jefe**

Abelardo Díaz Torres (CL)

### **Técnicos**

Juan Carlos Díaz Pérez (CL)	Juan José Perdigón Peña (CL)
-----------------------------	------------------------------

## **TALLER DE ELECTRÓNICA**

### **Técnicos**

Roberto Barreto Rodríguez (CL)	Ángel L. Morales Ayllón (CL)
Agustín R. Casanova Suárez (CL)	José Ramón Olives Mora (CL)

### **Almacén**

J. Gerardo Rodríguez Cándido (CL)

## **TALLER DE MECÁNICA**

### **Jefe**

Francisco Llarena García (CL)

### **Técnicos**

Nauzet Cabrera García (CLT)	Esteban González Díaz (CL)
Juan José Dionis Díaz (CL)	Pablo González Gómez (CL)
Carlos A. Flores García (CL)	Cristóbal Morell Delgado (CL)
Higinio Gabino Pérez (CL)	Ricardo Negrín Martín (CL)
Jesús Felipe García López (CL)	

### **Almacén**

León Pérez Jacinto del Castillo (CL)

# **ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES**

## **Administrador**

\* Rafael Aray 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)



## **GERENCIA OPERACIONAL**

### **Gerente**

Germán R. Pescador Rodríguez (CL)

## **MANTENIMIENTO GENERAL**

### **Jefe de Taller**

José Antonio Arvelo Dorta (CL)

### **Jefe de Mantenimiento**

Sergio Medina Morales (CL)

### **Técnico**

Ramón Hernández Mendoza (CL)

### **Conductores**

Cándido Álvarez García (CL)

Juan Manuel Martín Pérez (CL)

## **DELINEACIÓN GENERAL**

\* Ramón Castro Carballo (CSIC)

## **TELEFONISTA/RECEPCIONISTA**

M. Eulalia Alsina Casals (CL)

## **OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)**

### **Administrador**

Miquel Serra Ricart (CL)

### **Gestión Administrativa**

F. Javier Cosme Morán (CL)

### **Mantenimiento**

Ignacio del Rosario Pérez (CL)

M. Angel Ginovés Bethencourt (CL)

Ramón R. Díaz Díaz (CL)

Rafael A. Ramos Medina (CL)

### **Técnicos en prácticas**

Yasser M. El Bouayaidi Mohamed (CLT)

Moisés Hilario Lubary Rodríguez (CLT)

Ignacio González Gutiérrez (CLT)

## **PROYECTO GLORIA**

Miguel Ángel Pío Jiménez (CLT)

## **OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)**

### **Administrador**

Juan Carlos Pérez Arencibia (CL)

## **SERVICIOS INFORMÁTICOS ESPECÍFICOS (SIE)**

Aytami Y. Peñate Rodríguez (CL)

### **Gestión Administrativa**

M. Montserrat Alejandre Siscart (CL)

Nieves Gloria Pérez Pérez (CL)

Ana Luisa Lozano Pérez (CL)

### **Mantenimiento**

Joaquín Arce Costa (CL)

Jesús M. Mendoza González (CL)

Jorge Gmelch Ramos (CL)

Alfredo Pérez Concepción (CL)

### **Conductor**

José Adelto Hernández Sánchez (CL)

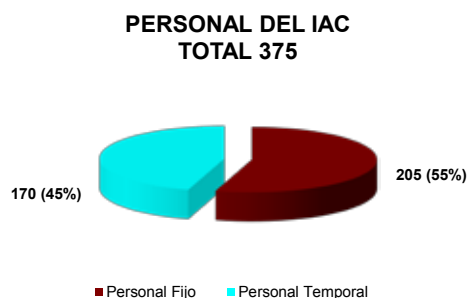
## DISTRIBUCIÓN Y PROCEDENCIA DEL PERSONAL DEL IAC

(a 31-12-2011)

	PO	CL	CLT	ULL	CSIC	AR	V	TOTAL
Astrofísicos	26	3	64	20	4		19	<b>136</b>
Técnicos	1	97	26	1	1			<b>126</b>
Administrativos	1	50	3					<b>54</b>
Doctorandos			2			25	31	<b>58</b>
Sabáticos							1	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>150</b>	<b>95</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>51</b>	<b>375</b>

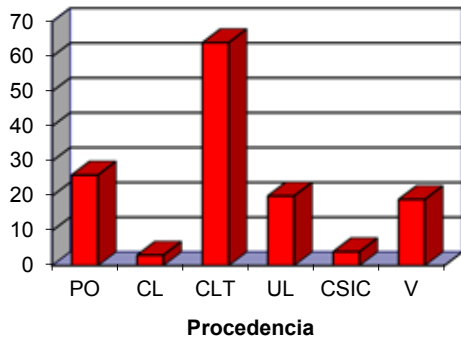
	PO	ULL	CSIC	OTROS	TOTAL
PERSONAL FUNCIONARIO *	28	21	5	1	<b>55</b>
PERSONAL NO FUNCIONARIO				320	<b>320</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>321</b>	<b>375</b>

PERSONAL FIJO	205
PERSONAL TEMPORAL	170
<b>TOTAL</b>	<b>375</b>

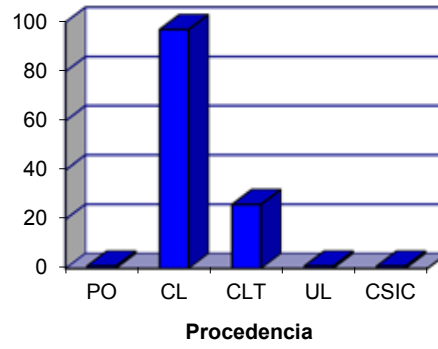


- \* = Personal Funcionario
- PO** = Plantilla Orgánica del IAC
- CL** = Contrato Laboral
- CLT** = Contrato Laboral Temporal
- ULL** = Universidad de La Laguna
- CSIC** = Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- AR** = Astrofísicos Residentes
- V** = Varios (sabáticos, becas, colaboradores, etc.)

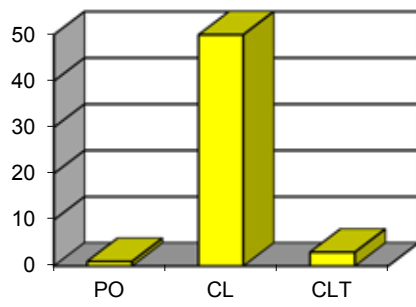
### ASTROFÍSICOS



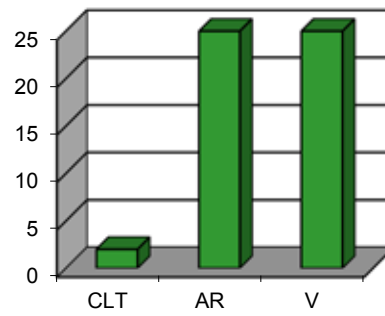
### TÉCNICOS



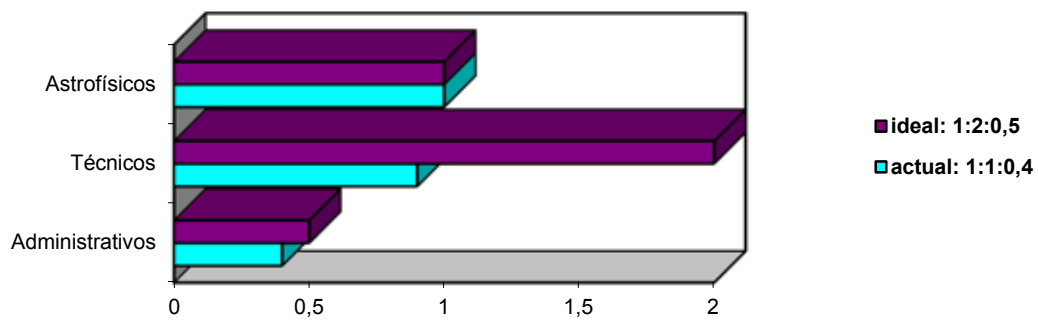
### ADMINISTRATIVOS



### 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



MEMORIA  
2011 IAC

332

## **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

