

**INSTITUTO DE ASTROFISICA DE CANARIAS**

**MEMORIA  
2000**

**GABINETE DE DIRECCION**

**INSTITUTO DE ASTROFISICA DE CANARIAS**

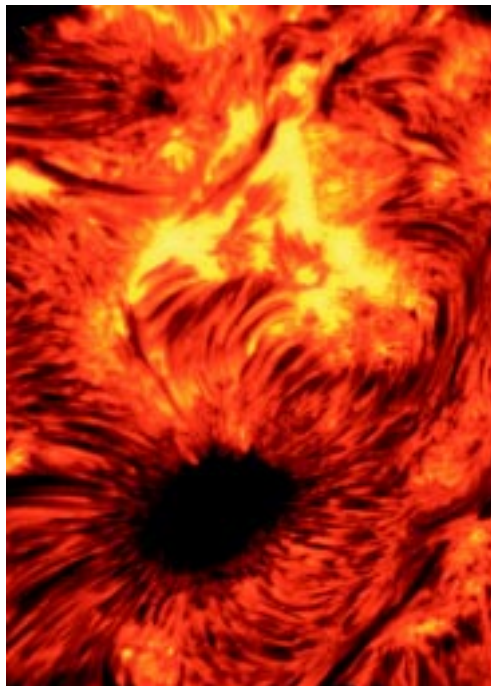
INSTITUTO DE ASTROFISICA DE CANARIAS

MAQUETACION: Ana M. Quevedo

PORTADA: Gotzon Cañada

PREIMPRESION E IMPRESION: Producciones Gráficas S.L.

DEPOSITO LEGAL: TF-1905/94



*Portada: Imagen de una mancha solar  
obtenida con el telescopio VNT, del  
Observatorio del Teide, utilizando un filtro  
en la línea de  
hidrógeno ( $H-\alpha$  656,3 nm).  
Ignacio García de la Rosa (IAC)*

# Indice general

- 5 - PRESENTACION
- 6 - CONSORCIO PUBLICO IAC
- 8 - OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)
- 9 - OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)
- 10 - DISTINCIONES
- 11 - COMISION PARA LA ASIGNACION DE TIEMPO (CAT)
- 13 - ACUERDOS
- 16 - GRANT TELESCOPIO CANARIAS
- 29 - AREA DE INVESTIGACION
  - 29 - Estructura del Universo y Cosmología
  - 36 - Estructura de las galaxias y su evolución
  - 53 - Estructura de las estrellas y su evolución
  - 63 - Materia Interestelar
  - 70 - El Sol
  - 78 - El Sistema Solar
  - 80 - Optica Atmosférica
  - 83 - Alta resolución espacial
  - 85 - Diseño y construcción de telescopios
  - 88 - Instrumentación óptica
  - 93 - Instrumentación infrarroja
  - 98 - Astrofísica desde el espacio
- 109 - AREA DE INSTRUMENTACION
  - 110 - Ingeniería
  - 116 - Producción
  - 119 - Acciones de apoyo tecnológico
  - 121 - Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)
- 127 - AREA DE ENSEÑANZA
  - 127 - Cursos de doctorado
  - 128 - Seminarios
  - 129 - Coloquios
  - 130 - Becas
  - 131 - XII Escuela de Invierno: "Espectropolarimetría en Astrofísica"
- 134 - ADMINISTRACION DE SERVICIOS GENERALES
  - 134 - Instituto de Astrofísica
  - 134 - Observatorio del Teide
  - 135 - Observatorio del Roque de los Muchachos
  - 135 - Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC)
  - 137 - Ejecución del Presupuesto 2000
- 138 - SERVICIOS INFORMATICOS COMUNES (SIC)
- 139 - BIBLIOTECA
- 140 - PUBLICACIONES CIENTIFICAS
  - 140 - Artículos en revistas internacionales con árbitros
  - 146 - Artículos de revisión invitados (Invited Reviews)
  - 146 - Comunicaciones a congresos internacionales
  - 154 - Comunicaciones a congresos nacionales
  - 155 - Artículos en revistas internacionales sin árbitros y comunicaciones cortas
  - 156 - Artículos en revistas nacionales
  - 156 - Publicaciones del IAC
  - 156 - Libros
  - 156 - Tesis doctorales
  - 157 - Tesinas
- 158 - REUNIONES CIENTIFICAS
- 162 - TIEMPO DE OBSERVACION FUERA DE CANARIAS
- 163 - EDICIONES
- 164 - DIVULGACION
- 172 - VISITANTES
- 176 - ORGANIZACION Y RECURSOS HUMANOS
- 179 - PERSONAL
- 190 - DIRECCIONES Y TELEFONOS

# PRESENTACION

*Sin duda resulta destacable que el último año del siglo XX S.A.R. el Príncipe de Asturias haya puesto la “primera piedra” del Gran Telescopio Canarias (GTC), en el Observatorio del Roque de los Muchachos. La persona llamada a ser Rey de los españoles en el siglo XXI, y que ha venido apoyando este proyecto desde sus comienzos, ha protagonizado el acto simbólico del arranque del telescopio que se convertirá en el “buque insignia” de la astronomía española en el nuevo siglo.*

*Otro hecho a destacar es la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, junto con la adscripción al mismo del Consorcio Público IAC, lo cual, unido a los compromisos del Presidente del Gobierno de aumentar sustancialmente los recursos en I+D+I durante la actual legislatura, ha abierto nuestra esperanza de solución a los graves problemas estructurales y económicos que padecemos, como el resto de los organismos públicos de investigación.*

*Parece adecuado ahora, cuando la OCYT (Oficina de Ciencia y Tecnología) ha desaparecido, reconocer y agradecer su decisivo apoyo y, en especial, el de su Director, el Prof. Fernando Aldana, para que el Estado se implicase en el proyecto GTC, lo cual, puesto que la Comunidad Autónoma de Canarias ya lo estaba, permitió actuar a la Sociedad Pública "GRANTECAN" con la eficacia con que lo está haciendo.*

*México y Estados Unidos de América han formalizado en el 2000 su compromiso de participación en el GTC, lo cual tranquilizará, esperamos, a cuantos, dentro y fuera del país, consideraron imprescindible la participación internacional para que el proyecto fuese realizable.*

*Para terminar hay que subrayar que el IAC ha continuado bien activo en todas sus Areas, consiguiendo avances significativos, tanto en la investigación astrofísica y en la formación de personal investigador, como en el desarrollo tecnológico y en la difusión de la ciencia. Todo ello queda reflejado suficientemente en esta nueva entrega de nuestra Memoria Anual.*

**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 Ciencia y Tecnología), 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, sino además de ser palanca para el desarrollo de la Astrofísica en España.

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. El Ministerio de Educación y Cultura, por su parte, no sólo contribuye con el mayor porcentaje al

presupuesto del Instituto, sino que, además, 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 europeos.

La participación de las instituciones de los diversos países en los Observatorios se realiza a través del Comité Científico Internacional (CCI). Se produce un "Informe Anual" en el cual se recoge la actividad científica desarrollada en los Observatorios y las mejoras en sus instalaciones. Este informe tiene una amplia difusión internacional.

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 Asignación de Tiempo (CAT) reparte cuidadosamente entre las numerosas peticiones formuladas por los astrofísicos españoles.

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)

Se estructura en áreas:

MEMORIA  
2000 IAC

6

**Investigación**  
**Instrumentación**  
**Enseñanza**  
**Administración de Servicios Generales**

El Real Decreto 557/2000, de 27 de abril, crea el nuevo **Ministerio de Ciencia y Tecnología** como Departamento responsable de la política científica y tecnológica, de las telecomunicaciones y del impulso de la sociedad de la información.

En virtud del Real decreto 696/2000, de 12 de mayo, por el que se establece la estructura orgánica básica del nuevo **Ministerio de Ciencia y Tecnología**, el Instituto de Astrofísica de Canarias se relacionará administrativamente con el Departamento a través de la **Secretaría de Estado de Política Científica y Tecnológica**, que asume las competencias en materia de investigación científica y desarrollo tecnológico (que correspondían a la Secretaría de Estado de Educación, Universidades, Investigación y Desarrollo y a la Oficina de Ciencia y Tecnología, así como las atribuidas a la Dirección General de Industria y Tecnología).

## ***Organos Directivos***

### **CONSEJO RECTOR**

**Nº Reuniones**

**1**

PRESIDENTE      Ministra de Ciencia y Tecnología

VOCALES            Presidente del Gobierno de Canarias  
Representante de la Administración del Estado  
Rector de la Universidad de La Laguna  
Presidente del CSIC  
Director del IAC

### **DIRECTOR**

## ***Organos Colegiados***

### **COMISION ASESORA DE INVESTIGACION (CAI)**

**Nº Reuniones**

#### **COMITE DE DIRECCION (CD)**

**35**

Consejo de Investigadores	<b>2</b>
Comisión de Investigación	<b>19</b>
Comisión de Enseñanza	<b>15</b>
Comité de los Servicios Informáticos Comunes	<b>2</b>
Comité de la Biblioteca	<b>3</b>

#### **COMITE CIENTIFICO INTERNACIONAL (CCI)**

**2**

SUBCOMITES      Finanzas	<b>2</b>
Operación del Obs. del Roque de los Muchachos	<b>2</b>
Operación del Obs. del Teide	<b>2</b>
Calidad Astronómica del Cielo	<b>1</b>

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

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

MEMORIA  
IAC 2000

7

# 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)
40	Telescopio solar Newton al Vacío (VNT)	Inst. Klepenheuer-IAC (A-E)	1972
45	Telescopio solar Gregory Coudé (GCT)	Univ. Gottinga (A)	1986
50	Telescopio reflector	Univ. Mons (B)	1972
60	Telescopio solar de Torre al Vacío (VTT)	Inst. Klepenheuer (A)	1989
80	Telescopio IAC-80	IAC (E)	1993
90	Telescopio solar THEMIS	CNRS-CNR (FR-IT)	1998
100	Telescopio Estación Óptica Terrestre (OGS)	IAC-ESA (E-Intern.)	1998
155	Telescopio infrarrojo Carlos Sánchez (TCS)	IAC (E)	1972
	- Radiotelescopios de doble antena: 10, 15 y 33 GHz (microondas)	IAC-Univ. Manchester (E-RU)	1984-89-91
	- Interferómetro 33 GHz	IAC-Univ. Manchester (E-RU)	1997
	- Experimento COSMOSOMAS: 10 y 15 GHz	IAC (E)	1998
	- Experimento milimétrico TOM	Inst. TESRE Bolonia (IT)	1998
	- Red interferométrica de 14 antenas (VSA)	Univ. Cambridge-Univ. Manchester-IAC (RU-E)	1999
	<b>Laboratorio solar:</b>	IAC (E)	1987
	- Espectrofotómetros por scattering resonante: MARK-I	Univ. Birmingham (RU)	1976
	IRIS-T	Univ. Niza (FR)	1989
	ECHO-T	HAO Boulder (EEUU)	1999
	- Fotómetros: TON (CCD)	Univ. Tsing-Hua (Taiwán)	1993
	LOI	ESA-IAC (Intern.-E)	1994
	STARE (estelar)	HAO Boulder (EEUU)	2001
	- Tacómetro de Fourier GONG	NSO (EEUU)	1994

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

### SERVICIOS

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



<b>Diámetro (cm)</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>PROPIETARIO</b>	<b>Operativo (año)</b>
18	Telescopio Meridiano Carlsberg (CMT)	Univ. Copenhague-IOA-ROA (D-RU-E)	1984
20	Monitor de seeing (DIMM)	IAC-Univ. Niza (E-FR)	1984
45	Telescopio solar Abierto Holandés (DOT)	NFRA (PB)	1997
50	Refractor solar (VRT)	R. Academia de Ciencias (S)	1982
60	Telescopio óptico	R. Academia de Ciencias (S)	1982
100	Telescopio Jacobus Kapteyn (JKT)	PPARC (RU-PB-IR)	1984
120	Telescopio MERCATOR	Univ. Leuven (B)	2001
200	Telescopio de Liverpool (LJMU)	Univ. John Moore Liverpool (RU)	2001
250	Telescopio Isaac Newton (INT)	PPARC (RU-PB)	1984
256	Telescopio Nórdico (NOT)	Fundación NOT (D-FI-N-S)	1989
350	Telescopio Nacional Galileo (TNG)	CRA-Obs. Astr. Padua (IT)	1998
420	Telescopio William Herschel (WHT)	PPARC (RU-PB)	1987
1.135	Gran Telescopio CANARIAS (GTC)	GRANTECAN (E)	2004
	Observatorio de rayos cósmicos HEGRA	Univ. Kiel (A) Inst. Max-Planck Munich (A) Inst. Max-Planck Heidelberg (A) Univ. Wuppertal (A) Univ. Hamburgo (A) Univ. Complutense de Madrid (E) Inst. Física Yerevan (AR)	1988

**A= Alemania; AR= Armenia B= Bélgica; D= Dinamarca; E= España; FI= Finlandia; FR=Francia; IR= Irlanda; IT= Italia; N= Noruega; PB= Países Bajos; RU= Reino Unido; S= Suecia**

#### SERVICIOS

- 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 2Mbits de velocidad.
- Alojamiento: Residencia con 29 habitaciones (24 individuales y 5 dobles); Anexo con 30 habitaciones (9 individuales y 21 dobles).
- 3 Vehículos todo-terreno y 1 turismo.
- 1 Camión (quitanieve y contra incendios).
- 1 Vehículo ambulancia.
- 4 Helipuertos.
- 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 Gasolnera.

# DISTINCIONES

## **Rafael Rebolo, Premio Iberdrola Ciencia y Tecnología 2000**

El Premio Iberdrola Ciencia y Tecnología, distinción instituida para rendir anualmente homenaje público a personalidades que han contribuido con su obra científica e investigadora a enriquecer el patrimonio nacional de la ciencia y la tecnología, ha sido concedido este año al profesor Rafael Rebolo López tras las deliberaciones del Jurado celebradas durante los días 6 y 7 de abril en Bilbao. Este astrofísico nació en Cartagena en 1961. Es Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada (1984) y Doctor en Astrofísica por la Universidad de La Laguna (1987). Desde 1998 es Profesor de Investigación del Centro Superior de Investigaciones Científicas e investigador del IAC, centro donde ha desarrollado su carrera científica. Para la concesión del premio se han valorado sus trabajos sobre la radiación cósmica de microondas, el origen de los elementos ligeros y la estructura y evolución de estrellas de muy baja masa, enanas marrones y planetas gigantes. El Premio Iberdrola Ciencia y Tecnología está dotado con 12 millones de pesetas, además de una beca de 2 millones para la persona del equipo investigador que el premiado designe. El Jurado de esta 8ª edición del premio Iberdrola ha estado compuesto por prestigiosos nombres de la Ciencia Mundial: los Premios Nobel, Dudley Herschbach, Jean-Marie Lehn, Anthony Hewish y Claude Cohen-Tannoudji, el Premio Ramón y Cajal, Pedro Pascual, así como por los editores George Basbas y Peter Göllitz y Jaime Echevarría, Director de Iberdrola.

condiciones alejadas del Equilibrio Termodinámico Local). Esta tesis, realizada en el IAC y dirigida por dos investigadores de este centro, los doctores Javier Trujillo, Científico Titular del CSIC, y Basilio Ruiz, Profesor Titular de la Universidad de La Laguna, fue defendida en la Facultad de Física de esta universidad obteniendo la máxima calificación de Sobresaliente "cum laude".

En este trabajo de investigación se presenta un novedoso método de diagnóstico de plasmas que permite obtener, a partir de la observación de la polarización de la luz en varias líneas espectrales, las propiedades térmicas, dinámicas y magnéticas de las cromosferas estelares, y en particular de la cromosfera solar. La investigación está basada en eficientes métodos para la simulación numérica del proceso del transporte de radiación en plasmas astrofísicos magnetizados y en técnicas matemáticas para la inversión de líneas espectrales que se forman en condiciones muy alejadas del llamado Equilibrio Termodinámico Local. Este método ha sido además aplicado con éxito a observaciones espectro-polarimétricas realizadas con polarímetros acoplados al telescopio alemán Gregory Coudé (GCT), del OT, lo que ha permitido investigar con detalle los procesos dinámicos y magnéticos que acontecen en las regiones externas (cromosfera) de las manchas solares.

## **Inés Rodríguez Hidalgo, Premio de divulgación científica**

El Concurso de Artículos de Divulgación Científica, de ámbito nacional, convocado por la revista electrónica de divulgación "*Ciencia Digit@!*" en colaboración con Nivola Ediciones, otorgó una mención especial al artículo "*La familia de Carlos IV y la visita del ET*", del que es autora la investigadora del IAC y profesora de la Universidad de La Laguna Inés Rodríguez Hidalgo. El artículo, publicado posteriormente en la revista de divulgación "*Tribuna de Astronomía y Universo*", recibió una mención especial del jurado "por su excelencia divulgativa".

## **Primer Premio de la SEA para la tesis doctoral de Héctor Socas Navarro**

La Junta Directiva de la Sociedad Española de Astronomía (SEA) otorgó el Primer Premio SEA a la mejor tesis doctoral española en Astronomía y Astrofísica del período 1998-1999 al Dr. Héctor Socas Navarro, por su trabajo "*Non-LTE Inversion of Spectral Lines and Stokes Profiles*" (Inversión de líneas espectrales y perfiles de Stokes en

# COMISION PARA LA ASIGNACION DE TIEMPO (CAT) en los Observatorios del IAC

Entre los objetivos del IAC figura "promover la investigación astrofísica". 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), de la que van formando parte toda la comunidad astrofísica española. Las normas sobre su composición y funcionamiento son fijadas por el Consejo Rector

del IAC. 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.

El CAT en la sala nocturna, para los telescopios nocturnos, se reunió en dos ocasiones: los días 17, 18 y 19 de mayo y los días 22, 23 y 24 de noviembre. Asistieron a las reuniones:

## 17, 18 y 19 de mayo

- *Evencio Mediavilla*, del IAC, como Presidente.
- *Elena Terlevich*, del Inst. de Astronomía de Cambridge e INAOE (Reino Unido - México), propuesto por el Comité Científico Internacional.
- *Jesús Martín-Pintado*, del Obs. Astronómico Nacional (Madrid).
- *Jesús Gallego*, del Inst. de Astronomía, UNAM (México).
- *Elisa de Castro*, de la Univ. Complutense de Madrid.
- *Rafael Rebolo*, del IAC.
- *John Beckman*, del IAC.
- *Monica Murphy*, del IAC.

## 22, 23 y 24 de noviembre

- *Evencio Mediavilla*, del IAC, como Presidente.
- *Félix Mirabel*, del Centre d'Etudes de Saclay (Francia), propuesto por el Comité Científico Internacional.
- *Jesús Martín-Pintado*, del Obs. Astronómico Nacional (Madrid).
- *Jesús Gallego*, del Inst. de Astronomía, UNAM (México).
- *Ramón Canal*, de la Univ. de Barcelona.
- *Marc Balcells*, del IAC.
- *Carlos Gutiérrez*, del IAC.
- *Monica Murphy*, del IAC.



# ACUERDOS

## CONVENIO DE COLABORACION CON EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE CANARIAS

El 28 de febrero se firmó, en Santa Cruz de Tenerife, un Convenio de Colaboración entre el IAC y el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), con la finalidad de establecer un marco de colaboración que permita el trabajo conjunto y el aprovechamiento de los medios de ambas entidades en el entorno empresarial, comercial y de entidades públicas.

El ITC, empresa pública dependiente de la Consejería de Industria y Comercio del Gobierno de Canarias, tiene entre otros objetivos el de promocionar, ayudar y difundir la calidad de las Pequeñas y Medianas Empresas, así como mejorar su productividad en el ámbito de su sector.

El IAC, en virtud de un convenio de colaboración con la mencionada Consejería, posee un Laboratorio de Calibración en Metrología de Magnitudes Eléctricas, acreditado por el ENAC (Entidad Nacional de Acreditación), y con el fin último de apoyar a las empresas ubicadas en Canarias necesitadas de este tipo de servicios en sus productos y procesos.

Dada la demanda detectada en la Comunidad Autónoma de Canarias de calibración de pinzas amperimétricas, el IAC ha recomendado, a solicitud del ITC, la adquisición de un calibrador eléctrico multifunción modelo 5520 A de Floke, como equipo adecuado para dar respuesta a dicha demanda y facilitar al entorno empresarial y comercial la calibración de pinzas amperimétricas (por el método de bobina).

Ambas entidades se comprometen por este convenio a promocionar conjuntamente el Laboratorio mediante los instrumentos que se estime convenientes en el entorno descrito.

## CONVENIO DE COLABORACION CON LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA

El Rector de la Universidad de Valencia y el Director del IAC, firmaron el 19 de abril un convenio que facilitará la colaboración científica y tecnológica entre ambas instituciones para desarrollar investigaciones en los campos de la Astronomía y la Astrofísica.

En virtud de este convenio, que será coordinado en la Universidad de Valencia por su Observatorio Astronómico, se facilitará la colaboración en la enseñanza universitaria y en la divulgación científica de la Astronomía, así como la movilidad del personal investigador entre ambos centros, promoviendo el intercambio de profesores y estudiantes de tercer ciclo universitario y de material bibliográfico. Asimismo se prevé la cooperación para el diseño y la construcción de instrumentación astronómica que la Universidad de Valencia instalará en los telescopios de los Observatorios del IAC.

## CONVENIO CON TELEFONICA SERVICIOS MOVILES S.A. PARA LA ORGANIZACION DEL PRIMER PREMIO A LA INNOVACION UNIVERSITARIA

El IAC, a través de su Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI), y Telefónica Servicios Móviles S.A., firmaron el 24 de abril el convenio de colaboración para la organización del Primer Premio a la Innovación Universitaria.

El Premio tiene como objetivo apoyar aquellas ideas, proyectos, publicaciones o cualquier otra manifestación original de estudiantes universitarios o recién titulados de las universidades de La Laguna y las Palmas de Gran Canaria, encaminados a fomentar el desarrollo de actividades de interés empresarial, y que tengan su base en el mundo académico.

Las actuaciones de este tipo pueden ser:

- Proyectos científicos innovadores de clara aplicación tecnológica basados en resultados de investigación generados en la Universidad.
- Desarrollo de instrumentos o adaptación de los existentes que tengan una novedosa utilidad empresarial.
- Publicaciones que analicen la relación entre los entornos científico, tecnológico y empresarial de la Comunidad Autónoma de Canarias, en cualquier área de conocimiento y/o sector empresarial.
- Cualquier idea innovadora, desarrollada o por desarrollar, encaminada a impulsar un aprovechamiento empresarial de resultados y/o tecnología generados en el mundo universitario.
- Tendrán especial consideración, aunque no se descarta ningún área de conocimiento, aquellos trabajos de interés empresarial basados en el uso de tecnología WAP (*Wireless Application Protocol*).

## ACUERDO CON LA COLABORACION "MAGIC" PARA LA INSTALACION Y LA OPERACION DE UN TELESCOPIO CHERENKOV DE 17 m DE DIAMETRO EN EL ORM

El 5 de junio, en el Deutsche Museum de Munich (Alemania), se firmó el Acuerdo de Tercer Nivel entre el Instituto de Astrofísica de Canarias, representado por su Director, Francisco Sánchez, y la *MAGIC telescope collaboration*, representada por el Director del Max Planck Institut für Physik (Munich), Siegfried Bethke, y por el Director del Instituto de Física de Altas Energías de Barcelona, Enrique Fernández, para la instalación y operación de un nuevo telescopio en el ORM (La Palma).

*MAGIC (Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov Telescope)* es una colaboración de universidades e institutos de investigación que, por este acuerdo, instalará un telescopio Cherenkov de 17 m de diámetro para la observación de rayos gamma de alta energía y rayos cósmicos, dentro del área del Experimento HEGRA (ORM). Como en otros telescopios de los Observatorios del IAC, España dispondrá del 20% del tiempo de observación, más el 5% en programas de colaboración internacional.

## RENOVACION DEL ACUERDO DE COOPERACION CON IBERIA

El Director del IAC, Francisco Sánchez, el Delegado de IBERIA en Canarias Occidental, Manuel Hernández Sigut, firmaron el 23 de junio la renovación del acuerdo por el cual IBERIA concede al IAC descuentos del 40% sobre tarifas completas y 20% sobre tarifas promocionales publicadas hasta un importe de 10 millones de pesetas, así como facilidades especiales para congresos que organice el Instituto.

Por su parte, el IAC se compromete a promocionar la compañía IBERIA en sus diferentes boletines y publicaciones, figurando como patrocinador y transportista oficial de los congresos o reuniones científicas que se celebren organizados por el IAC durante la vigencia del acuerdo.

## ACUERDO DE CONSTITUCION DE LA RED ACADEMICA DE ASTROFISICA

El 16 de julio se firmó en la sede del IAC, en La Laguna, un acuerdo de colaboración para la constitución de la Red Académica de Astrofísica (RAA), de la que forman parte:

- El Dpto. de Astronomía y Meteorología de la Univ. de Barcelona.
- El Dpto. de Física Moderna de la Univ. de Cantabria.
- El Dpto. de Física Teórica y del Cosmos de la Univ. de Granada.
- El Instituto de Astrofísica de Canarias.
- El Dpto. de Astrofísica de la Univ. de La Laguna.
- El Dpto. de Física Teórica de la Univ. Autónoma de Madrid.
- El Dpto. de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera de la Univ. Complutense de Madrid.
- El Dpto. de Astronomía y Astrofísica de la Univ. de Valencia.

En virtud de este acuerdo se fijó la sede de la RAA en el Instituto de Astrofísica de Canarias, quien se compromete a aportar el apoyo administrativo necesario a la Red. El representante del IAC en el Comité de Coordinación de la Red será el Prof. Francisco Sánchez, Director del centro.



D. Manuel Hernández Sigut y D. Francisco Sánchez en el momento de la firma.

## **ACUERDO ENTRE EL IAC Y EL ORGANISMO AUTONOMO DE MUSEOS Y CENTROS DEL EXCMO. CABILDO INSULAR DE TENERIFE**

El Director del IAC, Francisco Sánchez, y la Presidenta del Organismo Autónomo de Museos y Centros (OAM) del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, Fidencia Iglesias, firmaron el 26 de septiembre un Convenio de Colaboración por el que a través del Museo de la Ciencia y el Cosmos continuará la estrecha colaboración mantenida entre ambos organismos desde hace más de diez años.

La colaboración entre ambos organismos se viene desarrollando desde que en 1989 se firmó un primer documento para la dotación de los contenidos del Museo de la Ciencia y el Cosmos, entonces en fase de preparación. En 1996 se suscribió un segundo Convenio de Colaboración para cooperar en el funcionamiento del Museo.

Durante más de diez años de colaboración se han extraído experiencias que aconsejan proceder a la redacción y firma de este nuevo Convenio de Colaboración que renueve y actualice la voluntad expresada por ambas instituciones de aunar esfuerzos, iniciativas y recursos en la difusión de la Ciencia y la Tecnología y de que el Museo de la Ciencia sea un centro cultural y educativo vivo y dinámico, en permanente actualidad, y así lograr que el aprendizaje de la ciencia sea placentero y que el centro constituya una incitación a la curiosidad natural del ser humano.

## **EL IAC, CENTRO "MARIE CURIE" DE LA UNION EUROPEA**

La Unión Europea ha aprobado la solicitud del Instituto de Astrofísica de Canarias para que sea un centro de formación de doctorandos "Marie Curie" (*Marie Curie Training Site*), conjuntamente con los otros cuatro institutos de la Asociación Europea para la Investigación en Astronomía (EARA):

- El Inst. de Astronomía de Cambridge (Reino Unido).
- El Inst. Max Planck de Astrofísica de Munich (Alemania).
- El Inst. de Astrofísica de París (Francia).
- La Univ. de Leiden (Países Bajos).

Este acuerdo permite que, con financiación de la Unión Europea, estudiantes de doctorado de otras instituciones puedan disfrutar de estancias de entre 3 y 12 meses en los institutos de EARA y viceversa.

## **CONVENIO DE COLABORACION CON LA UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

El IAC ha firmado un Convenio de Colaboración con la Universidad Carlos III de Madrid para la realización de prácticas en el IAC por parte de los alumnos del Máster de Información y Documentación de esta universidad.

## **CONCIERTOS ESPECIFICOS DE COLABORACION PARA LA REALIZACION DE PRACTICAS PROFESIONALES DOCENTES EN ALTERNANCIA**

Se cumple el séptimo año consecutivo de la serie de Conciertos Específicos de Colaboración que el IAC ha suscrito con la Dirección General de Ordenación e Innovación Educativa de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.

En virtud de estos conciertos, el Instituto acogió este año a tres alumnos de Módulos Profesionales Experimentales para su formación en el IAC como Centro de Trabajo.

MEMORIA  
IAC 2000



GRAN  
TELESCOPIO  
CANARIAS  
GTC





# GRANTELESCOPIO CANARIAS (GTC)

## S.A.R. el Príncipe de Asturias colocó la "primera piedra" del edificio del GTC

En un Acto oficial organizado por la empresa pública "GRANTECAN, S.A.", el pasado 2 de junio, S.A.R. el Príncipe de Asturias colocó la "primera piedra" del edificio del "Gran Telescopio Canarias" (GTC), en el Observatorio del Roque de los Muchachos, del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), emplazado en el término municipal de Garafía, en la isla de La Palma. Refiriéndose al proyecto, Don Felipe destacó que "aventuras como ésta son las que hacen avanzar a los pueblos y los unen en la hermandad efectiva que la ciencia, por fortuna, es capaz de procurarles". Tras sus palabras, el Príncipe de Asturias introdujo en el lugar de la primera piedra y encerrado en un cilindro un pequeño espejo hexagonal que reproduce cada uno de los 36 que formarán el espejo principal del GTC, un proyecto de gran ciencia liderado por España.



*S.A.R. el Príncipe de Asturias, en dos momentos del Acto de Colocación de la Primera Piedra del edificio del GTC. Arriba, junto a Román Rodríguez, Presidente del Gobierno Autónomo de Canarias, y Pascual Fernández, Presidente de GRANTECAN y Secretario de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente.*



# S.A.R. el Príncipe de Asturias colocó la primera piedra del edificio del GTC



**El Acto de Colocación de la Primera Piedra del edificio del "Gran Telescopio Canarias", que tuvo lugar en la explanada del Observatorio del Roque de los Muchachos donde se instalará este telescopio, fue precedido de una presentación del Proyecto en la Residencia del Observatorio, en la que se mostró un vídeo sobre el GTC seguido de una intervención del Director del IAC, Francisco Sánchez, y una ronda de preguntas. Asistieron a esta presentación el Presidente del Gobierno de Canarias, el Secretario General de Política Científica, el Consejo de Administración y responsables de GRANTECAN, el Consejo Rector del IAC, los Presidentes de los Cabildos de Tenerife y La Palma, el Alcalde de Garafía, el Delegado del Gobierno y los miembros del Comité de Dirección del IAC.**

*S.A.R. el Príncipe de Asturias, en el momento de la colocación de la primera piedra.*

La secuencia del Acto de Colocación de la Primera Piedra del edificio del telescopio se inició con unas palabras del Presidente del Consejo de Administración de GRANTECAN, S.A., Pascual Fernández, Secretario de Estado de Aguas y Costas, quien también leyó las enviadas por la Ministra de Ciencia y Tecnología y Presidenta del Consejo Rector de Instituto de Astrofísica de Canarias, Anna Birulés, seguidas de las del Presidente del Gobierno Autónomo de Canarias, Román Rodríguez. A continuación, y tras su discurso, S.A.R. el Príncipe de Asturias introdujo en el cilindro de la primera piedra un pequeño espejo hexagonal (simulación de un segmento, a escala 1:10, de los 36 que componen el espejo primario del GTC), con un texto conmemorativo serigrafiado y firmado por el Príncipe que decía:



*Explanada en obras donde será instalado el GTC y donde tuvo lugar el Acto de Colocación de la Primera Piedra del edificio de este telescopio.*

*"En el día de hoy, S.A.R. el Príncipe de Asturias colocó la primera piedra del Gran Telescopio Canarias. Observatorio del Roque de los Muchachos. Garafía-La Palma. 2 de junio del año 2000".*

También se introdujeron en el cilindro una colección de monedas de curso legal, un CD-Rom con las portadas de los periódicos del día, otro CD-Rom con el vídeo del GTC y un folleto del telescopio. Por último, el Director de GRANTECAN, el Dr. Pedro Álvarez, mostró al Príncipe Felipe la marcha de las obras del proyecto. Al término del Acto, se ofreció a todos los invitados una copa de vino en los exteriores de la Residencia del Observatorio del Roque de los Muchachos.

*S.A.R. el Príncipe de Asturias, autoridades y miembros del Consejo de Administración de GRANTECAN, en el lugar de la primera piedra.*



# Palabras de S.A.R. el Príncipe de Asturias



*"Si es siempre para mí un motivo de alegría estar en Canarias, lo es más aún el volver al Observatorio del Roque de los Muchachos, lugar emblemático de La Palma, la "Isla bonita", donde se reúnen los más avanzados telescopios que indagan el Universo con la más impresionante naturaleza.*

*Aún recuerdo que tuve la suerte de participar en la inauguración de este Observatorio en 1985 por su Majestad el Rey, a quien acompañaron entonces otros Jefes de Estado europeos, numerosas autoridades y la comunidad científica internacional encabezada por cinco Premios Nobel.*

*Después he vuelto en varias ocasiones al Instituto de Astrofísica de Canarias, al que pertenezco como Astrofísico de Honor, tanto a su sede central en La Laguna como a su Observatorio del Teide. En estas visitas he podido nutrir mi afición, aprendiendo siempre algo nuevo sobre la Astronomía, una ciencia de interés*

*permanente, por la que me siento personalmente atraído, en cuanto que nos explica y nos enseña cómo es el Cosmos del que formamos parte y, en definitiva, quiénes somos y dónde estamos.*

*La investigación espacial, que nos está permitiendo hoy ver con perspectiva el pasado y el futuro del Universo, suscita problemas cuya solución nos afecta directamente, estimula al ingenio humano a explorar con provecho el espacio exterior y nos alerta a usar con inteligencia y moderación unos recursos que gracias a ella sabemos que son limitados.*

*Esta visión planetaria, que nos hace enfrentarnos con la realidad de ser todos "astronautas" de la misma nave, ayudará a defender y conservar nuestro planeta, si cala en las jóvenes generaciones que gobernarán el mundo en el siglo XXI. Es una gran fuente de inspiración, de curiosidad existencial para poder mantener clara y firme nuestra capacidad de abstraernos del día a día y alzando la vista poder encontrar las soluciones a los grandes problemas de la Humanidad.*

*El Observatorio del Roque de Los Muchachos es uno de los escasos lugares privilegiados cuyas condiciones astronómicas excepcionales permiten que los astrofísicos más eminentes puedan realizar su trabajo con los instrumentos y técnicas más avanzadas.*

*Sus descubrimientos son cada vez más interesantes para los no especialistas, y nos los encontramos con mucha frecuencia al hojear los periódicos o ver un programa de televisión. Los palmeros pueden sentirse muy orgullosos de que estos avances en el conocimiento del Universo se materialicen en la cúspide de su Isla.*

*Quienes me han precedido en el uso de la palabra, nos han mostrado las múltiples y más importantes facetas de este gran proyecto científico y tecnológico: el primero de los llamados de "gran ciencia" que España lidera. Aventuras como ésta son las que hacen avanzar a los pueblos y los unen en la hermandad efectiva que la ciencia, por fortuna, es capaz de procurarles.*

*Conozco esta iniciativa desde sus comienzos y he seguido su desarrollo con especial cariño. Por eso me siento especialmente dichoso de estar hoy poniendo, simbólicamente, la "primera piedra" del Gran Telescopio Canarias, y de todo lo que representa su puesta en marcha para España y para cuantos van a beneficiarse de la investigación que aquí va a realizarse.*

*Este viaje me ha permitido apreciar en detalle el excelente trabajo que está haciendo GRANTECAN S.A., empresa responsable de convertir esa idea en realidad, y comprobar el impulso permanente que el Instituto de Astrofísica de Canarias imprime a este trabajo para que llegue a buen término. Felicito a todos y me felicito por ello.*

*Conociendo a todos los actores de este sueño científico y tecnológico, no me cabe duda alguna de que, en la fecha prevista, nos reuniremos de nuevo, cuando el Gran Telescopio vea su primera luz.*

*Espero compartir con todos ustedes ese momento, volviendo a esta "reserva astronómica", protegida por la Ley, que es el Roque de los Muchachos.*

*No quiero terminar mis palabras sin una referencia, que considero muy adecuada aquí, a nuestra presencia en la Exposición Universal de Hannover, inaugurada ayer. Bajo el lema "Hombre – Naturaleza – Tecnología", cada país mostrará en su pabellón cómo, en el marco de su propia cultura, está afrontando su desarrollo sostenible en beneficio de todo el planeta.*

*España ha elegido como eje temático del suyo el que tiene por título "Mirar al cielo para salvar la Tierra". Vamos a mostrar un ejemplo paradigmático, que tenemos aquí en La Palma, de la simbiosis entre ciencia, tecnología y naturaleza, basado en una profunda y humana cooperación internacional para estudiar el Universo.*

*Los visitantes podrán conocer una isla diferente, donde se conjugan los avances científicos y tecnológicos más modernos con el cuidado exquisito del medio ambiente, las costumbres y labores tradicionales.*

*La "ley del cielo" ha añadido una protección adicional a esta hermosa tierra, y la ha dotado de una singularidad específica. Me alegro sinceramente de reseñar esta coincidencia."*

***Aventuras como ésta son las que hacen avanzar a los pueblos y los unen en la hermandad efectiva que la ciencia, por fortuna, es capaz de procurarles.***

# Palabras de Anna M. Birulés

Ministra de Ciencia y Tecnología y  
Presidenta del Consejo Rector del Instituto de Astrofísica de Canarias

(LEÍDAS EN SU NOMBRE POR PASCUAL FERNÁNDEZ)



Anna M. Birulés, Ministra de  
Ciencia y Tecnología

"S.A.R., Presidente del Gobierno de Canarias, Señoras y Señores:

Ante todo quiero transmitirles mi sincero pesar por no poder estar presente en la ceremonia que marca el inicio de la construcción del Gran Telescopio Canarias.

No quiero, sin embargo, perder la oportunidad de dirigirme a todos ustedes, en mi condición de Presidenta del Instituto de Astrofísica de Canarias y de Ministra de Ciencia y Tecnología, para enviarles un breve mensaje de apoyo y de congratulación.

Congratulación, en primer lugar, porque soy consciente del esfuerzo que el lanzamiento de esta gran empresa ha implicado, tanto por parte del Instituto de Astrofísica de Canarias, como del Gobierno Regional y de todas las instancias que han colaborado activamente en el mismo.

**El Gran Telescopio Canarias ha nacido siguiendo el modelo más apropiado de optimización de recursos propios, concentración de esfuerzos, cooperación interinstitucional y, lo que es más importante, de apertura internacional.**

Creo que el Gran Telescopio Canarias ha nacido siguiendo el modelo más apropiado de optimización de recursos propios, concentración de esfuerzos, cooperación interinstitucional y, lo que es más importante, de apertura internacional. Todos ellos me parecen elementos esenciales para que una gran instalación sirva al avance del conocimiento en este ámbito de la Megaciencia que es la Astrofísica, en el que España puede y tiene mucho que ofrecer. Sin el concurso de todos y sin una abierta cooperación internacional difícilmente podríamos alcanzar los objetivos propuestos.

Apoyo, porque el camino a recorrer es largo todavía. Puedo garantizarles que el Ministerio que represento hará todo lo posible por impulsar las negociaciones necesarias para afianzar la colaboración y la mejor explotación del GTC en beneficio de la comunidad científica y tecnológica internacional y especialmente europea. El European Northern Observatory es hoy un ejemplo encomiable de operación internacional de instalaciones que debe consolidarse. También me parece importante, y tendremos que trabajar en ello, que el IAC afiance el reconocimiento como Gran Instalación Europea, lo que servirá para incrementar la presencia de astrofísicos de todos los Estados miembros o asociados al Programa Marco de I+D de la Unión Europea. Ambos instrumentos deben servir para potenciar en definitiva el acceso internacional a los telescopios de Canarias.

Pero más allá del Gran Telescopio Canarias, quiero transmitirles que está entre mis prioridades inmediatas hacer en Canarias, en un inmediato futuro, la sede para el Hemisferio Norte del desarrollo de la Astrofísica y de los telescopios supergigantes, superiores a los 30 metros, de última generación.

Considero una meta razonable conciliar para este proyecto voluntades de diversos países porque es la mejor opción para Europa y porque hemos demostrado ya, y demostraremos de nuevo con la entrada en servicio del GTC en el 2003, que podemos hacerlo.

Será un honor para mí acompañarles y apoyarles en este camino, que confío redunde en el mejor desarrollo científico y tecnológico español e internacional.

Muchas gracias."



S.A.R. el Príncipe de Asturias,  
firmando en el Libro de Honor del IAC.

# Palabras de Pascual Fernández

**Presidente de GRANTECAN, S.A. y Secretario de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente.**

*"Alteza Real, Excelentísimo Presidente del Gobierno de Canarias, Excelentísimo Presidente del Parlamento, Delegado del Gobierno, autoridades, permitanme darles la bienvenida al Observatorio del Roque de los Muchachos.*

*Como Presidente de la sociedad GRANTECAN, S.A. quiero, en primer lugar, agradecer el interés de Su Alteza Real el Príncipe de Asturias de presidir este Acto de Colocación de la Primera Piedra del Gran Telescopio Canarias.*

*En unos meses se alzará en este lugar un edificio de 45 metros de altura, equivalente a 14 plantas, de 35 metros de diámetro, y que en su interior tendrá instalado un gran instrumento científico: el Gran Telescopio Canarias, con un espejo primario de 11,4 metros de diámetro, 10,2 metros en condiciones de observación, que será en el año 2003 el mayor telescopio del mundo y el más avanzado desde el punto de vista tecnológico.*

*Este telescopio es muy importante para España y para Canarias, por varias razones. El telescopio nació como iniciativa de los astrofísicos del Instituto de Astrofísica de Canarias, que lo diseñaron y que han sido capaces de transmitir su entusiasmo y su ilusión a las administraciones públicas españolas y comunitarias.*

*Así lo entendió desde el principio el Gobierno de Canarias al darle su apoyo incondicional y permanente.*

*Y así también lo entendió el Presidente del Gobierno, don José María Aznar, que dio personalmente el impulso final y definitivo al Gran Telescopio Canarias, convencido en gran medida por la capacidad de persuasión de Fernando Aldana.*

*Esta Gran Instalación Científica es muy importante por varias razones. Desde el punto de vista tecnológico está dando la oportunidad a los empresarios españoles de abordar el reto de desarrollo tecnológico y la innovación que requiere un instrumento científico de tan elevadas prestaciones, de tanta precisión como será el Gran Telescopio Canarias. Aproximadamente, del orden del 70 por ciento son empresas españolas.*

*También es muy importante desde el punto de vista científico, al poner a disposición de los investigadores nacionales e internacionales un instrumento que va a posibilitar las más modernas técnicas de observación y que permitirá dar respuesta a los problemas más acuciantes de la astrofísica moderna: cuál fue el origen del universo, cómo se forman las estrellas y las galaxias, y quizá poder verificar la existencia de planetas alrededor de otras estrellas.*

**Está previsto que el GTC esté totalmente operativo en diciembre de 2003. Su construcción se desarrolla cumpliendo estrictamente los plazos previstos y con los presupuestos estimados.**

*Y también muy importante para Canarias, para la isla de La Palma y para consolidar el Observatorio del Roque de los Muchachos como un referente internacional en observación astrofísica.*

MEMORIA  
IAC 2000

21

*El Gran Telescopio Canarias está previsto que esté totalmente operativo en diciembre de 2003. Su construcción se desarrolla cumpliendo estrictamente los plazos previstos y con los presupuestos estimados; están ya contratadas tres cuartas partes de sus componentes y se estima que se contratará el resto durante este año.*

*Estoy totalmente convencido, Alteza Real, que con el Acto que hoy preside se está dando un paso muy importante para la ciencia y la tecnología en nuestro país y en Canarias.*

*El resto de este Acto se desarrollará a continuación con la intervención del excelentísimo señor Presidente del Gobierno de Canarias.*

*A continuación intervendrá Su Alteza Real el Príncipe de Asturias y finalizará con la introducción en una urna de una colección de modelas españolas de curso legal, un vídeo del Gran Telescopio Canarias, un CD que registra la prensa del día de hoy, una placa conmemorativa de este Acto de Colocación de la Primera Piedra del GTC.*

*Muchas gracias."*



# Palabras de Román Rodríguez

## Presidente de la Comunidad Autónoma de Canarias

*"Estamos en la isla de La Palma, en un lugar de privilegio. Aquí se han conjugado una situación geográfica, una altitud y un clima que hacen posible que donde nos encontramos sea uno de los lugares del mundo más apropiados para el ejercicio de la Astronomía.*

*Afortunadamente y gracias al esfuerzo pionero de muchos científicos, bien representados aquí por Francisco Sánchez, se hizo posible hace ya varias décadas la creación del Instituto de Astrofísica de Canarias. Un esfuerzo novedoso, especial, diferenciado, que tiene una historia tras de sí y que ha hecho posible que muchos países del mundo instalen aquí sus telescopios y desarrollen sus proyectos científicos. Ahora asistimos a un nuevo reto en cooperación del Gobierno de España y el Gobierno de Canarias, impulsado por los científicos, los profesionales, que hoy tenemos el honor de que S.A.R. Don Felipe ponga esta Primera Piedra y con ello dé un nuevo impulso para un proyecto relevante, para el mundo de la ciencia y la tecnología en Canarias y en España.*

**Canarias puede aportar a España y al mundo muchas otras cuestiones y, desde luego, además de este cielo limpio y de privilegio, la posibilidad de que se haga ciencia, como se ha venido haciendo estos años.**



*Tenemos que decir que esta oportunidad que nos brinda el mundo de la ciencia al archipiélago debemos aprovecharla y romper de alguna manera el tópico de que Canarias es sólo playa y sol, porque Canarias puede aportar a España y al mundo muchas otras cuestiones y, desde luego, además de este cielo limpio y de privilegio, la posibilidad de que se haga ciencia, como se ha venido haciendo estos años. Ahora se produce un importante impulso.*

*Quiero finalizar agradeciendo el proceso de colaboración entre administraciones, felicitando y no animando a los científicos –porque la pasión, las ganas y la vocación les desbordan y porque les sobra entusiasmo- y sobre todo agradeciendo a Su Alteza Real. Sabemos que éste es un impulso, es elevar el nivel de este proyecto y, en última instancia, apuntar hacia el futuro de España en un mundo, el de la ciencia y la tecnología, donde lamentablemente no en todos los terrenos –en este sí-, los españoles podemos presumir de ser punta de lanza, de ser un lugar de referencia en la investigación.*

*Muchas gracias a todos por su presencia."*

MEMORIA  
2000 IAC

22



*Imagen de la Galaxia del Remolino ó M51, resultado de combinar 3 imágenes en 3 filtros diferentes, una de las cuales fue obtenida por S.A.R. el Príncipe de Asturias en la noche del 1 de junio con el telescopio "William Herschel", de 4,2 m, del Isaac Newton Group, en el Observatorio del Roque de los Muchachos.*

### Noche de observación astronómica

El 1 de junio, la noche anterior al Acto de Colocación de la Primera Piedra, S.A.R. el Príncipe de Asturias realizó una visita privada al telescopio anglo-holandés "William Herschel" (WHT), de 4,2 m de diámetro, el mayor telescopio del Observatorio del Roque de los Muchachos hasta el momento. Estuvo acompañado por el Dr. Chris Benn, astrónomo del *Isaac Newton Group* (ING) y responsable de este telescopio, y por el Prof. Francisco Sánchez. También acompañaban a esta visita el Presidente del Gobierno de Canarias, el Presidente del Consejo de Administración de GRANTECAN y dos miembros del IAC, el Dr. José Miguel Rodríguez Espinosa, Responsable Científico del GTC, y el Dr. Carlos Martínez Roger, Coordinador del Área de Instrumentación del IAC.

Tras inspeccionar la instrumentación con que está equipado el WHT y acceder a la cúpula, el Príncipe Felipe hizo observaciones astronómicas, desde la Sala de Control del telescopio, en compañía del Prof. Richard Ellis, astrónomo del Instituto Tecnológico de California, que se encontraba observando esa noche.

S.A.R. el Príncipe de Asturias obtuvo una imagen de la Galaxia del Remolino ó M51 utilizando la cámara del foco primario del telescopio "William Herschel". La imagen fue tomada a través de un filtro azul y el tiempo de exposición fue de 300 segundos. La Galaxia del Remolino es una galaxia espiral situada a 15 millones de años luz.

# GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)

## SE HAN CONTRATADO CASI LA TOTALIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DEL GTC

Siguiendo el plan previsto del Proyecto, en este año 2000 se han realizado la práctica totalidad de las contrataciones previstas del telescopio GTC, estando ya comprometido más del 75% del presupuesto. En este año se ha iniciado la fabricación de la totalidad de los principales subsistemas: la obra civil, que se inició en 1999, la cúpula y la estructura del telescopio.

La empresa **ACS** (Madrid), bajo la Dirección Facultativa de la empresa **LV Salamanca Ingenieros** (Madrid) y el Control de Calidad de la empresa **CEP Ibérica** (Madrid), ha continuado a lo largo del año la realización de la obra civil en el Observatorio del Roque de Los Muchachos (ORM). La cimentación del pilar del telescopio, a base de pilotes de hormigón armado, con profundidades de

entre 12 y 16 m, y apoyándose en capas basálticas, se ha realizado y el pilar ha comenzado a ascender sobre la cota cero. El anillo exterior, soporte de la cúpula, ha alcanzado la cota de 12 m y está próximo a su coronación para la recepción de la cúpula. El resto de la excavación para los edificios anexo y auxiliar del telescopio y los túneles de evacuación se han finalizado.

Esta obra no ha alcanzado algunos de los hitos previstos para el año 2000, acumulando retrasos que, en algunos casos, se pretenden recuperar en el año 2001. Estaba prevista una holgura en la planificación que se ha consumido en gran parte.

En previsión de la aparición de condiciones meteorológicas adversas en el ORM, la actividad se ha detenido a mediados del mes de diciembre con la intención de iniciarla en el mes de marzo del próximo año, como se tenía previsto, y entregarla a finales del mismo año.



Agosto 2000



Septiembre 2000



Octubre 2000



Noviembre 2000



Diciembre 2000

### **Las imágenes muestran el progreso de la construcción del Gran Telescopio CANARIAS**

*Imágenes del lugar de ubicación del telescopio GTC obtenidas en distintos meses con la cámara digital (webcam) que toma imágenes cada 5 minutos para que estén disponibles en la Web inmaediatemente después. La cámara está situada en el edificio del Telescopio Nacional Galileo (TNG), a unos 400 m del sitio del GTC, y elevadas sobre la cota de éste unos 90 m.*

La **UTE GMU**, formada por las empresas **GHESA** (Madrid), **Moncainsa** (Las Palmas de Gran Canaria) y **URSSA** (Vitoria), ha finalizado el diseño de detalle de la cúpula, que con forma esférica de 35 m de diámetro tendrá un peso próximo a las 500 toneladas, y ha iniciado su construcción y montaje en la factoría de URSSA, en Vitoria.

También aquí se han acumulado diversos retrasos, principalmente en el suministro de los mecanismos de movimiento, aunque los trabajos se realizan a un ritmo muy intenso con la intención de mantener el calendario previsto. El inicio de la instalación de la cúpula en el ORM está previsto para el mes de marzo de 2001 y su entrega final para octubre del mismo año.



*Imágenes de la construcción de la cúpula del GTC en las instalaciones de la empresa URSSA, en Vitoria.*



La **UTE SG**, formada por las empresas **SCHWART-HAUTMONT** (Tarragona) y **GHESA** (Madrid), ha finalizado en su práctica totalidad el diseño de detalle de la estructura y mecanismos principales del telescopio. La fabricación y montaje ya se ha iniciado en la factoría de SCHWART-HAUTMONT, en Tarragona. Por ahora se mantiene el calendario previsto, estando planificadas las pruebas en factoría para el verano del año 2001 y el inicio del montaje en el ORM para noviembre del mismo año. La entrega final de esta gran estructura, de unas 350 toneladas de peso, está prevista para el mes de agosto de 2002.

año SAGEM ha reconvertido su factoría, donde se pulieron los grandes espejos de 8 m para los Proyectos VLT y Gemini, para el pulido masivo de los segmentos del telescopio GTC. El pulido de los segmentos se iniciará a principios del año 2001 y la entrega de los primeros 6 segmentos está planificada para febrero del año 2002. Los últimos segmentos llegarán al ORM en diciembre de 2003.

También se adjudicó a la empresa **SAGEM (Francia)** el contrato para la fabricación del espejo secundario. Este espejo será fabricado en berilio, por su gran rigidez y bajo peso, dados los estrictos requerimientos del telescopio GTC. Su entrega en el ORM está prevista para agosto del año 2002.

Se adjudicó a la empresa **Construcciones Españolas de Sistemas Aeronáuticos (CESA)** (Madrid) el contrato para la realización del diseño de detalle y fabricación de los sistemas de soporte pasivo de los segmentos del espejo primario. El suministro de estos sistemas se realizará a lo largo de los años 2001 y 2002.

La empresa **SCHOTT**, ubicada en Mainz, Francfort (Alemania), ha suministrado, a lo largo de este año, 14 de los 42 bloques de ZERODUR™ contratados. Como estaba previsto, SHOTT ha consumido sus existencias de este material y ha iniciado el proceso de fundición de nuevo ZERODUR™ para reponer sus existencias y finalizar el suministro contratado. Se están cumpliendo estrictamente los plazos previstos y será en diciembre de 2001 cuando lo 42 segmentos estén entregados.

En el mes de enero se adjudicó a la empresa **SAGEM** (Francia), la realización del pulido de los segmentos del espejo primario. A lo largo de este

También se adjudicó a la empresa **Construcciones Españolas de Sistemas Aeronáuticos (CESA)** el contrato para la realización del diseño de detalle y fabricación de los accionamientos lineales que



producirán los movimientos necesarios de los segmentos del espejo primario para lograr su posición correcta. Estos accionamientos tendrán una resolución de escasos nanómetros para lograr las precisiones necesarias. Estos elementos serán suministrados a lo largo de los años 2002 y 2003.

Se adjudicó a la empresa **Nuevas Tecnologías Espaciales (NTE)** (Barcelona) el contrato para la realización del diseño de detalle, fabricación e integración de los mecanismos del espejo secundario. Estos mecanismos permitirán al telescopio múltiples funcionalidades entre las que destacar la corrección de vibraciones, el apuntado fino, el enfoque del telescopio, el alineado con el espejo primario, etc. Este sistema llegará al ORM en agosto del año 2002.

Se adjudicó a la empresa **AMOS (Bélgica)** el contrato para la fabricación del espejo terciario. Este espejo, de forma ovalada y dimensiones de 1x1,5 m es el encargado de dirigir el haz de luz procedente del espejo secundario a los diferentes focos Nasmyth o Cassegrain doblados del telescopio, o retraerse para permitir el paso del haz de luz hacia en foco Cassegrain principal. Este espejo llegará al ORM en julio del año 2002.

También se adjudicó a la empresa **AMOS** el contrato para la realización del diseño de detalle, fabricación e integración de los dos subsistemas de calibración,

adquisición y guiado para cada uno de los focos Nasmyth del telescopio. Estos subsistemas serán instalados en el telescopio en los meses de diciembre del año 2002 y febrero del año 2003, respectivamente.

Se adjudicó a la empresa **VTD (Alemania)** el contrato para el diseño, fabricación e instalación de la cámara de recubrimientos ópticos. Con esta cámara se podrán recubrir con materiales reflectantes los espejos del telescopio GTC. Esta cámara será instalada en el ORM en la primera mitad del año 2002.

Se adjudicó a la **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)** el contrato para la realización del diseño y fabricación del instrumento de pruebas. Este instrumento consiste en una cámara dotada de un detector CCD en el rango visible y diversas funcionalidades que permitirá probar y poner en funcionamiento el telescopio. Esta será la cámara que verá la Primera Luz del telescopio a principios del año 2003. Su entrega en el ORM está prevista para finales del año 2002.

El desarrollo del sistema de control del telescopio continua su desarrollo en el seno de la Oficina del Proyecto. La primera versión del complejo paquete de software verá la luz a principios del próximo año y será una versión de utilidad para los diferentes contratistas que están desarrollando subsistemas de telescopio GTC que han de comunicarse con él.

## calendario previsto

### Año 2001

- **UTE GMU** Diseño, construcción e instalación cúpula del telescopio (35 m de diámetro y 500 toneladas)
- **SCHOTT** Fabricación de los 42 bloques de ZERODUR™ del espejo primario
- **SAGEM** Fabricación espejo secundario

### Año 2002

- **UTE SG** Diseño, construcción y montaje estructura y mecanismos principales del telescopio (350 toneladas)
- **CESA** Diseño y fabricación de los sistemas de soporte pasivo de los segmentos del espejo primario
- **NTE** Diseño, fabricación de los mecanismos de movimiento del espejo secundario
- **AMOS** Diseño y fabricación del espejo terciario 1 x 1,5 m
- **VTD** Diseño y fabricación de los núcleos de adquisición, guiado y calibración del telescopio
- **UNAM** Construcción de la planta de recubrimientos reflectantes de los espejos
- **UNAM** Diseño y fabricación de la cámara de pruebas

### Año 2003

- **SAGEM** Pulido segmentos espejo primario
- **CESA** Diseño y fabricación de los accionamientos lineales de los segmentos del espejo primario
- **AMOS** Diseño y fabricación de los núcleos de adquisición, guiado y calibración del telescopio

## PRIMERA GENERACION DE INSTRUMENTOS

En este año se han llevado a cabo las revisiones del diseño preliminar de los instrumentos **OSIRIS** y **CanariCam**. El primero, liderado por el Instituto de Astrofísica de Canarias IAC, encabeza un amplio consorcio internacional en el que es de destacar la participación del Instituto de Astrofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM); y el segundo, liderado por la Universidad de Florida (EEUU).

**OSIRIS**, es un instrumento científico para el rango visible del espectro con capacidad de imagen con filtros sintonizables y espectroscopía multiobjeto. Tras la revisión de su diseño preliminar se recomendó realizar importantes simplificaciones con el objeto de asegurar su ejecución en tiempo para llegar al telescopio como instrumento de Día Uno o de primera generación.

**CanariCam**, es un instrumento científico para el rango del infrarrojo medio del espectro con capacidad de imagen y espectroscopía. Basado en el diseño del instrumento T-RECS para el Proyecto Gemini, se pretende dotar de capacidades de gran interés como son la polarimetría y la coronografía. Su viabilidad técnica como instrumento de primera generación es clara dados los desarrollos ya realizados para T-RECS.

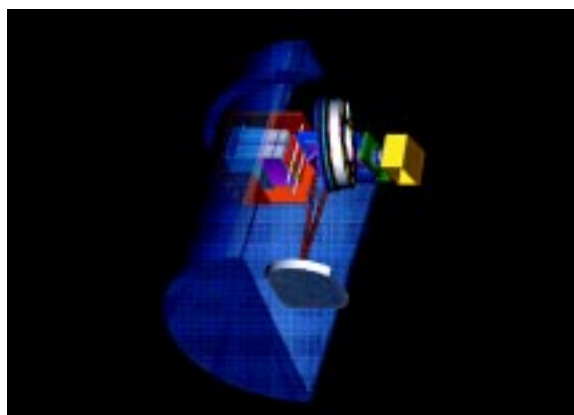
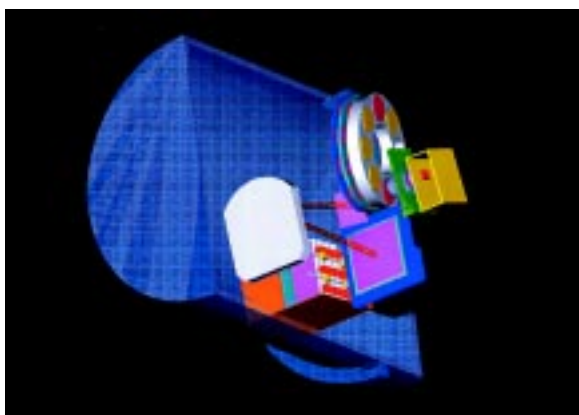
El instrumento **EMIR**, que se desarrollaba en paralelo con los previamente indicados, es un instrumento altamente complejo por sus ambiciosos objetivos científicos. Su desarrollo como instrumento de

primera generación se hace inviable sin dañar drásticamente las necesarias prestaciones. Por este motivo se tomó la decisión de retirar a EMIR como instrumento para Día Uno del GTC, dejándolo como un candidato muy apetecible para siguientes generaciones, posiblemente como tercer instrumento del GTC.

Finalmente, se adjudicó al IAC el contrato para la realización del diseño, fabricación e integración del instrumento OSIRIS. Este tiene previsto su instalación en el telescopio en el mes de mayo del año 2003.

Se está en negociaciones con la Universidad de Florida (EEUU) para la adjudicación del contrato para la realización del diseño, fabricación e integración del instrumento CanariCam. Su integración en el telescopio GTC está prevista para el mes de septiembre del año 2003.

Dada la complejidad y dificultad en la realización de los complejos instrumentos científicos para un telescopio de las dimensiones del GTC, y las experiencias pasadas de otros proyectos de telescopios, se ha iniciado, en el seno de la Oficina del Proyecto, el diseño de un instrumento científico simple que pretende asegurar la realización de pruebas científicas del telescopio y el inicio de su explotación científica en el caso de que los instrumentos de primera generación sufran algún retraso en su desarrollo. Este instrumento simple, bajo en nombre de **ELMER**, pretende tener capacidades de imagen y espectroscopía en el rango del espectro visible con un campo de visión reducido para simplificar su ejecución.



*Dos vistas de OSIRIS desde la parte posterior y muestra del carenado externo. Porcediendo de los elementos más próximos a los más alejados en la imagen, el espejo colimador, el cargador de máscaras, las ruedas de filtros y de grimas, el obturador, la cámara y el termo que contiene el detector. (Se trata de imágenes "idealizadas" que muestran dichos elementos "en el aire", cuando todos ellos estén debidamente anclados y afianzados a la estructura soporte. Los elementos de anclaje y la estructura soporte no se han presentado a fin de que la imagen sea más clara.)*

## LAS NEGOCIACIONES SOBRE LA PARTICIPACION EN EL PROYECTO

En este año 2000, el Proyecto del GTC se ha internacionalizado al haberse firmado sendos pre-acuerdos de participación con instituciones de México y Estados Unidos.

El Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM) y el Instituto de Astronomía, Óptica y Electrónica (INAOE), situado en Puebla, México, y con la participación del Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología del Gobierno mexicano han firmado con el IAC un pre-acuerdo en virtud del cual estos centros participan en el Proyecto del GTC aportando un 5% de su costo a cambio de tener acceso garantizado, en similar proporción, al tiempo de uso del telescopio. Además, se establece un programa de colaboración en la explotación científica del GTC, el intercambio de estudiantes e investigadores y el intercambio de tiempo de observación con el Gran Telescopio Milimétrico (GTM) que se está instalando en el Cerro la Negra (México).



*De izquierda a derecha: Dr. Pedro Alvarez, Director de GRANTECAN, Dr. José Miguel Rodríguez Espinosa, Director científico del GTC, Prof. Francisco Sánchez, Director del IAC, Dra. Elsa Recillas Pishmish, Directora General en funciones del INAOE (Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, México) en el momento de la foto, Dres. Peter Schloerb y James Lowerthal, de la Univ. de Massachusetts (EEUU), y Dr. Luis Carrasto, del INAOE y Director científico del GTM, en el acto de la firma del acuerdo de colaboración previo firmado el 5 de mayo de 1998 entre el INAOE y el IAC.*

La Universidad de Florida ha firmado con el IAC un pre-acuerdo para la participación en el proyecto del GTC al nivel del 5%, con la intención de elevar esta participación hasta un 10%. Además, se acuerda un programa de cooperación científica y tecnológica para la explotación del GTC y de otros telescopios.

*De izquierda a derecha: Prof. David Colburn, "Provost" de la Univ. de Florida (UF, EEUU), Prof. Francisco Sánchez, Director del IAC, Dr. José Miguel Rodríguez Espinosa, Director científico del GTC, Prof. Stanley F. Dermott, Director del Dpto. de Astrofísica de la UF, y Prof. Neil Sullivan, Decano de la Facultad de Artes y Ciencias de la UF © University of Florida (News & Public Affairs).*

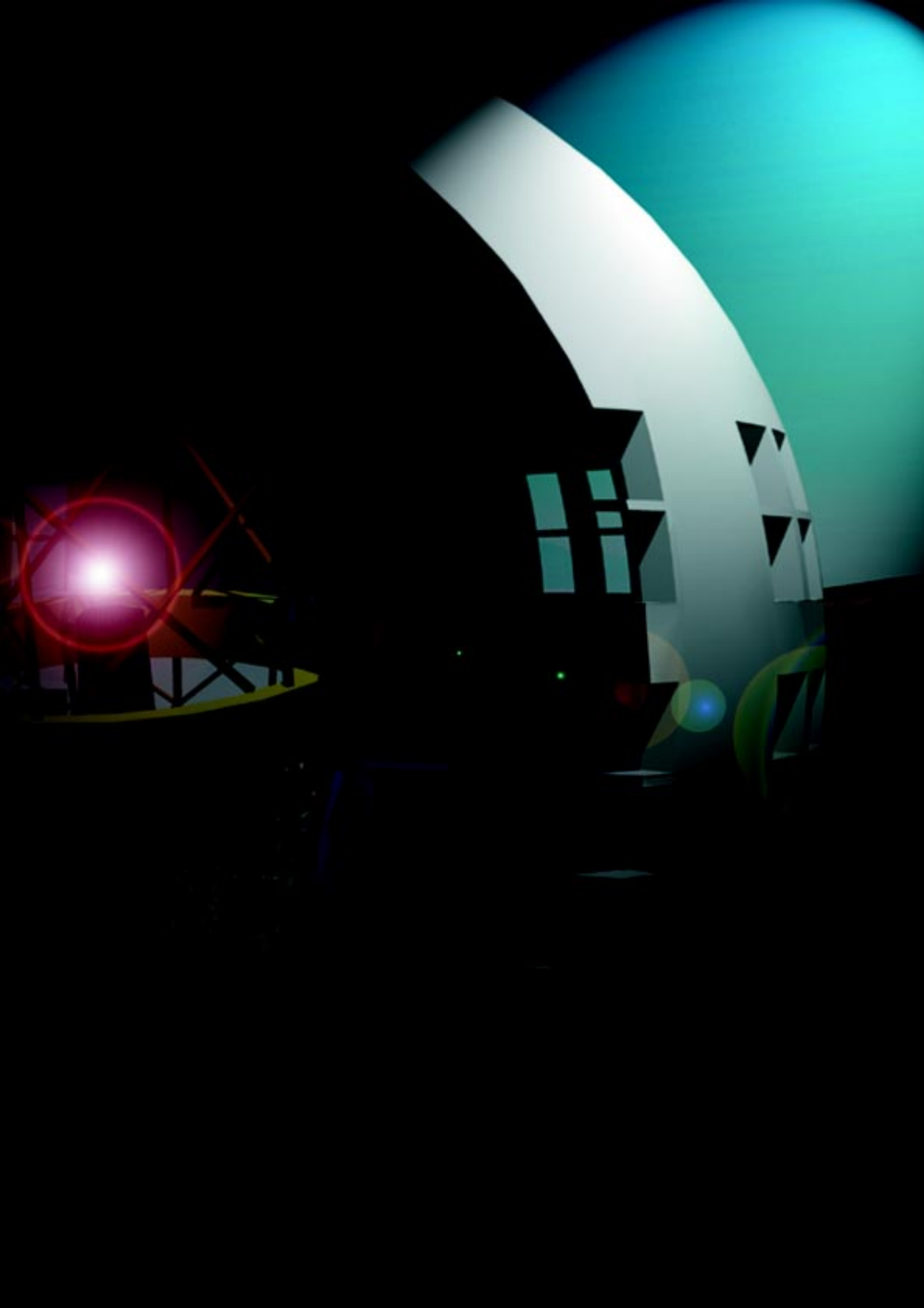


MEMORIA  
IAC 2000

27

Las negociaciones mantenidas con el Reino Unido han quedado en suspenso por parte de sus negociadores al no aceptar estos la participación económica en el desarrollo del Proyecto.

Las restantes muestras de interés por parte de países tales como Israel y La India no han progresado hasta este momento por causas diversas en cada caso.



# AREA DE INVESTIGACION

Corresponde al Area de Investigación la elaboración y desarrollo de proyectos de investigación científica en el campo de la Astrofísica y en áreas relacionadas con ella. El Area de Investigación está integrada por grupos de investigación de carácter temporal, constituidos específicamente cada uno de ellos para la elaboración y desarrollo de los correspondientes proyectos.

## ESTRUCTURA DEL UNIVERSO Y COSMOLOGIA

### ABUNDANCIAS DE ELEMENTOS LIGEROS (P2/86)

**R. Rebolo.**  
**R.J. García López, G. Israelian, T. Shahbaz y J. Montalbán.**

**Colaboradores del IAC: C.M. Gutiérrez, J. Casares y J. Trujillo Bueno.**

D. Lambert y C. Allende Prieto (Univ. de Texas, Austin, EEUU); T. Beers (Univ. de Michigan, EEUU); P. Molaro y P. Bonifacio (Obs. Trieste, Italia); A. Maeder (Obs. Ginebra, Suiza); N. Schukina (Obs. Kiev, Ucrania).

### Introducción

Este Proyecto persigue esclarecer el origen y evolución de algunos de los elementos de menor masa atómica de la Tabla Periódica. Mediante observaciones que revelen la presencia de estos elementos en distintos contextos astrofísicos se pretende restringir los procesos de nucleosíntesis que los han originado.

Es bien sabido que el litio pudo ser sintetizado en los primeros minutos después del Big Bang. Determinar con precisión la cantidad producida en aquellos instantes permitiría acotar uno de los pocos parámetros libres del modelo cosmológico estándar: la densidad bariónica. Con este fin, se investiga la presencia de litio en diferentes poblaciones estelares de nuestra galaxia (estrellas viejas del halo y del disco, estrellas jóvenes de cúmulos y asociaciones) y también en estrellas

peculiares (estrellas de carbono, estrellas en órbita alrededor de agujeros negros y enanas marrones) que podrían producir o preservar su litio inicial.

El berilio, el carbono, el nitrógeno y el oxígeno son elementos que proporcionan información sobre otros procesos de nucleosíntesis en nuestra galaxia, concretamente sobre las reacciones de astillado de núcleos en el Medio Interestelar por impacto de rayos cósmicos y las explosiones de supernovas con progenitores masivos. La evolución de la abundancia de estos elementos está estrechamente ligada entre sí, especialmente en las primeras etapas de formación de la Galaxia. Nuestro estudio pretende esclarecer los mecanismos de nucleosíntesis involucrados en la producción de estos elementos y también obtener información sobre la evolución primitiva de la Galaxia.

### Evolución del Proyecto

G. Israelian, R. Rebolo y R.J. García López han logrado medir el contenido de oxígeno en varias de las estrellas más pobres en metales que se conocen. Estas estrellas, con un contenido de hierro mil veces inferior que el del Sol, tienen 10 veces más oxígeno que hierro confirmando que en las primeras etapas de formación de nuestra galaxia las supernovas de tipo II y posiblemente las hipernovas, como principales productores de oxígeno y elementos  $\alpha$ , fueron los grandes responsables del enriquecimiento químico galáctico temprano.

G. Israelian ha desarrollado junto a G. Brown, C.H. Lee, R.A.M.J. Wijers y H.A. Bethe (Univ. de Nueva York, EEUU) un nuevo escenario que vincula  $\gamma$ -ray bursts (GRBs) con supernovas ultra-brillantes del tipo Ib c, es decir hipernovas. Consideran que los

estallidos de rayos  $\gamma$  de mayor duración pueden ser accionados por el mecanismo de Blandford-Znajek de extracción electromagnética de energía de rotación del agujero negro. Este mecanismo requiere un alto momento angular en el objeto progenitor. La asociación entre estallidos de rayos  $\gamma$  con supernovas de tipo Ibc les lleva a considerar como progenitores de los GRBs a las estrellas masivas de helio que al final de sus vidas terminan dando lugar a agujeros negros. Estas estrellas masivas sólo se pueden dar en escenarios muy específicos de evolución de sistemas binarios, esencialmente los que también dan lugar a la formación de sistemas binarios transitorios de baja masa con agujeros negros como estrellas compactas. Este modelo es adecuado para explicar la evolución GRO J1655-40/ Nova Scorpii 1994 donde G. Israelian, R. Rebolo, J. Casares y otros descubrieron, en 1999, un elevado contenido de elementos  $\alpha$ , en particular azufre, cuya síntesis sólo se puede dar en condiciones de temperatura extrema como las que se alcanzan en el escenario propuesto.

J. Montalban y E. Schatzman (Obs. de Meudon, Francia) han concluido y publicado su estudio sobre procesos de transporte inducido por la propagación no adiabática en el interior radiativo estelar de ondas internas generadas por el flujo turbulento en la base de la zona convectiva. Se han calculado cuáles serían, de acuerdo con estos procesos, las abundancias superficiales de Li y Be en función de la edad, masa y velocidad de rotación de las estrellas de tipo solar y comparado estas predicciones teóricas con las observaciones en cúmulos estelares.

## ANISOTROPIA DEL FONDO COSMICO DE MICROONDAS (P5/86)

R. Rebolo.

C.M. Gutiérrez, J.A. Rubiño, S. Fernández Cerezo y J. Gallegos.

Colaboradores del IAC: J.M. Herreros y P. Sosa.

R.D. Davies, R.J. Davis, R.A. Watson y J.F. Macías, (Univ. de Manchester, Reino Unido); P. Scott, R. Saunders, M. Young, A. Lansenby y M. Hobson (Univ. de Cambridge, Reino Unido); N. Mandolesi y L. Valenziano (TESRE, Italia); F. Atrio (Univ. de Salamanca); E. Martínez-González y J. Gallegos (IFCA, Santander).

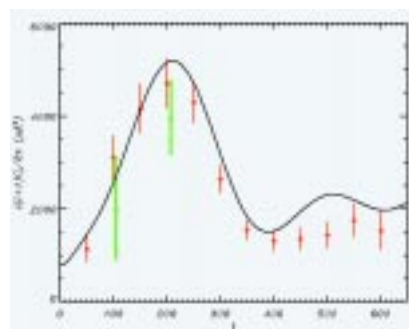
### Introducción

El Proyecto persigue determinar las variaciones espaciales en la temperatura del Fondo Cósmico de Microondas a escalas angulares de unos pocos grados. Las fluctuaciones primordiales en la densidad

de materia, que dieron origen a las estructuras en la distribución de materia del Universo actual, debieron dejar una huella impresa en el Fondo de Microondas en forma de irregularidades en la distribución angular de su temperatura. Experimentos como el COBE o el de Tenerife han mostrado que el nivel de anisotropía a escalas angulares de varios grados está entorno a  $1 \times 10^{-5}$ . 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 oscura.

### Algunos resultados relevantes

Medida de la amplitud del primer pico Doppler del espectro de potencias del Fondo Cósmico de Microondas con el interferómetro de dos elementos JBO-IAC situado en el OT. El nivel de las fluctuaciones detectado por este instrumento es de  $63 (+7, -6) \mu\text{K}$  (68% de nivel de confianza) para un  $l = 208 \pm 18$ . Esta medida es consistente con los resultados obtenidos por el Experimento Boomerang.



### Evolución del Proyecto

El Experimento de Tenerife con sus tres radiómetros ha concluido su operación en el OT a finales de año. Los datos obtenidos en este último periodo están bajo reducción para incorporarlos en la elaboración de lo que serán los mapas definitivos resultado de más de 16 años de observaciones. C.M. Gutiérrez, R. Rebolo, R. Watson y sus colaboradores de las Univ. Manchester y Cambridge (Reino Unido) han publicado el análisis de los mapas obtenidos hasta la primera mitad de 1997, que alcanzan una sensibilidad de 31 y 12 micro K por haz ( $5^\circ \times 5^\circ$ ) a 10 y 15 GHz, respectivamente. Los datos muestran una clara detección de estructura a alta latitud galáctica. Un análisis de verosimilitud, asumiendo

un espectro de potencias plano en la banda espacial bajo consideración, da una amplitud para las fluctuaciones de 30 (+10, -8)  $\mu\text{K}$  (68% límite de confianza). Si se asume un espectro de Harrison-Zeldovich para las fluctuaciones primordiales se obtiene un valor de 20 (+10, -7)  $\mu\text{K}$  para el cuadrupolo ( $Q_{rms-ps}$ ) que está en buen acuerdo con los datos del DMR (COBE) para el caso de un escenario inflacionario con materia oscura fría. En este periodo se ha investigado también la posible presencia de señal asociada con partículas de polvo rotante. Emisión difusa que ha sido sugerida para explicar las correlaciones detectadas entre los datos del DMR (COBE) y los de DIRBE e IRAS.

J.A. Rubiño en colaboración con F. Atrio y C. Hernández-Monteagudo han establecido límites a la contribución del gas caliente intracúmulo, mediante efecto Sunyaev-Zeldovich, en las medidas de anisotropía obtenidas por el Experimento de Tenerife. Imponiendo un límite superior al parámetro de Comptonización  $y \pm 1.5 \times 10^{-6}$  (99% de nivel de confianza).

Ha comenzado la observación rutinaria con el Very Small Array en el OT (colaboración con el grupo de Astrofísica del Cavendish Lab y Jodrell Bank Obs.). Este nuevo experimento interferométrico está destinado al estudio del Fondo Cósmico de Microondas en escalas de 10 minutos de arco a  $1^\circ$ . El instrumento es completamente operativo y ya se han obtenido varias decenas de observaciones para cada una de las tres primeras regiones de cielo bajo estudio. Se ha comprobado que la eficiencia del instrumento es la esperada y por tanto durante el año 2001 se confía en poder obtener una medida del primer, segundo y tercer pico Doppler en el espectro de potencias del Fondo Cósmico de Microondas.

Se ha continuado la adquisición de datos con los proyectos COSMOSOMAS y la identificación de las radiofuentes presentes en la región bajo exploración. A lo largo de este año se han obtenido casi una centena de días útiles de observación, cada uno proporciona un mapa de aproximadamente 7000 grados cuadrados de cielo con una sensibilidad de alrededor de 800 micro K por haz de  $1^\circ$ . Se ha comenzado la verificación del experimento a 10 GHz.

## **ASTROFISICA RELATIVISTA Y TEORICA (P6/88)**

**E. Mediavilla.**

**J. Buitrago, M. Serra Ricart, A. Oscoz, D. Alcalde, V. Motta, C. Abajas, R. Barrena, J.A. Muñoz, L. Crivellari, J. Betancort y E. Puga.**

L.J. Goicoechea (Univ. de Cantabria); R. Schild y E. Falco (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); E. Simonneau (IAP, Francia); A. Ferriz Mas (Univ. de Vigo); F. Atrio (Univ. de Salamanca); C. Giammanco (Univ. Roma II, Italia); L. Popovic, M. Dimitrievic y E. Bon (Obs. de Belgrado, República Serbia); M. Ramella (Obs. de Trieste, Italia); J. Licandro (Galileo, La Palma); R. Gil-Merino (Univ. de Potsdam, Alemania).

## **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  $\lambda_0$  y  $\Omega_0$  se está estudiando, 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 tanto en galaxias, a partir de la detección de eventos de *microlensing*, como en cúmulos de galaxias, analizando la formación de arcos y el efecto lente débil. 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 de los arcos y otras distorsiones que se producen en las regiones cercanas a los cúmulos de galaxias, análisis teórico de la influencia del *microlensing* en las líneas de emisión de los QSOs y observaciones espectroscópicas en 2D de los sistemas lente conocidos.

### *Evolución de estructuras a gran escala*

El 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 a partir de uno inicial conocido. Con este fin hay que desarrollar, por un lado, aproximaciones Lagrangianas, válidas hasta la formación de cústicas y, por otro lado, aproximaciones que nos permitan tratar la formación de cústicas.

## Cosmología

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.

### *Métodos de inversión. Nuevos algoritmos para problemas de transporte radiativo*

Los métodos numéricos de inversión son esenciales para comprender muchas de las observaciones que se llevan a cabo en Astrofísica. El objetivo de este Programa es estudiar opciones alternativas a los procedimientos estándar de inversión (algoritmos tipo Lucy). En particular, se piensan aplicar al estudio de las galaxias, de su distribución 3D de brillo y de su cinemática.

El objetivo del programa de transporte es la formulación cinética de la teoría de formación de las líneas espectrales, en particular el estudio de las funciones de redistribución. (Estas funciones expresan la probabilidad conjunta de que un fotón, que viaja en una dirección y con una frecuencia dada, sea absorbido y luego reemitido por un átomo, en una dirección diferente y con otra frecuencia). Las observaciones espectrofotométricas con alta resolución espectral y angular disponibles hoy en día reclaman el cálculo de funciones de redistribución que guarden toda la información sobre los aspectos direccionales de la física del problema. La teoría actual, sin embargo, sólo permite expresar funciones promediadas direccionalmente. Con el fin de superar esta limitación, se ha realizado un estudio detallado de los procesos atómicos que están en el origen de la formación de las líneas espectrales. Este estudio ha conducido a una formulación operativa de las funciones de redistribución, que permite expresarlas tanto en función de la frecuencia como de la dirección.

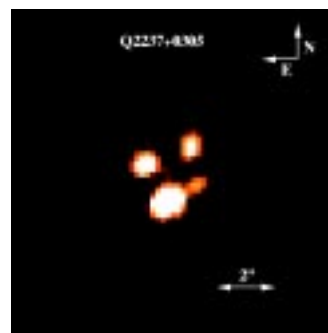
### *Altas energías*

Varios miembros del Proyecto han participado 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.

## Algunos resultados relevantes

### *Lentes Gravitatorias*

Gracias a las observaciones con resolución espacial por debajo del segundo de arco obtenidas con el telescopio NOT, se han observado eventos de *microlensing* en las curvas de luz de las cuatro imágenes del sistema lente gravitatoria Q2237+0305, la cruz de Einstein. Los datos obtenidos por el grupo del IAC se han obtenido en dos filtros diferentes (V y R) y con un muestreo temporal mejor que el de otros grupos. Gracias a ello, el análisis teórico preliminar de estos datos ha permitido estimar la masa y el tamaño del cuásar fuente en 100.000 millones de masas solares y 0.5 parsecs, respectivamente.



Se ha completado el mayor análisis realizado hasta la fecha de las observaciones en el rango visible de la lente gravitatoria Q0957+561 obtenidas en el periodo 1984-99. Como resultado, y gracias a la utilización de varios métodos numéricos, se ha obtenido la mejor estimación del retraso entre sus componentes, 422 días, con un error inferior a un día.

Estudios teóricos basados en las nuevas estimaciones para el tamaño de la región de emisión de líneas anchas en cuásares, muestran que el efecto *microlensing*, en contra de lo que rutinariamente se aceptaba, puede afectar significativamente a las líneas de emisión anchas.

Se ha llevado a cabo, con éxito, la primera fase del programa internacional "QuOC around the Clock", consistente en observaciones simultáneas con 12 telescopios del sistema Q0957+561 en busca de fluctuaciones rápidas en su emisión. El grupo del IAC ha colaborado con observaciones en tres telescopios diferentes.



Se han obtenido las primeras imágenes en el rango visible de la nueva lente gravitatoria B1152+199, confirmándose las posiciones de sus dos componentes y detectándose, por primera vez, la galaxia que actúa como lente.

Se han generalizado los modelos de lente gravitatoria incluyendo nuevas distribuciones de masa de crecimiento muy rápido en la región más interna. Estos modelos predicen la supresión observada en la mayoría de los sistemas lente de una de las imágenes y delimitan las propiedades de las galaxias lente en los casos en los que se detectan todas las imágenes.

### *Evolución de estructuras a gran escala*

Se ha completado la aproximación de Zeldovich, de manera que sea exacta a segundo orden en una gran variedad de situaciones, en concreto para el colapso de una fluctuación elipsoidal.

### **Evolución del Proyecto**

Este año se ha dedicado una actividad considerable a analizar los resultados obtenidos de Q2237+0305 con la colaboración internacional GLITP (Gravitational Lenses International Time Project). También se han concentrado esfuerzos en la preparación y lectura de los proyectos de tesis de V. Motta, R. Barrena y la tesina de E. Puga. Se ha continuado con los programas rutinarios de seguimiento de lentes (a los que se ha añadido el programa QuOC) y se ha reforzado, con la incorporación de J.A. Muñoz, la colaboración con el CfA. Este año se ha destacado también por la publicación de un número considerable de artículos.

Para poder analizar los excelentes datos de Q 2237+0305 obtenidos con el telescopio NOT en el tiempo asignado a la colaboración internacional GLITP, se ha desarrollado un modelo fotométrico, basado en la utilización de PSFs numéricas, para obtener las curvas de luz de las componentes. En todas ellas se observa la presencia de variaciones de intensidad probablemente asociadas a eventos de *microlensing*. La variación en la componente A es especialmente interesante y nos ha permitido estimar algunas propiedades del cuásar fuente. El estudio estadístico de las curvas de luz permitirá estudiar la distribución de posibles objetos compactos de materia oscura en la galaxia lente.

El primer sistema lente gravitatoria descubierto, Q0957+561, ha sido objeto de un seguimiento continuo y exhaustivo, por el grupo del IAC y otros, en diversas bandas fotométricas desde 1979. Las

características especiales de este sistema hacen que sea muy interesante la determinación del retraso entre sus componentes para determinar la constante de Hubble y para la detección de eventos de *microlensing*. Por este motivo, se han analizado los mejores datos del sistema obtenidos en el rango visible en el período 1984-99. A estos datos se les aplicaron diferentes métodos numéricos para el cálculo del retraso, seleccionándose aquellos que ofrecían los mejores resultados (DCF,  $\delta^2$ , ZDCF e interpolación lineal). La aplicación de estos métodos a los datos reales permitió obtener 23 valores diferentes para cada método, mostrando que el retraso final debía estar en el intervalo 420-424 días. Un estudio estadístico final de los retrasos permitió deducir un valor central de  $422 \pm 0.6$  días. Este resultado es la estimación más robusta del retraso en la llegada de las señales asociadas a este sistema. También se han obtenido datos de Q 0957+561 en la campaña de observaciones del programa QuOC, utilizando 12 telescopios de 9 observatorios diferentes durante 10 noches consecutivas en el mes de enero. El grupo del IAC participó con observaciones en tres telescopios: IAC-80, JKT y el 1,52 m de Calar Alto (Almería). La curva de luz obtenida para la imagen A muestra fluctuaciones significativas en su brillo, aunque no aparecen indicios de un posible evento de *microlensing*. De confirmarse este resultado durante la segunda campaña del QuOC, prevista para marzo de 2001, podría reducirse considerablemente el error en la determinación del retraso.

Utilizando la espectroscopía 2D de Q 0957+561 se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo de la variación del cociente entre las componentes A y B en todo el rango óptico. Este estudio, incluido en el proyecto de tesis de V. Motta, muestra que la influencia de la galaxia lente puede ser determinante en la zona intermedia y que es preciso eliminar su contribución para obtener cocientes no contaminados que estén directamente relacionados con la extinción diferencial de la galaxia.

Se ha continuado con el estudio de la fotometría obtenida con el telescopio espacial Hubble de sistemas lente dentro de la colaboración CASTLES que lidera el CfA. Uno de los trabajos más relevantes ha sido la generalización de los modelos de lente gravitatoria incluyendo nuevas distribuciones de masa de crecimiento muy rápido en la región más interna (de acuerdo con los resultados del estudio del telescopio Hubble de las regiones nucleares de las galaxias). Estos modelos predicen la supresión observada en la mayoría de los sistemas lente de una de las imágenes y restringen las propiedades de las galaxias lente en los casos en los que se

detectan todas las imágenes. Utilizando los modelos desarrollados por CASTLEs se han analizado observaciones de B1152 obtenidas en muy buenas condiciones atmosféricas que han llevado a la detección de la galaxia lente.

Estudios teóricos sobre la influencia del *microlensing* en los perfiles de las líneas de emisión, han mostrado que, en contra de lo que se venía suponiendo rutinariamente, este efecto puede producir distorsiones significativas de las líneas anchas de emisión de los cuásares y que puede aportarnos información sobre el campo de velocidad y la geometría de los emisores.

## GALAXIAS Y “REDSHIFTS”: FORMACION Y EVOLUCION (P9/97)

C.M. Gutiérrez.

I. García de la Rosa, J. Cepa Nogué, A. Manchado, I. Trujillo Cabrera, C. Domínguez Tagle y M. López-Correidora.

Colaboradores del IAC: A. Vazdekis.

A. Arp (MPI, Alemania); M. Azzaro (ING, La Palma); M. Burbidge (Univ. de California, EEUU); R. de Carvalho (Obs. Nacional, Brasil); F. Prada (Calar Alto, Almería); J.A.L. Aguerri (Univ. de Basilea, Suiza); S. Zepf (Univ. de Yale, EEUU).

### Introducción

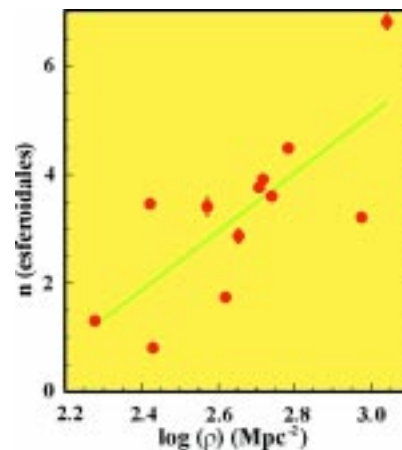
El Proyecto tiene como hilo conductor el estudio de las condiciones físicas y los procesos que gobiernan la formación de las grandes estructuras del Universo. En particular se estudian desde los cúmulos y grupos compactos hasta las asociaciones de galaxias similares al Grupo Local, en un rango de corrimientos al rojo entre 0 y 0,5. Se han desarrollado novedosas herramientas de análisis morfológico que ya han sido aplicadas a cúmulos hasta  $z=0,1$ , y se está analizando una numerosa muestra de galaxias satélites en sistemas externos. El estudio servirá igualmente de base para futuros estudios con OSIRIS y otros instrumentos en el telescopio GTC que permitirán ampliar el estudio a  $z$  mayores.

### Algunos resultados relevantes

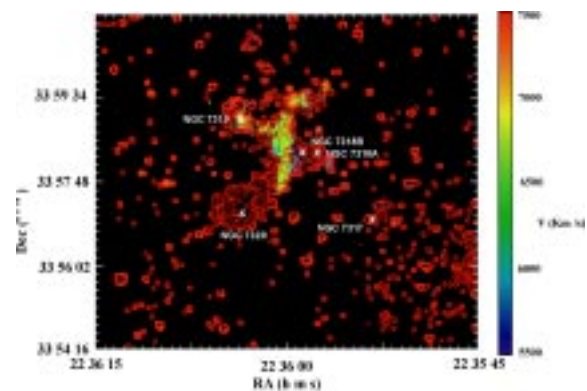
Aplicación del algoritmo de análisis morfológico desarrollado por el grupo a las galaxias del cúmulo A2443.

Completar con 20 nuevos objetos la morfología de una muestra de galaxias satélites en sistemas externos.

Como resultado de lo anterior, pudo establecerse por primera vez una relación directa entre propiedades estructurales cuantitativas de una galaxia y densidad local del cúmulo.



Construcción de un mapa de velocidades del medio intergaláctico en la región del quinteto de Stephan.



### Evolución del Proyecto

*Evolución de las galaxias en función de z*

Dentro de la tesis doctoral de I. Trujillo, se ha aplicado el algoritmo de análisis morfológico cuantitativo a una muestra de galaxias al cúmulo A2443 a  $z \sim 0.1$ . Este algoritmo de análisis morfológico de galaxias tiene en cuenta el efecto de la respuesta del telescopio y resulta, por tanto de mucha utilidad en los estudios de galaxias a redshifts intermedios. Uno de los primeros resultados del

mismo ha sido el descubrimiento de una relación entre grado de concentración de una galaxia medido a través del parámetro  $n$  de Sersic y la densidad local del cúmulo. En la actualidad se están analizando otros cúmulos, lo cual nos permitirá comprobar la generalidad o no de esta ley.

I. González ha continuado el estudio de las propiedades dinámicas de las galaxias elípticas, comparando las propiedades de las galaxias situadas en los ambientes más densos (Grupos Compactos) con el resto. Aunque los ambientes muy densos deberían favorecer las interacciones entre galaxias y dejar una huella en sus propiedades dinámicas, en sus análisis no ha encontrado diferencias significativas. También se ha comenzado la realización de un test cosmológico clásico (Test de Tolman) desde una perspectiva novedosa en que, en lugar de utilizar un patrón basado en las propiedades de galaxias individuales, se usan las propiedades colectivas (relaciones de escala) de conjuntos de galaxias en cúmulos. De este modo, cada colectivo de galaxias, que puede llegar a ser de cientos de miembros, contribuye con un sólo punto al test. Se ha completado la fase de prueba, aplicando el método a dos cúmulos de galaxias observados con el telescopio espacial Hubble. Se han realizado con éxito las comparaciones externas, con medidas de otros observadores, así como las pruebas de consistencia interna, repitiendo varios tests simultáneamente y realizando la extracción de resultados con varios métodos alternativos.

C. Domínguez Tagle y A. Manchado han continuado con el desarrollo instrumental del espectrógrafo infrarrojo LIRIS para el telescopio WHT. Igualmente han realizado un estudio de surveys de galaxias a alto redshift. El objetivo principal ha sido identificar las galaxias con formación estelar a redshifts  $z < 1$ . Para dicha identificación se comparó la fotometría existente de las galaxias seleccionadas por redshift, con la obtenida con modelos de formación estelar. También se han preparado observaciones en espectroscopía multi-objeto para algunas galaxias seleccionadas por fotometría.

#### *Galaxias satélites*

Se ha continuado con la fotometría en el visible e infrarrojo de la muestra de galaxias satélite del catálogo de Zaritsky. Se ha ampliado la muestra

observada con unos 20 nuevos objetos que han sido analizados morfológicamente. Con tiempo de observación ya concedido en diversos telescopios se espera terminar la fotometría en banda ancha y  $H\alpha$ , lo que finalizaría con las observaciones necesarias para completar la tesis doctoral de M. Azzaro.

#### *Asociaciones de objetos con corrimientos al rojo anómalos*

M. López-Correidora y C.M. Gutiérrez comenzaron un estudio de asociaciones aparentes de objetos con diferencias de corrimientos al rojo de varios miles de Km/s. En particular se está estudiando la cinemática de los filamentos que conectan dichos objetos para establecer la asociación física con uno, otro o ambos de los objetos aparentemente conectados. Para ello se observan dichas regiones con varios filtros estrechos en la región de  $H\alpha$  cubriendo el rango de velocidades entre ambos objetos. Aún se dispone de pocos datos, pero se ha analizado UGC7175 y el quinteto de Stephan en el cual se ha generado el campo de velocidad del medio intercúmulo.

# ESTRUCTURA DE LAS GALAXIAS Y SU EVOLUCION

## **GALAXIAS ACTIVAS Y CUASARES: MORFOLOGIA Y CINEMATICA DEL GAS EXTRANUCLEAR (P10/86)**

## **ESTUDIOS EXTRAGALACTICOS DE GRAN CAMPO CON EL SATELITE ISO (P4/97)**

## **EL ORIGEN DE LOS FONDOS DE RADIACION EXTRAGALACTICOS (P20/00)**

**I. Pérez Fournon.**

**F. Cabrera Guerra, E. González Solares, D. Fadda, J.I. González Serrano y A. Cabrera Lavers.**

J.I. González Serrano, X. Barçons y R. Carballo (IFCA, Santander); B. Vila Vilaró (Obs. Steward, Univ. Arizona, EEUU); J. Masegosa e I. Márquez (IAA, Granada); M. Rowan-Robinson y S. Serjeant (Imperial College, Reino Unido); S. Oliver (Univ. de Sussex, Reino Unido); O. Almaini, J. Manners y O. Johnson (Inst. Astronomía, Royal Obs. Edinburgh, Reino Unido); C. Willott (Univ. de Oxford, Reino Unido); P. Ciliegi (Obs. de Bolonia, Italia); R. McMahon (IoA, Reino Unido); I. Matute y F. La Franca (Univ. Roma III, Italia); C. Lonsdale (IPAC, Caltech, EEUU); H. Smith (Univ. de California, San Diego, EEUU); C.J. Cesarsky (ESO, Alemania); H. Flores (CEA, Francia); D. Elbaz (Obs. Lick, Univ. de California, EEUU); A. Franceschini (Univ. de Padua, Italia); A.S. Wilson (Univ. de Maryland, EEUU); N. Nagar (Univ. de Florencia, Italia); Cecil (NOAO, EEUU); Z. Tsvetanov (Univ. Johns Hopkins, EEUU); R. Sosa Brito, L. Tacconi-Garman, M. Lehnert y R. Genzel (MPE, Alemania); P. Augusto (Univ. de Madeira, Portugal); H. de Ruiter (Inst. Radioastronomía, Bolonia, Italia); A.C. Edge (Univ. de Durham, Reino Unido).

Colaboración ELAIS (European Large Area ISO Survey), Proyecto SWIRE de Legado Científico del satélite SIRTf, Redes europeas "ISO Survey" y POE (Probing the Origin of the Extragalactic Background Radiation), Colaboración AXIS, Colaboraciones RIXOS y WENSS, Consorcio EMIR/COSMOS, Consorcios FIRST/SPIRE y FIRST/PACS.

### **Introducción**

Las líneas principales de investigación del Proyecto se enmarcan en grandes estudios en prácticamente todos los rangos del espectro electromagnético de zonas seleccionadas del cielo utilizando telescopios

espaciales y telescopios en tierra para estudiar la evolución cosmológica de las propiedades de las galaxias y el origen de los fondos de radiación extragalácticos. Los principales proyectos en marcha son:

- European Large Area ISO Survey (ELAIS)
- Observaciones con los satélites de rayos X Chandra X-ray Obs. y Newton/XMM de las regiones ELAIS/SCUBA
- The SIRTf Wide Area Infrared Extragalactic Survey (SWIRE)
- Observaciones de seguimiento de las galaxias detectadas en las observaciones con el satélite ISO del grupo que desarrolló la cámara ISOCAM de dicho satélite
- Proyecto AXIS (An XMM International Survey)

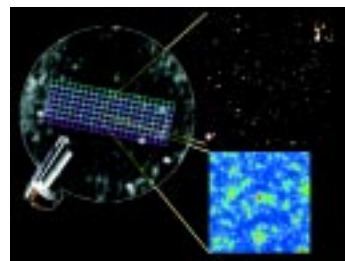
Durante este año el grupo ha continuado su participación en las actividades de la Red de investigación europea TMR «ISO Survey» y ha comenzado a colaborar en la nueva Red europea POE, que agrupan a los principales centros de investigación en astrofísica extragaláctica. I. Pérez Fournon es el investigador principal del equipo español en ambas redes, que incluye a investigadores del IAC, IFCA e IAA, y coordinador de las observaciones de seguimiento de las fuentes IR detectadas en los campos ELAIS del Hemisferio Norte.

El grupo ha continuado trabajando en varios proyectos de desarrollo de instrumentación para el telescopio espacial FIRST (ESA), así como para el telescopio GTC.

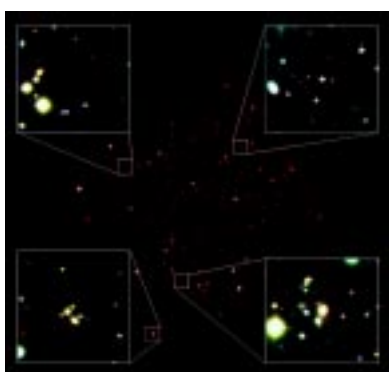
### **Algunos resultados relevantes**

El programa de identificación de las fuentes infrarrojas, principalmente galaxias con formación estelar explosiva y galaxias activas, descubiertas en los proyectos de observaciones con el satélite ISO de los campos ELAIS y Lockman, ha permitido identificar un gran número de galaxias emisoras en el infrarrojo medio y lejano y estudiar su evolución cosmológica hasta desplazamientos al rojo altos. Se han encontrado galaxias activas y cuásares hasta desplazamientos al rojo superiores a 3, demostrando la capacidad de los telescopios espaciales infrarrojos para el estudio del Universo lejano. Una de las galaxias infrarrojas descubiertas en el Proyecto ELAIS tiene una luminosidad bolométrica muy alta que la sitúa en la clase de objetos extragalácticos hiperluminosos. Su distribución energética se interpreta como la suma de las contribuciones de un núcleo activo y de formación estelar muy intensa.

El grupo está participando en varios proyectos de observaciones profundas con los nuevos satélites de rayos X, Chandra X-ray Obs. (NASA) y Newton/XMM (ESA) y en las observaciones de seguimiento en el visible e infrarrojo cercano de las fuentes de rayos X. Las observaciones de rayos X detectan los objetos extragalácticos que producen la mayor parte del fondo de radiación en rayos X. Destaca el descubrimiento de fuentes de rayos X que no tienen contrapartidas en el rango visible. Estos objetos pueden ser galaxias activas oscurecidas o cuásares muy distantes.



La figura describe las observaciones que se van a realizar en el Proyecto SWIRE. La imagen de la izquierda muestra la emisión a 100 micras, a partir de observaciones con el satélite IRAS, de una de las zonas SWIRE. Cada uno de los cuadrados corresponde al campo de uno de los instrumentos de SIRTf, la cámara IRAC. La imagen de la derecha (arriba) corresponde a una imagen en el rango visible del Proyecto EIS-DEEP en una zona muy pequeña de uno de los campos SWIRE. La imagen de la derecha (abajo) muestra una simulación de los datos que se esperan obtener con SIRTf y su instrumento MIPS a la longitud de onda de 70 micras.



La imagen central corresponde a observaciones con el Obs. de Rayos X Chandra (75000 segundos de exposición) de la zona central del campo ELAIS N2. Las imágenes en los vértices, obtenidas con el telescopio INT del ORM, muestran que las fuentes de rayos X están asociadas a diferentes tipos de galaxias entre los que se incluyen galaxias cercanas, grupos de galaxias y cuásares. En algunos casos no se detectan las contrapartidas visibles de las fuentes de rayos X a pesar de que la magnitud límite de las imágenes del telescopio INT es aproximadamente 25.5.

## Evolución del Proyecto

### Proyecto ELAIS

Este año se ha producido un gran avance en el Proyecto ELAIS gracias a la concesión de aproximadamente el 50% del "Tiempo Internacional" en los Observatorios del IAC por el Comité Científico Internacional de los Observatorios del IAC y a observaciones con el telescopio WIYN (Kitt Peak National Obs., EEUU).

I. Pérez Fournon participa en el Proyecto SWIRE (SIRTf Wide Area InfraRed Extragalactic Survey, cartografiado de gran campo extragaláctico con el satélite infrarrojo SIRTf) que forma parte del programa de Legado Científico del satélite SIRTf, el último de los llamados grandes observatorios de la NASA y una de las primeras misiones del programa "Orígenes" de NASA, que será lanzado al espacio el 15 de julio de 2002. El Proyecto SWIRE va a llevar a cabo un cartografiado de gran área (unos 100 grados cuadrados en varias zonas del cielo de latitud galáctica alta y baja emisión de «cirros» en el infrarrojo lejano) con los instrumentos IRAC y MIPS de SIRTf. El principal objetivo científico es el estudio de la evolución de galaxias con formación estelar, galaxias con poblaciones estelares evolucionadas y galaxias activas hasta desplazamientos al rojo de 2.5. Se espera detectar del orden de 2 millones de galaxias seleccionadas en el infrarrojo.

Las observaciones obtenidas con los telescopios WHT, NOT, INT y JKT del ORM y con el telescopio WIYN (KPNO) han permitido obtener espectros de una gran parte de las contrapartidas ópticas de las fuentes ELAIS e imagen profunda o de gran campo, incluyendo las áreas del Proyecto ELAIS que han sido observadas con el satélite de rayos X Chandra X-ray Obs. (que próximamente serán observadas con el satélite de rayos X XMM/Newton). Se han obtenido espectros de varios cientos de galaxias infrarrojas, aumentando considerablemente el número de galaxias distantes detectadas a partir de observaciones con el satélite ISO para las que se dispone de información espectroscópica. Destaca la detección de galaxias activas hasta desplazamientos al rojo altos y el descubrimiento de una nueva galaxia hiperluminosa. En el marco de este Proyecto también se han realizado observaciones de gran campo en el infrarrojo cercano

utilizando la cámara infrarroja CIRSI (Cambridge InfraRed Survey Instrument) uno de los instrumentos infrarrojos de mayor campo de visión. El próximo año continuarán estos estudios con observaciones en los telescopios TNG (ORM), 3.5 m (Calar Alto), INAOE 2 m (Obs. Guillermo Haro, México) y WIYN (KPNO, EEUU).

#### *Observaciones con los satélites de rayos X Chandra X-ray Obs. y Newton/XMM de las regiones ELAIS/SCUBA*

En la zona central de los campos ELAIS N1 y N2 se han llevado a cabo observaciones profundas con el satélite de rayos X Chandra X-ray Obs. (75000 segundos de exposición en cada campo). Una de estas zonas también ha sido observada con el instrumento SCUBA del radio telescopio submilimétrico JCMT, en Hawai (EEUU). Se ha realizado un estudio de las contrapartidas en el visible e IR cercano de las fuentes de rayos X en el que se ha encontrado que gran parte de las fuentes de rayos X tienen contrapartidas muy débiles en el rango visible y en el infrarrojo cercano.

En algunos casos no se detectan contrapartidas visibles de las fuentes de rayos X a pesar de disponer de imágenes CCD muy profundas. Estos objetos pueden ser galaxias activas oscurecidas o cuásares muy distantes.

En el año 2001 se dispone de tiempo de observación en varios telescopios para obtener espectros de las contrapartidas visibles de las fuentes de rayos X. Uno de los campos será observado también próximamente con el satélite XMM/Newton de la ESA (150000 segundos de exposición en el campo ELAIS N2).

#### *Estudio de las galaxias detectadas en observaciones con el satélite ISO del Consorcio ISOCAM*

En colaboración con el Consorcio ISOCAM, que desarrolló la cámara del mismo nombre del satélite ISO, se han llevado a cabo varios estudios de observaciones en el visible e infrarrojo cercano de las galaxias infrarrojas. En particular se ha obtenido espectroscopía multi-objeto con los telescopios Canadá-France-Hawaii (Hawai, EEUU) y WHT (ORM) de una gran muestra de galaxias ISO en el campo Lockman. También se han estudiado las fuentes de rayos X y de radio en este campo. En el año 2001 se llevarán a cabo observaciones de otras muestras de fuentes ISO, incluyendo varios cúmulos de galaxias observados con ISO.

#### *Proyecto SWIRE*

El centro científico del satélite infrarrojo SIRTf de NASA anunció el 17 de noviembre del pasado año cuáles fueron los proyectos científicos seleccionados para formar parte del programa de Legado Científico de SIRTf, un total de seis proyectos que utilizarán unas 3.160 horas de observación con SIRTf, aproximadamente el 50% del Tiempo de Observación en el primer año de esta misión, para llevar a cabo grandes investigaciones científicas.

Los datos procesados darán lugar a grandes bases de datos que estarán disponibles de forma inmediata tras las observaciones para su explotación científica y servirán para gran variedad de proyectos y para planear futuras observaciones con SIRTf y otros telescopios.

El Proyecto SWIRE, el mayor de los seis proyectos del Legado Científico de SIRTf, liderado por C. Lonsdale (Centro de Procesamiento y Análisis Infrarrojo IPAC, NASA, Pasadena, California, EEUU) y formado por una colaboración internacional en la que colabora I. Pérez Fournon, va a llevar a cabo un cartografiado de gran área (unos 100 grados cuadrados en varias zonas del cielo de latitud galáctica alta y baja emisión de «cirros» en el IR lejano) con los instrumentos IRAC y MIPS de SIRTf. El principal objetivo científico es el estudio de la evolución de galaxias con formación estelar, galaxias con poblaciones estelares evolucionadas y galaxias activas hasta desplazamientos al rojo de 2.5. Se espera detectar del orden de 2 millones de galaxias seleccionadas en el IR. Los campos Legacy del Proyecto SWIRE constituirán, en la próxima década, las mayores zonas de cielo con observaciones en prácticamente todos los rangos del espectro y formarán la base de los futuros estudios de gran campo extragalácticos con el satélite para el infrarrojo lejano y ondas submilimétricas FIRST de la ESA.

#### *Proyecto AXIS*

AXIS es un proyecto internacional, en colaboración con el «Survey Science Center» del satélite de rayos X XMM/Newton de la ESA, que tiene como objetivo principal la identificación un gran número de fuentes emisoras de rayos X descubiertas en observaciones con dicho satélite a partir de imágenes y espectroscopía en el rango visible. El Proyecto AXIS obtuvo aproximadamente el 50 % del "Tiempo Internacional" este año en los Observatorios del IAC y la mayor parte del "Tiempo Internacional" para el año 2001. Esto ha permitido identificar del orden de

un centenar de fuentes de rayos X en los primeros meses de este Proyecto, incluyendo galaxias activas distantes y cúasares con líneas de absorción anchas y estrellas de nuestra galaxia con coronas activas.

### *Galaxias activas cercanas*

En colaboración con G. Cecil, N. Nagar, A. Wilson y otros investigadores, I. Pérez Fourmon y F. Cabrera Guerra han observado la galaxia activa NGC 4258 con el espectrógrafo WYFFOS del telescopio WHT en el modo de espectroscopía de área con Integral para estudiar las ondas de choque asociadas a los jets en esta galaxia.

### *Radio fuentes compactas*

I. Pérez Fourmon ha continuado la colaboración con P. Augusto y N. Gizani, J.I. González Serrano y A.C. Edge para estudiar una muestra de radio fuentes compactas simétricas (de tipo CSO y MSO) seleccionadas a partir de los "surveys" en radio JVAS y CLASS. Se han realizado nuevas observaciones con la cámara Hirc del telescopio NOT. En 2001 están previstas observaciones en radio de alta resolución espacial de objetos de la muestra con el radio interferómetro VLBA.

## **GRUPO DE ESTUDIOS DE FORMACION ESTELAR "GEFE" (P1/92)**

### **C. Muñoz-Tuñón.**

**J.C. Vega, M. Prieto, V. Melo Martín, E. Recillas, J.M. Rodríguez Espinosa, A.M. Varela, L.M. Cairós, N. Caon, D.R. Gonçalves, A. Graham, D. Cristobal Hornillos, O. Fuentes y J. Iglesias.**

**Colaboradores del IAC: H. Deeg, A.M. Pérez García y J.A. Acosta Pulido.**

J. Iglesias Páramo (Obs. Astronomía Espacial, Marsella, Francia); B. García Lorenzo (ING, La Palma); J.A. López Aguerri (Univ. de Basilea, Suiza); G. Tenorio Tagle (INAOE, México); E. Simmoneau (IAP, Francia); M. Mas Hesse (LAEFF, Madrid); M. Pastoriza (UFRGS, Brasil); J.M. Vilchez (IAA, Granada); J. González Hernández (Univ. La Laguna).

### **Introducción**

El objetivo central del Proyecto es el estudio observacional y teórico de brotes masivos de formación estelar, o *starbursts*, y su impacto en galaxias. Es nuestra intención definir el alcance de estos eventos, así como encontrar los parámetros que llevan a la realimentación o "feedback", y así a

la formación de futuras generaciones de estrellas. Para ello ha sido seleccionada una muestra de *starbursts* que cubre todo su rango, desde starburst nucleares a los encontrados en galaxias enanas, pasando por las regiones HII Gigantes en espirales y galaxias irregulares. Esta muestra es el sujeto de estudios observacionales con una gran variedad de técnicas (imagen, espectroscopía, fotometría e interferometría bidimensional). El análisis de las observaciones nos llevará a plantear las propiedades físicas más realistas para usar en nuestros códigos hidrodinámicos. Un estudio profundo como el que planteamos llevará a una estimación firme de la importancia del *feedback* y también a desglosar los elementos de causalidad inherentes a los brotes violentos de formación estelar, que dan origen a algunas de las fuentes más luminosas del Universo.

Los objetivos generales del Proyecto se enmarcan en los siguientes bloques:

Observación y modelado de los núcleos de galaxias *starburst*, su evolución hidrodinámica y la física de "supervientos galácticos".

Estudio de los efectos de interacción y marea en la formación estelar: grupos compactos de galaxias, galaxias enanas en el Cúmulo de Virgo y la formación estelar en galaxias IRAS ultraluminosas a alto corrimiento al rojo.

El estudio de la formación, evolución y ruptura de regiones HII gigantes en galaxias espirales e irregulares.

Evaluación y modelado de los efectos de la formación estelar masiva en el Medio Interestelar (gas ionizado y neutro) asociada a núcleos de galaxias y galaxias irregulares y enanas.

Análisis de la componente estelar asociada a los brotes de formación estelar en los núcleos y bulbos de galaxias masivas.

Gas ionizado en galaxias elípticas; su distribución y cinemática comparando con la componente estelar.

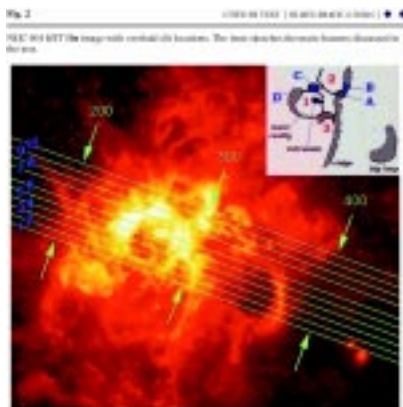
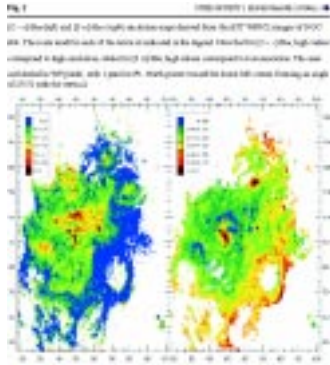
Morfología de galaxias; análisis y caracterización de componentes; parametrización asociada a la realimentación de la formación estelar.

Caracterización de las regiones de formación estelar en galaxias enanas "*starburst*".

Caracterización de la galaxia "huésped" en galaxias enanas. Estudio de los procesos que originan la formación estelar actual.

## Algunos resultados relevantes

La región ionizada de NGC 604 ha experimentado "*blow-out*" (el material barrido encuentra un gradiente en densidad y se acelera) hacia el halo de M33. Los "*blow-out*" múltiples que la región ha sufrido han consumido casi toda la energía que las estrellas masivas pueden dar y por esa razón, se observa que los restos del material denso que ha sobrevivido están en reposo. Son fósiles que probablemente han vivido pero no sufrido la agitada historia del resto de la región.

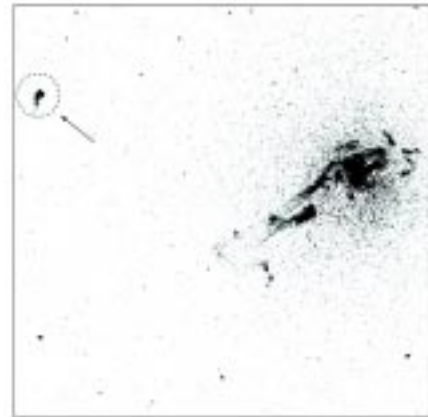


Se ha finalizado el estudio de las correlaciones entre tamaño, luminosidad y dispersión de velocidades en regiones HII gigantes con las catalogadas en la galaxia irregular NGC 4449. El resultado, basado en datos homogéneos confirma que existe relación entre estos parámetros sólo si se usan aquellas de mayor brillo superficial. El umbral está en  $2 \times 10^{35} \text{ ergs s}^{-1} \text{ pc}^{-2}$  en H $\alpha$ . Además sólo son válidas para regiones supersónicas. La dependencia encontrada es compatible con que las regiones estén virializadas.

En una amplia muestra de galaxias elípticas y espirales tipo SOs con gas se ha encontrado que muchas de ellas presentan un perfil de velocidad y dispersión de velocidades anómalos no sólo en la componente gaseosa sino también en la estelar. Esto apunta a procesos de interacción como responsables, tanto de llevar el gas a la galaxia como de perturbar a la población estelar.

Se han detectado estelas de gas ionizado en las inmediaciones de la galaxia central de Virgo, M87, llegando a la conclusión de que la pluma de gas está

siendo ionizada por el jet de M87. El origen de este gas, muy lejos del núcleo de M87 y de la estructura central que ya se conocía de gas ionizado, muy probablemente tiene origen externo, es decir, proviene de una galaxia de tipo tardío que podría haber sido engullida por M87.



Se han obtenido los parámetros estructurales, magnitudes y colores de una muestra de galaxias enanas compactas azules (BCDs). Como consecuencia, y a diferencia de lo obtenido previamente, tanto los parámetros estructurales como los colores son consistentes con los que presentan las galaxias enanas irregulares y las galaxias de bajo brillo superficial, apoyando la existencia de posibles conexiones evolutivas entre distintos tipos de enanas.

## Evolución del Proyecto

Se continúa con el estudio de NGC 603, región HII gigante de M33, que es un laboratorio óptimo para entender la física asociada a la evolución de *starbursts*. Se ha encontrado que las cavidades generadas por la energía mecánica de las estrellas masivas ocupan un volumen de un millón de parsec cúbicos. La región ionizada ha experimentado "*blow-out*" (sucede cuando el material barrido encuentra un gran salto en densidad, por ejemplo disco-halo, y se acelera) hacia el halo de M33. Los datos espectroscópicos, espectroscopía de rendija con ISIS en el telescopio WHT han sido complementados con imágenes en filtros estrechos del archivo del telescopio espacial Hubble. Los múltiples eventos de "*blow-out*" que la región ha sufrido han tomado casi toda la energía que las estrellas masivas pueden dar y por esa razón, ahora se observa que los restos del material denso que han sobrevivido están casi en reposo, resultado de que la región HII gigante ya se desinfló. Son fósiles que probablemente han vivido pero no sufrido la agitada historia del resto de la región.

Se han catalogado y analizado todas las regiones HII de la galaxia irregular NGC 4449 (más de 50) a partir de datos obtenidos con Taurus en su modo Fabry-Perot (telescopio WHT). Nos centramos en las correlaciones entre tamaño y luminosidad frente a dispersión de velocidades. Se ha encontrado que



sólo existen buenas correlaciones para regiones con brillo superficial mayor que  $2 \times 10^{35}$  ergs  $s^{-1}$   $pc^{-2}$  en H $\alpha$  y que además muestren perfiles de emisión Gausianos y supersónicos. Los exponentes de los ajustes son consistentes con sistemas virializados.

Se completó el análisis de la fotometría multibanda de 11 galaxias espirales. A partir de imágenes en los filtros U, B, V, R, e I se han obtenido perfiles de luminosidad y análisis de las isofotas asociadas para la obtención de perfiles de elipticidad y ángulo de posición. De este modo se obtienen las peculiaridades morfológicas de las galaxias parametrizando sus distintas componentes, como por ejemplo las barras, bulbos, discos, lentes, localización de las resonancias, etc. Este es un tema clásico del grupo que se lleva desarrollando más de 10 años y para el que ya se ha desarrollado todo un conjunto de códigos bien verificados y fiables. Los parámetros fotométricos son una pieza fundamental para entender las claves que controlan los procesos de formación estelar.

Con el propósito de reproducir la distribución espacial de fuentes (y con ello, la masa) asociada a las galaxias elípticas y bulbos de una muestra de espirales que se ha observado, desarrollado métodos que contemplan y reproducen el *twist* de las isofotas observadas, e incluso sus variaciones de elipticidad. Se están desarrollando sistemas de síntesis de estructuras estelares no axisimétricas más complejas tales como "boxy" o forma "peanut" a partir de condiciones de no-homología local en los elipsoides emisores.

Se ha continuado con la comparación de la cinemáticas del gas y las estrellas en una muestra de galaxias elípticas y SOs. Se encuentran numerosos casos de galaxias "peculiares", tanto en la componente estelar como gaseosa. El hecho de que ambas estén perturbadas apunta a que el gas ha sido probablemente incorporado a la galaxia en algún proceso de interacción. Así se entendería la presencia de un cuerpo estelar de comportamiento anómalo.

Se sigue cartografiando la distribución del polvo en galaxias tempranas (elípticas y SOs) para comparar con la distribución espacial del gas ionizado con el objetivo final de entender los mecanismos responsables de producción y la ionización del gas.

Dentro del análisis de la formación estelar en galaxias en entornos densos, grupos compactos de galaxias y galaxias en cúmulos, cabe mencionar la detección de una pluma de gas ionizado en las inmediaciones de la galaxia central de Virgo M87. La profundidad de las observaciones permite llegar a la conclusión de que la pluma de gas está siendo ionizada por el jet de M87. El origen de este gas, muy lejos del núcleo de M87 y de la estructura central que ya se conocía de gas ionizado, muy probablemente tiene origen externo, es decir, proviene de una galaxia de tipo tardío que podría haber sido engullida por M87.

## ORIGEN DE LA ACTIVIDAD NUCLEAR EN GALAXIAS (P2/93)

**J.M. Rodríguez Espinosa.**

**M.R. Kidger, J.A. Acosta Pulido, C.D. Bello y A.M. Pérez García.**

**Colaboradores del IAC: J.J. Fuensalida, C. Muñoz-Tuñón y J.N. González Pérez.**

A. Prieto (MPI, Alemania); D. Osip (Univ. de Florida, EEUU); B. García Lorenzo (ING, La Palma); U. Klaas (MPIA, Alemania); R. Laureijs (VILSPA, Madrid).

### Introducción

En el estudio de las galaxias activas hay dos aspectos de suma importancia. Uno es el fenómeno de la variabilidad, que proporciona información sobre los tipos de mecanismos capaces de originar la actividad nuclear, así como sobre el tamaño del núcleo mismo. El otro es la relación entre las propiedades de la galaxia que alberga al núcleo activo y éste. Nuestro grupo está investigando estos dos aspectos clave de la actividad de las galaxias. Para el primero se está estudiando la variabilidad, incluyendo microvariabilidad, de cuásares y objetos activos violentamente variables. Para el segundo se cuenta con imágenes ópticas e IR, y fotometría ISO, de una muestra estadísticamente completa de galaxias Seyferts, con la idea de analizar su morfología, así como otros parámetros físicos. El objetivo último del Proyecto es entender los mecanismos que originan la actividad en las galaxias activas.

### Algunos resultados relevantes

En colaboración con A. Prieto se ha llevado a cabo un análisis comparativo entre los flujos de las líneas de emisión de alta excitación en el IR lejano de galaxias Seyfert, los flujos del continuo en el IR medio y lejano y la emisión en rayos X. Se ha encontrado que la emisión en rayos X blandos en galaxias Seyfert 2 está correlacionada tanto con la emisión de las líneas coronales como con la emisión del continuo en el IR medio, apoyando la hipótesis de que la emisión en el IR medio es debida a polvo calentado directamente por el núcleo activo.

Por otro lado, se ha puesto en marcha un proyecto financiado por el Gobierno de Canarias para realizar un atlas de galaxias Starbursts observadas desde Canarias, proyecto para el cual ya se han realizado observaciones tanto en el OT como en el ORM.

Se ha iniciado un estudio del sistema de galaxias en interacción Mrk 297 mediante imágenes en banda ancha (filtros de Johnson), cubriendo el rango

espectral desde el azul hasta el infrarrojo con los telescopios IAC-80 y TCS. Asimismo, se ha obtenido una imagen en la línea de Ha. La morfología de este sistema es muy compleja como puede verse en la imagen. Actualmente se está iniciando el análisis detallado y la interpretación de las imágenes obtenidas. Por ejemplo, se ha detectado la presencia de dos objetos cercanos al sistema, que parecen ser residuos de la interacción, y cuyos colores son muy rojos.



*Imagen en el filtro Ks (2.2  $\mu\text{m}$ ) de la galaxia Mrk 297 obtenida con la cámara CAIN-II/TCS (junio), con la óptica de alta resolución (0."4/pixel). A la izquierda se pueden apreciar dos condensaciones muy rojas no detectadas en el visible y cuyo origen se está investigando.*

Se concluyó el estudio de la emisión infrarroja del par de galaxias en interacción NGC 6090. Este trabajo se ha hecho en colaboración con U. Klaas y R. Laureijs, dando lugar a un manuscrito, en proceso de revisión, que será publicado.

En colaboración con A. Prieto se ha realizado un estudio de la galaxia Seyfert2 NGC 5252, usando datos obtenidos por el satélite ISO. Dado que se trata de una galaxia SO en la cual no se han detectado brotes de formación estelar ha sido posible separar la emisión infrarroja atribuible al toro molecular (reprocesamiento de la radiación emitida por el núcleo activo). Para ello se ha sustraído a la emisión global una componente de polvo frío ( $T \sim 20\text{ K}$ ) que contiene la mayor parte de la masa de polvo de la galaxia.

Se ha llevado a cabo la reducción definitiva del archivo de observaciones de cuásares y blazars realizadas con los telescopios del OT y del ORM. Esto ha necesitado del desarrollo de unos algoritmos y métodos especiales para tratar conjuntos grandes de datos. Se ha desarrollado un método nuevo de reducción de las imágenes bidimensionales que permite usar toda la información en la imagen para calcular la magnitud del objeto de interés. El resultado de ese proceso es la posibilidad de calcular, con mucha mayor precisión, tanto la magnitud del objeto a estudiar como la seguridad adicional que se consigue en la detección de las variaciones.

## Evolución del Proyecto

Durante este año ha proseguido el estudio de las imágenes de las galaxias del CfA obtenidas con ISO. El trabajo de análisis e interpretación ha llevado más esfuerzo del previsto debido a las dificultades de la calibración de los datos de ISOCAM. Hasta ahora el interés fundamental se ha centrado en la descomposición fotométrica de los perfiles de brillo de las galaxias en varias componentes: disco, bulbo y fuente puntual no resuelta. Resultados preliminares han sido presentados en la IV reunión científica de la SEA.

Usando las observaciones realizadas por el instrumento ISOPHOT en el rango IR lejano de una muestra de galaxias Seyfert del catálogo CfA, se ha intentado separar la componente extensa, que proviene del disco de la galaxia o bien de compañeras próximas, de aquella que proviene de la región nuclear. Este trabajo ha sido realizado principalmente por J. González Hernández, durante su periodo de becario de verano, dirigido por A.M. Pérez García y J.A. Acosta Pulido.

Se ha iniciado la elaboración de un atlas de galaxias Starbursts, cuyo material será obtenido con los telescopios del ORM y OT.

Se concluyó el estudio de la emisión infrarroja del par de galaxias en interacción, NGC 6090, dando lugar a un trabajo, en proceso de revisión, que será publicado. En este trabajo se separa la emisión de los participantes en la interacción. Esta separación es clave para entender los mecanismos que han dado origen al brote de formación estelar observado en sólo una de las galaxias del sistema NGC 6090.

En cuanto a los estudios de óptica adaptativa, se ha completado el estudio y análisis de varias geometrías de arreglos de microlentillas para su instalación en los sensores de frente de onda para el telescopio GTC. Se presentó la tesis de C.D. Bello que recoge este estudio de gran utilidad para la cámara de verificación y para el diseño de la óptica de las cajas de adquisición y guiado del telescopio GTC.

Se ha procedido al análisis de la base de datos de variabilidad de cuásares y blazares. Se ha confeccionado una curva de luz para cada objeto en cada uno de los filtros que se han usado; en algunos casos tenemos curvas de luz bien muestreadas en (U)BVRIJHK, en otros sólo una sub-muestra de esos filtros. En muchos casos la curva de luz que se ha conseguido es la más detallada que se ha realizado jamás y, en otros tantos es la primera vez que se ha obtenido una curva de luz multicolor. Se está trabajando en el estudio de las escalas temporales de las variaciones, sobre todo en la búsqueda de las escalas máxima y mínima para las

variaciones en cada color usando una función de estructura. Entre la muestra existe una amplia gama de objetos desde los blazares clásicos, y los denominados "mini-blazars", hasta los cuásares normales emisores y no emisores de radio.

Para el objeto 87GB 073840.5+545138, un objeto sospechoso de ser un blazar por las características de su emisión en rayos g, se ha podido demostrar que su curva de luz tiene unas variaciones de gran amplitud y de escala muy rápida que confirman su naturaleza blazar.

## **POBLACIONES ESTELARES EN GALAXIAS (P3/94)**

### **A. Aparicio.**

**N. Caon, A. Marín Franch, D. Martínez Delgado, A. Rosenberg y S. Hidalgo Rodríguez.**

**Colaboradores del IAC: R. Carrera Jiménez, C.P. Padilla Torres, I. Martínez Delgado y C. Martínez Roger.**

G. Bertelli, C. Chiosi, G. Piotto, I. Saviane, A. Recio, A. Vallenari y M. Zoccali (Univ. de Padua, Italia); C. Gallart (Univ. de Yale, EEUU); D. Geisler (Univ. Concepción, Chile); M.A. Gómez Flechoso (Univ. de Ginebra, Suiza); I. Karachentsev y N. Tikonov (Univ. Stavropol, Rusia); M. Mateo (Univ. de Michigan, EEUU); P. Stetson (Univ. Victoria, Canadá).

### **Introducción**

El objetivo del Proyecto es la caracterización de las poblaciones estelares, estructura e historia evolutiva de galaxias próximas, incluyendo, en algunos aspectos, la propia Vía Láctea. Se asume que las galaxias próximas constituyen una buena representación de todas las galaxias y pueden considerarse como una buena referencia para entender como estas se forman y evolucionan. El Proyecto puede dividirse en cuatro líneas principales.

#### *Halos en galaxias enanas*

El objetivo de esta línea es caracterizar la estructura de las galaxias enanas, en particular buscando halos extendidos que pueden estar constituidos por una población estelar vieja. De ser así, se podría trazar la estructura primitiva de las galaxias enanas y caracterizar su evolución. Hay que resaltar que, en un universo dominado por materia oscura fría, las galaxias enanas serían los primeros objetos en formarse, dando lugar su posterior aglutinamiento a galaxias mayores. En este sentido, las galaxias enanas que observamos ahora en nuestro entorno

podrían ser los objetos primitivos que no llegaron a aglutinarse. Conocer la estructura y contenido estelar primitivos de estas galaxias nos daría una información muy valiosa sobre sus luminosidades y sobre el ritmo de formación estelar en las primeras etapas de la evolución del Universo, que ahora observamos a valores de  $z$  altos e intermedios.

#### *Galaxias esferoidales*

El principal objetivo de esta línea es investigar los procesos de acrecimiento y destrucción por marea de las galaxias esferoidales enanas (dSph) satélites en el halo de la Vía Láctea, cuestión estrechamente relacionada con la existencia en ellas de colas de marea.

Los resultados de la línea III indican que la mayor parte del halo interno de la Vía Láctea se formó mediante un colapso rápido (escenario de Eggen, Lynden-Bell & Sandage, 1962). Sin embargo, una parte del halo podría proceder del aglutinamiento gradual de muchos fragmentos protogalácticos (escenario de Searle & Zinn 1978) o del posterior acrecimiento de galaxias dSph. El descubrimiento de la galaxia dSph de Sagitario en un proceso de disolución por marea en el halo galáctico, indica claramente que el segundo mecanismo es factible. Sin embargo, aunque existen algunas evidencias observacionales, la pregunta acerca de si otros satélites de la Vía Láctea pueden ser destruidos por efectos de marea sigue todavía sin respuesta. En este contexto, es muy importante investigar si otras dSphs muestran "restos" más allá de sus radios de marea, tal como predicen algunos modelos teóricos. Esta información es fundamental para comprender si los procesos de acrecimiento desempeñan un papel más o menos relevante en la formación del halo galáctico y para encontrar respuestas a algunas preguntas abiertas acerca del contenido en materia oscura y la dispersión de edad del halo galáctico.

#### *Cúmulos globulares y estructura del halo galáctico*

El hecho de que los cúmulos globulares sean los objetos más viejos del Universo y que su edad pueda ser medida con cierta precisión, hace de ellos verdaderos fósiles que contienen información sobre el proceso de formación de la Galaxia (ver los dos esquemas mencionados en la línea II), que podría ser reconstruido a partir del estudio de las edades, posiciones y composiciones químicas de cada cúmulo.

Mediante este tipo de estudios, se ha concluido que, lo que ahora constituye el halo interno de la galaxia (los 20 kpc centrales) se formó mediante un colapso rápido, de menos de 1 Ga y se han encontrado varios cúmulos que son o pueden ser excepciones a este resultado. Se quiere extender este análisis al halo externo para estudiar si existe

un gradiente de edades en los cúmulos globulares, indicando una posible formación más tardía del halo externo, o incluso interacciones entre nuestra galaxia y otras del Grupo Local. Este estudio nos permitirá acotar más el modelo de la formación de nuestra galaxia.

#### *Sistemas de cúmulos globulares en galaxias elípticas en medios de alta y baja densidad*

Como se ha dicho, los cúmulos globulares (CG) guardan información sobre la formación y evolución inicial de galaxias. El "exceso" de CG que presentan algunas galaxias elípticas se interpreta como evidencia de "mergers". Sin embargo, estudios recientes apuntan a que los CG pudieron formarse cuando lo hizo la galaxia anfitriona con una eficiencia determinada por las propiedades de la galaxia que los forma y por el entorno de la misma.

Actualmente hay pocas observaciones debido a la dificultad de ver sistemas de cúmulos globulares extragalácticos más lejanos que Virgo. El grupo del IAC se centra en el estudio de galaxias elípticas pertenecientes al cúmulo de galaxias de Coma. Observando a lo largo de una diagonal del cúmulo se conseguirá una muestra de galaxias elípticas en medios de alta (cerca del centro del cúmulo) y baja densidad, determinando así las influencias, si las hubiera, de la densidad del entorno de la galaxia en su eficacia formando y manteniendo sus CG, junto con las correspondientes aportaciones a los actuales modelos de formación de galaxias elípticas.

#### **Algunos resultados relevantes**

Se ha detectado un posible resto de marea de la galaxia enana de Sagitario a  $60^\circ$  de su centro, confirmando la idea de que esta galaxia se encuentra en un avanzado estado de destrucción por marea y que sus restos podrían extenderse a lo largo de una corriente que envolvería a la Vía Láctea en una órbita polar.

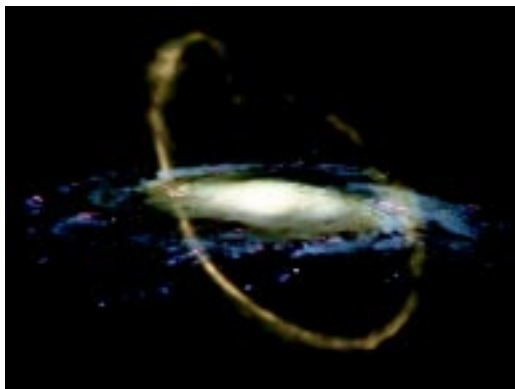
Se han encontrado evidencias de que las galaxias enanas de Ursa Minor y Draco están también en un avanzado proceso de destrucción por marea.

Se han obtenido dos resultados en relación a la materia oscura en galaxias esferoidales. Por una parte, se ha confirmado la presencia de subestructura en la región central de Ursa Minor, lo que sugiere que podría estar lejos del equilibrio virial. Por otro, se ha mostrado que la elevada dispersión de velocidades de Draco, no puede deberse a una orientación espacial peculiar, tal como otros colegas habían sugerido como sustituto de la materia oscura. El primer resultado, pone en duda la presencia de gran cantidad de materia oscura en Ursa Minor, pero el segundo refuerza su presencia en Draco. Contradicción que está en la línea de la tradicionalmente esquiva naturaleza de la materia oscura.

Se ha obtenido la primera medida de la velocidad radial de la galaxia Phoenix, mediante el telescopio VLT, confirmando que la nube de HI situada en sus proximidades está asociada a ella. Mediante comparación con modelos numéricos, se han propuesto dos escenarios para explicar esta asociación y evaluar su papel en la historia de la formación estelar de Phoenix. La mayor importancia de este resultado radica en que Phoenix es una galaxia esferoidal y que carece de gas en su interior. Se estaría observando por tanto el mecanismo por el que estas galaxias sufren periódicamente pequeños brotes de formación estelar sin mostrar, en general, rastros de gas.

Se ha establecido la presencia de estructuras subyacentes de población estelar vieja mucho más extensas que la población estelar joven. Esto podría abrir un nuevo camino en el contexto de las teorías de formación y evolución de galaxias enanas. Entre los resultados relevantes de 1999 ya hicimos referencia a este resultado que, sin embargo, se ha asentado con fuerza durante este año.

Mediante un estudio basado en las fluctuaciones de brillo superficial, se ha determinado por primera vez, en toda su extensión, la cantidad de cúmulos y su distribución en los sistemas de cúmulos globulares de varias galaxias elípticas de Coma. Es de señalar que los cúmulos globulares son completamente irresolubles a la distancia de Coma por lo que son indetectables mediante las técnicas habituales de tratamiento de imágenes.



## Evolución del Proyecto

### *Halos en galaxias enanas*

En colaboración con varios de nuestros colegas (grupos de trabajo de I. Karachentsev y C. Gallart), se ha avanzado en el estudio de la estructura de galaxias enanas, finalizando los artículos que teníamos en marcha en 1999 y planteando nuevos trabajos. (A. Aparicio, D. Martínez y S. Hidalgo).

En las galaxias anteriores, se ha establecido con mayor firmeza la presencia de estructuras subyacentes de población estelar vieja mucho más extensas que la población estelar joven. Esto podría abrir un nuevo camino en el contexto de las teorías de formación y evolución de galaxias enanas con las consecuencias que podría tener sobre los esquemas de formación de galaxias, si estamos en un Universo dominado por materia oscura fría en el que opera la formación jerarquizada de galaxias (en tal escenario, las galaxias enanas son las primeras en formarse). (A. Aparicio, D. Martínez y S. Hidalgo).

Se ha obtenido tiempo de observación con el telescopio espacial Hubble para estudiar una de estas galaxias (Phoenix). (A. Aparicio y D. Martínez).

En colaboración con C. Gallart y M.A. Gómez-Flechoso, se ha avanzado en el estudio de la galaxia enana de Phoenix, estableciendo su conexión con una nube de gas próxima, lo que aportará datos fundamentales para la caracterización del último *burst* de formación estelar en esta galaxia. (D. Martínez).

Se ha concluido la tesina de L. Ventura, que se presentó en la Univ. de Padua (Italia), sobre la galaxia enana de Sextans B. (A. Aparicio y L. Ventura).

Se ha iniciado la tesis de S. Hidalgo, sobre el estudio de las propiedades del Grupo Local, en relación a la distribución de propiedades de las galaxias enanas que lo habitan. (S. Hidalgo y A. Aparicio).

### Galaxias esferoidales

En colaboración con M.A. Gómez-Flechoso se ha detectado la presencia de «escombros», probablemente asociados a la galaxia esferoidal de Sagitario a 60° de su centro. Este resultado es, por ahora, el punto culminante de un proyecto que se inició hace 2 años para el rastreo de restos de esta galaxia a grandes distancias de su centro. No se había tenido éxito hasta ahora. El reciente resultado confirma que los restos de Sagitario, se extienden a lo largo de una órbita polar. Se sigue el rastreo de

estos restos que, junto con los de otras galaxias que ahora pueden estar completamente destruidas, pueden poblar el halo de la Vía Láctea. (D. Martínez, A. Aparicio y R. Carrera).

Se ha realizado un estudio a fondo estructural y de las poblaciones estelares de la galaxia esferoidal enana de Draco, descubriendo una posible extensión de marea y mostrando la imposibilidad de explicar su alta dispersión de velocidades mediante una orientación peculiar. (A. Aparicio, R. Carrera y D. Martínez).

En colaboración con M.A. Gómez-Flechoso se ha llevado a cabo un estudio extenso sobre la estructura a gran escala y la distribución de poblaciones estelares en la galaxia esferoidal de Ursa Minor, demostrando que se encuentra en un avanzado estado de destrucción por marea. (D. Martínez y A. Aparicio).

Se han iniciado nuevas colaboraciones para la búsqueda de posibles galaxias destruidas en las proximidades de cúmulos globulares jóvenes de nuestra Galaxia (para lo que se ha obtenido tiempo en los telescopio 2,2 m, en ESO y INT, del ORM) y para la búsqueda de variables en la corriente de marea de Sagitario (para lo que se ha obtenido tiempo en la cámara Schmidt QUEST, de Venezuela). (D. Martínez y A. Aparicio).

### *Cúmulos globulares y estructura del halo galáctico*

En colaboración con G. Piotto e I. Saviane se está trabajando en la extensión del estudio de la distribución de edades de los cúmulos globulares de la Vía Láctea. El resultado fundamental de esta línea surgió en 1999, cuando se mostró que la parte interna e intermedia del halo galáctico debió formarse mediante un proceso rápido, de menos de 1 Ga de duración, en contra de los resultados que circulaban en ese momento de que tal proceso debió durar más de 5 Ga. Se está trabajando en la extensión del estudio al halo externo, lo que, además, permitirá conectar con estudios propios sobre la destrucción de galaxias esferoidales satélites de la Vía Láctea. (A. Rosenberg y A. Aparicio).

Se ha iniciado una colaboración con C. Martínez Roger para el estudio de cúmulos abiertos viejos en la Vía Láctea y ya se han realizado las primeras observaciones. (A. Rosenberg y A. Aparicio).

Sistemas de cúmulos globulares en galaxias elípticas en medios de alta y baja densidad

Se ha concluido la puesta a punto de los algoritmos basados en fluctuaciones de brillo superficial para la obtención de las cantidades y distribución de

cúmulos globulares en galaxias en Coma. A la distancia de Coma (100 Mpc), los cúmulos globulares son irresolubles desde tierra. Esta imposibilidad hace que, hasta ahora se desconozcan los detalles sobre las poblaciones de cúmulos globulares en galaxias más allá de Virgo (10 Mpc), limitando drásticamente, en particular nuestra información sobre sistemas de cúmulos globulares en galaxias elípticas en medios de alta densidad, como es el centro de un cúmulo de galaxias rico. (A. Marin y A. Aparicio).

Mediante la aplicación del método de fluctuaciones de brillo superficial, se ha obtenido la cantidad y distribución de cúmulos globulares en 9 galaxias elípticas de Coma. Esto permitirá investigar las relaciones que unen las características de estos sistemas y las propiedades del medio en que se forman, relaciones mal conocidas y que pueden aportar una importante información sobre el proceso de formación de galaxias elípticas. (A. Marin y A. Aparicio).

*Varios*

Además de estas actividades el grupo ha desarrollado una página Web que ofrece información dirigida tanto al público general como a astrofísicos profesionales. En particular, se pone a disposición de los colegas la base de datos de fotometría de cúmulos globulares, la más extensa y autoconsistente de las existentes.

## **ESPECTROSCOPIA BIDIMENSIONAL CON FIBRAS OPTICAS DE GALAXIAS ACTIVAS (P4/94)**

**E. Mediavilla.**

**S. Arribas, J.A. Acosta Pulido, A. Monreal y V. Motta.**

**Colaboradores del IAC: L.M. Cairós y M. Rodríguez.**

B. García Lorenzo (ING, La Palma); L. Colina (IFCA, Santander); P. Felenbok (Obs. Paris-Meudon, Francia); R. Díaz y S. Lípari (OAC).

### **Introducción**

El objetivo último 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 conceptuados habitualmente como

activos (galaxias de tipo temprano y bulbos de espirales). También se están estudiando las propiedades de las galaxias infrarrojas ultraluminosas y de las galaxias compactas azules (BCD).

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 se han construido varios instrumentos que operan en los telescopios del ORM. En el marco de este Proyecto, se pretenden introducir nuevos desarrollos instrumentales, tales como la extensión al infrarrojo cercano, el uso de microlentes o el diseño de nuevos sistemas.

### **Algunos resultados relevantes**

Se ha observado emisión de alta ionización en la región circumnuclear de M31. Se han detectado varias regiones, nubes, dispuestas irregularmente alrededor del núcleo de M31 que habían pasado desapercibidas a estudios previos llevados a cabo con rendija-larga. Los cocientes de las líneas de emisión asociadas a estas nubes son compatibles con fotoionización por un AGN. De acuerdo con este resultado se ha propuesto que en el centro de M31 existe un núcleo activo de baja luminosidad.

El análisis morfológico y cinemático del sistema IRAS-12112+0305 sugiere que este objeto está formado por dos galaxias en interacción. Esta hipótesis se apoya en la existencia de varias componentes estelares desacopladas del gas ionizado.

### **Evolución del Proyecto**

Dentro del programa de estudio de galaxias infrarrojas ultraluminosas, este año se han llevado a cabo análisis morfológicos y de condiciones de ionización en los sistemas IRAS-14348-1447 e IRAS-15250+3609. En la componente estelar del sistema IRAS-14348-1447 se han detectado tres regiones alineadas. Dos de ellas probablemente corresponden a los núcleos de las galaxias en fusión que forman el sistema. La tercera se identifica en las imágenes de la WFPC2-I como un conjunto de pequeñas condensaciones. En la componente estelar de IRAS-15250+3609 se ha detectado un único núcleo muy brillante rodeado de otras estructuras de menor definición. Finalmente, el campo de velocidad de IRAS-12112+0305 es bastante irregular. Se está estudiando la posibilidad de que sea el resultado de la interacción de dos discos, cada uno de ellos rotando alrededor de uno de los núcleos de las galaxias en fusión que, supuestamente, forman este sistema.

En el programa de espectroscopía 2D de regiones centrales de galaxias, se ha completado el estudio de NGC 2992. Utilizando las distribuciones

superficiales de brillo y los campos de velocidad del gas ionizado y de las estrellas se ha analizado la posible relevancia de la interacción con la compañera y la actividad nuclear para explicar la cinemática en la región más interna de esta galaxia. Se ha detectado que parte del gas fluye radialmente. El origen de este flujo radial se ha identificado con la posición del núcleo activo escondido. Estos resultados serán enviados para su publicación. También serán publicados en el año 2001, los resultados de la tesis de C. del Burgo sobre la población estelar en M32.

En lo que respecta a la instrumentación, se ha mejorado el proceso de adquisición y examen de los datos durante las observaciones y se han dado los primeros pasos para la definición de un nuevo sistema de unidades de campo integral gemelas. El concepto básico de este nuevo sistema es la utilización simultánea de dos unidades integrales para obtener la PSF del sistema (u otra referencia, tal como el cielo o una estrella estándar). También se está participando activamente en el grupo OPTICON Euro3D que va a solicitar una RTN Europea en el año 2001 con la participación del IAC.

## **DISTRIBUCION Y DINAMICA DE POBLACIONES ESTELARES GAS Y POLVO, Y FORMACION ESTELAR EN GALAXIAS (P5/94)**

**J. Cepa Nogué.**

**T.J. Mahoney, F. Garzón, P.L. Hammersley, A. Cabrera Lavers, M. López Corredoira, B. Cedrés, M. Prieto, A. Vazdekis y A. Graham.**

M. Cohen (Univ. de Berkeley, EEUU); J.A.L. Aguerri (Univ. de Basilea, Suiza); E. Battaner (Univ. de Granada); A Robin (Obs. Besançon, Francia); O. Gerhard (Obs. de Basilea, Suiza).

### **Introducción**

El objetivo general del Proyecto es el estudio detallado de la estructura y dinámica de las galaxias cercanas, incluyendo la Vía Láctea, como base para emprender el estudio de su evolución. Como objetivos más específicos cabe destacar: llevar a cabo un estudio detallado de las componentes estructurales de galaxias discos, determinar la distribución espacial de sus masas, así como el potencial gravitatorio y, basándose en esta información desarrollar modelos dinámicos de las galaxias e investigar el origen de los distintos tipos de galaxias.

Dentro de la Vía Láctea, el proyecto de cartografiado IR del plano y bulbo galácticos se enmarca dentro de la investigación en Astrofísica observacional

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. Los catálogos profundos y extensos de cielo son una herramienta fundamental de partida para una amplia variedad de investigaciones posteriores. En particular, se está trabajando sobre poblaciones estelares específicas en el plano interno de la Vía Láctea. 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 interno, bulbo externo, disco, brazos espirales, etc.

Otro de los objetivos del Proyecto es el estudio de la formación estelar a gran escala en galaxias no peculiares de distintos tipos morfológicos: desde elípticas y lenticulares hasta espirales. Se pretenden delimitar los posibles mecanismos que desencadenan la formación estelar en los distintos tipos, y las características de la misma: función inicial de masas, densidades umbral de formación estelar, etc. Actualmente la investigación se concentra en los brazos de galaxias espirales.

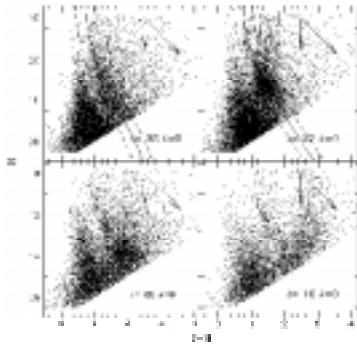
### **Algunos resultados relevantes**

Se han encontrado correlaciones entre parámetros estructurales de un conjunto de galaxias espirales que apoyan: la existencia de un disco cuyo grosor óptico aumenta hacia el centro de cada galaxia, una población más vieja del bulbo más extensa que la más joven, así como la existencia real de una secuencia de Hubble para las galaxias disco.

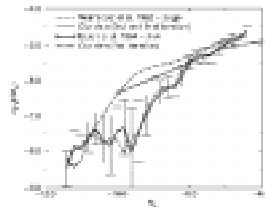
La existencia de lo que dentro del Proyecto se ha dado en denominar tentativamente efecto "iceberg" para los bulbos de las galaxias tardías. Esto es, la densidad estelar en las galaxias tardías es más baja que en las tempranas, mientras que el tamaño de los bulbos es esencialmente el mismo. Este resultado está basado en que sobre la media y especialmente en la banda K, la razón de los tamaños entre el bulbo y el disco es muy independiente del tipo de Hubble. Esto puede ocurrir si los bulbos de las galaxias espirales tipo tardío, están "sumergidos" en el disco en comparación con los bulbos de las tempranas.

Estudio de la geometría y contenido estelar de la barra central de la Galaxia. Mediante el uso de diagramas de color obtenidos a partir de observaciones con CAIN, se puede identificar la presencia de grupos estelares y seguir su distribución espacial a lo largo de varias líneas de visión. En la

Figura 1, se observa la acumulación en  $\lambda=27^\circ$ , alrededor de (1.4,13.5) para los índices de color, que se desplaza hacia el rojo en  $\lambda=20^\circ$  y  $10^\circ$ , indicando una estructura que se aleja de nosotros: la barra.



Se ha determinado directamente la parte brillante de la función de luminosidad del bulbo, a partir de la medida directa de su contenido estelar, separado del disco, obteniendo un claro defecto de fuentes brillantes en relación al disco lo que se interpreta como un signo de juventud.



Se han estudiado las regiones de formación estelar de galaxias espirales NGC 5457, de brazos bien definidos, y NGC 4395, de brazos mal trazados, hallando que la primera presenta un acusado gradiente de metalicidad, ya detectado por otros autores, mientras que la segunda no presenta gradiente alguno. Una recopilación de datos de la literatura parece apoyar dicha tendencia, que podría indicar que los brazos espirales podrían ser los responsables de dicho gradiente.

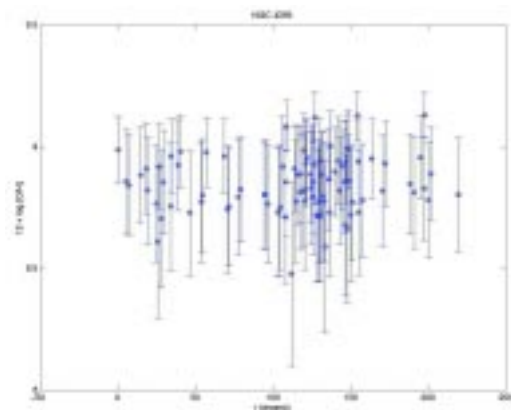
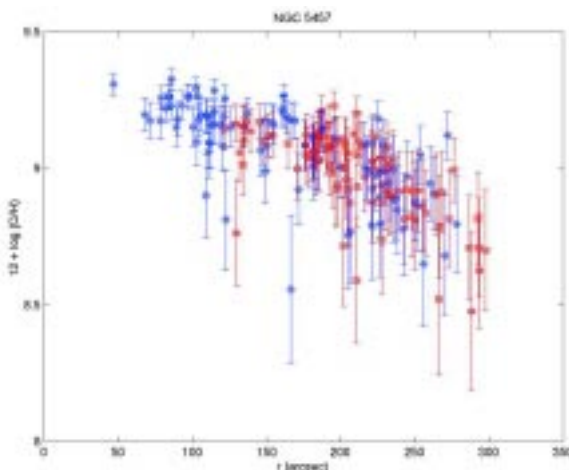
## Evolución del Proyecto

Se han completado casi todas las fases previstas al inicio del Proyecto: observaciones ópticas e IR de una muestra de galaxias disco; desarrollo de las técnicas básicas para el estudio bi y tridimensional de componentes estructurales galácticas a partir de la fotometría; elaboración de códigos para la obtención de los potenciales gravitatorios y los campos de fuerzas en las galaxias; manejo de códigos hidrodinámicos para la construcción de modelos dinámicos.

En el apartado de la estructura estelar detallada a gran escala de la Galaxia, se ha continuado con la utilización a gran escala de la cámara CAIN con la óptica de gran campo. Esto está proporcionando mapas multibanda de poblaciones estelares con resolución y sensibilidad sin precedentes. Por otra parte, se ha continuado el análisis del catálogo TMGS y su correlación con la base de datos DENIS. En parte de estos análisis se ha utilizado el modelo SKY, que se está perfeccionando con ayuda de los datos obtenidos. La colaboración con M. Cohen se ha mantenido en vigor a lo largo de todo el año.

Se han iniciado dos nuevas colaboraciones: con el grupo de A. Robin, destinada a la realización de modelos de distribución estelar a partir de datos DENIS y CAIN; y con O. Gerhard, sobre dinámica de las componentes centrales de la Galaxia.

Finalmente, se han reducido y analizado las imágenes obtenidas en el Obs. de Calar Alto (Almería) y en el ORM. A partir de dichas imágenes se han construido catálogos de las regiones de formación estelar en las líneas de emisión H $\alpha$ , H $\beta$ , [OII], [OIII], [SII] y [SIII]. Estos catálogos han permitido obtener las correcciones de extinción para todas las líneas, la metalicidad y el parámetro de dureza de la radiación ionizante, todas estas cantidades distinguiendo entre regiones de los brazos y del disco interbrazos. Todavía se están analizando los resultados, no parece que existan diferencias significativas entre brazo y disco ni tampoco en función del grado de definición de los brazos espirales, con excepción de lo señalado en los Resultados Relevantes relativo a la posible influencia de los brazos espirales en la formación de gradientes de metalicidad en el disco.





# COSMOS: EVOLUCION COSMOLOGICA DE GALAXIAS (P5/00)

**M. Balcells.**

**J. Cepa Nogué, M. Prieto, D. Cristóbal Hornillos,  
P. Erwin, A. Graham y C. Muñoz-Tuñón.**

**Colaboradores del IAC: J.A. Acosta Pulido, A.  
Vazdekis, L. Domínguez y E. Joliet.**

R. Guzmán (Univ. de Yale - Univ. de Florida, EEUU);  
J. Gallego, N. Cardiel, J. Gorgas, J. Zamorano, E.  
García-Davó, G. de Paz y A. Serrano (Univ.  
Complutense de Madrid); R. Pelló (LAOMP, Francia);  
R.F. Peletier, J. Falcón (Univ. de Nottingham, Reino  
Unido); D. Carter (Univ. de Liverpool, Reino Unido);  
J.A.L. Aguerri (Univ. de Basilea, Suiza); M. Mas  
(LAEFF/INTA, Madrid); J. van Gorkom (Univ. de  
Columbia, EEUU); R. Sancisi (Univ. de Bolonia,  
Italia); C. González (Univ. de Groningen, Países  
Bajos); C. del Burgo (MPIA, Alemania).

## Introducción

El Proyecto COSMOS articula varias líneas de investigación en estructura y evolución de galaxias, que cubren estudios de muestras de galaxias a alto corrimiento al rojo, así como el estudio de la estructura y la dinámica de galaxias en el Universo Local. El Proyecto recoge líneas de investigación existentes en el IAC en años anteriores, así como colaboraciones externas, que convergen para conformar una eficaz preparación para la explotación científica del instrumento EMIR. EMIR es una cámara-espectrógrafo multirendija criogénica en el infrarrojo cercano para el telescopio GTC, actualmente en fase de diseño. El Consorcio EMIR, liderado por el IAC y que engloba a la Univ. Complutense de Madrid, al INTA, la Univ. de Toulouse (Francia) y la Univ. de Durham (Reino Unido), lleva a cabo el diseño de EMIR. El Proyecto COSMOS agrupa a los científicos que llevaron a cabo la definición del EMIR, y constituye el equipo científico del instrumento. Por este motivo el equipo COSMOS mantiene un vínculo estrecho con el Proyecto instrumental EMIR.

El objetivo científico central de COSMOS es el estudio de galaxias débiles a alto corrimiento al rojo a niveles de profundidad no alcanzables con telescopios de 4 m, y el diseño de EMIR deriva directamente de esta prerrogativa. Por su capacidad de realizar espectroscopía multiobjeto en el rango infrarrojo cercano, en particular en la banda K de 2.2 m, EMIR estará idealmente capacitado para estudios de las propiedades físicas de grandes muestras de galaxias a corrimientos al rojo  $z > 2$ , para las que su emisión visible intrínseca se observa desplazada a la banda K.

Algunas de las preguntas fundamentales que se plantean son:

- ¿Cuál es la naturaleza de las galaxias observadas con corrimientos al rojo  $z \sim 2-3$ ?
- ¿Tienen contrapartidas locales?
- ¿Cuáles son sus luminosidades, tamaños, colores?
- ¿Qué parte de la función de luminosidad de galaxias describen?
- ¿Qué conexión evolutiva pueden tener con galaxias locales, es decir, evolucionan hacia objetos pasivos tipo enanas, o hacia bulbos de galaxias espirales?
- ¿Representan una clase específica de objetos, mayormente extinguida en el Universo Local, o bien representan una o diversas fases evolutivas en la construcción de las galaxias actuales?
- ¿Cuál es su contribución a la tasa de formación estelar del Universo?
- ¿Cómo evoluciona la tasa de fusiones galácticas con el corrimiento al rojo, para este tipo de objetos?

Para abordar estas preguntas, el Proyecto estudia mayoritariamente dos clases de objetos. En primer lugar, galaxias luminosas compactas azules (LBCGs) tales como las observadas en el HDF, pero seleccionadas, con criterios homogéneos, a corrimientos al rojo entre 0 y 3. En segundo lugar, estudia bulbos de galaxias a corrimientos al rojo intermedios, y bulbos de muestras locales, con el fin de poner límites a los caminos evolutivos que conectan estos tipos de objetos.

El equipo mantiene líneas de trabajo en muestras locales de galaxias, que son complementarias a los estudios a alto  $z$ . A. Graham, M. Prieto y M. Balcells, analizan correlaciones en las propiedades globales de galaxias espirales. M. Balcells colabora con R.F. Peletier y J. Falcón en el estudio del Plano Fundamental de bulbos y mantiene colaboraciones con los D. Carter, J. van Gorkom y R. Sancisi para el estudio de galaxias con conchas.

Finalmente, el equipo mantiene una línea de estudio teórica, que se centra en estudios de la dinámica de fusión de galaxias basados en simulaciones a N cuerpos. M. Balcells, J.A.L. Aguerri y R.F. Peletier estudian los efectos de la fusión de satélites en la estructura de los bulbos de galaxias espirales. M. Balcells colabora con C. González y van Albada en el estudio de los efectos de fusiones galácticas en el Plano Fundamental de elípticas.

## Algunos resultados relevantes

Definición del muestreo COSMOS: el equipo ha definido las características del muestreo COSMOS en campo y profundidad, desarrollando para ello herramientas de cálculo de correcciones K y correcciones evolutivas.

El Proyecto inició las campañas de observación del muestreo COSMOS, por un total de 9 noches en los telescopios WHT (cámara infrarroja INGRID) y CAHA 3.5 m (cámara OMEGA Prime). Se cubrieron en total  $\sim 700$  arcmin<sup>2</sup> de cielo a una profundidad de  $K_s \sim 21$  mag/arcsec<sup>2</sup>. Los primeros resultados han sido presentados en la III Reunión Científica de la SEA (Santiago de Compostela).

M. Balcells, J.A.L. Aguerri y R.F. Peletier han publicado los resultados del estudio de crecimiento de bulbos galácticos por acreción de satélites. Usando simulaciones a  $N$  cuerpos, han demostrado que si un bulbo tiene un perfil de brillo de forma exponencial, al sufrir la acreción de un satélite denso su perfil de brillo queda transformado hacia un tipo  $r^{1/4}$ . La transformación es el resultado de la deposición de material del satélite, así como de la absorción por parte del bulbo de la energía y momento angular del satélite.

## Evolución del Proyecto

### *Muestreo profundo en $K_s$*

El equipo ha elaborado la definición de las características fundamentales del muestreo COSMOS, que debe proporcionar la base de datos para el estudio de galaxias con formación estelar a alto  $z$ . Para ello, se han tomado las características intrínsecas de las galaxias a estudiar ( $M_b < -21$ ,  $R_{\text{eff}} \sim 1-4$  kpc, densidad de fuentes  $\sim 10^4$  por grado cuadrado) y se han desarrollado herramientas para el cómputo de correcciones  $K$  y correcciones evolutivas. Con ellas, se ha determinado que un muestreo a magnitud límite  $K_s=21$  permitirá detectar galaxias luminosas compactas azules (LBCGs) hasta un corrimiento al rojo de  $z \sim 2.5$ . El área de cielo a cubrir se aproxima a un grado cuadrado.

Las observaciones del muestreo COSMOS se han iniciado usando asignaciones de los Comités de Asignación de Tiempo Español para los telescopios del ORM y Calar Alto (Almería). Durante este año se han realizado dos campañas utilizando INGRID en el telescopio WHT y una campaña usando Omega Prime en el 3.5 m de CAHA, cubriéndose un área total superior a 700 minutos cuadrados. M. Prieto y D. Cristóbal realizaron una estancia de trabajo en la Univ. de Yale, EEUU, para trabajar con R. Guzmán y J. Lowenthal en la adopción de algoritmos optimizados de reducción de muestreos de imagen infrarroja desarrollados para el *Hubble Deep Field* infrarrojo. A partir de los datos reducidos, la confección de catálogos de fuentes infrarrojas y su correlación con correspondientes catálogos ópticos ha demostrado la calidad de los datos en profundidad y en condiciones de *seeing*. Estos datos formarán parte central de las tesis doctorales de D. Cristóbal (IAC) y de A. Serrano (Univ. Complutense de Madrid).

En colaboración con R. Pelló, D. Cristóbal y R. Guzmán han realizado simulaciones para la determinación de la precisión de los corrimientos al rojo fotométricos en función del número de bandas.

### *Bulbos de galaxias espirales*

M. Balcells, en colaboración con J.A.L. Aguerri y R.F. Peletier, ha concluido el estudio sobre los efectos de la acreción de satélites en la forma del perfil de brillo de los bulbos de galaxias de disco. Trabajos anteriores del grupo habían demostrado la existencia de una relación entre la forma del perfil de brillo del bulbo y la relación bulbo-disco, o el tipo morfológico, de la galaxia: bulbos pequeños tienen perfil de brillo exponencial, mientras que los bulbos más luminosos en tipos tempranos tienden a un perfil de brillo tipo  $r^{1/4}$ . El trabajo, basado en simulaciones a  $N$  cuerpos de fusión de galaxias, estudia la hipótesis de que, si los bulbos son exponenciales en un principio, y crecen por acreción de satélites, su perfil de brillo evoluciona progresivamente hacia perfiles de forma  $r^{1/n}$ , con  $n > 1$ . Los modelos demuestran que el la transformación es muy eficiente. Esto indica, en primer lugar, que la relación observada entre cociente bulbo-disco y forma del perfil de brillo del bulbo podría ser el reflejo de un crecimiento del bulbo por acreción de satélites; y en segundo lugar, que la detección de un perfil exponencial en un bulbo es indicativa de la ausencia de procesos de acreción de satélites en el bulbo.

A. Graham, en colaboración con M. Prieto, ha proseguido el estudio sobre las propiedades sistemáticas del perfil de brillo superficial de galaxias cercanas, y de su descomposición en componentes de disco y bulbo, usando muestras extensas de galaxias con fotometría superficial como las de R.F. Peletier y M. Balcells (espirales tempranas), de Jong (espirales vistas de cara) y de Blok (espirales de bajo brillo superficial). Usando perfiles de Sérsic  $r^{1/n}$  para ajustar el brillo del bulbo, ha determinado la relación entre longitudes de escala del bulbo y del disco, encontrando que esta relación es independiente del tipo morfológico de la galaxia. Concluye que los tipos morfológicos tardíos no corresponden a bulbos más pequeños sino a bulbos con brillo superficial medio menor, lo que les hace menos conspicuos en relación al disco. Esta explicación de los tipos morfológicos ha sido descrita con el término "modelo iceberg". A. Graham ha estudiado, asimismo, la relación entre el tipo morfológico de una galaxia, o su relación bulbo-disco, con el índice  $n$  del ajuste a una ley de Sérsic, extendiendo la relación ya conocida en estudios previos hacia tipos morfológicos más tardíos que  $Sc$ . La inclusión de estos tipos hace la relación todavía más robusta, sugiriendo que esta correlación contiene información fundamental sobre el proceso de formación de bulbos.

A. Graham, en colaboración con M. Balcells, ha estudiado el grado de transparencia de los discos de galaxias espirales tempranas, en base a la comparación entre brillos superficiales centrales de los discos en muestras seleccionadas bien por ser inclinadas, bien por ser vistas de cara, y observadas a longitudes de onda visibles y en el infrarrojo cercano.

Estos estudios tienen aplicaciones de gran interés en la interpretación de muestras de galaxias a alto  $z$ .

#### *Galaxias en interacción*

M. Balcells, en colaboración con R. Sancisi, J. van Gorkom y C. del Burgo, ha continuado el estudio de la galaxia NGC 3656, un prototipo de galaxia en estado de fusión. Usando el haz de fibras INTEGRAL en el telescopio WHT, ha determinado, por primera vez, la velocidad de las estrellas en una concha de una galaxia elíptica. Esta galaxia alberga un disco de hidrógeno neutro y molecular que ha sido estudiado en detalle utilizando el VLA. El análisis de los datos revela que las estrellas de la concha y el gas neutro tienen una velocidad similar, indicativa de asociación dinámica del gas y la concha.

#### *Proyectos Instrumentales*

Durante la primera mitad del año, M. Balcells fue Investigador Principal del Proyecto EMIR de construcción de un espectrógrafo multiobjeto infrarrojo para el telescopio GTC. Durante este tiempo, el equipo científico de EMIR, formado por personal del Proyecto COSMOS, llevó a cabo las tareas de seguimiento propias de un equipo científico de un instrumento. M. Balcells, J. Gallego, R. Pelló, R.F. Peletier y A. Aragón-Salamanca concluyeron la definición de requisitos del software de control del instrumento en colaboración con el equipo de control del Proyecto EMIR. M. Prieto, R. Pelló, R. Guzmán y M. Balcells completaron una versión actualizada del simulador de EMIR, en el que las prestaciones científicas del instrumento se simulaban en base a las características del diseño preliminar de la óptica de EMIR.

M. Balcells y M. Prieto participaron en las reuniones para la formación del Consorcio EMIR que tuvieron lugar en el IAC en los meses de septiembre y noviembre.

M. Balcells ha participado en un estudio de pre-fase A financiado por la ESA para un espectrógrafo multiobjeto para el NGST. Este estudio, liderado por D. Burgarella (Obs. de Marsella, Francia), está basado en la tecnología MEMS y tiene como principal socio industrial a la empresa Alcatel. Está previsto un segundo estudio para el año 2001.

## **OSIRIS THRONE (CLUSTER REDSHIFT SURVEY OF EMISSION LINE OBJECTS) (P6/00)**

**J. Cepa Nogué.**

**H.O. Castañeda, A. Vazdekis, B. Cedrés, A. Graham, M. Balcells, M. Prieto, C. Muñoz-Tuñón e I. González Serrano.**

**Colaboradores del IAC: I. Trujillo y C.M. Gutiérrez.**

J.A.L. Aguerri (Univ. de Basilea, Suiza); I. González Serrano (IFCA, Santander); J. Bland-Hawthorn (Anglo-Australian Obs., Australia); B. Vila Vilaró (Steward Obs., EEUU); H.O. Castañeda (UNAM, México); O. López (INAOE/Univ. de Guanajuato, México); S. del Río (INAOE, México); M. Sánchez (VILSPA, Madrid).

### **Introducción**

El presente Proyecto tiene como objetivo fundamental desarrollar las actividades preparatorias necesarias para llevar a cabo la explotación científica del instrumento OSIRIS en el telescopio GTC. Es decir, la explotación de OSIRIS es un objetivo a largo plazo que precisa de unas actividades preparatorias en otros instrumentos y telescopios. Dichas actividades preparatorias son los objetivos a corto plazo a cumplir con este Proyecto.

El objetivo científico general perseguido es el estudio de la evolución de los cúmulos de galaxias en función de su desplazamiento al rojo. Se pretende analizar una muestra estadísticamente significativa de cúmulos de distintos tipos, irregulares, concentrados, etc. El estudio se centrará en propiedades tales como tipos morfológicos, poblaciones, formación estelar, y cinemática interna del cúmulo. Todas estas cantidades pueden variar, además, en función del tipo de cúmulo y la posición de la galaxia dentro del mismo. Los estudios realizados hasta ahora, como por ejemplo la distribución y población de tipos morfológicos en función del tipo de cúmulo o la velocidad de dispersión de miembros de los cúmulos, se limitan, mayoritariamente a un desplazamiento al rojo menor que 0.5. En estas primeras etapas iniciales del Proyecto pretendemos sentar las bases de lo que en el futuro será un estudio más amplio y ambicioso, a un desplazamiento al rojo mayor, utilizando la instrumentación disponible en el telescopio GTC y en el futuro observatorio espacial infrarrojo Herschel, entre otros.

## **Evolución del Proyecto**

Durante este año se han llevado a cabo dos reuniones generales del equipo científico de OSIRIS y a principios de 2001 se celebrará la tercera. A raíz de estas reuniones se ha procedido a la definición del programa científico del instrumento y de las condiciones y estatutos del mismo.

Asimismo, se han definido en gran manera las estrategias a seguir para la selección y observación de cúmulos y para la obtención de los datos, así como las colaboraciones internacionales necesarias y la composición de los miembros del Proyecto. Ello cumple parte de los objetivos que se propusieron para el 2000, aunque de forma parcial.

La formación del equipo científico y las tareas instrumentales de los integrantes más relevantes han impedido en gran manera la consecución de la mayoría de los objetivos que se propusieron para el 2000. Se espera en el año 2001 se pueda avanzar más eficientemente en la definición del Proyecto con la incorporación de dos post-docs al Proyecto.

## **DISTRIBUCION ENERGETICA, CON ALTA RESOLUCION ESPACIAL, DE FUENTES EN EL IR CERCANO Y MEDIO (P9/00)**

**M.R. Kidger.**

**J.M. Rodríguez Espinosa y P.L. Hammersley.**

**Colaboradores del IAC: J.N. González Pérez y J. Licandro.**

C. Telesco y C. Packham (Univ. de Florida, EEUU); M. Cohen (Univ. de Berkeley, EEUU); F. Martín Luis (Univ. de La Laguna); V. Piirola (NOT, La Palma); M. Manteiga y O. Suárez (Univ. A Coruña).

### **Introducción**

Este es un Proyecto de apoyo al instrumento de primera luz del telescopio GTC denominado Canari-Cam o "Can-Cam". Uno de los grandes inconvenientes que se ha encontrado con los nuevos instrumentos del infrarrojo medio (aunque este problema se extiende hasta el visible), es la poca cobertura del cielo en cuanto a las estrellas de calibración. De hecho, este impedimento constituye un problema importante en las observaciones en 10 y 20 micras realizadas con el telescopio Keck. No

sólo existe una densidad muy baja de estrellas de calibración en el cielo, sino que también las estrellas de calibración existentes son de hasta 8 órdenes de magnitud más brillantes que las fuentes que deben calibrar. Existe una gran dificultad a la hora de calibrar los datos ya que la mayoría de las estrellas de calibración existentes saturan el instrumento. El objetivo de este Proyecto es desarrollar una red de estrellas de calibración aptas para las observaciones con Can-Cam en el telescopio GTC. Si no se puede resolver este problema existirá el peligro de reducir seriamente la productividad científica del telescopio ya que la calibración de los datos será extremadamente difícil y poco eficiente.

### **Algunos resultados relevantes**

Selección de una muestra de casi 8.000 estrellas aptas para ser estrellas de calibración para el infrarrojo cercano y medio aplicando el método de los "espectros tipo".

Observación de una muestra importante de estas 8.000 estrellas en el IR con el telescopio TCS (el programa continúa).

Observación espectroscópica, con el telescopio INT, de una muestra de 80 estrellas del catálogo Landolt de tipo espectral A y K para identificar estrellas aptas para la aplicación del método de los espectros tipo (espectros de clase AV y KIII).

Calibración de 373 estrellas (tras rechazar las estrellas no aptas) en 26 campos de cúasar en (U)BVRIJHK. Esta muestra consiste en un total de 34.712 medidas (12.436 en el visible y 22.276 en el infrarrojo) con una magnitud mediana de las estrellas de  $V=16.1-4$  magnitudes más débil que la mediana de la muestra de Landolt.

Selección de una muestra de 700 estrellas cercanas de tipo espectral temprana, con magnitudes comprendidas entre  $V=4$  y  $V=10$  aptas para ser estrellas de calibración polarimétrica (estrellas de polarización cero).

Se ha preparado una rutina que se ha probado con datos de archivo con resultados satisfactorios para la clasificación automática de los espectros del telescopio INT en colaboración con M. Manteiga y O. Suárez.

### **Evolución del Proyecto**

Este es un Proyecto nuevo que se presentó por vez primera este año.

# ESTRUCTURA DE LAS ESTRELLAS Y SU EVOLUCION

## CUMULOS ESTELARES (P11/86)

C. Martínez Roger.  
A. Rosenberg, A. Alonso y S. Arribas.

S. Arribas (STScI, EEUU); O. Straniero (Obs. de Collurania, Italia); M. Salaris (Obs. de Capodimonte, Italia); G. Carraro (Univ. de Padua, Italia).

### Introducción

Nuestra galaxia se puede dividir en tres componentes principales: halo, disco y núcleo. En la primera fase de nuestro Proyecto (A. Aparicio, A. Rosenberg y colaboradores IAC del Proyecto 3/94) se ha estudiado la formación del halo interno, y en base a las edades relativas de los cúmulos globulares, se ha llegado a la conclusión de que éste se formó, mayoritariamente, en un proceso rápido, que tomó menos del 5% del tiempo de vida de la Galaxia. A pesar de que todos los cúmulos de metalicidad baja y muy baja son viejos y coetáneos, existen indudablemente cúmulos jóvenes, a metalicidades intermedias, que podrán ser el resultado de las colisiones entre galaxias del Grupo Local (formación *in situ*), o bien haberse formado en éstas y haber quedado capturados por el pozo de potencial de la Vía Láctea. Además se ha encontrado, aunque de forma dependiente de los modelos teóricos, que los cúmulos más ricos en metales resultan ser un ~20% más jóvenes que el resto (A. Rosenberg et al.). Resulta interesante que parte de estos cúmulos sean habitualmente asociados al disco galáctico. Atendiendo a la distribución galactocéntrica de las edades de los cúmulos, vemos que, a excepción de los ricos en metales, situados en los primeros 8 Kpc de la Galaxia, la dispersión en edades aumenta con la distancia al centro galáctico. Esto nos lleva a plantearnos si el modelo monolítico de formación de la Galaxia sería válido para el halo externo o no, y pasamos a la segunda parte de este Proyecto: los cúmulos del halo externo (estudio en curso Proyecto 3/94).

Se pretende extender el estudio al disco Galáctico, tratando de determinar cuándo y cómo se formó éste, y cómo se relaciona su formación con las demás componentes de la Galaxia. El conocimiento de la formación y evolución del disco es fundamental para llegar a un modelo global de cómo se formó la Vía Láctea, y por extensión, cómo se forman las galaxias de tipo espiral.

El motivo de que no se haya realizado este tipo de estudio con anterioridad es la gran inhomogeneidad de los datos, que hacen imposible un estudio sólido y consistente de la problemática. Para llevarlo a cabo, se propone realizar un catálogo muy amplio (54 cúmulos abiertos que representan el 80% de todos los conocidos) similar al ya realizado para los cúmulos globulares del halo interno (A. Rosenberg et al.). Tres eran, y siguen siendo, las claves de este catálogo: (1) su homogeneidad (sólo dos telescopios, INT y JKT); (2) el gran número de objetos observados (80% de todos los conocidos) y (3) su completitud (esta vez en dos sentidos): (a) obteniendo, mediante exposiciones cortas y largas, diagramas color-magnitud altamente lineales, que cubran todo el rango posible de estrellas, desde las más brillantes de la Rama de Gigantes (RGB), hasta las más débiles de la secuencia principal, y (b) realizando una cobertura espacial total obteniendo de esta forma un censo completo de las estrellas de los cúmulos.

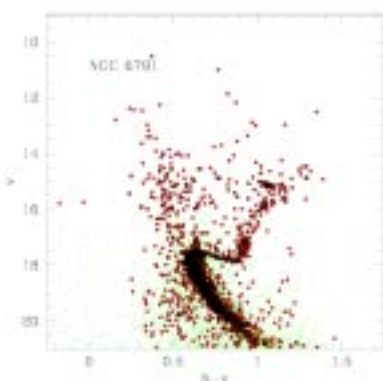
A partir de este catálogo se podrá determinar la masa, distancia, edad, enrojecimiento de que se ve afectado, y función de luminosidad. Las correlaciones entre la edad, disposición en el disco, metalicidad y función de luminosidad nos darán pistas muy valiosas de como se formó el disco Galáctico. Este catálogo tendrá además un gran número de posibilidades que se explotarán. Entre las más importantes se deben destacar la posibilidad de estudiar las masas de los cúmulos abiertos viejos, en base a las funciones de luminosidad y perfiles dinámicos; sus funciones de masa actual e inicial y la relación de éstas con las edades y posiciones en la Galaxia, segregación de masa y pérdida de las estrellas de menor masa en estos objetos; estudiar las binarias y las *blue stragglers*, cuya proporción en estos objetos es muy elevada; usar esta base de datos homogénea para refinar y ajustar los modelos teóricos, estudiar el problema de *over-shooting* en los modelos teóricos para estrellas de masa entre 1 y 2.2 masas solares.

Por otra parte, se continúa con el estudio de la escala de temperaturas efectivas estelares: Las calibraciones empíricas de la escala de las temperaturas efectivas son relevantes en las siguientes áreas de la Física Estelar: a) el análisis del comportamiento global de los modelos de atmósferas; b) la interpretación del diagrama HR observado (por ejemplo V:(B-V) en términos de las isocronas teóricas (L:Teff); c) la determinación de abundancias químicas a partir de análisis espectroscópicos; y d) la síntesis de color de poblaciones estelares. Se ha concluido la calibración para las estrellas de la secuencia principal y gigantes rojas, y publicado una aplicación sobre los radios de las gigantes rojas.

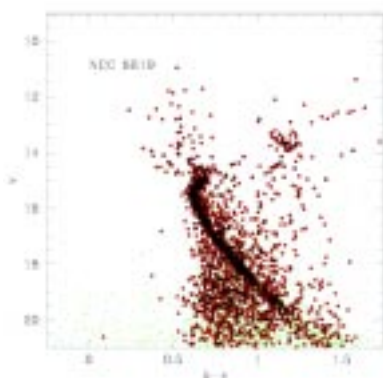
## Algunos resultados relevantes

En el tema de los cúmulos abiertos, se ha preparado el catálogo de objetos a observar (80% de todos los cúmulos abiertos viejos conocidos), se han realizado las peticiones de tiempo al CAT y se han comenzado las observaciones. Resumiendo se han observado 15 objetos en el telescopio INT (60% de la muestra) en 3 noches y 8 en el telescopio JKT (30% de la muestra) en 2 noches útiles de 7 obtenidas del CAT. Las calibraciones se están realizando con el telescopio IAC-80. Se han utilizado 5 noches para calibrar 36 cúmulos de los observados en los otros telescopios. Para el primer semestre de 2001 se dispone de 5 noches del telescopio JKT para completar la muestra.

La escala de temperaturas efectivas está teniendo un amplio impacto en la comunidad como se refleja en el aumento del número de citaciones que están recibiendo nuestros artículos.



Diagramas color-magnitud de los cúmulos NGC 6791 y NGC 6819 (no calibrados), parte de la muestra de cúmulos abiertos observada en el telescopio INT.



## Evolución del Proyecto

Se ha finalizado la primera parte del estudio "Formación y Evolución de la Vía Láctea (I): el halo interno" y se está trabajando en el halo externo. Se continuará con esta línea de investigación. Para ello

se estudiará el Disco Galáctico, otro de sus componentes principales, haciendo uso de los cúmulos abiertos viejos. Se propone realizar un catálogo homogéneo como el obtenido anteriormente para los cúmulos globulares del halo interno (A. Rosenberg et al.) realizando fotometría de 54 cúmulos abiertos viejos, que serían observados con la WFC del telescopio INT o la CCD del telescopio JKT, dependiendo de sus diámetros aparentes. De sus diagramas color-magnitud se obtendrán sus masas, edades, distancias, enrojecimientos, funciones de luminosidad, etc., cuyas correlaciones permitirán obtener importantes pistas de cómo se formó y evolucionó el disco galáctico, de forma similar a lo realizado anteriormente en el halo interno.

## ESTRELLAS BINARIAS (P7/88)

C. Lázaro Hernández.

M.J. Arévalo, P. Rodríguez Gil, I.G. Martínez-Pais, J. Casares y T. Shahbaz.

P. Hakala (Univ. de Turku, Finlandia); E.L. Robinson, C. Allende Prieto (Univ. de Texas, Austin, EEUU); R. Díaz y M. Villada, (Obs. Univ. de Córdoba, Argentina); D. Steeghs (Univ. de Southampton, Reino Unido); A. Retter (Univ. de Keele, Reino Unido); J.E. Solheim, J.M. González (Univ. de Tromso, Noruega); J. Schultz (Univ. de Helsinki, Finlandia).

## Introducción

El estudio de las estrellas binarias es una parte esencial de la Astrofísica Estelar. Es sabido que la mayoría de estrellas parecen formarse en sistemas dobles o múltiples, y las binarias juegan un papel fundamental en la determinación de parámetros estelares absolutos, y en la comprensión de una variedad de procesos físicos como son la actividad estelar o los procesos de acrecimiento de materia, que determinan las características observacionales y la evolución de muchos de los sistemas binarios.

El Proyecto se centra en tres líneas de trabajo:

El estudio espectroscópico, y en menor medida también fotométrico, de sistemas de Variables Cataclísmicas, para identificar el origen de sus emisiones y las estructuras de acrecimiento que se forman en estas binarias interactivas.

El estudio de la actividad estelar en binarias particularmente activas, como son los sistemas RS CVn de periodo corto, mediante observaciones fotométricas y espectroscópicas con resolución orbital.

La determinación de parámetros estelares absolutos en sistemas tipo Algol, mediante curvas de luz en IR, que también pueden aportar información sobre fenómenos de actividad y transferencia de masa en estas binarias.

### Algunos resultados relevantes

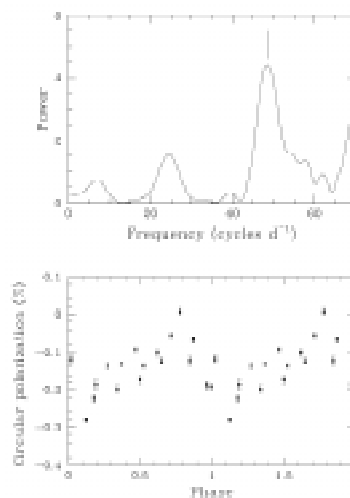
#### Primera evidencia de acrecimiento magnético en un sistema SW Sextantis

Otro de los debates más importantes y actuales sobre la naturaleza de las VCs de tipo SW Sextantis versa sobre la presencia o no de una enana blanca magnética en estos sistemas. Otras VCs con enanas blancas magnéticas, componen la clase "Polares Intermedias (PIs)". En ellas, el disco de acrecimiento no puede ir más allá del radio de Alfvén de la magnetosfera de la enana blanca en su camino hacia ella. En este escenario, el material del disco llega hasta la enana blanca siguiendo las líneas de campo, formando lo que denominamos "conjunto cortina-columna de acrecimiento".

Se ha descubierto polarización circular variable en LS Peg, modulada con un periodo de 29.6 minutos y cuya amplitud es de un 0.3% (Figura 1). Este periodo lo asociamos al periodo de rotación de la enana blanca (EB) magnética que contiene el sistema. También se ha observado una modulación en la anchura equivalente del ala azul de la línea de emisión H $\beta$  (Figura 2), con un periodo de 33.5 minutos (Figura 3). La diferencia entre la frecuencia correspondiente a cada uno de los periodos coincide justamente la frecuencia orbital del sistema. Por tanto, se relaciona el periodo más largo con el periodo de batido (i.e. sinódico) entre el de rotación de la EB y el orbital. Esta relación se observa en la mayoría de las PIs. En base a esto y a otras evidencias con las que se cuenta, se ha propuesto un nuevo modelo en el que el chorro de gas proveniente de la estrella secundaria sobrepasa el disco de acrecimiento tras un primer impacto con el mismo, para más tarde chocar contra la magnetosfera de la EB que, en base a las teorías actuales de acrecimiento magnético, que se supone se extiende hasta el radio de corrotación (donde la velocidad angular de la EB y la velocidad angular Kepleriana del disco coinciden). La luz circularmente polarizada proviene del continuo,

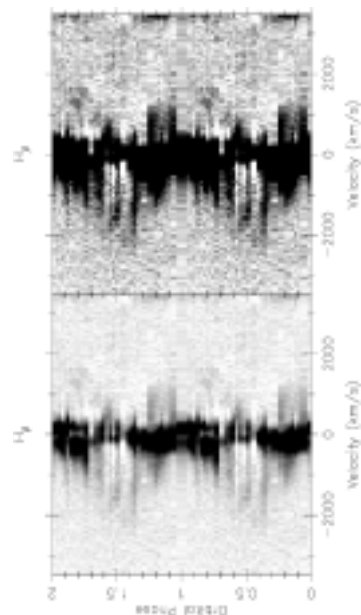
lo que está de acuerdo con emisión ciclotrón localizada en la columna de acrecimiento, cerca de la superficie de la EB. A partir de esta nueva geometría de acrecimiento, se estima la magnitud del campo magnético de la EB, que es de  $B_1 \sim 5\text{-}15$  MG. Este valor es consistente con los medidos en otras PIs mediante otros métodos.

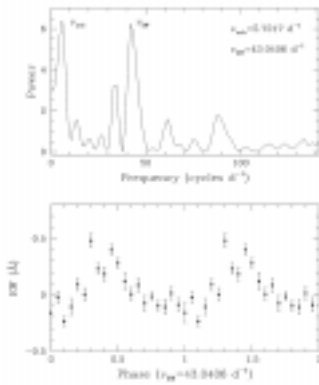
Estos resultados indican que el acrecimiento magnético juega un papel fundamental en el comportamiento de los sistemas SW Sextantis, y se sugiere que estos sistemas son probablemente PIs con los ritmos de transferencia de masa más altos. El trabajo ha sido publicado en *The Astrophysical Journal Letters*.



Panel superior: Espectro de potencias de la curva de polarización circular en la banda B. El pico con mayor potencia, centrado en la frecuencia  $48.7 \pm 3.1$  ciclos/día, se señala con una línea vertical. Panel inferior: Nivel de polarización circular en fase con el correspondiente periodo de  $29.6 \pm 1.8$  minutos. La fase inicial es arbitraria y se presenta un ciclo repetido para mayor claridad.

Imagen de la evolución temporal del perfil de la línea H $\beta$  (trailed spectra) a partir de los espectros individuales normalizados al continuo. El color negro representa emisión y se ha repetido un ciclo orbital para mayor claridad.

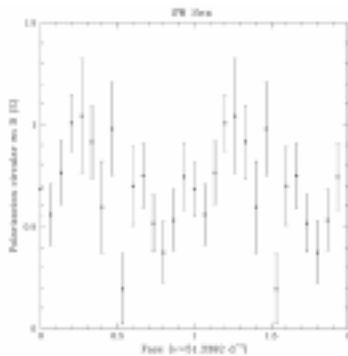




Panel superior: Espectro de potencias de la curva de anchura equivalente del ala azul de H $\beta$ . Los dos picos de mayor potencia están localizados en la frecuencia orbital y en  $\sim 43$  ciclos/día. Panel inferior: Curva de anchura equivalente en fase con el periodo correspondiente a la frecuencia de  $\sim 43$  ciclos/día, después de promediar los datos en veinteavos de fase. La fase inicial es arbitraria y se ha repetido un ciclo completo para mayor claridad.

#### Evidencia de polarización circular en otros sistemas SW Sextantis

Tal y como se expuso en la Memoria de 1999, está en marcha un proyecto de fotopolarimetría UVRI simultánea de sistemas SW Sextantis en el telescopio NOT del ORM. Aunque se está analizando la gran cantidad de datos obtenida hasta el momento, se dispone ya de algunos resultados preliminares muy interesantes. Se ha observado polarización circular en la banda B de Johnson en el sistema SW Sex propiamente dicho, modulada con un periodo de unos 28 minutos, valor muy cercano al obtenido para LS Peg a partir de datos espectropolarimétricos en el telescopio WHT (Figura 4). En este sistema se ha observado por parte de otros autores (a partir de datos espectrofotométricos) un choque en las partes internas del disco, cuya causa se desconocía hasta el momento. Aplicando nuestro modelo de choque con la magnetosfera de la EB, e introduciendo el periodo obtenido (28 minutos), obtenemos un valor para la distancia desde la EB a la que se produce el impacto que es perfectamente consistente con el obtenido por dichos autores. Este hecho parece confirmar (son resultados preliminares) la validez del nuestro modelo y la naturaleza magnética de los sistemas SW Sextantis.



Curva de polarización circular del sistema SW Sex a partir de datos fotopolarimétricos en la banda B, en fase con un periodo de  $\sim 28$  minutos.

#### Un nuevo sistema SW Sextantis

Siguiendo con el proyecto de búsqueda de nuevos sistemas SW Sextantis para mejorar la muestra de este tipo de objetos, se ha descubierto un nuevo sistema SW Sex; se trata de la Variable Cataclísmica V348 Pup. Datos espectroscópicos obtenidos en el Obs. de El Leoncito (Argentina) han permitido comprobar que este sistema muestra las características que definen este tipo de sistemas.

#### Evolución del Proyecto

El Proyecto se ha desarrollado satisfactoriamente durante el año, avanzando notablemente en los objetivos planteados en relación a las variables de tipo SW Sex. Respecto los sistemas de tipo Algol, se ha finalizado el análisis de la fotometría Stromgren del sistema VV UMa (aceptado MNRAS), y se está finalizando el análisis del sistema d Lib. Además, se realizaron observaciones espectroscópicas de varios sistemas Algol en el Obs. de San Pedro Mártir (México), en cuyo análisis se está trabajando.

En la Memoria de 1999, se apuntaba que la detección de un campo magnético, basada en medidas de la polarización circular de la luz que nos llega de estos sistemas, sería de una importancia crucial para el desarrollo de los modelos que intentan actualmente reproducir su comportamiento. En aquella ocasión se presentaron las observaciones espectropolarimétricas del sistema LS Pegasi que se habían llevado a cabo en el telescopio WHT del ORM. El análisis de los datos finalizó este año, arrojando resultados muy relevantes.

### ESTRELLAS DE BAJA MASA, ENANAS MARRONES Y PLANETAS EXTRASOLARES (P6/95)

R. Rebolo.

J. Montalbán, V. Sánchez Béjar, J.A. Caballero, G. Israelian, M.R. Zapatero Osorio y X. Delfosse.

Colaboradores del IAC: R.J. García López.

Ya. V. Pavlenko (Obs. de Kiev, Ucrania); E. Martín (IoA, Univ. de Hawaii, EEUU); M. Mayor y N. Santos (Obs. de Ginebra, Suiza); G. Basri (Univ. de Berkeley, California, EEUU); R. Mundt y C. Bayler-Jones (MPIA, Alemania); D. Barrado y Navascués, (UAM, Madrid); A. Magazzú, J. Licandro e I. Pérez (Telescopio Galileo, La Palma); M.R. Zapatero Osorio (Caltech, EEUU).



## Introducción

Las estrellas frías de muy baja masa representan la población estelar más numerosa en la vecindad solar, y se estima que representan un 80% de la masa luminosa de la Galaxia. Sin embargo, la física de estas pequeñas estrellas es todavía bastante desconocida, probablemente porque son intrínsecamente débiles y sólo con la generación actual de telescopios e instrumentos han podido comenzar a ser estudiadas sistemáticamente. El límite inferior en masa de las estrellas viene dado por la masa mínima necesaria para que un objeto posea suficiente temperatura en su interior para desarrollar la fusión termonuclear del hidrógeno en forma estable. Se ha propuesto una prueba espectroscópica capaz en cierta manera de medir la temperatura interna, y por consiguiente de distinguir entre una estrella de muy baja masa y una enana marrón. Esta prueba es conocida internacionalmente con el nombre de "Test del Litio" y ha permitido confirmar sin lugar a dudas la naturaleza subestelar de las primeras enanas marrones siendo en la actualidad varias decenas las confirmadas por este test tanto en la vecindad del Sol como en cúmulos estelares. Este Proyecto pretende esencialmente:

Caracterizar las enanas marrones en un amplio rango de masas y de edades, y también estimar su número y distribución global en la Galaxia. Las estimaciones actuales indican que podrían existir varios miles de millones.

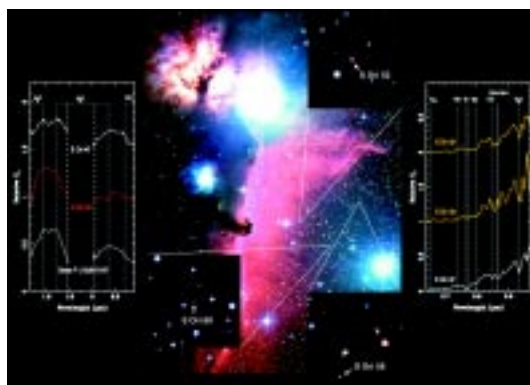
Desarrollar un programa de búsqueda de planetas gigantes entorno a estrellas y flotando libremente en el espacio interestelar mediante técnicas de imagen directa, explorando los entornos de estrellas muy jóvenes y regiones de reciente formación estelar.

## Algunos resultados relevantes

Al realizar una exploración profunda del cúmulo estelar s de Orión, llevada a cabo con cámaras ópticas e infrarrojas en los telescopios INT del ORM y 3,5 m del Obs. de Calar Alto (Almería), se han descubierto varios objetos que según los modelos existentes poseen una masa entre 5 y 13 veces la de Júpiter. Estas masas son inferiores a la necesaria para producir las reacciones nucleares que conducen a la destrucción del deuterio, propiedad que frecuentemente se ha utilizado para distinguir planetas de enanas marrones. Para tres de estos planetas gigantes en formación se ha obtenido espectroscopía con el telescopio 10 m Keck (Obs. Mauna Kea, Hawai, EEUU) que confirma sus relativamente frías atmósferas (1500-1800 K). La fotometría de estos objetos sugiere una extensión

natural de la secuencia de enanas marrones en el cúmulo s de Orión hacia masas tan bajas como las citadas. Las distancias típicas entre los objetos detectados y las estrellas y enanas marrones del cúmulo son de decenas de miles de unidades astronómicas, por lo que muy probablemente son planetas aislados, es decir gravitatoriamente desligados de otros cuerpos. Se desconoce el proceso de formación, aunque su edad no es probable que supere los 5 millones de años. El número de estos objetos en el cúmulo está todavía por establecer pero la estadística realizada en la región explorada apunta a que podrían ser tan numerosos como las estrellas de tipo solar.

El trabajo ha sido realizado por M.R. Zapatero-Osorio, V.J.S. Béjar, R. Rebolo, E. Martín, D. Barrado-Navascues, C. Bailer-Jones y R. Mundt y publicado en la revista *Science*.



## Evolución del Proyecto

V.J.S. Béjar, R. Rebolo y M.R. Zapatero-Osorio han comenzado a explorar con imágenes ópticas e infrarrojas otras regiones de formación estelar que por similitud de propiedades con respecto al cúmulo de la estrella s de Orión podrían ser adecuadas para la detección de planetas gigantes en proceso de formación.

G. Israelian, en colaboración con N. Santos y M. Mayor han realizado un estudio sobre la metalicidad de estrellas que poseen planetas. Concluyen que el contenido metálico de estas estrellas es en promedio superior al del Sol. Este exceso metálico pudiera bien ser primigenio, es decir, reflejar un mayor contenido de metales de las nubes de gas donde tienen lugar la formación de estrellas con discos protoplanetarios, o alternativamente podría ser consecuencia de la caída e incorporación de planetas o material planetario a las estrellas nodrizas.

G. Israelian, R. Rebolo, N. Santos y M. Mayor están trabajando en tests observacionales a la posible migración de planetas hacia sus estrellas como consecuencia de procesos de múltiple scattering.

X. Delfosse y colaboradores prosiguen la estadística de estrella de muy baja masa y enanas marrones del campo con DENIS (Deep Near Infrared Survey). Se han explorado 4000 grados cuadrados de cielo y descubierto una población de 200 objetos (50-70 podrían ser del nuevo tipo espectral L). Observaciones espectroscópicas con los telescopios Keck y VLT confirman los tipos espectrales y que la muestra estadística puede ser utilizada para obtener la función de luminosidad. Destaca el descubrimiento en esta muestra de la estrella de muy baja masa tipo M más próxima al Sol, localizada a solamente 4 pc. Además, se ha estudiado la relación masa-luminosidad de las enanas tipo M midiendo masas con precisión de aproximadamente 1-2% con datos de óptica adaptiva y velocidad radial. Se ha obtenido la relación observacional más precisa que existe para estrellas de baja masa. Esta relación muestra que los modelos funcionan adecuadamente en el IR pero hay una diferencia significativa entre modelos y observaciones en el rango visible.

J. Montalbán ha estudiado, con F. D'Antona e I. Mazzitelli, la estructura y evolución de estrellas de Población II. Concretamente, el papel del modelo local de convección, las diferencias que introduce el empleo de modelos atmosféricos grises o no grises, y el papel de la ecuación de estado tanto en los modelos atmosféricos como en el interior. Se ha publicado el libro "*Very Low-Mass Stars and Brown Dwarfs*" (R. Rebolo y M.R. Zapatero-Osorio) dentro de la serie "*Contemporary Astrophysics*" de Cambridge University Press.

R.J. García López, R. Rebolo y M.R. Zapatero-Osorio han editado las Actas del *XI Cambridge Workshop on «Cool Stars, Stellar Systems and the Sun»*, congreso en el que se presentaron más de 300 trabajos y que será publicado por la *ASP Conference Series*.

## MODELIZACION DE ATMOSFERAS ESTELARES (P4/96)

**R.J. García López, M.R. Villamariz, L. Crivellari, A. Herrero, M.A. Urbaneja y A. García Gil.**

**Colaboradores del IAC: G. Israelian.**

C. Allende Prieto, D.L. Lambert (Univ. de Texas, Austin, EEUU); E. Simmoneau (IAP, Francia); B. Gustafsson, M. Asplund, y A.E. García Pérez (Obs. de Uppsala, Suecia); I. Hubeny (Goddard Space Flight Center, EEUU); B. Caccin y C. Giammanco (Univ. Roma II, Italia); O. Cardona y R. Gulati (INAOE, México); G. Severino, L. Terranegra, E. Covino, M.T. Gómez, A. Tripicchio, V. Andretta y E. Bussa (Obs.

de Capodimonte, Italia); G. Cauzzi y S. Randich (Obs. de Arcetri, Italia); D. Barrado y Navascués (UAM, Madrid); B. Montesinos (LAEFF, Madrid); Ya. V. Pavlenko (Obs. de Kiev, Ucrania); K. Butler y J. Puls (Univ. de Munich, Alemania); A. Ulla (Univ. de Vigo); M.G. Franchini y C. Morossi (Obs. de Trieste, Italia); F. Najarro (Inst. Estructura de la Materia, Madrid); M.R. Zapatero Osorio (Caltech, EEUU).

## Introducción

El estudio y la generación de modelos de atmósfera para estrellas con distintos tipos espectrales y estados evolutivos tiene una importancia fundamental, no sólo por el desarrollo que en sí mismo supone, sino también por su relevancia en distintas parcelas dentro de la Astrofísica. En este marco, y teniendo como hilo conductor común los fenómenos de transporte radiativo, se encuentran en marcha diferentes líneas de trabajo dentro del Proyecto.

La obtención, caracterización y estudio de modelos semi-empíricos de atmósferas de estrellas pobres en metales supone una parte importante del trabajo que se lleva a cabo. Para ello se adaptan y desarrollan códigos de síntesis espectral y de inversión de líneas espectrales, y se comparan sus resultados con espectros de gran calidad. La generación de modelos hidrodinámicos tridimensionales y su comparación con espectros obtenidos con la máxima resolución disponible actualmente merecen una atención especial.

El uso de líneas alcalinas como diagnóstico de los modelos de atmósfera en estrellas de tipo tardío, y el estudio y generación de modelos de atmósfera teóricos clásicos partiendo de las bases de la teoría de atmósferas estelares constituyen otro pilar fundamental del Proyecto.

Por otra parte, las estrellas masivas azules proporcionan importantes pistas acerca de la evolución en la parte superior del diagrama HR, y son susceptibles de ser utilizadas como patrones de distancia. Ello implica, sin embargo, el uso de sofisticados programas de análisis, que dentro del Proyecto se aplican y mejoran continuamente.

## Algunos resultados relevantes

Dentro de la colaboración que R.J. García López lleva a cabo con D. Barrado y Navascués, G. Severino y M.T. Gómez, se ha desarrollado un código analítico que permite estudiar cuantitativamente el efecto de la actividad cromosférica en la formación de líneas alcalinas (Li I, Na I y K I) en las atmósferas de estrellas de tipo tardío. Haciendo uso de observaciones solares de muy alta calidad, realizadas sobre el Sol en calma

y diferentes regiones de manchas solares, es posible modelar los efectos de la actividad sobre los colores y las anchuras equivalentes de estas líneas en estrellas de baja masa. El modelo reproduce las tendencias observadas en la línea K I en estrellas del cúmulo abierto de las Pléyades, y proporciona un límite superior al efecto de la actividad sobre la conexión abundancia de litio-rotación puesta de manifiesto por el grupo hace varios años en las estrellas de tipo espectral K de dicho cúmulo.

En el marco del trabajo desarrollado para mejorar la generación de modelos teóricos clásicos, L. Crivellari y E. Simmoneau han solucionado de una forma original el problema del cálculo de la condición de equilibrio radiativo cuando se deba tener en cuenta al mismo tiempo transiciones con coeficientes de opacidad que difieren entre ellos por muchos órdenes de magnitud. Una oportuna reformulación de la ecuación de transporte radiativo ha permitido discriminar, en base a criterios físicos objetivos, entre las contribuciones que deben tenerse en cuenta y aquellas que pueden ser despreciadas (transiciones "opacas"). Sólo de esta manera se logra sortear la dificultad, de otra manera insuperable, debida al hecho de que la precisión de la solución numérica de la ecuación de transporte radiativo no es suficiente para apreciar la diferencia entre los términos de emisión y de absorción.

En el resto de las líneas de trabajo del Proyecto no puede hablarse de resultados relevantes, sólo de desarrollo y resultados interesantes.

## **Evolución del Proyecto**

R.J. García López, en colaboración con S. Randich, M.R. Zapatero Osorio y R. Pallavicini ha llevado a cabo un estudio óptico para determinar la posible pertenencia al cúmulo abierto de Coma Berenices de un conjunto de objetos descubiertos haciendo uso del satélite ROSAT. Este cúmulo es conocido por su déficit en estrellas de tipo tardío y las observaciones de rayos X aparecen como una fuente potencial de encontrar nuevos objetos estelares. El seguimiento fotométrico y espectroscópico llevado a cabo en 12 objetos identificados como las contrapartidas ópticas de las observaciones en rayos X, demostró que la mayoría de ellos eran efectivamente estrellas de tipo tardío, aunque ninguna de las mismas pertenece al cúmulo abierto sino que se trata de objetos activos jóvenes situados en la línea de visión de Coma Berenices. Este tipo de estudios resulta fundamental para caracterizar las propiedades de las estrellas pertenecientes a cúmulos estelares, que representan un lugar idóneo de toma de muestras para el estudio de atmósferas estelares que comparten un mismo origen y abundancias químicas iniciales.

A lo largo de los últimos años, L. Crivellari y E. Simmoneau han creado un nuevo y original algoritmo, el "Método Integral Implícito (MII)", que permite la solución numérica, rápida, precisa y fiable para un amplio conjunto de problemas asociados al transporte radiativo en atmósferas estelares. El desarrollo de las aplicaciones del MII les ha llevado a replantear el problema de la formación de líneas espectrales en el caso de un átomo con muchos niveles de energía, y a hallar una solución original. Su atención se ha focalizado también sobre el problema del cálculo de la estructura y el balance energético de las capas estelares exteriores. Se trata de un problema difícil, tanto desde el punto de vista de la física como, y sobre todo, desde el del cálculo numérico. Gracias a los algoritmos desarrollados, es posible ahora extender el cálculo autoconsistente de los modelos de atmósferas estelares hasta las capas más externas (cromosfera, zona de transición). Este cálculo resultaba imposible, en la práctica, con otros códigos en uso hoy en día para la solución de la ecuación de transporte radiativo.

M.A. Urbaneja ha implementado modelos atómicos de diversos elementos (hierro, silicio, magnesio y nitrógeno), preparados para realizar cálculos tanto de forma independiente como simultánea. Se han realizado pruebas para modelos de estrellas B. Los cálculos indican cambios mínimos resultantes al tener en cuenta todos los modelos conjuntamente, excepto para el nitrógeno, para el cual los cambios son importantes.

M.R. Villamariz y A. Herrero han terminado el análisis sobre la influencia de la microturbulencia en el análisis de estrellas masivas, encontrando que reduce en algunos casos la abundancia de He que fue determinada anteriormente. Este resultado contribuye a reducir la discrepancia de helio, pero no llega a resolverla.

A finales de este año se ha incorporado al Proyecto A. García Gil, que ha comenzado a trabajar en el estudio del espectro ultravioleta en las estrellas de tipo tardío, bajo la supervisión de R.J. García López y C. Allende Prieto.

Se ha finalizado la edición del libro de actas del congreso titulado "*XI Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun*", que tuvo lugar en el Puerto de la Cruz, Tenerife, en octubre de 1999. A este evento asistieron unos 270 investigadores que revisaron en detalle los retos futuros en el estudio del Sol y las estrellas de tipo tardío. Las actas están compuestas por un libro y un CD-ROM que incluyen más de 200 contribuciones, así como imágenes y presentaciones multimedia.

## NATURALEZA Y EVOLUCION DE BINARIAS DE RAYOS X (P10/97)

**J. Casares.**

**C. Zurita, T. Shahbaz, I.G. Martínez Pais, G. Israelian y A. Herrero.**

P.A. Charles, R.I. Hynes, D. Steeghs y T. Marsh (Univ. de Southampton, Reino Unido); E. Kuulkers (Univ. de Utrech, Países Bajos); G. Dubus (Astronomical Inst. "Anton Pannekoek", Países Bajos); M. Wagner (Obs. Flagstaff, EEUU); P. Hakala (Univ. de Turku, Finlandia); C. Haswell (The Open Univ., Reino Unido); L. Pavlenko (Obs. de Crimea, Ucrania); C. Hernández (Univ. de Salamanca); P. Molaro (SISA, Italia); A. Castro-Tirado (IAA, Granada); C. Sánchez-Fernández (LAEFF, Madrid).

### 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) 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 para el conocimiento de las últimas etapas en la evolución de estrellas masivas. 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.

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 extraer 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 EN,  $M_{min}$  para BH, pérdida de masa de las estrellas progenitoras).

Analizar la estructura 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 régimen ADF). También 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.

Asimismo, se persigue estudiar la composición química de las estrellas compañeras y, concretamente, establecer el origen de las altas abundancias de litio descubiertas por el grupo. Para ello se pretende llevar a cabo:

Análisis de metalicidad para encontrar evidencias de la explosión de Supernova que dio origen al BH/NS. Anomalías en las abundancias permitirán reconstruir la historia evolutiva de las estrellas progenitoras.

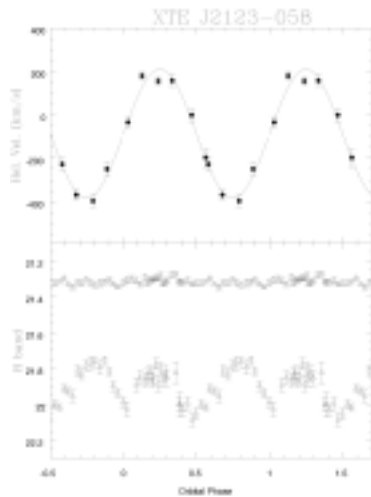
Investigar la formación de líneas de litio en los discos de acreción y en las atmósferas de las estrellas secundarias. La razón isotópica  $Li^7/Li^6$  es un indicador del mecanismo de aceleración de partículas que produce estos elementos en el entorno del BH o NS.

### Algunos resultados relevantes

Descubrimiento del periodo orbital en XTE J1859+226, detección de Mini-erupciones y QPOs (Quasi Periodic Oscillations) de 22 min en el transcurso de una de ellas.

Detección de variabilidad rápida en 4 nuevas Binarias Transitorias de rayos X en estado de quietud (A0620-00, Cen X-4, J0422+32, QZ Vul).

Determinación de la función de masa en XTE J2123-058 y clasificación espectral de la estrella compañera.



Tomografía Doppler del disco de acreción en XTE J2123-058 durante la quietud. Estructura de emisividad en Ha similar a la observada en variables cataclísmicas del tipo SW Sex, consistente con un modelo de "propeller" magnético.

## Evolución del Proyecto

Se ha iniciado una campaña de búsqueda de variabilidad rápida en binarias transitorias de Rayos X en quietud, detectando su presencia en 4 nuevos sistemas: A0620-00 (telescopio OGS), Cen X-4 (telescopio 1,5 Danish), J0422+32 y QZ Vul (telescopio NOT). C. Zurita está caracterizando las propiedades temporales de dicha variabilidad y buscando correlación con parámetros físicos de los sistemas. La amplitud cambia drásticamente de un sistema a otro, siendo mayor para la binaria con periodo más corto y menor inclinación. El análisis de las propiedades de esta variabilidad permitirá decidir sobre su posible origen en "flares" de la secundaria o en el disco de acreción. Continuando con este programa, en diciembre se obtuvieron 2 noches de fotometría (telescopio JKT) y espectroscopía (telescopio WHT) simultánea de A0620-00 para analizar la variabilidad rápida en las líneas de emisión y su correlación con el continuo.

Se continúa con el estudio de la binaria transitoria XTE J2123-058, sistema con una estrella de neutrones (EN) en el cual se descubrió la presencia de eclipses. Se han obtenido 2 noches de espectroscopía con el telescopio VLT2 que permiten detectar a la estrella compañera (K7V) y medir su curva de velocidad radial. Además se tiene una curva de luz en quietud (telescopios WHT y NTT) que se ajustará con modelos elipsoidales para confirmar los parámetros obtenidos ajustando las curvas en erupción.

Por su parte, T. Shahbaz ha trabajado en el desarrollo de un código para ajustar las curvas de luz de binarias de Rayos X. A diferencia de otros códigos anteriores, ha utilizado modelos de atmósferas y coeficientes de oscurecimiento al limbo para un rango amplio de temperaturas y gravedades, en lugar de la aproximación clásica de cuerpo negro. Tiene, por tanto, un amplio rango de aplicaciones para todo tipo de binarias interactivas (HMXBs, LMXBs y CVs). Incluye, además, efectos de irradiación, apantallamiento y eclipses mutuos entre el disco de acreción y la estrella compañera. También ha estado trabajando en un método robusto de ajuste del modelo a los datos. En algunos casos el espacio  $\chi^2$  no es suave y este hecho introduce errores sistemáticos en la determinación de la mejor solución y sus errores. Se ha incorporado un nuevo método de ajuste ("evolución diferencial") que ha probado ser más robusto que otros métodos convencionales e independiente de las condiciones iniciales de partida.

Usando este modelo se están reajustando las curvas de luz de XTE J2123-058 de la erupción de 1998. Los nuevos ajustes permitirán determinar no sólo la inclinación de la binaria sino también el cociente de masas con un alta precisión. Combinando estos resultados con la función de masa espectroscópica (obtenida con el telescopio VLT) permitirá determinar la masa más exacta para una estrella de neutrones en una binaria de Rayos X.

Se continúa con el seguimiento de la curva de luz de J1859+226 durante la caída y quietud en el que el grupo descubrió la presencia de varias minierupciones y la aparición de oscilaciones cuasi periódicas (QPOs) con una escala temporal de 22 mins. El objeto se encuentra en estado de quietud desde septiembre con  $R=22.5$ . Obteniendo imágenes profundas con el telescopio WHT se ha conseguido determinar el periodo orbital de esta binaria (0.31d), que presumiblemente contiene un agujero negro.

Respecto al estudio de anomalías en la abundancia química en las estrellas compañeras de binarias de rayos X, se han reducido toda la base de datos de Cyg X-2 y se está en proceso de análisis espectral.

## ESTRELLAS MASIVAS AZULES (P8/98)

**A. Herrero.**

**L.J. Corral, M.R. Villamariz, M.A. Urbaneja, G. Gómez y S. Simón Díaz.**

R.P. Kudritzki (Inst. for Astronomy, Hawaii, EEUU);  
L. Bianchi, M. García (Univ. John Hopkins, EEUU);  
K. Butler y J. Puls (Obs. Univ. de Munich, Alemania);  
D.J. Lennon (ING, La Palma); S.J. Smartt (Inst.  
Astrophysics, Reino Unido); F. Najarro (Inst.  
Estructura de la Materia, Madrid).

### Introducción

Las estrellas masivas azules se caracterizan por su alta luminosidad y rápida evolución, lo que las une estrechamente al medio del que nacen. Por ello constituyen excelentes laboratorios para comprobar nuestros conocimientos de estructura y evolución estelar y galáctica. 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 NLTE, 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 se dispone de dichos parámetros estelares y abundancias, se puede 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. Utilizando la relación entre la luminosidad y el momento asociado al viento estelar, se puede además determinar distancias extragalácticas mediante el análisis de los espectros estelares. Y, finalmente, es posible utilizar los espectros sintéticos para realizar síntesis de poblaciones aplicables a galaxias cuyos espectros estén dominados por estrellas de este tipo, por ej. galaxias starburst, especialmente a alto corrimiento al rojo, cuando el espectro UV es observable a longitudes de onda del visible.

Los objetivos que se persiguen en el Proyecto, relacionados con el análisis de estrellas masivas azules y sus implicaciones son:

Determinar si las atmósferas de las estrellas masivas exponen material contaminado por el ciclo CNO durante la fase de Secuencia Principal.

Derivar abundancias de estrellas OBA a diferentes distancias galactocéntricas en galaxias espirales del Grupo Local.

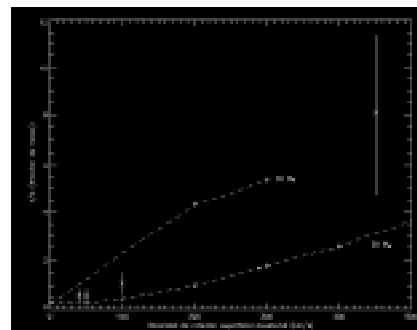
Derivar abundancias de estrellas OBA en galaxias irregulares enanas del Grupo Local.

Estudiar la influencia de la fase LBV en la evolución de las galaxias.

Calibrar la relación del momento del viento y la luminosidad.

### Algunos resultados relevantes

El resultado más importante ha sido encontrar evidencia de que las abundancias de C, N, O y He en estrellas de tipo O9 son consistentes con la hipótesis de que las atmósferas de estrellas masivas pueden ser contaminadas en la fase de Secuencia Principal por material procesado en su interior por las reacciones nucleares, y con que la rotación sea la inductora de la mezcla. Es la primera vez que se obtiene un resultado como este, en el que además se han tenido en cuenta por primera vez todas las posibles fuentes de error.



# MATERIA INTERESTELAR

## Evolución del Proyecto

Determinación de las abundancias de C, N, y O en algunas estrellas O de clases de luminosidad I y V. Cumplido totalmente para estrellas de tipo O9. Este ha sido el trabajo más importante de los llevados a cabo este año, ya que se ha demostrado que las abundancias de C, N, O y He de una rotora rápida son consistentes con la mezcla de material procesado nuclearmente. Además, se ha hecho uso de incertidumbres realistas, que tenían en cuenta todas las fuentes de error.

Se han puesto a punto los modelos atómicos correspondientes para derivar las abundancias de Mg en estrellas de M33.

Se han obtenido nuevos espectros de estrellas en M33 y otras galaxias cercanas.

Se han finalizado las listas de objetos de M33 de candidatos a Nebulosas Planetarias, y se está en la última fase para las LBV (Variable Luminosa Azul).

Los espectros UV de las observaciones de Cyg OB2 del HST han sido analizados, y el trabajo ya ha sido publicado. Además de los resultados esperados, se ha encontrado una correlación entre la temperatura efectiva y la densidad del viento para estrellas de la misma clase de luminosidad.

Se ha realizado el primer análisis de una estrella B supergigante y una Wolf-Rayet WC en M31 en colaboración con S. Smartt, D. Lennon y R.P. Kudritzki.

Se ha obtenido fotometría de galaxias entre 1 y 5 Mpc para seleccionar candidatos a estrellas supergigantes azules que puedan ser analizadas espectroscópicamente.

## ESTUDIOS CINEMATICOS, ESTRUCTURALES Y DE COMPOSICION, DE LOS MEDIOS INTERESTELARES E INTERGALACTICOS (P3/86)

**J.E. Beckman.**

**J.C. Vega, A. Vazdekis, M. Relaño, C. Giammaco, P. Erwin, M. López Corredoira y A. Zurita.**

**Colaboradores del IAC: R. Génova, E. Casuso, S. Lourenso y A. Zurita.**

I. Shlosman (Univ. de Kentucky, EEUU); J. Dyson (Univ. Leeds, Reino Unido); S. Gottesman, y D. Ratay (Univ. de Florida, EEUU); F. Bertola y E. Corsini (Univ. de Padua, Italia); W. Zeilinger (Univ. de Viena, Austria); J.H. Knapen (Univ. Herts./ING, Reino Unido); M. Rozas (UNAM y Obs. San Pedro Mártir, México); S. Kemp (Univ. de Guadalajara, México); R. Corradi (ING, La Palma); B.W. Jones y A. Cardwell (Open University, Reino Unido).

## Introducción

Este Proyecto estudia el papel del medio interestelar (y especialmente el ionizado) en la formación, la estructura y la evolución de las galaxias. Es un Proyecto que crecía orgánicamente de los estudios del Medio Interestelar local cerca del Sol, pero que ha ido extendiendo su alcance y cambiando su naturaleza con el tiempo. Actualmente contempla, además, elementos de estudio del Medio Interestelar, pero también de Física Estelar, Física de las Galaxias, Medio Intergaláctico y Cosmología. La investigación básica del Proyecto se divide en dos líneas: el estudio fotométrico de las galaxias externas mediante sus líneas de emisión que provienen de su gas ionizado, y el estudio dinámico de las componentes gaseosa y estelar de las galaxias espirales. La primera línea proporciona información sobre el Medio Interestelar mismo y sobre la distribución del gas ionizado dentro y fuera de las galaxias, abordando aspectos del medio intergaláctico ionizado, y el problema de la materia oscura bariónica del universo. La segunda está relacionada con el problema de la construcción progresiva de las galaxias mediante la adquisición de material del exterior, es decir los *mergers*.

Ambas líneas estudian las propiedades macroscópicas de las galaxias y sus implicaciones cosmológicas. Otro estudio local con implicaciones cosmológicas eventuales es el de la definición de una nueva candela estándar para medir distancias a gran escala. Se ha realizado un progreso significativo en esta tema durante el año, aplicando los resultados para obtener un valor tentativo de la constante de Hubble en la vecindad de la Vía Láctea; aunque se necesitarán más observaciones para consolidar y darle un carácter definitivo y robusto a los resultados obtenidos.

### Algunos resultados relevantes

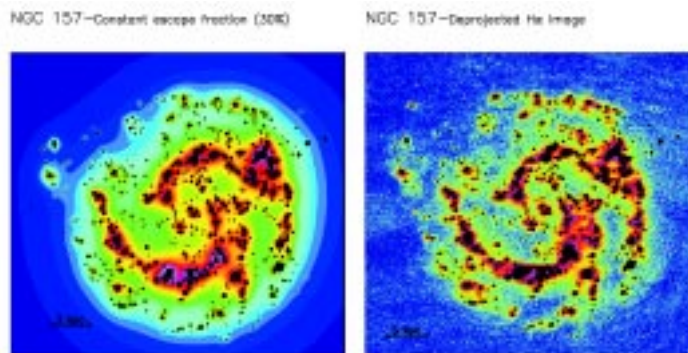
#### *Medio Interestelar ionizado*

Se ha medido la componente difusa de la emisión en  $H\alpha$  de un grupo de galaxias espirales, mostrando que representa aproximadamente la mitad de la emisión total. Se desarrolló un nuevo modelo basado en las regiones HII como emisoras de flujo ionizante para explicar la distribución geométrica de la emisión  $H\alpha$  difusa en los discos, con resultados muy positivos, que a la vez explican la luz difusa, y confirman las regiones HII como su causa. Se ha publicado un artículo clave sobre la limitación en densidad de las regiones HII, donde se explica la física, y donde se compara este modelo con otros postulados.

contrarrotación, rotación de material perpendicular de los planos de los discos, rotación diferencial entre estrellas y gas, que formarán la base para modelos de formación jerárquica de las galaxias grandes por canibalismo de galaxias pequeñas y de nubes gigantes de gas neutro.

### Evolución del Proyecto

Se realizó un notable progreso en los estudios sobre el gas ionizado en los planos de las galaxias, que formará la parte principal de la tesis doctoral de A. Zurita, quien obtendrá su doctorado a principios del próximo año. Durante los años anteriores se propuso una hipótesis novedosa sobre las regiones HII de alta luminosidad. Dichas regiones están limitadas por la densidad de su gas constituyente, de tal forma que una fracción alta y creciente con la luminosidad de sus fotones ionizantes no se convierten en  $H\alpha$  dentro de la región, sino que se escapan al medio circundante. Como consecuencia, no solamente se ioniza una gran parte del gas difuso en la galaxia, sino también una fracción significativa de la radiación que proviene de la galaxia al completo. Por este motivo, las tasas de formación estelar en las galaxias se han subestimado sistemáticamente. Los trabajos sobre la componente difusa llevados a cabo en el marco de este Proyecto han aportado datos importantes a esta hipótesis, pero también han cuestionado algunos de sus detalles. Los



*Densidad superficial de fotones ionizantes en el disco de la galaxia espiral NGC 157 (izquierda), suponiendo que éstos escapan de las regiones HII (círculos negros en la imagen). La concordancia entre los modelos obtenidos bajo la hipótesis de limitación en densidad de las regiones HII y la distribución observada de la emisión  $H\alpha$  del gas difuso ionizado en esta galaxia (derecha), confirma la hipótesis de que las regiones HII son la fuente principal de ionización del gas difuso ionizado en las galaxias espirales.*

MEMORIA  
2000 IAC

#### 64 *Morfología de las galaxias*

Se ha desarrollado un nuevo modelo de los alabeos (*warps*) de las galaxias espirales, basado en la interacción del flujo de gas intergaláctico con el gas en el plano de los discos de las galaxias. Dicho modelo tiene elementos novedosos ya que depende poco de la presencia y la distribución de la materia oscura de los halos de las galaxias.

Se han acumulado e interpretado observaciones de anomalías cinemáticas en galaxias espirales:

mapas de la distribución de la luz difusa realizados con modelos basados sobre dicha hipótesis, concuerdan en general con la distribución observada, confirmando así la hipótesis en líneas generales. Sin embargo, con el mejor de los modelos una fracción de los fotones ionizantes proviene de las regiones HII más débiles, por lo tanto será necesario modificar la hipótesis inicial en este punto. En la misma línea se ha comprobado que entre un 10% y un 20% de la radiación que sale de las estrellas OB en las galaxias no se absorbe dentro de la galaxia, sino que sale al Medio Intergaláctico. Una medida



reciente de los espectros de las galaxias *Lyman-break* a altos corrimientos al rojo ha confirmado el escape de fotones Lyman de ellas; lo que concuerda con nuestro modelo, es decir, con el resultado de que la ionización del medio galáctico no necesita AGN, y ni siquiera *starbursts*, ya que hay suficiente potencia ionizante debida al escape de fotones Lyman de las galaxias normales.

Para consolidar el entendimiento físico de los procesos dentro de las regiones HII, se ha iniciado un programa de mapeo fotométrico en líneas distintas a la  $H\alpha$ , usando el mejor sistema disponible: el TTF, en el telescopio Anglo-Australiano, sistema que tendrá su contrapartida en la cámara OSIRIS del telescopio GTC. Este año se han obtenido los primeros resultados y se interpretarán durante el próximo. Una parte de estos datos se aplicará al tema de la distribución del polvo alrededor de las regiones HII mediante de modelos teóricos, con prioridad en explicar las alas de alta velocidad que se encuentran en los espectros de emisión asociados. Se supone que este trabajo avanzará significativamente en el año 2001. Más nuevo aún será el tratamiento comprensivo de la transferencia de radiación ionizante en medios interestelares inhomogéneos, proyecto que comenzará a finales del año. Los participantes son A. Zurita, M. Relaño y C. Giammaco.

Un aspecto puntual en el uso de las propiedades estadísticas de las regiones HII en galaxias espirales es la utilización de la función de luminosidad para medir distancias, perspectiva descrita en años anteriores, y que dió un paso firme durante el año. Usando la "transición de Stromgren", calibrándola con dos galaxias "Cefedias Hubble" y utilizándola en un grupo de diez galaxias dentro de unos 30 Mpc cuyas velocidades se habían medido con la radiación del fondo como marco de referencia, se ha obtenido un valor preliminar de la constante de Hubble de  $73 (\pm 3) \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  en excelente acuerdo con el valor de  $71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  obtenido como resultado final del "HST Key Project". Antes de lanzarse a una publicación en este terreno tan competitivo, habrá que usar más galaxias de calibración y ampliar un poco más la base de datos.

En cuanto a la cinemática de las estrellas y gas en los discos de las galaxias, se ha comprobado que en los bulbos de las galaxias espirales tempranas una buena parte del soporte dinámico de la componente estelar es de presión y no de rotación. Se ha analizado un juego complejo de fenomenología de diferentes tipos en las galaxias espirales,

encontrando bastantes evidencias de la presencia de subsistemas en casi todas de ellas. Tales subsistemas existen porque los tiempos de relajación dinámica son tan grandes que no han permitido la asimilación cinemática de una componente que llega de fuera (galaxia pequeña, nube de gas) en la cinemática general de la galaxia principal. Será interesante profundizar en estos descubrimientos y medidas con la identificación química de las poblaciones estelares separadas. Con la incorporación al Proyecto de A. Vazdekis, quien tiene gran experiencia en el tema de poblaciones estelares, y el trabajo de J.C. Vega, con su experiencia en cinemática y dinámica, se espera realizar avances en esta línea. La utilización espectroscópica con grandes telescopios será de gran provecho en esta línea de investigación.

Estos modelos de evolución química de los elementos ligeros ha permitido predecir la evolución de la razón isotópica  ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$  en la vecindad solar, predicciones publicadas a lo largo del año, y confirmadas más tarde por nuevas medidas de esta razón en nubes interestelares dentro de 300 pc del Sol.

## NEBULOSAS BIPOLARES (P13/86)

**A. Mampaso.**  
**D.R. Gonçalves, S. Navarro y L. Cuesta.**

**Colaboradores del IAC: V. Ortega.**

R. Corradi y D. Pollacco (ING, La Palma); G. Münch (La Jolla, EEUU); L. Colombón y M. Rodríguez (INAOE, México); M. Manteiga (Univ. de Vigo); J.P. Phillips (Univ. de Guadalajara, México); M. Perinotto y L. Magrini (Univ. de Florencia, Italia); H. Schwarz (NOT, La Palma); U. Mikolajevska (Copernicus Centre, Polonia).

### Introducción

En este Proyecto se estudian las condiciones físico-químicas de las Nebulosas Planetarias (NPs) con geometría bipolar, con el fin de entender el origen de la bipolaridad y proponer modelos teóricos que expliquen la morfología y cinemática observadas. También se estudian las nebulosas, generalmente con geometría bipolar, que aparecen alrededor de algunas estrellas simbióticas.

Por otro lado, se investigan las microestructuras de baja excitación en NPs, su origen (en relación con el proceso de formación de la propia NP) y sus propiedades físico-químicas y de interacción con el gas de la nebulosa.

## Evolución del Proyecto

A. Mampaso, R. Corradi, D.R. Gonçalves y E. Villaver publicaron este año varios estudios sobre las microestructuras de baja excitación en Nebulosas Planetarias, investigando la relación entre las componentes principales de las nebulosas y las estructuras de baja ionización presentes en ellas. Estas estructuras de baja ionización (LIS) deben proporcionar pistas importantes para entender los procesos de pérdida de masa en las últimas fases de las estrellas, sobre todo debido a la simetría con la que aparecen y a sus propiedades físicas (densidad, temperatura y velocidad respecto al entorno). Sin embargo, los resultados hasta la fecha son muchas veces inexplicables con los modelos vigentes de pérdida de masa estelar y de evolución de las nebulosas. Por ello, D.R. Gonçalves, R. Corradi y A. Mampaso compararon en detalle teoría y observaciones en la muestra completa (50 objetos) de las planetarias con LIS, encontrando que los sistemas de condensaciones no-simétricas pueden haberse originado sencillamente como inestabilidades *in situ* o como condensaciones fósiles en el viento estelar en la fase AGB, mientras que las condensaciones en pares simétricos pueden deberse igualmente a fósiles de la fase AGB o a eyecciones más recientes que han sido frenadas por el medio ambiente. El problema surge al intentar explicar los sistemas colimados (*jets*) de baja excitación. Los modelos propuestos hasta la fecha son, en efecto, incapaces de explicar simultáneamente el conjunto de propiedades observadas en los *jets* de alta velocidad (ej. las edades cinemáticas y la orientación del jet respecto al eje de simetría de la NP), mientras que los *jets* de baja velocidad no pueden ser explicados por ninguno de los modelos existentes. Este es un campo donde se necesitan nuevas ideas y modelos teóricos más realistas.

A. Mampaso, R. Corradi y sus colaboradores L. Magrini y M. Perinotto, determinaron nuevas posiciones más precisas para los candidatos a NP en la galaxia cercana M33, lo que permitió la realización de observaciones multiobjeto en el telescopio WHT con el espectrógrafo de fibras. También iniciaron el análisis de los datos de la cámara de gran campo del telescopio INT referentes al medio intergaláctico entre las galaxias M81 y M82.

S. Navarro, junto a R. Corradi y A. Mampaso, prosiguieron el análisis de las distancias a 36 NPs galácticas mediante espectros de las estrellas de campo y el método *extinción-distancia*. Un primer resultado inesperado es el descubrimiento de un gigantesco halo (1 parsec o más) alrededor de la NP NGC7027. La existencia de este tipo de halos en las

NPs podría resolver, al menos en parte, el problema de la *masa perdida* (diferencia entre la masa de la estrella progenitora y la suma de las masas de la estrella central y del gas ionizado) y ayudaría a refinar los modelos de evolución estelar en fases tardías.

L. Cuesta y J.P. Phillips completaron el estudio de las condiciones físicas (densidad, temperatura, extinción y excitación) de un grupo de NPs bipolares. Los resultados muestran regiones muy localizadas con excitación peculiar, lo que indica la presencia de zonas de choque. También se realizaron nuevas observaciones de otras NPs para continuar con este estudio sobre sus condiciones físicas.

L. Cuesta y J.P. Phillips iniciaron un trabajo sobre las estructuras de excitación en las Nebulosas Planetarias basado en datos cinemáticos. La estructura de algunas NPs, entre ellas la famosa Nebulosa del Anillo, en Lira (NGC 6720), ha sido mal interpretada en trabajos anteriores, y es debida en realidad a la presencia de regiones de baja excitación muy delgadas, por debajo de la resolución de observación, que rodean al gas expulsado anteriormente. La interacción por choque entre esas envolturas parece ser el mecanismo más plausible para explicar las propiedades de emisión observadas.

L. Cuesta y J.P. Phillips estudiaron la posible presencia de emisión en las regiones más internas de NPs Bipolares. Según los modelos de formación de NPs más comúnmente aceptados, en esas zonas internas se encuentra una burbuja llena de un viento muy caliente y de muy alta velocidad, por lo que la presencia de emisión óptica en esas regiones, que de confirmarse, obligaría a revisar los modelos vigentes.

V. Ortega inició la fase de escritura de su tesis doctoral. Este trabajo, bajo la dirección de L. Cuesta y A. Mampaso, está encaminado a determinar el origen del gradiente de velocidad encontrado en las NPs cuando éstas se observan en diferentes iones. Tanto el análisis de los datos observacionales, espectroscópicos y morfológicos, como la comparación con los modelos teóricos, en colaboración con M. Perinotto, se completaron en la primera parte del año. El resultado más relevante de esta tesis es la confirmación de la presencia de un gradiente en la velocidad de expansión del material nebuloso relacionado con el grado de excitación de ese material (el cual, a su vez, está relacionado con la proximidad al núcleo, ya que la velocidad de expansión aumenta a medida que nos alejamos del núcleo). Además, basándose en los modelos teóricos vigentes, se encuentra una relación positiva entre este gradiente de velocidad y la edad de la nebulosa.

## REGIONES HII EXTRAGALACTICAS (P14/86)

C. Esteban.  
Y. Grosdidier y A. Herrero.

M. Peimbert, S. Torres-Peimbert y M. Rosado (UNAM, México); R.J. Dufour (Rice Univ., EEUU); M. Rodríguez (INAOE, México).

### Introducción

El presente Proyecto se encuadra dentro del marco general del estudio de la interacción de las estrellas masivas con el Medio Interestelar, tanto desde el punto de vista radiativo, como químico y cinemático. Los ámbitos del estudio se extienden desde regiones HII galácticas y nebulosas anulares alrededor de estrellas masivas a regiones HII extragalácticas gigantes.

Los objetivos específicos principales son:

Detección y estudio de líneas de recombinación de elementos pesados en regiones HII galácticas y extragalácticas, con especial hincapié en la estimación de las fluctuaciones de temperatura electrónica del gas ionizado y su efecto sobre las abundancias químicas.

Estructura e historia de la formación estelar en galaxias Wolf-Rayet enanas. El estudio del efecto de los vientos galácticos y el papel de las interacciones con otras galaxias enanas.

Estructura de los vientos estelares y oscilaciones en estrellas tipo Be y B[e]. Origen de la estructura a pequeña escala espacial en nebulosas anulares alrededor de estrellas Wolf-Rayet.

### Algunos resultados relevantes

El estudio detallado y profundo de galaxias enanas con brotes de formación estelar intensos y jóvenes (galaxias HII de tipo Wolf-Rayet) realizado por D.I Méndez y C. Esteban indica que, en gran parte de estas galaxias, el mecanismo que dispara la formación estelar es la interacción y fusión con otros objetos enanos que habían pasado desapercibidos anteriormente debido a la dificultad de su detección. Este hecho puede clarificar definitivamente el enigma secular del origen de la formación estelar masiva y violenta en sistemas estelares enanos.

Y. Grosdidier ha analizado imágenes HST/WFPC2 de M 1-67, una nebulosa anular alrededor de una estrella WN8 galáctica, encontrando que su

morfología a pequeña escala puede explicarse por el desarrollo de inestabilidades de concha fina en un viento altamente variable generado en la fase LBV (variable azul luminosa) anterior sufrida por la estrella progenitora. Esta es la primera evidencia directa de la existencia de condensaciones de material expulsado por una estrella caliente formando la estructura de una nebulosa extensa.

### Evolución del Proyecto

C. Esteban continúa la obtención y el análisis de nuevos datos morfológicos, cinemáticos y químicos de una muestra amplia de galaxias Wolf-Rayet enanas para obtener nuevas pistas sobre el origen de la formación estelar masiva en galaxias de baja masa.

C. Esteban junto con otros investigadores mexicanos y españoles está realizando un estudio detallado con distintas técnicas y en distintos rangos espectrales de la interesantísima nebulosa planetaria M 2-48. Este objeto muestra signos inequívocos de una estructura compleja, como la existencia de zonas con emisión de choque de proa, producidas por la interacción entre un chorro de materia a alta velocidad y una concha de material expandiéndose a velocidades lentas.

C. Esteban, junto con M. Rodríguez han realizado observaciones espectroscópicas de gran profundidad de galaxias HII con el objetivo de determinar de forma precisa la abundancia de hierro en estos objetos, aspecto muy poco conocido pero de gran importancia para los problemas de evolución química y nucleosíntesis, así como para determinar su grado de merma en forma de granos de polvo.

C. Esteban, junto con R.J. Dufour y otros investigadores estadounidenses han obtenido los primeros datos espectroscópicos y de imagen con el telescopio espacial Hubble de NGC 6888, una nebulosa anular alrededor de una estrella Wolf-Rayet galáctica. El objetivo de estas observaciones es resolver la zona de interacción entre la nebulosa en expansión y el medio interestelar externo y determinar sus condiciones físicas, así como determinar las fluctuaciones de temperatura que puedan existir en la nebulosa.

Y. Grosdidier, junto con el grupo de estrellas Be del Obs. de París (DASGAL) y C. Esteban han comenzado un estudio observacional para detectar inhomogeneidades en los vientos de estrellas Be y B[e], utilizando para ello espectroscopía de alta resolución.

Y. Grosdidier junto con C. Esteban están realizando observaciones fotométricas periódicas con los

telescopios del OT de dos estrellas Be de subtipos espectrales tempranos con el fin de detectar: a) variaciones rápidas periódicas (de entre 2 y 3 horas) y pequeña amplitud (0.003 mag) relacionadas con pulsaciones no radiales, y b) variaciones muy rápidas no periódicas (de amplitudes del orden de centésimas de magnitud o mayor) debidas a fulguraciones en la atmósfera estelar.

## **ESTUDIO FISICO DE NEBULOSAS PLANETARIAS (P15/86)**

**A. Manchado.**

**E. Villaver, D.A. García Hernández, Y. Grosdidier y C. Domínguez Tagle.**

**Colaboradores del IAC: A. Herrero, A. Mampaso y M. Serra Ricart.**

P. García Lario (VILSPA, Madrid); Y.H. Chu y M.A. Guerrero (Univ. de Illinois EEUU); L. Bianchi y L. Stanghellini (STScI, EEUU); S.R. Pottasch (Kapteyn Lab., Países Bajos); G. García (UNAM, México); M. Manteiga y O. Suárez (Univ. A Coruña); A. Ulla (Univ. de Vigo); A. Moffat (Univ. de Montreal, Canadá).

### **Introducción**

En este Proyecto se estudian las últimas fases de la evolución de las estrellas de masa intermedia  $M < 10 M_{\odot}$ . En particular las fases entre las estrellas post-AGB (Asymptotic Giant Branch) y Nebulosas Planetarias (NPs). Se persigue el estudio de los mecanismos de pérdida de masa y como éstos afectan a la morfología y cinemática de las NPs. En concreto como afectan los campos magnéticos, rotación estelar y sistemas binarios a la pérdida de masa, y por tanto en la morfología de las NPs. También se pretende estudiar la evolución química de las envolturas tanto del material molecular como del gas ionizado y su relación con los procesos de pérdida de masa.

68 En particular el estudio de las NPs con capas múltiples permite investigar en más profundidad la pérdida de masa en las últimas fases de la etapa AGB. Mediante simulaciones numéricas se puede estudiar la evolución dinámica de la pérdida de masa.

### **Algunos resultados relevantes**

Gracias al análisis de espectros infrarrojos de una muestra de 40 estrellas post-AGB, se ha encontrado que el mecanismo de excitación de la emisión de

hidrógeno molecular debe estar asociado con diferentes estados evolutivos y/o morfologías durante la fase post-AGB. Asimismo, se ha corroborado que la detección de emisión de hidrógeno molecular está relacionada con la naturaleza bipolar de las estrellas post-AGB, aumentando de forma significativa el número de estos objetos hasta ahora conocidos. Sin embargo, el comienzo de esta emisión tiene lugar después de la generación de la estructura bipolar, pero antes de la fotoionización de la envoltura.

Se ha estudiado la hidrodinámica, mediante simulaciones numéricas, de las envolturas circumstelares formadas a consecuencia de la pérdida de masa durante la fase de pulsos térmicos durante la AGB. Concluimos que debido a la evolución altamente no lineal de las envolturas, la historia de pérdida de masa no deja huellas observables, y que carece de sentido estudiar correlaciones entre las escalas temporales de pulsos térmicos y los tiempos dinámicos determinados a partir de la separación de capas en nebulosas planetarias. También se predice la existencia de grandes envolturas circumstelares alrededor de estrellas en la fase AGB y post-AGB que contendrían gran parte de la masa perdida por las estrellas progenitoras.

### **Evolución del Proyecto**

D.A. García-Hernández, A. Manchado y C. Domínguez Tagle, han analizado una muestra de 40 candidatos post-AGB mediante espectroscopía en el infrarrojo cercano tomada con IRSPEC, en el Obs. de La Silla (Chile). En este análisis, se han detectando líneas de emisión de hidrógeno molecular, líneas de recombinación del hidrógeno y el primer sobretono de CO, encontrando que la emisión de hidrógeno molecular esta asociada con el tipo morfológico bipolar y con el estado evolutivo de la estrella central.

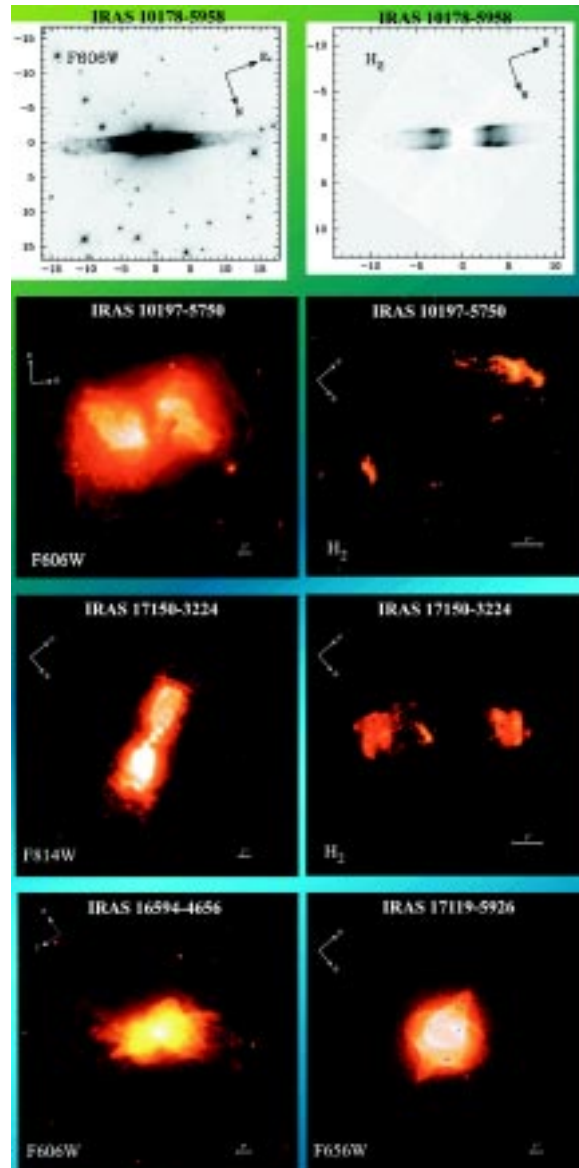
Se ha aumentado el número de objetos post-AGB bipolares con emisión  $H_2$ , y determinado el comienzo de la excitación de la emisión de  $H_2$  durante la evolución post-AGB.

Se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo de la fase de transición AGB Nebulosa Planetaria por E. Villaver, A. Manchado y G. García-Segura. Uno de los resultados más relevantes de este trabajo es que las escalas temporales de evolución durante esta fase predicha por los modelos teóricos son muy grandes. El resultado se basa en comparar las simulaciones numéricas con radios y velocidades de expansión. También se han analizado los radios y las temperaturas efectivas a las cuales se produce

la transición de una nebulosa limitada en radiación a cuando ésta está limitada en densidad. Los resultados obtenidos apuntan a que el cambio a pérdidas de masa típicas de la fase post-AGB (menos densas y más rápidas) ha de producirse más lejos de la AGB, con lo cual la evolución durante el tiempo de transición se acortaría.

E. Villaver, A. Manchado y G. García-Segura mediante el estudio realizado durante la fase de nebulosa planetaria, han explicado la existencia de altas velocidades de expansión en los halos como consecuencia de su evolución a través de un medio interestelar poco denso. Se explica también la aparente contradicción entre las escalas temporales dinámicas en nebulosas planetarias y las de evolución de su estrella central. La diferencia es debida a que durante los estadios tempranos de evolución de la planetaria la capa principal brillante no es debida al proceso de vientos interactuantes sino que es causada por compresión asociada al frente de ionización. Esto determina que la capa sea más grande y que se expanda más despacio de lo que lo que hará después y que se observen estrellas centrales jóvenes para nebulosas planetarias viejas. Se ha encontrado que las observaciones subestiman las masas ionizadas presentes en nebulosas planetarias. Un efecto de selección impide la observación de los halos (capas grandes con poco brillo superficial) donde está contenida la mayor parte de la masa que proviene de la pérdida de masa de la estrella y que contiene una fracción importante de medio interestelar barrido.

Y. Grosdidier y A. Manchado han obtenido serie temporales de fotometría de las nebulosas planetarias NGC 40 (HD 826, [WC8]) y BD +30 3639 ([WC9]) para averiguar si dichas estrellas pulsan. El reciente descubrimiento de pulsaciones en modo no-radial en NGC 1501, hace posible utilizar técnicas de astrosismología para estudiar la estructura interna de estas estrellas. Hasta ahora, ambas estrella muestran una variabilidad caótica. Los primeros datos obtenidos (cuatro series para HD 826 y 6 series para BD+30 3639, de 4 horas de duración cada una de ellas), están en proceso de reducción.



# EL SOL

## ESTRUCTURA Y DINAMICA DE LA ATMOSFERA SOLAR (P3/87)

M. Vázquez.

J.A. Bonet, V. Martínez Pillet, J. Sánchez Almeida, M. Sánchez Cuberes, I. Rodríguez Hidalgo, M. Sobotka y E. Eugenio Rodríguez.

**Colaboradores del IAC: I. Márquez Rodríguez y H. González Jorge.**

T. Berger (Lockheed, EEUU); R. Casas (Obs. Sabadell); J.C. del Toro Iniesta (IAA, Granada); A. Hanslmeier, K. Puschmann (Inst. Geophysics, Astrophysics & Meteorology, Austria); J. Hirzberger (Univ. de Göttingen, Alemania); B. Lites (HAO, EEUU); R. Muller (Obs. Pic du Midi, Francia); M. Sobotka (Astronomical Inst., República Checa).

### Introducción

Las actividades de este Proyecto están enmarcadas dentro del Proyecto de la DGES PB95-0028 para el periodo 1997-2001, que engloba también los Proyectos internos P2/87, P5/96 y P2/99.

Los objetivos de este Proyecto, resumidos brevemente, para el 2000 son los siguientes:

Implementación de las técnicas de diversidad de fase para la reconstrucción de imágenes de la fotosfera solar.

Simulación de la variación de centro a borde de estructuras de la fotosfera solar como granulación, fáculas y poros.

Análisis de observaciones espectropolarimétricas de la fotosfera solar.

Conclusión del programa de mejora instrumental para el telescopio VNT. Continuación de los programas observacionales en dicho telescopio.

### Algunos resultados relevantes

Observaciones de manchas solares con el LPSP en la Torre Sueca del ORM.

### Evolución del Proyecto

M. Sánchez Cuberes, M. Vázquez, J.A. Bonet y M. Sobotka continúan el análisis de las observaciones realizadas simultáneamente en 0,8 y 1,6 micras,

que corresponden al máximo y al mínimo de opacidad de la fotosfera solar, respectivamente. Actualmente se centran en el estudio de la variación de centro a borde de la granulación y de estructuras magnéticas como fáculas y poros.

J.A. Bonet e I. Márquez han continuado con la optimización del código de «Diversidad de Fase» para restauración de imágenes solares degradadas por efectos instrumentales y de turbulencia atmosférica. Como prolongación de este Proyecto han establecido una colaboración con F. Berilli y S. Criscuoli (Univ. Tor Vergata) para la realización de una versión de ejecución del código más rápida, en Fortran-90.

J.A. Bonet realizó una estancia de trabajo, durante mayo y junio, en el Obs. de Pic du Midi (Francia). Durante la misma inició, junto con R. Muller y M. Stupka un análisis de imágenes para el estudio de la dinámica de puntos brillantes en regiones activas.

J.A. Bonet, B. Ruiz Cobo y M. Vázquez, en colaboración con K. Puschman y A. Hanslmeier (Univ. Graz, Austria), se encuentran realizando el análisis de una serie temporal de espectros de la granulación solar obtenida en el telescopio VTT en 1993. El cálculo de las funciones respuesta a fluctuaciones de temperatura y velocidad de las líneas espectrales del intervalo espectral observado, ha permitido una interpretación correcta y sin ambigüedades de los resultados obtenidos.

V. Martínez Pillet, M. Sobotka y M. Vázquez han realizado observaciones polarimétricas de manchas solares utilizando el LPSP (La Palma Stokes Polarimeter) en la Torre Sueca del ORM. Durante este período se obtuvieron los espectros con mejor resolución espacial hasta la fecha ( $\approx 0,5''$ ).

V. Martínez Pillet, en colaboración con T. Berger y B. de Pontieu han utilizado el LPSP simultáneamente con el instrumento MDI, un magnetógrafo longitudinal a bordo de SOHO, en el modo de alta resolución, para proceder al calibrado de este último. El LPSP y el MDI observaron a la vez varias regiones solares y esperan conseguir con dichos datos una calibración fiable que tendrá un amplio rango de aplicabilidad.

V. Martínez Pillet participó en el equipo de estudio del Visible Imaging Magnetograph (VIM). VIM es un magnetógrafo que formará parte de la instrumentación del satélite solar Orbiter. Este Proyecto ha sido aprobado por la ESA como misión tipo Flexi y tiene previsto su lanzamiento durante el periodo 2009-13. El Orbiter se acercará a 0,2 unidades

astronómicas del Sol y dicha distancia, junto con el telescopio de 25 cm que usará el VIM, permitirá obtener magnetogramas con una resolución espacial de unos 70 km sobre la superficie solar. En su actual definición VIM es un magnetógrafo vectorial que observa dos longitudes de onda en dos flancos de la línea de Fe I 630,2 nm. Debido a las características de su órbita, VIM podrá conseguir magnetogramas de los polos solares con perspectivas inaccesibles desde la Tierra.

J. Sánchez Almeida, A. Asensio Ramos, J. Trujillo Bueno y J. Cernicharo han demostrado que la absorción en la banda G, utilizada para imágenes de concentraciones magnéticas a pequeña escala, se produce en condiciones de equilibrio termodinámico local. La formación de esta banda molecular de CH está controlada por colisiones con átomos y moléculas de hidrógeno.

H. Socas Navarro y J. Sánchez Almeida han aplicado técnicas de reconocimiento de imágenes a la medida del campo magnético en regiones que producen señales de polarización extremadamente débiles y asimétricas. Estas técnicas, en proceso de desarrollo, están destinadas a ser de uso común en un futuro cercano.

J. Sánchez Almeida ha desarrollado un nuevo magnetismo para concentrar el campo magnético de regiones del Sol con valores bajos de flujo magnético. La relajación térmica en un intergranulo es capaz de concentrar estructuras para las que el colapso convectivo es ineficaz.

J. Sánchez Almeida, T. Emonet y F. Cattaneo (Univ. de Chicago, EEUU) trabajan en la síntesis del espectro de polarización producido por las simulaciones de dinamos fotosféricas de Emonet y Cattaneo. Se quiere comparar este espectro sintético con observaciones.

J.A. Bonet, V. Martínez Pillet y M. Vázquez continúan con dos programas a largo plazo en el telescopio VNT del OT. Por un lado, la obtención de imágenes del disco entero a través de 6 filtros diferentes, de cara a buscar las fuentes de las variaciones de la irradiancia solar. Por otro lado, las imágenes de manchas solares en el infrarrojo (1,6 micras) servirán para estudiar la variación del brillo con el tamaño, posición del disco y finalmente la controvertida variación con el ciclo solar. En el marco de estos programas C. Gianmanco desarrolló un nuevo código de análisis para la determinación del área de las manchas y la composición de imágenes individuales de las mismas.

## **MAGNETISMO, RADIACION Y FLUIDOS EN ASTROFISICA (P5/96)**

**J. Trujillo Bueno.**

**F. Moreno Insertis, O. Dittmann, A.J. Gómez Peláez, A. Asensio Ramos, R. Manso Sainz y D. Lenz.**

Colaboradores del IAC: M. Collados, P. Fabiani Bendicho, V. Martínez Pillet y J. Sánchez Almeida.

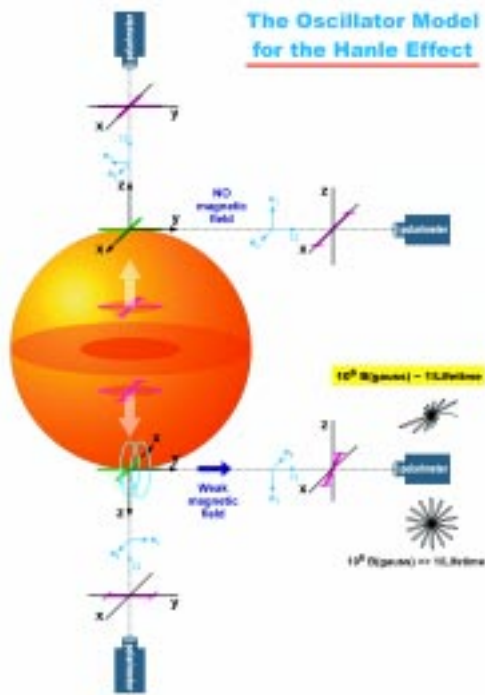
S. Bagnulo (ESO, Chile); J. Cernicharo (Int. de Estructura de la Materia, Madrid); T. Emonet (Univ. de Chicago, EEUU); A. Hood (St Andrews Univ., Escocia); E. Landi Degl'Innocenti (Univ. de Florencia, Italia); K. Petrovay (Univ. Eotvos, Hungría); N. Shchukina (Obs. de Kiev, Ucrania); M. Schüssler (MPI, Alemania); H. Socas Navarro (HAO, EEUU).

### **Introducción**

El presente Proyecto tiene como objetivo general el estudio teórico de procesos magnetohidrodinámicos y radiativos en sistemas astrofísicos, con especial énfasis en aquellos aspectos en que el campo magnético juega un papel relevante. Como Proyecto fundamentalmente teórico, se plantea resolver las ecuaciones de la hidrodinámica y física del plasma, por un lado, y del transporte radiativo y física atómica por otro, para entender: a) la generación del campo magnético en interiores estelares, con especial énfasis en el Sol, su transporte hacia la superficie y los procesos de difusión asociados al mismo; b) la generación y transporte de radiación en plasmas astrofísicos magnetizados, con especial interés en la polarización de la radiación y en el diagnóstico de campos magnéticos en el Sol y en otros sistemas astrofísicos, c) varios fenómenos de dinámica de gases en el Medio Interestelar dominados o fuertemente influida por el campo magnético, d) el transporte de radiación en líneas moleculares con vistas al desarrollo de técnicas de diagnóstico en Astrofísica Molecular. Todos los puntos anteriores se realizan mediante el desarrollo y uso de técnicas analíticas y numéricas y de códigos de ordenador magnetohidrodinámicos y de transporte radiativo que aprovechen de forma óptima las posibilidades computacionales del momento. Asimismo, en este Proyecto se da muchísima importancia a la referencia observacional, proponiendo la realización de observaciones espectropolarimétricas concretas y manteniendo estrechas colaboraciones con personas y grupos observacionales relacionados directa o indirectamente con la investigación teórica del grupo.

## Algunos resultados relevantes

En el marco de la teoría cuántica de generación y transporte de radiación polarizada se ha desarrollado un código que permite realizar simulaciones numéricas realistas sobre la generación de señales de polarización lineal en líneas espectrales. Se trata de señales de polarización producidas por procesos de dispersión en atmósferas estelares, las cuales son modificadas por la acción de campos magnéticos débiles (lo que se conoce como efecto Hanle; ver Figura). Esta nueva herramienta de diagnóstico de campos magnéticos débiles (entre 0.001 y 100 gauss para el caso del Sol) ha sido aplicada con éxito a observaciones espectropolarimétricas del triplete IR del calcio ionizado (obtenidas por el grupo con los telescopios del OT) con vistas a descifrar la topología e intensidad de los campos magnéticos más débiles de la cromosfera solar.



MEMORIA  
2000 IAC

Ilustración del efecto Hanle en la atmósfera solar.

72

## Evolución del Proyecto

### Hidrodinámica y magnetismo en interiores estelares

D. Lenz y F. Moreno Insertis han obtenido primeros resultados sobre la evolución térmica y dinámica de una región magnética contenida en un medio estratificado inestable a la convección. Si en la zona magnética la convección se suprime y el transporte de radiación se realiza mediante difusión, el transporte térmico da lugar a una pérdida de equilibrio hidrostático y a una evolución dinámica. Incluso si

la región magnética es de aspecto tubular (y no en forma de capa), se produce una sombra térmica por encima y una zona caliente por debajo de la región. La evolución dinámica lleva al hundimiento de la sombra térmica en el centro y el ascenso de la zona caliente por los bordes del tubo. El resultado final es una capa magnetizada. Estos resultados se obtuvieron mediante el uso de un código MHD explícito (que incluye viscosidad, transporte térmico y difusividad óhmica) en una Cray T3E. La relevancia de estos resultados se sigue de su aplicación al almacenamiento del flujo magnético en los interiores estelares.

F. Moreno Insertis, T. Emonet y M. Rast han finalizado la publicación de resultados referentes a la producción de vorticidad en la periferia de una región magnética flotante en un interior estelar. Se ha estudiado en mayor detalle la dependencia de los resultados con el número de Reynolds y el beta del plasma, que resultan ser los parámetros fundamentales en este problema. Este estudio, imposible de realizar dentro de la aproximación de tubo delgado por su carácter esencialmente bi ó tridimensional, permite poner límites a las posibilidades de transporte de campo magnético desde los interiores estelares a la superficie.

### Inestabilidad térmica de medios magnetizados en expansión y fuera del equilibrio térmico

Á. Gómez Peláez y F. Moreno Insertis han estudiado diferentes aspectos de la inestabilidad térmica de un medio magnetizado ópticamente delgado que se encuentra fuera del equilibrio térmico (debido a la presencia de procesos de enfriamiento y calentamiento) y en expansión, incluyendo, además la conducción térmica y la autogravitación. Primero, se ha estudiado la estabilidad lineal de dichos sistemas. Dado que en general estos sistemas no admiten un análisis de modos normales, se han obtenido soluciones aproximadas mediante técnicas WKB para diferentes casos asintóticos en las relaciones de tiempos característicos de los diferentes fenómenos físicos incluidos. De este modo, las diferentes inestabilidades (o fenómenos ondulatorios) aparecen a diferente orden WKB. Segundo, se ha estudiado el desarrollo no lineal de la inestabilidad térmica en un medio magnetizado con enfriamiento global y conducción térmica utilizando un código numérico 1.5D de red espacial no uniforme, que permite una buena resolución de las zonas frías y densas. Se obtiene la formación de filamentos magnetizados de diferentes características según sea la intensidad relativa de presión magnética y gaseosa en el fluido inicial. Todos estos resultados pueden ser de aplicación en aquellos entornos astrofísicos en los que la inestabilidad térmica juega un papel importante.



## *Atmósferas estelares y transporte radiativo*

J. Trujillo Bueno, en colaboración con N. Shchukina ha realizado y publicado en *Astrophysical Journal* un estudio teórico sobre el problema de la determinación de la abundancia estelar del hierro utilizando modelos tridimensionales hidrodinámicos de las fotosferas de estrellas de tipo solar. La conclusión principal es que el considerar modelos atmosféricos tridimensionales realistas y el no hacer uso de la aproximación de equilibrio termodinámico local (ETL) lleva de forma consistente a obtener la abundancia meteorítica del hierro al ajustar el espectro teórico al espectro observado estelar. Las hipótesis de la espectroscopía estelar "clásica" (modelos atmosféricos unidimensionales y, con frecuencia, suposición de ETL) dan lugar a una abundancia del hierro en el Sol significativamente diferente a la meteorítica. Si bien los errores en la determinación "clásica" de las abundancias de los elementos químicos pueden ser pequeños para el caso solar, es posible que sean muy importantes para otras estrellas. Dada la importancia que todo esto tiene para estudios semi-empíricos de la evolución química de la Galaxia, estos investigadores han iniciado la extensión de este tipo de estudios de espectroscopía cuantitativa estelar (sin suponer ETL y utilizando modelos 3D hidrodinámicos) al caso de estrellas de baja metalicidad.

### *Espectropolarimetría y el efecto Hanle*

Las observaciones de alta precisión polarimétrica con los telescopios GCT, SVST, VTT y THEMIS que se describen a continuación han sido realizadas con el fin de estudiar el magnetismo de la cromosfera solar mediante los efectos Hanle y Zeeman. Algunas de estas observaciones son sobre el "Segundo Espectro Solar", término que se ha comenzado a utilizar recientemente para referirse al espectro linealmente polarizado producido por procesos de dispersión en presencia de débiles campos magnéticos.

O. Dittmann y J. Trujillo Bueno, en colaboración con M. Semel han adaptado un polarímetro estelar para su uso en el telescopio GCT. Han realizado medidas de los cuatro parámetros de Stokes en el triplete infrarrojo del calcio ionizado en regiones débilmente magnetizadas cercanas al limbo solar. Las señales de polarización circular observadas se deben al efecto Zeeman, mientras que las de polarización lineal se deben a procesos de dispersión y al efecto Hanle. Se está llevando a cabo la interpretación teórica en colaboración con R. Manso Sainz.

El polarímetro LPSP (desarrollado en el IAC haciendo uso de cristales líquidos ferroeléctricos) ha sido utilizado en combinación con el telescopio SVST del ORM con vistas a explorar observacionalmente el efecto Hanle en las líneas D1 y D2 del sodio. Se trata de un trabajo de investigación en estrecha colaboración con V. Martínez Pillet y M. Collados.

Las señales de polarización lineal (Q y U) y circular (V) cuantificadas son muy complejas y sugieren la acción conjunta de los efectos Hanle y Paschen-Back en un régimen de intensidad de campo (decenas de gauss) donde tienen lugar cruzamientos de los subniveles hiperfinos de los niveles superiores de tales líneas espectrales (J. Trujillo Bueno).

El polarímetro infrarrojo TIP (desarrollado en el IAC para hacer factible espectropolarimetría entre 1 y 2 micras) ha sido utilizado en combinación con el telescopio VTT del OT con vistas a realizar diversos estudios de espectroscopía atómica y molecular, con interés especial en la molécula de OH y en la línea cromosférica del helio a 10830 Å. Se trata de un trabajo de investigación en estrecha colaboración con M. Collados (J. Trujillo Bueno).

J. Trujillo Bueno, en estrecha colaboración con M. Collados y F. Paletou (THEMIS), ha utilizado el telescopio THEMIS para realizar estudios observacionales sobre el "Segundo Espectro Solar" en varias líneas espectrales simultáneamente.

### *Generación y transporte de radiación polarizada*

R. Manso Sainz y J. Trujillo Bueno han desarrollado (y aplicado con éxito a las observaciones del triplete IR del Ca II descritas anteriormente) un código que permite realizar simulaciones numéricas realistas sobre la generación y transporte de señales de polarización lineal producidas por procesos de dispersión en atmósferas estelares y su modificación debida a la acción de campos magnéticos débiles (efecto Hanle).

La interpretación teórica del "Segundo Espectro Solar" en el marco de la teoría cuántica de generación y transporte de radiación polarizada ha llevado a la conclusión de que la cromosfera solar es un "vapor polarizado a nivel atómico", que posee propiedades ópticas similares a las de un cristal anisótropo (J. Trujillo Bueno).

### *Astrofísica molecular*

Se ha avanzado sustancialmente en el desarrollo de un código de transporte radiativo para la interpretación de observaciones de líneas moleculares en atmósferas estelares, el cual está siendo aplicado a espectros de estrellas evolucionadas obtenidos con el telescopio espacial ISO (A. Asensio Ramos, J. Trujillo Bueno y J. Cernicharo).

En estrecha colaboración con J. Sánchez Almeida y con J. Cernicharo se ha realizado un estudio teórico que ha llevado a la explicación de los "enigmáticos" puntos brillantes que se observan en la fotosfera solar cuando se realizan observaciones de altísima resolución espacial en la banda G de la molécula de CH, los cuales están asociados a concentraciones magnéticas no resueltas espacialmente (A. Asensio Ramos y J. Trujillo Bueno).

## ESPECTROPOLARIMETRIA SOLAR (P2/99)

**M. Collados.**

**B. Ruiz Cobo, I. Rodríguez Hidalgo, L.R. Bellot  
y V. Martínez Pillet.**

**Colaboradores del IAC: J.J. González  
Hernández.**

H. Balthasar, y K. Muglach (AIP, Alemania); T. Berger (Lockheed-Martin, EEUU); L. van-Driel (Obs. Paris-Meudon, Francia); E.V. Khomenko (MAO, Ucrania); B.W. Lites (HAO, EEUU); F. Paletou y A. Sainz (Themis); R. Schlichenmaier y W. Schmidt (KIS, Alemania); S. Solanki (MPIA, Alemania); J.C. del Toro Iniesta (IAA, Granada).

### Introducción

La finalidad de este Proyecto es estudiar diversas manifestaciones del campo magnético que se pueden observar en la atmósfera solar. Estas incluyen estructuras tan diversas como las manchas solares o los campos débiles presentes fuera de la red fotosférica. Así, se han ido abordando gradualmente los siguientes temas de investigación:

- Aparición, evolución y desaparición del campo magnético en fáculas y red fotosférica.

- Variaciones temporales del campo magnético, a escalas de tiempo desde varios segundos hasta varios minutos, en elementos magnéticos de pequeña escala espacial y manchas solares.

- Influencia del campo magnético en las propiedades de los fenómenos convectivos granulares y en la estratificación de los diversos parámetros atmosféricos.

- Señales magnéticas débiles (campos débiles fuera de la red fotosférica, polarización producida por fenómenos de dispersión, depolarización por efecto Hanle).

- Estructura del campo magnético de las manchas solares.

La finalidad última de estos estudios es avanzar en el conocimiento de los siguientes aspectos:

1.- Estabilidad de las estructuras magnéticas.

2.- Mecanismos de transmisión de energía en estructuras magnéticas y su relación con el calentamiento de las capas medio-altas fotosféricas y de la cromosfera.

3.- Interacción entre los movimientos convectivos solares y el campo magnético.

4.- Propiedades de las señales de polarización débiles.

## Algunos resultados relevantes

*Publicación de los primeros datos obtenidos con LPSP y TIP*

La aplicación de los polarímetros construidos en el IAC (LPSP y TIP) está siendo muy diversa: análisis de oscilaciones en manchas y poros, de señales de polarización por procesos de dispersión, de la estructura penumbral, de la evolución de campos débiles fotosféricos, etc. Los primeros resultados están siendo publicados en revistas internacionales especializadas. Los más relevantes hasta ahora han sido la detección de un frente propagándose hacia arriba en la fotosfera que destruye una estructura magnética y de flujos de materia supersónicos en la penumbra de manchas solares.

*Resultados de extensiones del código de inversión SIR*

El código de inversión de datos espectropolarimétricos SIR (Stokes Inversion based on Response functions) ha sido utilizado en el pasado en diversos trabajos cuya finalidad era obtener la estratificación de diversos parámetros de la atmósfera solar (temperatura, velocidad, campo magnético, etc.). Su aplicación se ha extendido a situaciones más complejas (tubos de flujo, no-ETL, atmósferas estelares, etc.) y los primeros resultados de los nuevos códigos ya están siendo publicados.

*Oscilaciones del sol en calma*

La aplicación de una versión "quasi-no-ETL" del código de inversión SIR a una serie temporal de espectros de una línea fotosférica intensa ha proporcionado la primera estimación empírica de la estratificación de las oscilaciones acústicas de velocidad y temperatura en la fotosfera solar, tanto en coordenadas lagrangianas como eulerianas.

## Evolución del Proyecto

Este año el grupo se ha centrado principalmente en el aprovechamiento de datos obtenidos con los polarímetros del IAC (LPSP y TIP) durante la campaña de observación de 1999.

Los principales resultados obtenidos hasta el presente son:

*Concentración y destrucción de una estructura magnética de la red fotosférica*

Se ha realizado el análisis en profundidad de una serie temporal que mostraba la aparición y desaparición de una estructura magnética de la red fotosférica. Este estudio ha revelado que el proceso de concentración del campo magnético es producido por el denominado *colapso convectivo*, mediante el

cual la caída de material provoca un vaciado de la estructura magnética y su posterior concentración para alcanzar de nuevo el equilibrio. Sin embargo, no se llega a alcanzar un campo de kilogauss ya que aparece un frente moviéndose hacia arriba como consecuencia del rebote del material en las capas profundas que son más densas. La interacción entre los dos materiales (uno moviéndose hacia abajo y otro hacia arriba) provoca un calentamiento de la estructura magnética que termina destruyéndola. Dos aspectos de este trabajo son especialmente destacables: 1) que hasta el momento no existía evidencia observacional del colapso convectivo; 2) que la interrupción del proceso por un frente de material que se propaga hacia arriba aparece también en las simulaciones numéricas más sofisticadas y recientes.

#### *Estructura tridimensional de manchas solares*

Conjuntamente con J.C. del Toro Iniesta se ha encontrado, a partir de datos espectropolarimétricos infrarrojos, la existencia de flujos de materia supersónicos en la penumbra de manchas solares dirigidos hacia el interior del Sol. El material se mueve a lo largo de tubos de flujo muy fríos que terminan en la parte central y externa de la penumbra. Es la primera vez que se encuentran movimientos supersónicos en la penumbra de manchas solares.

#### *Oscilaciones en regiones en calma*

Se ha finalizado un trabajo sobre las oscilaciones acústicas en la fotosfera solar, cuyos resultados proceden de la aplicación de la versión "quasi-no-ETL" del código de inversión SIR a una secuencia temporal de espectros de la línea KI 7699 Å. Se ha concluido que, en primer orden, la fotosfera se mueve arriba y abajo como un todo con amplitudes entre unos 8 km y unos 19 km, en niveles profundos y altos, respectivamente. En coordenadas comóviles con el material (lagrangianas) se han encontrado numerosos reforzamientos locales y de corta duración de la temperatura y velocidad, que podrían ser la huella fotosférica de los choques cromosféricos propuestos por Carlsson y Stein en recientes simulaciones numéricas. La perturbación lagrangiana en temperatura muestra claramente dos capas nodales asociadas con fuertes cambios de fase no detectados hasta el momento. Para la oscilación lagrangiana de velocidad se ha confirmado el crecimiento de su amplitud y la práctica constancia de su fase con la altura. Observadas desde un sistema de referencia fijo (coordenadas eulerianas), las perturbaciones están dominadas por la oscilación coherente de toda la fotosfera.

Se está a punto de terminar un trabajo de caracterización de estas oscilaciones en términos energéticos.

La experiencia adquirida con la inversión de esta serie temporal de espectros de intensidad ha servido para iniciar un nuevo trabajo en el que se compararán los resultados de la inversión de secuencias de datos espectropolarimétricos con simulaciones numéricas, tanto para zonas del Sol en calma como para manchas y poros.

#### *Oscilaciones en manchas y regiones activas*

Este programa persigue detectar variaciones temporales de corto periodo de campos magnéticos existentes en regiones activas (dentro y fuera de manchas). Como parte de la investigación se realizaron observaciones simultáneas en los telescopios VTT, GCT, SVST, DOT y con los satélites TRACE y SOHO. Para llevar a cabo el estudio se está colaborando especialmente con investigadores del Astrophysikalisches Inst. de Potsdam. Los primeros resultados observacionales ya han sido publicados y muestran que las oscilaciones observadas podrían estar causadas principalmente por fluctuaciones de la opacidad inducidas por el movimiento del material, en lugar de tratarse de variaciones intrínsecas del campo magnético. Conjuntamente con E.V. Khomenko se ha iniciado un trabajo con el fin de determinar este aspecto.

#### *Detección de señales de polarización generadas por procesos de dispersión*

Se han realizado por primera vez observaciones espectropolarimétricas de los cuatro parámetros de Stokes simultáneamente en líneas espectrales adecuadas para estudiar los procesos de dispersión en la atmósfera solar y su modificación por la acción de débiles campos magnéticos (efecto Hanle). El objetivo es el diagnóstico de los campos magnéticos más débiles de la cromosfera solar mediante los efectos Hanle y Zeeman. Los resultados preliminares obtenidos hasta ahora son completamente novedosos y revelan la complejidad de este tipo de procesos. Durante el año 2001 se realizará la interpretación teórica de estas observaciones, que han sido realizadas en colaboración con J. Trujillo Bueno (Proyecto P5/96).

#### *Extensión del rango de aplicabilidad de TIP*

Se ha adquirido un filtro específico para realizar observaciones con TIP de la línea de HeI 10830 Å. Esta línea es especialmente interesante porque, en muchos casos, se forma en una capa muy estrecha en la alta cromosfera, a la que muy difícil de acceder mediante otras técnicas. Las primeras observaciones realizadas en el telescopio VTT para estudiar las características del filtro recibido muestran unos datos muy interesantes, por lo que se realizarán diversas campañas de observación en el año 2001 para explotar su potencial de diagnóstico.

## SISMOLOGIA SOLAR Y ESTELAR (P8/00)

A. Jiménez.

P.L. Pallé, T. Roca Cortés, C. Régulo, F. Pérez Hernández, F. Espinosa, L. Fox Machado, J.A. Belmonte, R. Alonso Sobrino y A. Eff-Darwich.

**Colaboradores del IAC: A. Eff-Darwich, J. Patrón Recio, I. Martín Mateos, D. Cabrera, S. Fernández, R. Alonso, S. Fernández y H. Vázquez Ramió.**

E. Fossat, B Gelly (Univ. de Nize, Francia); G. Grec, T. Toutain y J. Provost (Obs. Cote d'Azur, Francia); J. Christensen-Dalsgaard y M.C. Rabello-Soares (Inst. de Astronomía de Aarhus, Dinamarca), D.O. Gough (Univ. de Cambridge, Reino Unido); T. Appourchaux (Space Science Dept., ESA, Holanda); Y. Chou (Univ. Tsing Hua, Taiwán); F. Hill, J. Leibachery J. Harvey (National Solar Obs., EEUU); R. Ulrich (Univ. de California, EEUU); S. Korzennick (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); R. García Bustinduy (DSM/DAPNIA, CEA, Francia); J. Kuhn (Sac. Peak Obs., EEUU); G.R. Isaak y Y. Elsworth (Univ. de Birmingham, Reino Unido); C. Frolich, C. Wehrli y W. Finsterle (PMOD/WRC, Davos, Suiza); S. Tomczyk y S. Jiménez (HAO, EEUU); C. Rabello Soares (Univ. de Stanford, EEUU).

### Introducción

El presente Proyecto tiene como objetivo genérico el estudio de la Estructura y Dinámica del Interior Solar. Para alcanzar tal objetivo se utiliza la única técnica posible, a la vez que probada: la Heliosismología. Mediante la detección observacional de las pulsaciones globales del Sol es posible inferir de modo preciso información acerca de las condiciones reinantes en las partes más internas del interior de nuestra estrella.

Este Proyecto cubre las distintas facetas necesarias para alcanzar el objetivo antes mencionado: la observacional (se realizan observaciones ininterrumpidas a lo largo del año desde varias estaciones heliosismológicas y se dispone de las provenientes del laboratorio solar espacial SOHO), la instrumental (consecuencia de la anterior), las diversas técnicas de reducción y análisis de los datos, la interpretación y finalmente el desarrollo teórico de técnicas de inversión de datos y elaboración de modelos de estructura y evolución del Sol.

El principal objetivo de la Astrosismología o Sismología Estelar en este Proyecto es el estudio del espectro de modos propios de oscilación en estrellas distintas al Sol para proporcionar información sobre la estructura interna, evolución y dinámica de las mismas. El Proyecto considera tanto el enfoque teórico (modelización estelar) como observacional (redes de observación, futuros telescopios espaciales, etc.), así como la interacción entre ambos.

### Algunos resultados relevantes

Utilizando datos de VIRGO (SOHO) se ha hecho un estudio de los parámetros de los modos-p a lo largo del ciclo de actividad solar. Las frecuencias resultan ser bastante sensibles a la actividad magnética mostrando las diferencias relativas (máximo-mínimo) un claro incremento a partir de 2.5 mHz, resultado que concuerda con estudios anteriores. Sin embargo la anchura de los modos no parece ser muy sensible a la actividad magnética. La potencia de los modos y la energía total decrecen alrededor de un 20% de mínimo a máximo pero, sin embargo, el ritmo de energía introducida en el modo de oscilación se mantiene prácticamente constante a lo largo del ciclo de actividad solar. Finalmente, la rotación no parece cambiar con la actividad magnética.

Se ha hecho un estudio para intentar encontrar variaciones temporales en la estructura y dinámica de la región "*tachocline*" entre los años 1996-99 usando datos de LOW-L y SOI/MDI (SOHO). Aunque no se ha encontrado evidencia clara de variaciones temporales, sí han sido establecidos los límites de sensibilidad de ambos instrumentos para detectar dichas variaciones.

Usando la técnica de los "*wavelets*" se ha demostrado que, aunque los perfiles de los modos acústicos presentan una ligera asimetría, el ajuste a los mismos de perfiles Lorentzianos simétricos no introduce ningún efecto sistemático en la determinación de las frecuencias.

Se realizó un estudio de cuatro estrellas de tipo d Scuti del cúmulo de las Pléyades usando redes mundiales de observación, calculando sus parámetros estelares y frecuencias adiabáticas.

Se ha aplicado un método basado en análisis de Fourier para detectar los equiespaciamentos en frecuencia en el espectro de estrellas de tipo solar. El método funciona francamente bien incluso con relaciones S/N de 0.01.

Usando datos de LOW-L, GONG y SOI/MDI (SOHO) se han determinado los desdoblamientos rotacionales entre 1996-99 y se ha deducido el perfil de rotación solar de una forma robusta y fiable.

Se ha hecho y se sigue haciendo un gran esfuerzo para mejorar la determinación de los modos por debajo de 1.5 mHz, modos-p de orden n bajo y modos-g. Los distintos métodos aplicados son capaces de rechazar falsas detecciones y de establecer más exactamente los límites que existen actualmente.

Empleando datos de GOLF se ha determinado que, hasta ahora, la turbulencia en la zona convectiva es la única fuente de excitación de los modos.

El paquete de instrumentación VIRGO/SOHO ha demostrado su total operatividad, después de casi cinco años de funcionamiento arrojando como resultados la determinación más precisa jamás alcanzada de los parámetros de los modos acústicos de grado bajo hasta  $l=7$  con los instrumentos SPM y LOI, así como de la irradiancia solar o constante solar con los radiómetros absolutos DIARAD y PMOD.

Por su lado el instrumento GOLF/SOHO está obteniendo medidas altamente estables y precisas de la velocidad global fotosférica. De la comparación de ambos espectros (intensidad y velocidad) se puede hacer una determinación más precisa de las frecuencias de oscilación, deducir información sobre los mecanismos de excitación de los modos y su localización física. Toda la información aportada por SOHO hace que los modelos de inversión para conocer el interior solar dispongan de los datos más fiables obtenidos hasta la fecha.

Durante este año el VIRGO Data Center (VDC) ha continuado su operatividad y productividad con "software" actualizado, también se han introducido mejoras importantes. El excelente funcionamiento del VDC hace que actualmente el VIRGO esté en plena producción científica y el grupo VIRGO requiera la participación del VDC para una posible próxima misión.

## **Evolución del Proyecto**

Este Proyecto ha cumplido con casi todas las expectativas durante este año. Gran parte de ellas se han logrado con el satélite SOHO (GOLF y VIRGO) procediéndose al procesado, análisis e interpretación de los datos. Se han desarrollado también técnicas de inversión que nos acercan a un conocimiento más certero del interior solar.

Asimismo, durante todo el año se han llevado a cabo observaciones solares desde el Laboratorio de Sismología del OT con los siguientes instrumentos: MARK-I, LOI-T, GONG, TON, LOW-L.

Por otro lado, todas las redes mundiales de observación heliosismológica con un nodo en Tenerife, han sido mantenidas y constituyen otra gran base de datos que, junto al satélite SOHO, hacen que las expectativas para el próximo año continúen siendo realmente alentadoras.

En el mes de diciembre se instaló de forma definitiva el instrumento LOW-L de la red ECHO del NCAR (EEUU) constituyendo una mini-red junto con el instrumento instalado en Hawai (EEUU). Las perspectivas con esta nueva red son muy prometedoras; por un lado, por la calidad de los datos obtenidos y, por otro, por el hecho de poder acceder a un procesado rápido de los mismos, ya que un doctorando del grupo se encuentra directamente implicado en ello.

Hay que resaltar que al ser este el primer año de operación del LOW-L en Tenerife, se ha realizado un gran esfuerzo instrumental por parte del grupo en cuestión, de mantenimiento y reparación de los problemas que todo nuevo instrumento genera al principio.

Se han formalizado los contactos con T. Brown del HAO (EEUU) para la instalación del telescopio STARE para la detección de tránsitos planetarios y Astrosismología. El instrumento se instalará en el OT en primavera del año 2001. La colaboración entre las dos instituciones (HAO-IAC) ha comenzado ya con la formalización del proyecto de tesis conjunto sobre el tema, que va a llevar a cabo R. Alonso Sobrino bajo la supervisión de J.A. Belmonte, T. Brown y P.L. Pallé. En los meses de noviembre y diciembre R. Alonso se desplazó al HAO (EEUU) para una primera toma de contacto con el instrumento y con los procesos de adquisición y reducción de datos.

En el mes de mayo se formalizó también el proyecto de tesis de L. Fox Machado titulado "Efecto de la rotación en estrellas pulsantes tipo d Scuti".

# EL SISTEMA SOLAR

## ARQUEOASTRONOMIA (P7/93)

**J.A. Belmonte.**  
**C. Esteban y A. Aparicio.**

**Colaboradores del IAC: R. Génova.**

E. Aura y J. Pérez Ballester (Univ. de Valencia); E. Cortell (Museo Arqueológico de Alcoy, Alicante); J. Galindo (UNAM, México); O. González (Museo Ciencia y Cosmos, Tenerife); J.J. Jiménez (Museo Arqueológico, Tenerife); M. Hoskin (Churchill College Cambridge, Reino Unido); M.A. Perera (Unidad de Patrimonio, Cabildo de Lanzarote); M.T. Ruiz González (Unidad de Patrimonio, Cabildo del Hierro); F. Salvador (Univ. de Jaén); R. Schlueter (UNED, Las Palmas de G/C); A. Tejera (Univ. de La Laguna).

### Introducción

Este Proyecto tiene como objetivo fundamental determinar la importancia de la Astronomía como parte integrante de la cultura y de la civilización. Nuestro interés se centra en especial en los pueblos del antiguo ámbito Mediterráneo desde el Atlántico al Oriente Medio, con una dedicación especial a España y a su entorno geográfico inmediato.

### Algunos resultados relevantes

En febrero se llevó a cabo una campaña arqueoastronómica en las antiguas regiones de Tripolitania y Fezzan (en Libia y Túnez actuales). Entre los numerosos hallazgos realizados, se puede destacar el descubrimiento de un hermoso marcador solsticial en la ciudad fortaleza de Zinjecra, capital del reino de los garamantes entre los siglos IX y II a.C., situada en las márgenes del Wadi el Haya (antiguas "Fauces Garamánticas") en pleno corazón del desierto del Sahara. Este marcador recuerda, por su contexto arqueológico y topográfico, a otros encontrados por el equipo en el Archipiélago Canario, redundando en las conexiones existentes entre las culturas aborígenes de Canarias y las líbicas del norte de África.

### Evolución del Proyecto

Como se ha mencionado, en febrero se realizó con contratiempos mínimos la campaña arqueoastronómica planeada en Libia (y Sur de Túnez), realizando trabajos de campo en las ciudades y fuertes romanos de la antigua Tripolitania (Gightis, Sabrata, Lepcis, Golaia) y en los restos de la cultura

garamante del Sahara (ciudades de Germa y Zinjecra, necrópolis real, de Hatiya, de Charaig o de Saniat Ben Howedi). Los resultados ya han sido analizados, se encuentran en vías de publicación y han sido presentados a congresos internacionales en Roma y Moscú.

Durante la primera mitad del año se llevó a cabo la edición de las memorias del congreso *Oxford VI & SEAC99* celebrado en La Laguna en junio de 1999 organizado por los investigadores del Proyecto. El libro vio la luz en otoño (contiene alrededor de unas 60 contribuciones, todas ellas revisadas en su calidad científica por un comité editorial).

En marzo y septiembre se realizaron trabajos de campo en distintos santuarios y necrópolis ibéricas de las provincias de Alicante, Albacete y Valencia, encontrándose un elevado número de lugares con marcadores astronómicos equinocciales. Resulta especialmente interesante por su espectacularidad el encontrado en el pozo votivo del yacimiento arqueológico de El Amarejo (Bonete, Albacete).

En julio, se realizó una pequeña campaña en la isla de El Hierro en la que se realizaron entrevistas a pastores y agricultores viejos de Tigaday y San Andrés en busca de informaciones etnoastronómicas relevantes y se visitaron las estaciones de grabados alfabéticos de la Isla con el fin de analizar su posible interés arqueoastronómico. La información obtenida se encuentra actualmente en proceso de análisis.



Igualmente, se ha conseguido elaborar una primera hipótesis sobre el mapa del cielo de los antiguos egipcios, analizando las series de canales de los sarcófagos del Reino Medio, los techos astronómicos de las tumbas del Reino Nuevo y los relojes estelares de este mismo periodo, mediante un estudio astronómico, lingüístico y etnohistórico de los mismos.

## FISICA DE LA MATERIA INTERPLANETARIA (P4/00)

L.R. Bellot.

M. Serra Ricart, D. Martínez Delgado, J.J. Fuensalida y P. Rodríguez Gil.

J.L. Ortiz Moreno (IAA, Granada); P.V. Sada (Univ. de Monterrey, México); J. Licandro (Galileo, La Palma); O. Benítez Sánchez (Soc. de Observadores de Meteoros y Cometas de España); R. Arlt, (Astrophysikalisches Inst. Potsdam, Alemania).

### Introducción

Este Proyecto pretende estudiar las propiedades físicas de los meteoroides, partículas de polvo emitidas por los cometas en su acercamiento al Sol, así como las características de su interacción con la atmósfera terrestre. Los meteoroides proporcionan información de gran valor sobre los cometas (composición, estructura interna, etc.). Desde el punto de vista práctico, estas partículas son potencialmente peligrosas para los satélites espaciales en órbita alrededor de la Tierra. Uno de los objetivos principales del Proyecto es determinar la población de partículas cometarias en las cercanías de la Tierra a lo largo de todo el año, con el fin de diseñar estrategias que disminuyan el riesgo de destrucción de satélites. Para lograr estos objetivos, el IAC ha diseñado y construido el sistema automático de detección de meteoros TIMES (Tenerife Imaging Meteor System). Dicho

sistema, ubicado en el OT, permitirá obtener un mapa completo de la actividad meteórica observable desde la Tierra, al tiempo que realiza observaciones en doble estación para determinar las trayectorias atmosféricas de las partículas detectadas.

Uno de los objetivos fundamentales del Proyecto para el próximo año será caracterizar la tormenta que las Leónidas pueden producir en noviembre. En particular, se pretende obtener una muestra significativa de curvas de luz, espectros y órbitas, así como conseguir el primer registro en vídeo de una tormenta de meteoros.

### Algunos resultados relevantes

En el marco de este Proyecto se ha conseguido realizar la primera detección de impactos de meteoroides en la Luna durante la tormenta de Leónidas de 1999. A partir de los registros disponibles se ha llevado a cabo la primera estimación experimental de la eficiencia luminosa (fracción de energía cinética emitida en forma de radiación) para impactos de alta velocidad. El valor obtenido coincide con el predicho por los modelos teóricos, confirmando la validez de éstos. Además, ha sido posible caracterizar la distribución de tamaños de las partículas más masivas del enjambre de las Leónidas.

También en el marco de este Proyecto se han obtenido registros en doble estación de varias lluvias de meteoros entre las que destacan las Acuáridas (20 meteoros) y Leónidas (24 meteoros). Estas son las primeras detecciones que se realizan en España, lo que demuestra la eficiencia del sistema empleado.

En lo que se refiere a la vertiente educativa del Proyecto este año ha sido muy fructífera. El proyecto educativo *Leónidas 1999* fue seleccionado para participar en el certamen *Física en Acción* organizado por la Real Sociedad Española de Física y en la muestra *Physics on Stage 2000* de la Semana Europea de la Ciencia. Además, los resultados del proyecto educativo han sido presentados en varios congresos internacionales.

MEMORIA  
IAC 2000

79



*Imágenes de los cinco impactos de Leónidas sobre la superficie lunar detectados por el equipo el 18 de noviembre de 1999. Fueron obtenidas con un telescopio de 0.2 m y una cámara de vídeo CCD monocroma. Los destellos de luz son muy cortos (1/60 de segundo) e intensos (el más brillante tuvo una magnitud de +3).*

*Las imágenes mostradas miden 53 x 53 arcsec.*

# OPTICA ATMOSFERICA

## Evolución del Proyecto

Durante este año se ha avanzado en el desarrollo y puesta a punto del sistema TIMES en el OT. Esto ha permitido realizar varias campañas de observación durante los periodos de prueba de los intensificadores. En particular, se ha realizado un seguimiento continuo de las lluvias del complejo de Acuario en julio, de las Leónidas en noviembre y de las Gemínidas en diciembre. Los datos obtenidos se están analizando para determinar la densidad espacial de meteoroides y la posición de los radiantes. Las observaciones simultáneas con el ORM y Gran Canaria han permitido obtener alrededor de 40 meteoros en doble estación. Además de proporcionar las órbitas de las partículas involucradas, lo que permitirá estudiar posibles variaciones gravitatorias y no gravitatorias en el caso de las Leónidas, estos datos están siendo analizados para obtener curvas de luz con las que se determinará la densidad de masa de los meteoroides.

Actualmente se están desarrollando las técnicas de análisis y los programas correspondientes para la reducción automática de las observaciones.

## CALIDAD DEL CIELO DE CANARIAS. PROMOCION DE LOS OBSERVATORIOS (P1/89)

**C. Muñoz-Tuñón.**  
**A.M. Varela.**

**Colaboradores del IAC: T. Mahoney J. Jiménez Fuensalida, L. Jochum y A. García de Gurtubai.**

J. Vernin (Univ. de Niza, Francia); Z. Benkhaldoun (Univ. de Marrakech, Marruecos); M. Sarazin (ESO, Garching, Alemania).

### Introducción

Siguiendo el objetivo fundamental de caracterizar la calidad astronómica de los Observatorios de Canarias, se ha continuado tomando medidas de seeing en el segundo lugar preseleccionado para el Gran Telescopio Canarias (GTC), desde noviembre 1999, fecha de inicio de la construcción civil del telescopio. Esto supone una base de datos de seeing de más de seis años en el ORM.

El monitor de seeing utilizado en este periodo es el LHESA DIMM (propiedad de GTC). El DA/IAC DIMM ha estado hasta ahora almacenado en un lugar próximo a la oficina del IAC en el ORM hasta su próxima instalación en un nuevo lugar para realizar una campaña de medidas de seeing y meteorológicas en la Degollada del Hoyo Verde (Municipio de Puntagorda), al suroeste del Observatorio. En este sentido se continúa en espera de los permisos para esta instalación.

### Algunos resultados relevantes

Los valores de calidad de imagen obtenidos durante la campaña de medidas en el sitio 1 en el año 2000 arrojaron una media global de 0.8" y una mediana de 0.7". Estos valores difieren sólo en centésimas de segundos de arco respecto a los obtenidos en 1999. En un 38% de los casos las medidas son mejores que 0.60", y en un 78% son mejores de 1". El mejor seeing medido es de 0.18".

Sigue confirmándose la dependencia estacional del seeing y la correlación entre regímenes moderados de viento y la calidad de imagen.

Los resultados obtenidos apoyan la homogeneidad de la calidad de imagen en el ORM, y la uniformidad y consistencia de los resultados en un mismo lugar



en diferentes periodos, tal como se muestra en la Figura 1. En ella se muestra la frecuencia acumulada de valores del seeing obtenidos en el sitio 1 durante 1995-96, correspondiente a la campaña realizada para la selección de sitio para el telescopio GTC, frente a los resultados obtenidos en el año 2000. La diferencia máxima es inferior al 5%.

El tiempo útil de observación durante 2000 fue del 74%, y el resto de horas perdidas están fundamentalmente asociadas, en orden decreciente de frecuencia, a valores de humedad superiores al 70%, presencia de nubes y vientos superiores a 15 m/s o problemas técnicos (menores de 1% del total de horas). Un 3% corresponden a pérdidas por presencia de polvo y por causa de un incendio próximo al Observatorio.

El porcentaje de hora útiles asciende al 91% durante los meses de verano.

Este tiempo útil está infravalorado si se tienen en cuenta las condiciones más extremas que soportan los grandes telescopios frente a los parámetros típicos de cualificación del DIMM.

## **Evolución del Proyecto**

*Las metas del Proyecto son:*

- Continuar la caracterización de la atmósfera y de la calidad de imagen en nuestros observatorios.
- Difundir los resultados obtenidos para que la calidad astronómica de nuestros observatorios sea muy bien valorada en la comunidad científica y en la sociedad española.

*Actuaciones:*

- Programa continuado de Prospección de Sitio en el ORM: campañas globales y sistemáticas.
- Análisis de resultados.
- Automatización del monitor de seeing.
- Colaboración con grupos de expertos, dentro y fuera de las instituciones usuarias de los Observatorios canarios.
- Difusión de resultados en un foro especializado.
- Difusión de resultados al público en general.

*Acciones:*

- Continuar midiendo el seeing en el ORM. Hasta octubre de 1999, fecha del comienzo de la obra civil del telescopio GTC, estas medidas se llevaron a

cabo en el sitio elegido para el telescopio. Entre febrero y septiembre de 2000 las mediciones se han realizado en el segundo enclave preseleccionado para el telescopio GTC (sitio 1, a unos 300 m del telescopio TNG y a 350 m del telescopio NOT). Nuestra torre meteorológica no ha estado aún operativa por cuestiones técnicas. Ha sido montada e instalada en diciembre 2000 con el fin de ponerla operativa en enero del año 2001 (en espera de los permisos para trasladar el equipo a la futura zona de prospección, en la Degollada del Hoyo Verde).

- Reducción y análisis estadístico de las medidas de seeing en el ORM. Estudio comparativo con los obtenidos años anteriores.

- Estas medidas están siendo analizadas conjuntamente con parámetros meteorológicos cedidos por el telescopio NOT, como base de un proyecto de estudio de la climatología del seeing (correlación entre el seeing y la dirección del viento bajo determinados intervalos de velocidad-estudio de componentes principales).

- Se ha realizado la estadísticas semanal, mensual y anual del seeing y meteorología de los últimos años. Estos resultados están disponibles en la página Web del Proyecto.

- Continuar colaborando con grupos de expertos dentro y fuera de las instituciones usuarias de los Observatorios de Canarias.

Se ha medido el seeing durante 10 días en el Obs. de Sierra Nevada (Granada) bajo una colaboración entre el IAA-CSIC y el IAC con el objetivo de caracterizar el seeing medido en el telescopio de 1,5 m sito en dicho Observatorio y realizar mejoras en el telescopio y su la cúpula. Estos resultados se han recogido y presentado en el Informe "*Campaña de medidas de seeing en el Observatorio de Sierra Nevada. Junio 2000*". <http://www.iac.es/proyect/sitesting/OSN.html>

- Proseguir actualizando la página Web del Proyecto, procurando abarcar todos aquellos campos vinculados a la calidad astronómica de los Observatorios de Canarias. El propósito es aportar datos de interés a la comunidad científica e información general a la sociedad.

- Elaboración de una página con respuestas a cuestiones frecuentes que nos aportan otras instituciones respecto a su interés en caracterizar sus observatorios o mediciones de seeing de cúpula de una determinada instalación telescópica, etc.

- Bajo el título “*Canarias, un lugar privilegiado para la Observación Astronómica*” se puede acceder a esta página bien desde: <http://www.iac.es/project/sitesting/site.html> o desde la página principal del Proyecto: [http://www.iac.es/folleto/research/en1\\_89.html](http://www.iac.es/folleto/research/en1_89.html), donde se encontrará lo que se está haciendo en el IAC y también temas relevantes de otros grupos.

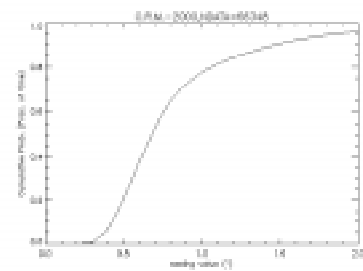
- *En la sede del IAA-CSIC se ha impartido una charla sobre “Caracterización de la calidad del cielo en un Observatorio Astronómico: Resultados obtenidos en los Observatorios de Canarias”.*

- Participación en las IV Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Astronomía celebrada en Santiago de Compostela, presentando una contribución oral bajo el título “*Image quality at the GTC site*”.

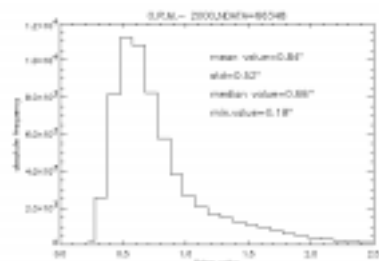
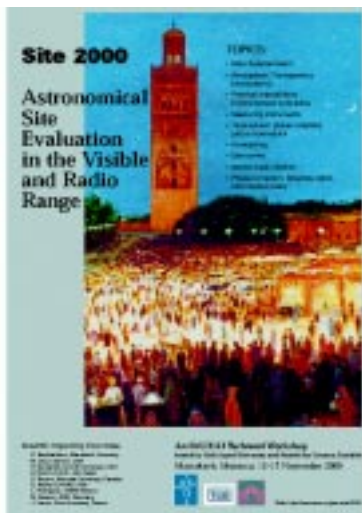
- Participación en el Comité científico del IAU Workshop celebrado en Marrakech (Marruecos) sobre “*Astronomical Site Evaluation in the Visible and Radio Range*”, presentando 5 contribuciones (tres conferencias orales, una de ellas invitada, y tres posters).

- Resultado de esta colaboración es la publicación en la revista *Astronomy & Astrophysics* del artículo “*A meteorological and photometric study of the Oukaimeden site: comparison with the Observatorio del Roque de los Muchachos using Carlsberg Automatic Meridian Circle Data*” (A. Jabiri, Z. Benkhaldoun, J. Vernin y C. Muñoz-Tuñón.)

- Se ha continuado en la línea de difusión de resultados al público en general y favorecer el acercamiento a otros centros de investigación y al público en general sobre la caracterización y protección de la calidad astronómica del cielo de Canarias. Para ello se han impartido conferencias en centros educativos y otros foros; un curso sobre la “Astronomía en Canarias” dentro de un programa especial para mayores de 55 años organizado por el Vicerrectorado de Extensión Universitaria de la Univ. de La Laguna y participando en programas de radio y en colaboraciones con los medios de comunicación.



*Frecuencia acumulada de los valores del seeing obtenidos en el ORM durante el año 2000. El eje de ordenadas indica la frecuencia relativa con la que se obtiene un determinado valor del seeing indicado en el eje de abscisas.*



*Función de distribución del seeing correspondiente al año 2000.*

- Miembro del Comité Científico Asesor para la creación de un observatorio astronómico en Oukaimeden, Marruecos. Participación junto con autoridades marroquíes y actuadores económicos en una reunión para asesoramiento científico respecto a la creación de este nuevo observatorio astronómico en la Cordillera del Atlas.

# ALTA RESOLUCION ESPACIAL

## DESARROLLO DE SISTEMAS DE IMAGEN DE ALTA RESOLUCION (P35/86)

J.J. Fuensalida.

C. Hoegemann, S. Chueca, J.M. Rodríguez  
González, J.M. Rodríguez Ramos y A.M. Varela.

**Colaboradores del IAC: C. Muñoz Tuñón, M.  
Reyes, L. Jochum y A. Alonso.**

J. Vernin (Univ. de Niza, Francia); R. Foy (Obs. de  
Lyon, Francia); C. Dainty (Imperial College, Reino  
Unido); N. Hubin (ESO, Alemania).

### Introducción

La obtención del máximo rendimiento de los nuevos proyectos de grandes telescopios de clase 8 y 10 m (entre los que se encuentra el Gran Telescopio Canarias, GTC), y en gran medida su justificación observacional, está en lograr aprovechar sus máximas posibilidades de resolución espacial. Como es bien sabido, el aumento del tamaño de la pupila de entrada de un telescopio conlleva, no solamente un beneficio en la magnitud límite, sino también en la capacidad para discernir detalles de la estructura espacial, es decir, una mejora en la resolución espacial. Téngase en cuenta que, hacer 10 veces mayor la apertura de un telescopio conlleva que la resolución espacial (límite de difracción) mejora por un factor 10, mucho mayor que la obtenida en magnitud límite considerando sólo su área colectora. Esta faceta, sin embargo, ha quedado inutilizada hasta la actualidad debido a la degradación de las imágenes producida por la turbulencia atmosférica de la Tierra. Tradicionalmente, la resolución espacial de los telescopios ha quedado reducida a algo menos de 1 segundo de arco en los mejores observatorios y este comportamiento se ha convertido en el parámetro más importante de calidad de los mismos.

Aunque las primeras ideas para soslayar la limitación impuesta por nuestra atmósfera sobre los telescopios terrestres datan de hace un par de décadas, no ha sido sino en los últimos años cuando se han logrado éxitos usando sistemas basados en óptica adaptativa. Estos sistemas corrigen las deformaciones del frente de onda producidas por la turbulencia atmosférica, utilizando la detección de las perturbaciones sobre el haz de una estrella puntual suficientemente brillante y

cercana al objeto. Todos los proyectos de grandes telescopios contemplan la disponibilidad de diversos sistemas de este tipo. Utilizando un sistema de óptica adaptativa funcionando en condiciones óptimas para un telescopio de 10 m se obtendrían imágenes con resolución espacial cuatro veces mejor que con el Telescopio Espacial: podría lograrse discernir, atendiendo exclusivamente a su capacidad resolutoria y no a otros aspectos como el de señal o contaminación, por ejemplo, no solamente un posible planeta tipo Júpiter alrededor de cualquiera de las componentes de  $\alpha$ -Centauri sino también un posible satélite tipo Calixto.

Sin embargo, es relativamente poco frecuente encontrar una estrella con suficiente brillo y cercanía al objeto de interés, en cuyo caso los sistemas de óptica adaptativa pierden absolutamente todo su potencial. Para eludir este problema se ha propuesto la generación de fuentes artificiales producidas por la propia atmósfera terrestre al ser estimulada por la emisión de un láser desde la superficie de la Tierra; estos sistemas se han dado en llamar *Estrellas Láser de Guiado* (Laser Guide Star, LGS) y en todos los nuevos proyectos de grandes telescopios está contemplado su instalación. Un láser con suficiente potencia y sintonizado en la longitud de onda deseada se lanza para estimular la emisión de las capas altas de la atmósfera, por encima de la turbulencia, en una zona cercana a la línea de visión del objeto de interés. La detección de esta emisión sirve de *testigo* de la acción de la turbulencia y puede ser utilizada para la corrección del frente de onda procedente del objeto con el sistema de óptica adaptativa correspondiente.

Hay que hacer notar que el número de experimentos capaces de generar una LGS en la comunidad astronómica es muy reducido y, por supuesto, ninguno disponible en grandes telescopios. Las facilidades disponibles en el telescopio OGS del OT proporcionan una ocasión inmejorable para trabajar experimentalmente en este campo con muy pocas inversiones.

### *LGS para grandes telescopios*

Los sistemas de LGS presentan algunos problemas aún sin solución. La inclinación global del frente de onda no queda determinado por la emisión de una LGS *monocromática*, por ejemplo, utilizando los átomos de sodio presentes en la mesosfera. Una propuesta para evitar esta limitación es el uso de la emisión estimulada de átomos de varios elementos

simultáneamente en la mesosfera. Para estudiar la viabilidad de esta solución es fundamental conocer los perfiles de distribución y densidades de los componentes de la mesosfera.

Los sistemas de LGS para telescopios mayores que 5 m presentan algunos problemas específicos todavía en estudio. Para pupilas de entrada tan grandes el efecto cono es considerablemente importante incluso para LGS producidas en la mesosfera. La producción de un *array* de LGS soslayaría este efecto aunque implicaría utilizar sensores de frente de onda de campo grande.

#### *Alineamiento de segmentos*

Dentro del marco del sensado de frente de onda seguiremos trabajando en la optimización de un sistema para detectar el pistón local de un frente de onda proveniente de un espejo segmentado. La medida de los defectos de fase de los elementos de un espejo segmentado, es imprescindible para lograr una resolución espacial mejor que la del *seeing*. Convendría que este sistema pudiera utilizar tanto una estrella natural como una LGS para detectar las aberraciones.

#### *Objetivos generales*

Los objetivos del Proyecto están centrados en los problemas de sensado de frente de onda y la caracterización de la atmósfera en el OT para la generación de LGS's experimentalmente.

Respecto a la detección y recuperación del frente de onda se propone estudiar numéricamente soluciones a las dificultades mencionadas anteriormente relacionadas con la aplicación de LGS en telescopios de 10 m. Utilizando medidas del perfil vertical de turbulencia (SCIDAR en el telescopio TCS). Se pretende estudiar las características espaciales y de emisión de una LGS generada con el telescopio OGS, estudiar la influencia de la estructura vertical de la turbulencia y condiciones para la máxima eficiencia en la emisión de la LGS, y adicionalmente, obtener un registro temporal del perfil vertical de turbulencia.

Complementariamente, se continuarán estudiando las posibilidades reales de la propuesta de detección de saltos de fase para llegar a ser un sistema útil.

## **Algunos resultados relevantes**

### *Alineamiento de espejos segmentados*

A partir de los trabajos anteriores sobre el alineamiento de los elementos de un espejo segmentado, se han continuado analizando las limitaciones. Esto ha llevado a proponer un complemento al método anterior basado en la medida simultánea de la laplaciana y del gradiente del frente de onda.

### *Lanzamiento de láser de potasio y sodio con el telescopio OGS*

La capacidad para lanzar y controlar un láser sintonizable y enfocarlo en diferentes alturas de la atmósfera es una de las herramientas fundamentales para lograr gran parte de los objetivos del Proyecto. Esto es básico, tanto para la caracterización de la concentración y altura de las capas de alcalinos en la mesosfera, como para estudiar los efectos de contaminación luminosa sobre los propios observatorios y, por supuesto, también para posteriores experimentos de LGS.

Además de establecer la disposición óptica para el lanzamiento del haz de láser sintonizado en potasio, se realizaron medidas sistemáticas de scattering Rayleigh y contaminación luminosa a diferentes alturas. A lo largo del año se ha adquirido también un láser de colorante para producir la estrella artificial en la mesosfera sintonizando en sodio.

## **Evolución del Proyecto**

### *Caracterización de las capas de alcalinos en la mesosfera*

Ya se ha señalado en los apartados anteriores la importancia de conocer la variación de la concentración y altura de las capas de sodio en la mesosfera para la optimización de los sistemas LGS en los observatorios. Se han tratado varios aspectos en relación con este objetivo: el desarrollo de técnicas y procedimientos para hacer un seguimiento de la abundancia de sodio tanto diurno como nocturno.

A partir de las medidas de muy alta resolución espectral de las líneas del doblete del sodio, se ha evaluado la complejidad de las líneas de agua que afectan a la línea  $D_2$ . Esto podría implicar efectos indeseables en la calidad de la estrella artificial generada en la mesosfera. Existe cierta evidencia experimental de que algunas deficiencias en la

# DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TELESCOPIOS

creación de estrellas artificiales podrían ser explicados por estos contaminantes en la línea D<sub>2</sub>.

Uno de los mayores esfuerzos se han destinado a la preparación y puesta a punto de la emisión de láser capaz de generar una emisión por "scattering" resonante en la mesosfera. Se estableció la óptica necesaria, aprovechando la infraestructura de láser de potencia del telescopio OGS, para lanzar un haz láser sintonizado en 0.77 micras. Además, se ha adquirido un láser de colorante para sintonizar el haz emitido en el doblete del sodio y fue alojado en el banco óptico de la sala coudé del telescopio.

## *Contaminación luminosa producida por láser*

Uno de los efectos indeseables del uso de láseres de cierta potencia para provocar la emisión en la mesosfera es la posible contaminación en los telescopios cercanos por dispersión en la baja atmósfera. Aunque no parece que la influencia sea determinante para el uso óptico de los telescopios, la magnitud de este efecto dependerá de las partículas en la atmósfera.

Con el diseño revisado de la estrella de Potasio, se realizaron campañas de observación utilizando conjuntamente los telescopios OGS y IAC-80 entre marzo y julio, que han permitido obtener ciertos datos estadísticos del scattering en las capas bajas de la atmósfera. La mayor prioridad de las actividades de comunicaciones ópticas en el telescopio OGS con la ESA y Zeiss, han impedido realizar más pruebas a lo largo del año.

## *Medidas del perfil vertical de turbulencia*

Se ha continuado con el desarrollo de un prototipo de SCIDAR para ser utilizado en el telescopio TCS. A principios del año 2001, se realizarán medidas adjuntando al instrumento habitual un sensor de Hartmann-Shack para conseguir medidas simultáneas del perfil vertical de turbulencia y de la perturbación del frente de onda.

## *Alineamiento de elementos de un espejo segmentado*

Se ha profundizado en la propuesta de utilizar dos sensores de frente de onda complementarios para detectar errores de pistón. Por otra parte, esto ha llevado a estudiar las limitaciones intrínsecas de detección de errores de pistón utilizando medidas de larga exposición de frentes de onda afectados por la turbulencia atmosférica.

## TELESCOPIOS NOCTURNOS OT (TTNN)

(P9/96)

## MEJORAS EN LOS TTNN

(P7/00)

**A. Ocoz.**

**M. López Corredoira, X. Delfosse, Y. Grosdidier, D. Martínez Delgado, A. Rosenberg, E. Cadavid, J. Calvo, M. Aguiar, E. Páez, T. Viera y L. Peraza.**

**Colaboradores del IAC: Asistentes nocturnos, Mantenimiento del OT, Mantenimiento Instrumental, Delineación Técnica, Taller de Mecánica y Taller de Electrónica.**

## Introducción

La existencia de pequeños telescopios en la era de los gigantes de 10 m parece abocada a la extinción. Sin embargo, estos instrumentos proporcionan enormes facilidades para la realización de programas de investigación imposibles en grandes telescopios, lo que justifica plenamente la inversión en este tipo de instalaciones. Este hecho convierte al IAC en un centro privilegiado. Sus investigadores, así como otros de la comunidad nacional e internacional, disponen de las facilidades suficientes como para llevar a cabo proyectos, como campañas prolongadas de observación, irrealizables en otros lugares.

Los telescopios nocturnos (TTNN) del OT están actualmente constituidos por los telescopios TCS e IAC-80. Dichas instalaciones han de estar sujetas a una constante revisión, tanto para mantener su potencial actual como para buscar y aplicar posibles mejoras. El servicio que se pretende ofrecer a los usuarios, tanto locales como externos, así lo requiere. Ese es el objetivo fundamental de este Proyecto.

## Algunos resultados relevantes

Adecuación del tiempo de inicio de autoguiado con el de comienzo de las exposiciones en las macros de CAIN.

Mejora en las comunicaciones en el telescopio TCS entre CAIN y el sistema de CONTROL del telescopio.

Realización de las pruebas preliminares con la nueva caja portaequipos en el telescopio TCS, que permitirá tener instalados CAIN y CVF simultáneamente, facilitando el cambio de uno a otro.

## **Evolución del Proyecto**

Las actuaciones que se han llevado a cabo dentro de este Proyecto durante este año se centran en dos campos diferentes:

### *Astrónomos de soporte (AS)*

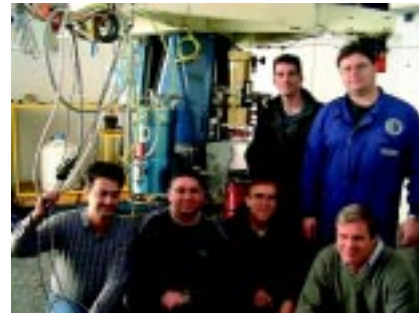
Se ha seguido proporcionando un servicio de calidad, gracias a la presencia de un AS la mayoría de los días. Asimismo, se ha continuado con el entrenamiento de los AS, los cuales han colaborado además en diversas facetas, tales como la realización de programas rutinarios y de servicio, mejora de manuales, mantenimiento de la página Web, copias de seguridad de los datos y facilitación de los filtros.

### *Instrumentación*

La búsqueda de mejoras en los TTNN ha generado una serie de proyectos, la mayoría en curso, que permitirán modernizar la instrumentación de los telescopios y facilitar el uso de los mismos.

- Mejoras en el CVF: el CVF es uno de los pocos fotómetros infrarrojos existentes en la actualidad. A pesar de su rendimiento, precisa una serie de mejoras mecánicas y de software que mejoren sus prestaciones. Por tal motivo, se ha formado un grupo de trabajo que ha determinado cuáles son dichas necesidades, creándose un proyecto específico para su realización. Básicamente, se pretende ofrecer una visualización por pantalla de los resultados mucho más moderna y eficaz, simplificando el manejo del instrumento y agilizando las diversas operaciones. A nivel mecánico, se actualizarán determinadas componentes, de manera que se pueda llegar a alcanzar una mayor profundidad en las observaciones, reduciendo además los posibles fallos del sistema.

- Caja portaequipos en el telescopio TCS: numerosos programas de observación en el telescopio TCS se quedan incompletos debido a que uno de los dos instrumentos de uso común presentes (CAIN y CVF) no es suficiente para poder cumplir con todos los objetivos. Por tal motivo, se ha construido una caja portaequipos que integre a los dos instrumentos, facilitando el cambio entre ambos. Así, los astrónomos podrán disponer de CAIN y CVF durante el mismo período de observación. Adicionalmente, este cambio repercutirá en un ahorro de tiempo de mantenimiento instrumental, al simplificarse el cambio de equipos. Las primeras pruebas ya se han llevado a cabo con éxito.



*Equipo de Mantenimiento Instrumental junto a la nueva caja de equipos instalada en el telescopio TCS.*

- Cajas de guiado en los telescopios TCS e IAC-80: un buen guiado es fundamental para la correcta realización de las observaciones. Por tal motivo, se ha planteado un cambio total en las cajas de guiado de ambos telescopios. Un primer paso ha sido la adquisición de una cámara CCD con unas excelentes prestaciones para el telescopio TCS. En un futuro se adquirirá una cámara similar para el telescopio IAC-80. Entre las nuevas prestaciones de las futuras cajas de guiado estará, por ejemplo, el movimiento en dos dimensiones en la del telescopio IAC-80.

- Mejoras en los espejos del telescopio IAC-80: el alineado de los espejos resulta crucial para la obtención de imágenes de calidad. Sin embargo, las características del IAC-80 no permitían la correcta realización de dicho alineamiento. Por ello, se han llevado a cabo estudios encaminados a mejorarlo en dos direcciones: 1) motorizar el espejo secundario para dotarlo de una mayor movilidad, y 2) reestructurar los soportes del espejo primario, para disponer así de un mayor número de puntos de actuación para el alineamiento.

- Coordinación autoguiado-exposición: se ha conseguido solucionar el problema con las macros de CAIN (el sistema comenzaba a realizar las exposiciones antes de que se iniciara el autoguiado).



*Montaje del CVF en el Laboratorio de Óptica para la caracterización de la electrónica de detección actual.*

- Comunicaciones CAIN-CONTROL: uno de los problemas más habituales en el telescopio TCS era el fallo de comunicaciones entre CAIN y CONTROL, el cual producía una gran pérdida de tiempo de observación. Por tal motivo, se ha dedicado un gran esfuerzo a la localización del error y, tras muchos intentos, se consiguió determinar el origen del fallo y solucionarlo de forma satisfactoria.

- Uso cliente en SUN: se han iniciado las pruebas del nuevo software para realizar todo el control del telescopio desde una SUN, en lugar del PC que se utiliza actualmente.

## **SISTEMA DINAMICO Y CONFIGURABLE PARA EL CONTROL Y LA MONITORIZACION DE EXPERIMENTOS REMOTOS (DYNACORE) (410598)**

**J. Burgos Martín, M. Serra Ricart, P. Fabiani, E. Puga, O. Fuentes y J. Iglesias.**

TCP Sistemas e Ingeniería (TCP, España); Univ. Politécnica de Madrid (GTI-UPM, España); Nordic Optical Telescope Scientific Association (NOTSA, Suecia); Obs. de Trieste (OAT, Italia); Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA, España); Univ. Louis Pasteur Strasbourg (ULP, Francia); Univ. de Utrecht (UU, Países Bajos); Forschungszentrum Juelich GmbH (FZJ, Alemania).

### **Introducción**

DYNACORE es un Proyecto englobado en el IV Programa Marco de I + D de la Unión Europea, dentro del programa específico de Aplicaciones Telemáticas. Constituye la continuación de REMOT (ver Memoria 1998 IAC) y se ha construido a partir de los resultados obtenidos en dicho Proyecto.

El equipo integrante del Proyecto está formado por tres grupos: uno representa a la comunidad astronómica, otro a la comunidad de Física de Plasma y otro está formado por instituciones especializadas en comunicaciones.

El objetivo del Proyecto es construir una aplicación que permita a los científicos acceder remotamente a experimentos de igual manera que si lo hicieran localmente, permitiéndoles controlar y monitorizar los sistemas en tiempo real, y acceder a la información, frecuentemente multimedia, con la suficiente rapidez para permitirles actuar y tomar decisiones también en tiempo real.

Existen dos prototipos, uno para la comunidad astronómica y otro para la comunidad de Física de Plasma, que permiten a usuarios reales de las dos comunidades validar el concepto de teleoperar facilidades remotas en sus respectivos campos.

El IAC participa en las tareas de validación y explotación.

### **Algunos resultados relevantes**

El Proyecto, iniciado en abril de 1998 ha concluido en junio de 2000, al probar con éxito el segundo y último prototipo de DYNACORE. El pasado 18 de mayo y el 13 de junio, equipos de astrónomos conectados a través de Internet y emplazados en Madrid, Tenerife, Suecia, Italia, Finlandia y Dinamarca consiguieron operar remotamente el telescopio NOT del ORM.

Los participantes de estas observaciones comprobaron cómo este último prototipo permitía la operación remota del telescopio como si estuvieran todos ellos en el mismo observatorio. La herramienta permitió que usuarios autorizados participaran desde cualquier lugar del mundo en las observaciones. Sólo fue necesario que tuvieran conexión a Internet, un ordenador estándar y una autorización.

El sistema, además de permitir la operación remota de grandes telescopios, proporciona las herramientas necesarias que hacen posible la colaboración de varios científicos ubicados en distintos centros de trabajo alrededor del mundo, quienes pueden participar activamente durante toda la sesión de trabajo. De este modo, usuarios y equipos remotos colaboran en un mismo proyecto como si de un laboratorio virtual se tratase.

Durante esas sesiones de prueba de mayo y junio, en las que se pretendía ver cómo se comportaba el sistema al tener varios usuarios conectados simultáneamente desde distintos lugares del mundo, se pudo comprobar la rapidez del sistema en la distribución de la información e imágenes entre los distintos centros de investigación participantes, la disposición de información sobre las condiciones de observación a tiempo real, y un excelente comportamiento al ser operado simultáneamente por media docena de usuarios.

Desde el IAC se llevó a cabo la validación de este segundo prototipo, así como la redacción del documento final de validación del mismo, y un detallado manual de usuario.

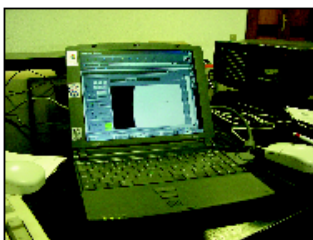
El manejo a distancia de grandes telescopios abre nuevas vías para el aprovechamiento del costoso tiempo de observación. Este tipo de herramientas, que sin duda alguna será esencial para el futuro, es

# INSTRUMENTACION OPTICA

de inestimable valor también para la formación de futuros investigadores que desde sus propias universidades podrán seguir y participar en una observación astronómica con telescopios profesionales en tiempo real.



*NGC 6543, también conocida como "Ojo de Gato". Composición de tres imágenes (filtros V, R e I) tomadas la noche del 13 de junio operando remotamente el telescopio NOT con la ayuda de DYNACORE. La observación fue realizada por el equipo de astrónomos desde la sede del IAC en La Laguna.*



*DYNACORE puede ser utilizado desde un ordenador portátil con conexión a Internet y un navegador estándar.*



*Equipo de astrónomos del IAC conectados por control remoto al telescopio NOT, la noche del 18 de mayo desde La Laguna.*

## ESPECTROGRAFO DE ALTA RESOLUCION IACUB (P2/91)

**R.J. García López.**  
**J.L. Rasilla, R. Rebolo, G. Gómez y J.C. Vega.**

E. Barnett (Obs. de Armagh, Irlanda del Norte); B. Bates (Queen's Univ. Belfast, Irlanda del Norte).

### Introducción

El espectrógrafo de alta resolución IACUB opera como instrumento de uso común en el telescopio NOT durante tiempo CAT. Es fruto de una colaboración entre el IAC y la Queen's Univ. de Belfast, y opera bajo responsabilidad del IAC desde 1991. Durante estos años se ha procedido a realizar diversas mejoras en el mismo, así como a dotarlo de los soportes técnico y de operación necesarios para convertirlo en un instrumento competitivo en el ORM.

### Algunos resultados relevantes

Durante este año el IACUB ha proporcionado servicio a tres campañas de observación correspondientes a tiempo CAT, en las que han estado involucrados fundamentalmente investigadores del IAC.

### Evolución del Proyecto

Se ha llevado a cabo de forma rutinaria el montaje de IACUB en el telescopio por parte de Mantenimiento Instrumental, así como las labores de soporte de las observaciones.

Se ha hecho mantenimiento general de los diversos componentes.

## OSIRIS: OPTICAL SYSTEM FOR IMAGING LOW RESOLUTION INTEGRATED SPECTROSCOPY (411700)

**J. Ceba Nogué.**  
**A. Pérez de Taoro, M. Aguiar, J.A. Ballester, S. Correa, A. Cruz, V.G. Escalera, J. Fuentes, A. Frago, J.V. Gigante, E. Joven, L. Peraza, J. Pérez y J.L. Rasilla.**

C. Militello (ULL, España); F. Cobos, C. Espejo, J. González, R. Langartica, B. Sánchez, C. Tejada y S. Tinoco (IA-UNAM, México).



## Introducción

OSIRIS será uno de los dos instrumentos de Día Uno del Gran Telescopio Canarias (GTC) que estará operativo a finales del año 2003 en el ORM, en la isla de la Palma. Su diseño es un proyecto conjunto entre el IAC y el Inst. de Astronomía-UNAM de México, a cuyo cargo está el diseño óptico y la manufactura de parte de las lentes. El IAC es responsable del resto del diseño del instrumento y de su construcción, así como también de su ensamblado, integración, verificación y comisionado. Contará con tres modos primarios de observación, que incluirán imagen, espectroscopía de rendija de baja resolución y espectroscopía multi-objeto. Además, se dotará al instrumento del modo de observación en fotometría rápida. OSIRIS podrá operar en el rango de 365 a 1.000 nm con un campo de adquisición de 7 x 7 minutos. Una de las principales características que lo distinguirán de instrumentos similares operando en telescopios de clase 8-10 m será el uso de filtros sintonizables ("tunable filters"). Dos filtros de este tipo serán utilizados en OSIRIS, uno para observar la parte azul del espectro hasta 650 nm y otro para alcanzar los 1.000 nm.

Durante los primeros años de operación del telescopio GTC, OSIRIS será el único instrumento científico en el rango óptico disponible en dicho telescopio. Por lo tanto, se ha considerado muy importante el diseñar un instrumento competitivo para el uso de la comunidad astronómica española, adaptable a una gran variedad de programas científicos y capaz de afrontar los retos de investigaciones de frontera.

## Algunos resultados relevantes

- Abril: PDR (*Preliminary Design Review*).
- Junio: Se propone un nuevo diseño simplificado del instrumento.
- Agosto: Se termina la primera lente prototipo.
- Septiembre: Se firma un acuerdo de colaboración con el LAOMP (Laboratoire d'Astrophysique Obs. Midi-Pyrenees, Francia) para el desarrollo del controlador del detector.
- Septiembre: Segunda reunión del grupo científico en Granada.
- Noviembre: Primera revisión mensual del Proyecto.
- Diciembre: Se firma un anexo técnico al convenio de colaboración entre el IAC y la UNAM (México) para la realización del instrumento OSIRIS hasta su terminación.

Revisión del estado del diseño óptico coincidiendo con la segunda revisión mensual de progreso del Proyecto.

Nuevo contrato con GRANTECAN S.A. que alcanza hasta la entrega del instrumento.

## Evolución del Proyecto

A raíz de las sugerencias aportadas por los revisores en el PDR de abril, se simplifica el diseño mecánico del instrumento en varios aspectos:

- La cámara articulada es excesivamente compleja y pasa a ser fija.
- Se descarta el uso de VPHs como dispersores, siendo sustituidos por grismas.
- Se elimina el brazo mecánico propuesto para la inserción de filtros y se sustituye por un sistema de ruedas más convencional.
- Las máscaras pasan a ser cilíndricas en lugar de esféricas.

La simplificación del diseño tiene como contrapartida la pérdida de la resolución 5000.

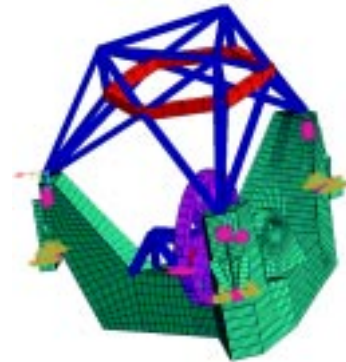
Entre junio y septiembre se suman nuevos recursos humanos del IAC al Proyecto: en gestión, en electrónica, en mecánica y en óptica. Asimismo y con la intención de hacer más efectivo el intercambio de información en el seno del Proyecto, se establecen, reuniones semanales mediante audio-conferencias con el grupo del IA-UNAM.

Las tareas principales durante la segunda mitad del año comprenden: la revisión detallada de los requerimientos de alto nivel, el cierre del diseño óptico, la elaboración del presupuesto de errores opto-mecánico, el sistema de adquisición de datos, los casos de uso, la definición de interfaces, etc. Se analizan soluciones mecánicas desarrolladas en otros instrumentos con objeto de estudiar su posible adaptación a OSIRIS: TAURUS en el ORM y GMOS en el DAO (Dominion Astrophysical Obs.) en Canadá, y se presenta el instrumento en varias compañías de óptica y mecánica, en España, Alemania, Francia y Canadá con el objetivo de explorar las posibles contrataciones para el diseño y fabricación de algunos subsistemas.

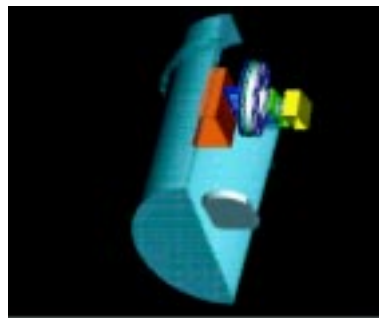
Se han realizado las primeras pruebas de recubrimiento de las lentes de la cámara, y se está explorando la posibilidad de recubrir las lentes con Sol-Gel, técnica que mejora sustancialmente la eficiencia del recubrimiento.

En noviembre ha tenido lugar la primera revisión mensual de progreso. Estas reuniones se realizan en el IAC, con GRANTECAN S.A. como asistente

invitado, y su finalidad es establecer un seguimiento efectivo del Proyecto con vistas a anticipar posibles problemas y proponer soluciones.



*Prototipo de la lente singlete S3 de la cámara fabricado en los talleres de la UNAM y propuesta de diseño mecánico para la estructura soporte.*



*Modelo mecánico de OSIRIS en 3D.*

## TELESCOPIO SIMBIOTICO II

**J.A. Bonet.**

**A. Díaz, Mantenimiento Instrumental, Dpto. Ingeniería, Taller de Electrónica y Taller de Mecánica.**

### Introducción

El Telescopio Simbiótico II es un instrumento concebido para la obtención de imágenes del disco solar entero en seis longitudes de onda diferentes (Ver Figura). Su objetivo es poder realizar medidas de la contribución a la irradiancia solar de las fáculas y manchas presentes en el disco, dentro de un programa a largo plazo cuya meta es el modelado de las medidas realizadas por radiómetros que operan desde el espacio. La idea que subyace en este modelado es el estudio de las repercusiones de las variaciones del Ciclo Solar en la variación del clima terrestre.

## Evolución del Proyecto

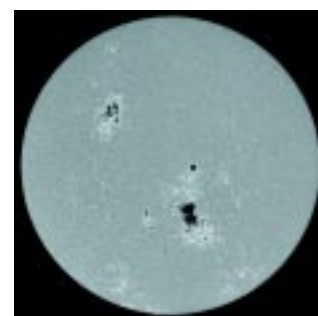
El Telescopio Simbiótico II vio su primera luz a primeros del mes marzo y desde entonces ha operado en régimen de prueba. Se están revisando algunos aspectos como el bafleado original que ha resultado insuficiente. Otro aspecto que se ha reconsiderado es la introducción de un modulador de velocidad en el motor que rota los polarizadores para regular el nivel general de luz. Esta regulación permitirá ajustar las diferencias sustanciales de transmitancia en los diferentes filtros interferenciales.

En paralelo al desarrollo instrumental se ha realizado software para la explotación de las observaciones; merece destacar a este respecto un código para obtención de "flatfield" a partir de imágenes desplazadas en distancias optimizadas.

MEMORIA  
2000 IAC

90

*Imagen del disco solar en 393.3 nm (Ca II K), fwhm=1.5 nm, corregida de oscurecimiento del borde solar. La imagen ha sido tomada con el Telescopio Simbiótico II el 22 de septiembre.*



## REFORMA OPTICA Y MECANICA DEL VNT (310387)

J.A. Bonet.

M. Vázquez, V. Martínez, A.B. Frago, A. Díaz, F. Larena y M. Amate.

### Introducción

El VNT fue instalado en la torre solar del OT el 17 de junio de 1972 por el entonces Fraunhofer Inst. (Friburgo, Alemania), hoy en día Kiepenheuer Inst.

Con la puesta en servicio de las diferentes instalaciones solares a finales de los años ochenta fue decreciendo el uso del telescopio VNT. Debido a ello se ha pensado dedicarlo a programas observacionales a largo plazo. Se han realizado diversas mejoras en el telescopio con objeto de convertirlo en un instrumento para el estudio de la variabilidad fotométrica de regiones activas solares.

El OT debido a sus abundantes días de observación a lo largo del año constituye un sitio idóneo para llevar a cabo tal programa. Desde el punto de vista científico el interés es innegable después del descubrimiento de la variación de la irradiancia solar con el ciclo de actividad y su influencia sobre el clima terrestre pasado y actual.

Se propone la modificación del sistema óptico secundario del telescopio VNT con el objeto de aumentar el campo de visión y permitir una instalación permanente tanto del fotómetro "pin hole" para medidas de aureolas como de las cámaras CCD. Esto tendrá una triple ventaja:

- La posibilidad de registrar globalmente las imágenes de una región activa lo cual aumentaría la fiabilidad de análisis fotométrico y disminuiría su dificultad.
- Mayor comodidad de ejecución del programa de observaciones por parte del personal adscrito a este telescopio para tales tareas.
- Menor posibilidad de que las cámaras se ensucien debido al intercambio continuo con el fotómetro.

### Algunos resultados relevantes

- Definición "cerrada" del Proyecto, acotando el tipo de óptica necesaria para realizar las observaciones, se eligió un modelo que permite el cambio de óptica entre el rango visible y el rango infrarrojo.
- Determinación y revisión de las especificaciones.
- Planificación y desarrollo de la propuesta técnica para el Proyecto.
- Inicio del Proyecto.

### Evolución del Proyecto

Tras un análisis comparativo entre diversas posibilidades, para las que se consideraron las prestaciones, los presupuestos y los tiempos de ejecución, se definió el tipo de óptica a emplear. El modelo elegido trabaja tanto en el rango visible como en el rango infrarrojo, para hacer esto posible se sugirió un sistema de cambio de óptica automático. Dicho sistema cambia las lentes de enfoque y los polarizadores cruzados según los requerimientos del observador (existe un juego de lentes y polarizadores para el rango visible y otro para infrarrojo).

Seguidamente se definieron las características y prestaciones de funcionamiento que se deseaban con el sistema de óptica elegido y el tipo de observaciones que se van a realizar. Pensando en la geometría y accesibilidad del telescopio y sus sistemas, se optó por lo siguiente:

- Sistema de enfoque motorizado controlado remotamente.
- Sistema de cambio de óptica automático controlado remotamente.
- Sistema de cambio de filtros motorizado controlado remotamente.
- Sistema de atenuación de luz (mediante polarizadores) motorizado controlado remotamente.
- Sistema de cambio de detector motorizado controlado remotamente.

Una vez se tuvieron todos los datos necesarios se realizó la planificación y desarrollo de la propuesta técnica del Proyecto e inmediatamente se procedió a determinar y revisar las especificaciones mecánicas y electrónicas para iniciar el diseño preliminar de los elementos mecánicos y electrónicos. Paralelamente se realizó y se revisó el diseño óptico y se especificaron las lentes y polarizadores los cuales se adquirieron.

Para la parte mecánica se decide trabajar en función de conjuntos y módulos funcionales y su interacción. El primer elemento es la rueda de filtros, se completa y revisa el diseño de la misma y se fabrica. Paralelamente se completa y revisa el diseño detallado electrónico, se inicia la fabricación.



Vista del sistema óptico actualmente utilizado en el telescopio VNT.

## LGS (LASER GUIDE STAR) CON OGS (OPTICAL GROUND STATION) (313586)

J. Jiménez Fuensalida.  
A. García, S. Chueca, J.M. Rodríguez Espinosa  
y M. Reyes.

### Introducción

Una de las grandes limitaciones con la que siempre se ha encontrado la investigación astrofísica desde Tierra es el hecho de tener que observar a través de la atmósfera, la cual es un medio turbulento que introduce distorsiones de fase en las señales ópticas que la atraviesan. En la última década, muchos de los descubrimientos importantes en Astrofísica están asociados a grandes telescopios que sacan rendimiento de su resolución teórica utilizando técnicas que permiten compensar la turbulencia atmosférica. Estas técnicas, denominadas de Óptica Adaptativa, consisten en medir la turbulencia atmosférica y corregirla en tiempo real en el camino óptico que sigue la luz que llega del objeto científico observado. Estos objetos científicos habitualmente tienen muy poca intensidad, con lo cual es necesario tener una estrella brillante cercana (estrella guía) que permita medir la turbulencia.

Como el número de estrellas guía naturales es limitado, las zonas del espacio en que se puede utilizar la óptica adaptativa para observar son muy reducidas. Los recientes desarrollos tecnológicos en láseres de alta potencia y su aplicación en Astrofísica permiten generar estrellas guía artificiales enviando un haz láser a la atmósfera. Dicho haz excita ciertos materiales (sodio o potasio) en las capas altas de la atmósfera (mesosfera), de forma que éstos emiten luz creando una estrella artificial que se puede usar de referencia para medir la turbulencia atmosférica.

El telescopio OGS en la configuración Coudé cuenta con un sistema láser de alta potencia formado por un láser de argón para el bombeo y un láser de titanio-zafiro que emite en el infrarrojo cercano. Esto hace que dicho sistema sea adecuado para generar una estrella guía en la longitud de onda del potasio. Además, utilizando un láser de colorante bombeado por el mismo láser de argón se puede obtener una estrella guía en la longitud de onda del sodio.

### Algunos resultados relevantes

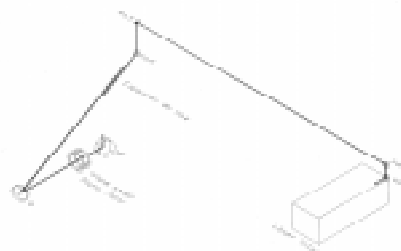
- Enero: Primeras observaciones del scattering Rayleigh producido en la atmósfera por el láser en potasio.
- Marzo: Compra del láser Dye (láser de colorante).
- Marzo-julio: observaciones rutinarias de dos noches cada mes del haz de potasio.
- Septiembre: Instalación e integración del láser de colorante en el banco óptico del foco Coudé de telescopio OGS.

### Evolución del Proyecto

En el mes de enero se realizaron las primeras pruebas de lanzamiento del haz de potasio desde el telescopio OGS y las observaciones desde el telescopio IAC-80. Estas pruebas permitieron detectar problemas y posibles mejoras al diseño inicial de lanzamiento, que originaron modificaciones que se llevaron a cabo a lo largo de los meses de febrero y marzo. En paralelo se realizó la gestión de la compra del láser de colorante, con el objetivo de instalarlo en el banco óptico del foco coudé de telescopio OGS, bombearlo con el láser de argón y generar una estrella artificial en sodio.

Con el diseño revisado de la estrella de potasio, se realizaron campañas de observación utilizando conjuntamente los telescopios OGS e IAC-80 entre los meses de marzo y julio, que han permitido obtener ciertos datos estadísticos del scattering en las capas bajas de la atmósfera. La mayor prioridad de las actividades de comunicaciones ópticas en el telescopio OGS con la ESA y Zeiss, han impedido realizar más pruebas a lo largo del año.

En septiembre llegó al IAC el láser de colorante, modificado en Estados Unidos para incluir un sistema de control de sintonización de línea, y su instalación se llevó a cabo a mitad de mes.



Ruteado final del haz láser de Ti:Sap (potasio)  
por encima de la mesa óptica hasta el foco Coudé.

# INSTRUMENTACION INFRARROJA

## DENIS: CARTOGRAFIADO INFRARROJO PROFUNDO DEL HEMISFERIO SUR (P6/92)

F. Garzón.

P.L. Hammersley, T.J. Mahoney, M: López  
Corredoira, R. Rebolo y X. Delfosse.

Consortio DENIS.

### Introducción

El Proyecto DENIS constituye el primer trabajo destinado a llevar a cabo un cartografiado completo de todo el Hemisferio Sur en el rango espectral del infrarrojo cercano. El objetivo es cubrir toda la zona de cielo de declinación negativa en tres bandas fotométricas, I de Gunn (0,8 micras), J (1,25 micras), K' (2,12 micras), con resolución espacial del orden de 1.5" y magnitudes límites de 18, 16 y 14 respectivamente en las tres bandas citadas. La importancia de contar con mapas de cielo a gran escala y de alta sensibilidad en el IR cercano es evidente, y la fase de datos DENIS producirá un impacto relevante en prácticamente todas las áreas de la moderna Astronomía.

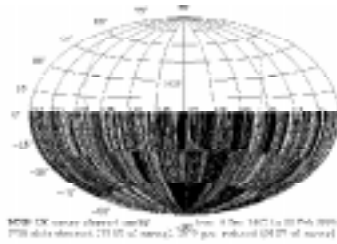
Se cuenta con el uso exclusivo del telescopio de 1 m de la ESO en el Obs. de La Silla (Chile), que ha sido cedido por la organización al ser considerado DENIS un Proyecto clave. Este año, la fase de observaciones ha finalizado satisfactoriamente, cubriendo por encima del 90% y total en las áreas definidas como prioritarias. Durante los primeros meses de 2001, DENIS extenderá su fase de observaciones para cubrir huecos y reobservar zonas cuyos datos han mostrado una calidad por debajo de lo aceptable.

### Algunos resultados relevantes

Quinto año de operaciones completo del Proyecto en Chile, prácticamente sin incidencias instrumentales.

Firma de un nuevo contrato con ESO, siendo el nuevo responsable DENIS el Obs. de la Costa Azul (Francia), con aportaciones económicas de otros institutos del Consortio, entre ellos el IAC.

Continúa la entrega a la comunidad internacional de datos finales de DENIS, a través del CDS.



En la figura se muestra la cobertura de cielo alcanzada por DENIS en el mes de febrero.

### Evolución del Proyecto

Este año el Proyecto superó la incertidumbre inicial tras conseguir fondos adicionales de varios institutos del Consortio, entre ellos del IAC, lo que permitió la firma de un nuevo acuerdo con ESO para el uso del telescopio de 1 m y el mantenimiento de la cámara especial construida para el Proyecto.

La fase de observaciones puede darse por concluida, aunque se mantendrá durante los primeros meses del año 2001, usando fondos remanentes de este año. El objetivo de dicha extensión es cerrar la mayor cantidad de huecos posible y repetir las observaciones en aquellas zonas donde la calidad de los datos ya obtenidos sea deficiente.

Se ha continuado con el proceso de reducción y análisis de datos, de una manera algo dispersa por la complejidad del problema y por el hecho de realizarse en varios institutos a la vez, lo que añade complejidad a un tema ya de por sí difícil.

Asimismo, se ha continuado con la entrega de datos a la comunidad internacional a través del CDS.

## LIRIS: UN ESPECTROGRAFO INFRARROJO DE RENDIJA LARGA Y RESOLUCION INTERMEDIA PARA EL WHT (P8/97)

A. Manchado.

J.A. Acosta Pulido y C. Domínguez Tagle.

Colaboradores del IAC: M. Barreto, E. Ballesteros, R. Barreto, L. Condetto, S. Correa, J.M. Delgado, F. García, J.L. Iserte, R. López, E. Mollowny, H. Moreno, M.P. Morante, J. Olives, V. Padrón, P. Redondo, N. Sosa, V. Sánchez y F. Tenegi. P. Prada (CAHA, Almería), P. Moore (ING, La Palma).

MEMORIA  
IAC 2000

93

## Introducción

LIRIS es un espectrógrafo infrarrojo de rendija larga y resolución intermedia, que se está construyendo en el IAC, para operar en el foco Cassegrain del telescopio WHT, ORM. A lo largo del año 2001 se terminarán de fabricar, integrar y probar todos los componentes, estando previsto para el año 2002 la primera luz en el telescopio.

LIRIS trabajará en el rango de 0,9 a 2,4 micras. Además de los modos de operación similares a los demás espectrógrafos infrarrojos de última generación, tendrá modos únicos como espectroscopía multiobjeto, coronografía y polarimetría. Esto permitirá abordar proyectos de investigación punteros, como por ejemplo la búsqueda de exoplanetas y de galaxias con alto desplazamiento al rojo.

Características de LIRIS son:

- Detector Hawaii de 1024x1024 pixels (Rockwell)
- Escala de imagen: 0.25 arcsec/pixel
- Longitud de la rendija: 4.2 arcmin
- Resolución espectral de 1.000, 3.000 y 8.000 entre 0,95 y 2,4 micras usando grismas
- Capacidad de hacer imagen sobre todo el campo (4,2 arcmin)
- Capacidad de espectropolarimetría
- Coronografía con máscaras de apodización
- Máscaras multi-rendija en un campo de 2 x 4,2 arcmin

## Algunos resultados relevantes

Conclusión de la fabricación del sistema óptico (ventanas, colimador y cámara).

Cierre de las especificaciones de fabricación del tanque de vacío y banco óptico e inicio de la fabricación.

Fabricación del sistema de la rueda de rendijas y verificación de funcionalidad de los motores para condiciones de criogenia.

Recepción y verificación de funcionalidad del detector de ingeniería y del sistema de control del detector y de su control de temperatura.

Caracterización del sistema de control del detector (ruido, tiempo de lectura, etc.).

Fabricación y verificación de los criostatos de pruebas. Realización del software inicial de control para el manejo del instrumento en modo "stand-alone". Primera versión de las herramientas de preparación

de programas de observación, incluyendo un simulador de la eficacia del instrumento en formato JAVA.

Primera versión operativa del sistema de adquisición de datos.

Formalización del sistema de seguimiento, información general y documentación del Proyecto en entorno Web.

## Evolución del Proyecto

El año 2000 ha sido el inicio del paso del diseño a la realidad.

En la actualidad se dispone de los siguientes elementos:

- Ventana del criostato, cámara, colimador, filtros, grismas de baja resolución, polarizadores lineales y de Lambda ¼, Wollastons, prototipos de las rendijas.
- Sistema de control de vacío, ciclo cerrado, rodamientos de los distintos mecanismos, motores criogénicos, 2 motores para pruebas de funcionalidad a temperatura ambiente y la electrónica de control correspondiente.
- Unidad de control de temperatura del detector, unidad lectora de temperatura y sensores correspondientes. Unidad de control del detector. Detector de ingeniería.

Se ha cerrado el diseño detallado y se han fabricado en los talleres del IAC:

- Un banco de pruebas para la verificación y aceptación en frío de la cámara, del colimador y del sistema del mecanismo de foco.
- Un banco de pruebas para la verificación y aceptación en frío del sistema de la rueda de rendijas, del sistema de ruedas centrales (ruedas de filtros, pupilas y grismas) y del sistema de la rueda de cámaras.
- Un banco de pruebas para la verificación y aceptación del detector de ingeniería, el detector científico, el sistema de control del detector y el sistema de control de la temperatura del detector.
- El sistema del mecanismo de la rueda de rendijas.
- La estructura soporte de las ruedas centrales.
- Elementos necesarios para la implementación de un ciclo cerrado en el banco de pruebas del detector, operativo en un principio también con nitrógeno líquido.

Se han cerrado las especificaciones y se ha contratado la fabricación y/o suministro externo de:

- Tanque de vacío, banco óptico y de los soportes en V del banco óptico.
- Conectores y cables para el control de los

mecanismos y del detector.  
- Armario de soporte de la electrónica.

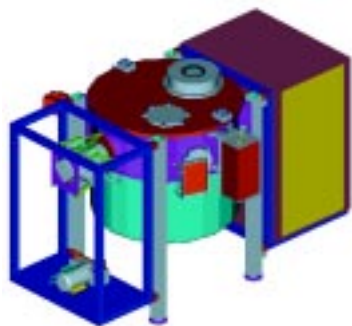
Además se han realizado:

- Diseño detallado del mecanismo de ruedas centrales y del útil de integración y manipulación de LIRIS.
- Diseño detallado del mecanismo rueda de cámaras.
- Definición del plan de integración de LIRIS en el IAC.
- Desarrollo y verificación del software de ingeniería para el control del detector y el control de los mecanismos.
- Desarrollo del software "Real Time Display", "Instrument support plataform", "Instrument Scripts", "Instrument templates" y el "Observing Program Preparation Tool" para permitir el uso de LIRIS como instrumento de usuario en el telescopio WHT.
- Pruebas de funcionalidad de los motores criogénicos y su electrónica de control, manejados desde un sistema VME.
- Pruebas de verificación del sistema de control del detector y del control de la temperatura del detector con el multiplexor. La estabilidad obtenida en el sistema de control de temperatura es de  $\pm 0.001$  K.
- Caracterización del multiplexor y del detector de ingeniería (primera etapa).
- Pruebas de verificación de la funcionalidad del ciclo cerrado a implementar en el banco de pruebas del detector.

Colimador de LIRIS.



Modelo 3D de LIRIS.



## EMIR: ESPECTOGRAFO MULTIOBJETO INFRARROJO PARA EL GTC (410899, 411900, 310501)

**M. Balcells (hasta junio 2000) y F. Garzón (desde julio 2000).**

**A.B. Fragoso, A. Manescau, F. Gago, F.J. Fuentes, J. Pérez, J. Patrón, J.A. Ballester, J.C. López y J.J. Díaz.**

**Colaboradores del IAC: M. Prieto.**

R. Guzmán (Univ. de Yale, EEUU); J. Gallego N. Cardiel, J. Gorgas, J. Zamorano, E. García-Davó, A. Gil de Paz y A. Serrano (Univ. Complutense de Madrid); R. Pelló, F. Beigbeder y S. Brau-Nogue (LAOMP, Francia), D. Robertson y P. Luke (Univ. de Durham, Reino Unido), M. Mas (LAEFF/INTA); J.C. Heredero, J.M. Encina, M.T. Barroso, T. Muñoz, J. Gómez-Elvira y E. de la Fuente (INTA).

### Introducción

El Proyecto EMIR aborda el diseño, construcción y puesta a punto de un espectrógrafo multiobjeto con capacidad de imagen para observaciones en el rango infrarrojo cercano con el telescopio GTC. Está concebido para ser un instrumento de uso común de Día 2 del telescopio GTC.

Las especificaciones del instrumento quedan resumidas en la siguiente lista:

- Estación Focal: Nasmyth
- Rango espectral: 0,9 - 2,5  $\mu\text{m}$
- Resolución espectral: 4.000 (en todo el intervalo espectral)
- Cobertura espectral: Una ventana de observación en Z, J, H o K
- Formato del detector: 2048 x 2048 pixeles de Rockwell
- Escala en el detector:  $>0.175$  "/pixel
- Temperatura del espectrógrafo: 77 K
- Campo de visión:  $>6 \times 4$  arcmin

MEMORIA  
IAC 2000

95

EMIR será un instrumento único en su categoría al proporcionar capacidad de espectroscopía multi-rendija e imagen en un gran campo, en un telescopio de 10 m de apertura. En particular, la capacidad de realizar espectroscopía multi-objeto en la banda de 2,2  $\mu\text{m}$  abrirá campos de investigación únicos a la comunidad de astrónomos usuarios del telescopio GTC.

El proyecto científico principal que dirige el desarrollo de este instrumento es la observación de fuentes

con corrimiento al rojo  $2 < z < 3$ , para la exploración de épocas de formación de galaxias, y que resultan ser fuentes débiles: galaxias débiles, estrellas de baja masa, enanas marrones, supernovas distantes, poblaciones estelares en galaxias externas resueltas, regiones HII y objetos en regiones oscurecidas por el polvo: núcleos galácticos, objetos estelares jóvenes y galaxias vistas de canto. En cualquier caso, EMIR es un instrumento de uso común en el telescopio GTC, por lo que su diseño debe permitir su uso en una amplia variedad de programas científicos.

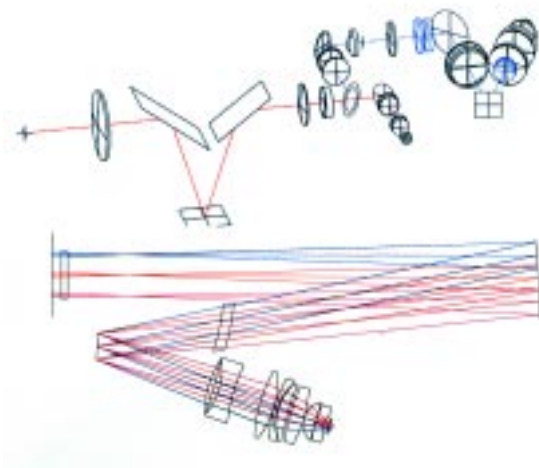
EMIR se lleva a cabo por un equipo de instituciones nacionales e internacionales con experiencia en instrumentación infrarroja, liderados por el IAC: el Inst. Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), la Univ. Complutense de Madrid (UCM), el Lab. de Astrofísica de la Univ. de Toulouse (LAOMP), y el Grupo de Instrumentación Astronómica de la Univ. de Durham (Reino Unido).

### Algunos resultados relevantes

- Revisión intermedia de la fase de Diseño Preliminar (21 de marzo 2000).
- Primera reunión científica, equipo científico EMIR-COSMOS (Granada, 28-30 mayo 2000).
- Concepto opto-mecánico y revisión de fin de contrato con GRANTECAN (6 de julio 2000).
- Diseño y fabricación del sistema de pruebas del detector HAWAII-2 (2048 x 2048) (diciembre 2000 - enero 2001).
- Elaboración de un concepto óptico alternativo de EMIR (diciembre 2000).

### Evolución del Proyecto

Durante la primera mitad del año se han desarrollado y analizado el diseño óptico y su correspondiente diseño mecánico para el concepto de EMIR basado en el uso de un derrotador óptico. Este concepto, desarrollado en el IAC, emplea un derrotador de campo óptico para contrarrestar la rotación del cielo en el foco Nasmyth del telescopio GTC. El derrotador permite un espectrógrafo estático en la plataforma Nasmyth, eliminando los problemas de desalineado óptico asociados a flexiones en un instrumento rotante. El derrotador forma parte de un sistema de reimaginación del plano focal, que proporciona una imagen de la pupila para un diafragma de apertura en frío, y un plano focal reducido a F/5, ventajoso para la ubicación de las máscaras multi-objeto. El espectrógrafo en sí tiene la estructura clásica de colimador, red y cámara. Los equipos de Mecánica del IAC y del INTA han desarrollado el empaquetado y el diseño mecánico del instrumento, que consiste en una estructura de dos criostatos. El espectrógrafo en sí reside en una base fría horizontal sobre la que se montan los componentes ópticos. El estudio optomecánico incluyó el modelado por elementos finitos de los distintos componentes, así como modelado térmico de los dos criostatos. El equipo de la Univ. de Durham desarrolló el concepto del sistema intercambiador de máscaras en frío. En función de las tolerancias mecánicas teóricas, se llevó a cabo un presupuesto de errores del sistema óptico. Usando el simulador de EMIR, se estudió el comportamiento del sistema cara a observaciones del programa científico. En el apartado de control del instrumento, se completaron todos los requerimientos del sistema de control y de software, en los aspectos de control del instrumento, de control del detector (equipo IAC) y del sistema de



*En las dos figuras se muestran los dos conceptos de EMIR trabajados durante el año 2000: el presentado en la reunión de revisión de GRANTECAN y el simplificado, basado en redes, desarrollado conceptualmente durante la segunda mitad del año. Como se ve, la simplificación es importante, aunque el segundo de los diseños está aún en fase preliminar de estudio.*

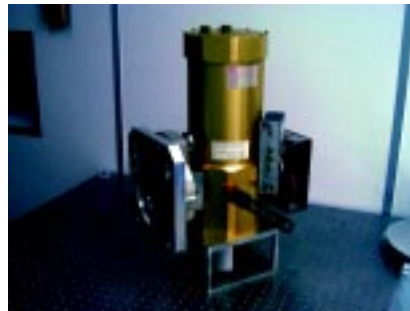


reducción de datos (equipo de la UCM); se desarrolló una arquitectura del sistema de control; y se estudió la viabilidad de los controladores del detector (equipos del IAC y LAOMP). Durante esta fase, se ultimó el contrato de GRANTECAN con Rockwell para la adquisición del detector HAWAII-2, y se recibieron el multiplexor y el detector de ingeniería.

Debido al nivel de riesgo que presenta este diseño, en prestaciones, costes y en complejidad general del sistema, se concluyó proponer a GRANTECAN el estudio de un diseño alternativo simplificado, que respetara los requerimientos científicos del instrumento.

A este respecto, desde el mes de julio se ha trabajado en un concepto alternativo para el instrumento que presente un nivel de riesgo menor. Se ha desarrollado un diseño óptico de instrumento rotante, de menores dimensiones que el anterior y mayor sencillez. En particular, se ha iniciado un estudio de la viabilidad del uso de grismas como elemento dispersor, para proporcionar la resolución espectral requerida.

Asimismo el Proyecto se encuentra en pleno proceso de fabricación-adquisición del sistema de pruebas del detector, que se espera tener completado para principios del año 2001. Este sistema de pruebas se utilizará para caracterizar el detector HAWAII-2 de EMIR, y para ello se ha firmado un contrato con GRANTECAN.



## NUEVO FOTOMETRO INFRARROJO

**A. Oscoz, E. Cadavid, T. Viera, E. Páez, A. Manescau, M. Verde, J. Morrison, J. González, J. García, P. Ayala y V. Saavedra.**

### Introducción

El CVF es uno de los pocos fotómetros infrarrojos existentes en la actualidad en el mundo, instrumento que lleva más de 10 años de uso común en el TCS, del OT. Debido a que sus componentes han quedado obsoletos y a su software que es lento y complejo, se plantea una profunda reforma del instrumento. La reforma del CVF contemplará modificaciones ópticas y mecánicas, una electrónica completamente nueva y un nuevo concepto en el desarrollo del software.

### Algunos resultados relevantes

El Proyecto se inicia en el mes de noviembre con la revisión de los requisitos de usuario y la definición de los parámetros que orientarán la reforma, que pasará por:

- Cambio de la rueda de filtros eliminando los dos CVF's y, de esta manera, dejando la posibilidad de poner 18 filtros con  $\phi 10$  mm, una posición sin filtro abierta y una cerrada.
- Como consecuencia de la eliminación de los CVF's, simplificación de la óptica.
- Modificaciones del sistema de aperturas mejorando el sistema de posicionado.
- Actualización de la electrónica de adquisición.
- Cambio en la electrónica de control de mecanismos.
- Cambios en el software tendente a mejorar las prestaciones y hacer más manejable el uso del mismo.

# ASTROFISICA DESDE EL ESPACIO

## PARTICIPACION EN ISO (P1/88)

**F. Garzón.**

**J.M. Rodríguez Espinosa, P.L. Hammersley,  
A.M. Pérez García, J.A. Acosta Pulido y V. Melo  
Martín.**

A. Ulla (Univ. de Vigo); H.O. Castañeda (UNAM,  
México); Consorcio ISOPHOT; Consorcio ISO.

### Introducción

La participación del IAC en la misión espacial ISO (Infrared Space Observatory) se centra alrededor del espectrofotómetro doble a redes de difracción ISOPHOT-S, subexperimento dentro del fotopolarímetro ISOPHOT, uno de los cuatro instrumentos de plano focal que equipa el observatorio espacial. Es ésta la primera participación española en misiones que implica la construcción y puesta a punto de instrumentación infrarroja con fines espaciales. El observatorio espacial fue puesto en órbita satisfactoriamente el 17 de noviembre de 1995. Desde entonces ha efectuado con normalidad las operaciones rutinarias de observación científica, de acuerdo con los proyectos propuestos por la comunidad internacional y seleccionados por comités científicos. ISOPHOT-S ha cumplido con notable calidad, mostrando una perfecta funcionalidad, muy acorde con los resultados de laboratorio. La misión en órbita finalizó el 10 de abril de 1998. Es interesante hacer notar que la duración de la misión ha superado los cálculos más optimistas previos al lanzamiento.

En la actualidad este Proyecto está en fase de análisis pormenorizados de las observaciones, determinación y calibración de efectos instrumentales sistemáticos, explotación de resultados y nuevas investigaciones que han surgido alrededor de estos resultados.

### Algunos resultados relevantes

Se continúa con la publicación de resultados.

Análisis completo de la muestra de regiones HII extragalácticas observadas con ISOPHOT-P/C.

Cálculo de abundancias de N y O en una muestra de regiones HII en M33 y M101, vía espectros con ISOLWS.

## Evolución del Proyecto

En este año las actividades se han reducido básicamente a la explotación de resultados de la misión. Hay que recordar que este Proyecto, en la fase actual, tiene como objetivo prioritario dar soporte a aquellos grupos del IAC interesados en el uso de la base de datos de la misión. Por tanto, los resultados concretos de la investigación con datos de ISO aparecerán en aquellos proyectos de los investigadores involucrados en la misma.

Se ha continuado, no obstante, con el trabajo de análisis de efectos instrumentales sistemáticos en ISOPHOT-S, de forma que se ha logrado refinar aún más el método de calibración de efectos no lineales en el instrumento.

## PARTICIPACION DEL IAC EN LAS MISIONES ESPACIALES FIRST Y PLANCK SURVEYOR

### MISION FIRST

- Instrumento PACS

**J. Cepa Nogué.**

**J.M. Herreros, H. Chulani, T. Filipova, M.F.  
Gómez Reñasco y C. Tejada.**

- Instrumento Spire

**I. Pérez Fournon.**

**J.M. Herreros.**

### MISION PLANCK SURVEYOR

- Instrumento LFI

**R. Rebolo.**

**J.M. Herreros, H. Chulani, T. Filipova, M.F.  
Gómez Reñasco, R. Hoyland y C. Tejada.**

### Introducción

Las misiones espaciales del programa científico de la Agencia Europea del Espacio (ESA) ofrecen a los centros de investigación la posibilidad de realizar una ciencia de vanguardia al tiempo que se involucran en programas de innovación y desarrollo tecnológicos muy avanzados. La ESA tiene previsto, dentro de este Programa, el lanzamiento de los satélites Planck y FIRST (Far Infrared and Submillimetre Space Telescope) en el año 2007. Estas misiones representan un enorme paso en la exploración del Cosmos que ha de conducirnos a

una mejor comprensión de los problemas más desafiantes que tiene planteados la Astrofísica. También presentan algunos desafíos tecnológicos de primera magnitud que conciernen a campos tan diversos como las tecnologías de recepción en microondas, sistemas de criogenia o tecnologías de procesamiento y compresión de datos.

El IAC, que ha realizado recientemente exitosas contribuciones a la instrumentación de las misiones ISO (*Infrared Space Observatory*) y SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*), requiere, en aras de la buena marcha de sus proyectos científicos, un acceso garantizado a los datos obtenidos de los nuevos satélites FIRST y Planck para consolidar la posición de vanguardia que sus grupos han conseguido en los campos de investigación donde estas misiones van a producir un mayor impacto. En particular, los datos que recogerán los instrumentos a bordo de estos satélites han de permitir estudiar, con una precisión sin precedentes, el origen y evolución del Universo en sus etapas más tempranas, la formación de las primeras galaxias, la generación de energía en sus núcleos, los procesos de formación de estrellas, la evolución estelar y el origen y existencia de sistemas planetarios alrededor de otras estrellas. Simultáneamente, el IAC tiene interés en el desarrollo de tecnologías de procesamiento digital y comunicaciones de banda ancha, por lo que ha identificado en estos campos cuáles pueden ser sus contribuciones a la instrumentación embarcada que pueda garantizar su participación en estas misiones. A tal fin, varios investigadores del IAC son miembros, desde hace algunos años, de los Consorcios Internacionales que se han formado para proporcionar los instrumentos PACS (*Photoconductor Array Camera & Spectrograph*) y SPIRE (*Spectral and Photometric Imaging Receiver*) de FIRST y el instrumento LFI (*Low Frequency Instrument*) de Planck.

## MISION FIRST

FIRST (recientemente renombrada "Herschel Space Observatory") es una misión tipo observatorio multi-usuario que explorará el espectro electromagnético en el rango 200-670 micras. Se trata de la cuarta misión "piedra angular" en el Programa Horizon 2000, seleccionada en noviembre de 1993. Por consiguiente, constituye un proyecto considerado de la máxima importancia por la ESA y, por tanto, para la investigación astrofísica en Europa (así fue ratificado por el ejecutivo de la ESA en las

conclusiones de su reunión del 3 de julio de 1998 en París). Su instrumentación permitirá obtener imágenes y espectroscopía de fuentes tan diversas como galaxias en el confín del Universo observable o discos protoplanetarios y sistemas planetarios en estrellas cercanas al Sol.

Las bandas submilimétricas y el infrarrojo lejano del espectro electromagnético son sensibles primariamente a materia en condiciones de baja temperatura que típicamente se encuentra en nubes interestelares densas, protoestrellas, planetas, cometas, atmósferas de estrellas frías y núcleos de galaxias activas. Es muy probable que las galaxias más distantes al tener un mayor contenido gaseoso que las actuales también sean fuentes emisoras en estas bandas, lo que supone un enorme potencial para el descubrimiento de nuevas fuentes a distancias muy grandes. FIRST puede ser considerado como el sucesor del satélite ISO, con una mejor cobertura espacial, espectral y una mayor sensibilidad.

## Objetivos científicos

Alcanzar una mejor comprensión de los procesos de formación de las estrellas y las galaxias, así como de sus interrelaciones:

- Estudiar la formación y evolución de los bulbos de galaxias y las galaxias elípticas en épocas tempranas del Universo. Si bien las observaciones en el óptico e infrarrojo cercano pueden lograr la detección de luz procedente de los primeros brotes de formación estelar en galaxias muy distantes, no son suficientes para establecer sin ambigüedad la luminosidad total de estos brotes dado que la cantidad de luz que es reprocesada hacia el infrarrojo lejano por el polvo es desconocida.
- Esclarecer la naturaleza de las galaxias muy luminosas en el infrarrojo descubiertas por IRAS.
- Determinar la fuente que suministra energía a los núcleos de galaxias activas (AGNs) y cómo evoluciona.
- Estudio detallado de la física y química del medio interestelar en galaxias, tanto en la nuestra como en las vecinas, incluyendo objetos a alto corrimiento al rojo y la cuestión de cómo las estrellas nacen a partir de nubes moleculares en los distintos ambientes.
- Encontrar respuesta a la cuestión de cuándo y cómo se formaron las primeras galaxias en el Universo.
- Mejorar la comprensión de los procesos físico-químicos involucrados en la formación de estrellas a lo largo de la vida de nuestra galaxia.

- Detectar y determinar las propiedades físicas de protoestrellas en las regiones de formación estelar.
- Obtener espectroscopía de alta resolución de cometas y de las atmósferas de los planetas más externos del Sistema Solar. Detectar nuevos objetos en el cinturón de Kuiper.

#### *Instrumentación científica a bordo*

La carga útil del observatorio FIRST estará formada por tres instrumentos - SPIRE, PACS y HIFI -, que cubrirán distintos rangos espectrales:

**SPIRE:** Es un instrumento que utiliza como sensores del flujo radiante bolómetros dispuestos en dos redes. Proporcionará en el rango de 200 a 600 micras, en tres bandas y simultáneamente, imágenes fotométricas y, además, permitirá realizar espectroscopía en el rango de 200 a 350 micras. La temperatura de trabajo de los detectores será de 0,25 K.

**PACS:** Los elementos detectores de luz de este instrumento son dispositivos fotoconductores que también se encuentran dispuestos en dos redes. Proporcionará imágenes (en dos bandas) y espectros (de resolución 1.500 a 2.000) en el rango de 80 a 210 ó 300 micras, dependiendo del detector elegido. Los fotoconductores estarán enfriados a una temperatura de 1,7 K. El campo de visión será de 85" x 55" (imagen de 80 a 130 micras), 170" x 110" (imagen de 130 a 210 micras) o de 50" x 50" (espectroscopía). Este instrumento es entre cuatro y treinta veces más sensible que los instrumentos de ISO en modo imagen y dieciocho veces más sensible que ISO en modo espectroscopía.

**HIFI:** Este instrumento detectará la radiación electromagnética por medio de receptores de radio heterodinos multicanales. Permitirá realizar espectroscopía de muy alta resolución en el rango comprendido entre los 500 y 1.200 GHz (250 - 600 micras). Los mezcladores operarán a una temperatura de 2 K.

líquido (como el de ISO), en cuyo plano focal se encuentran los detectores de los tres instrumentos. El módulo de servicio realiza las funciones propias de este subsistema, y adicionalmente, alojará las cajas electrónicas de los distintos instrumentos.



Satélite  
FIRST.

#### **MISION PLANCK SURVEYOR**

En 1996, el Proyecto Planck fue seleccionado como la tercera misión de tamaño medio del Programa de la ESA Horizon 2000. Su objetivo es obtener nueve mapas de todo el cielo en el rango de frecuencias 30-900 GHz con una resolución y sensibilidad sin precedentes. A partir de estos mapas se podrán cartografiar las fluctuaciones en el Fondo Cósmico de Microondas (FCM), radiación interpretada como el remanente de la fase inicial del Universo que se conoce como Gran Explosión. El FCM contiene información privilegiada sobre las condiciones del Universo en instantes muy cercanos a su origen, sobre su geometría y sus constituyentes primordiales.

Esta misión pretende obtener mapas de temperaturas de la radiación del FCM con una resolución de 10 minutos de arco y sensibilidad sin precedentes, 2 microK, que proporcionarán un gran avance (probablemente una revolución) en el conocimiento científico sobre el origen y la evolución del Universo. Todas las teorías de formación de galaxias y otras macroestructuras en el Universo predicen cierto grado de anisotropía del FCM que depende de la geometría del Universo y, también, de la naturaleza de los constituyentes básicos de la materia. El cartografiado de las estructuras en el FCM que realizará el satélite Planck es la herramienta más poderosa con que contará la Cosmología observacional en el próximo decenio para explorar el origen, evolución y propiedades globales del Universo.

El satélite FIRST consiste básicamente en la plataforma, el telescopio y tres instrumentos científicos: SPIRE, PACS y HIFI. Su configuración, como en otros satélites científicos de la ESA, sigue un concepto modular. En la parte superior, con el satélite dispuesto en la posición de lanzamiento, está el módulo de carga y en la parte inferior se encuentra el módulo de servicio. Los componentes principales que forman el módulo de carga son: un radiotelescopio de 3,5 m y un criostato de helio

## Objetivos científicos

Se pretende estudiar con este satélite:

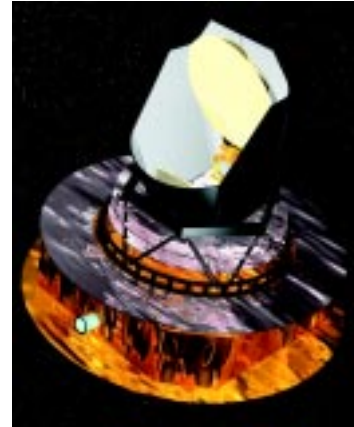
- La generación de las fluctuaciones primordiales en densidad y la existencia de un periodo inflacionario en el Universo muy primitivo.
- El tipo de perturbaciones en densidad del universo primitivo, adiabáticas o de isocurvatura, y el índice del espectro de las fluctuaciones primordiales en densidad.
- La existencia de ondas gravitatorias primordiales.
- La naturaleza de la materia "oscura", en particular la contribución bariónica a la densidad media del Universo.
- El marco de la inestabilidad gravitatoria para la formación de estructuras en la distribución de las galaxias.
- Los valores de la densidad media y del ritmo actual de expansión del Universo.

## Instrumentación científica a bordo

Planck llevará dos instrumentos. En su plano focal, a temperatura de criogenia, se situarán los sensores que medirán la temperatura del FCM. El instrumento de baja frecuencia (LFI) lo hará en el rango de 30 a 100 GHz, y el de alta frecuencia (HFI) entre 100 y 857 GHz. El LFI utilizará una red de receptores de radio, basados en transistores HEMTs (High Electron Mobility Transistors) de muy bajo nivel de ruido. El HFI estará formado por una red de bolómetros. Estos complicados instrumentos proporcionarán, respectivamente, cuatro y cinco mapas del cielo.

## Descripción del satélite

El satélite Planck consiste en dos módulos dispuestos uno a continuación del otro. En la parte superior se encuentra el de carga útil con el telescopio y los dos instrumentos, y en el inferior el de servicio. El módulo de carga de Planck está formado por un radiotelescopio con configuración gregoriana fuera de eje. El reflector primario será un paraboloide de 1,5 x 1,3 m y el secundario, un elipsoide de 0,8 x 0,7 m. En su plano focal se situarán los sensores de los dos instrumentos que medirán la temperatura de la radiación electromagnética del FCM. Estos detectores también irán enfriados a temperaturas de criogenia. El módulo de servicio realiza las funciones propias de este subsistema, y adicionalmente alojará las cajas electrónicas de los distintos instrumentos.



Satélite  
Planck.

## Lanzamiento y operaciones de las misiones

En el año 2007, FIRST y Planck serán lanzados desde Kourou, en la Guayana francesa, por un Ariane 5 en su configuración doble. Meses más tarde, después de un viaje similar al del SOHO, se encontrará observando desde una órbita que describirá una trayectoria de Lissajous alrededor del punto de Lagrange L2, a 1,5 millones de km de la Tierra. El satélite operará en un escenario de "almacenamiento y volcado de los datos", lo cual significa que no habrá contactos con el satélite las 24 h del día sino por intervalos. Las comunicaciones se establecerán desde el Centro de Operaciones de la Misión (MOC) que se encontrará en ESOC, Alemania. El posterior intercambio de datos, distribución y órdenes de control hacia los instrumentos, entre el MOC y los distintos centros de control, se llevará a cabo a través de FINDAS (*FIRST Integrated Network and Data Archive System*). Para realizar las operaciones de apuntado FIRST necesitará que el satélite disponga de una estabilización en tres ejes. A diferencia de FIRST, para realizar sus mapas "topográficos" de todo el cielo Planck girará continuamente a una velocidad de 1 rpm alrededor de uno de sus ejes.

## Calendario de las misiones

Las actividades de los proyectos FIRST y Planck están estrechamente relacionadas debido a aspectos técnicos y económicos considerados importantes en la gestación del programa. Por ello, así por lo que los hitos de FIRST se desarrollan en fase con los de Planck. Un resumen de estos y actividades consideradas importantes para el correcto desarrollo del Proyecto se detallan a continuación:

- Octubre 1997: anuncio de oportunidad científica (AO)
- Febrero 1998: presentación de propuestas de instrumentos

- Mayo 1998: preselección de la Carga Util
- Febrero 1999: Selección de la Carga Util
- Septiembre 2000: ITT para fase B y C/D
- Diciembre 2000: propuestas industriales
- Junio 2001: comienzo de la fase B
- Julio 2002: comienzo de la fase C/D
- Abril 2007: lanzamiento (Ariane 5, desde Korou, Guayana francesa)
- Abril 2007 - junio 2012: fase de operaciones (desde el punto de Lagrange L2)
- Junio 2012 - septiembre 2015: fase de post-operaciones

El programa de entrega de los instrumentos a la ESA es el siguiente:

- Abril 2003: FIRST AVM y Planck AVM
- Abril 2003: FIRST CQM y Planck CQM
- Abril 2004: devolución FIRST CQM y Planck CQM a los PI
- Julio 2004: FIRST PFM y Planck PFM
- Julio 2005: FIRST FS y Planck FS

### Participación del IAC en FIRST

El IAC forma parte de dos de los tres instrumentos de FIRST: SPIRE y PACS. En ambos consorcios científicos participa en la concepción y desarrollo del centro de control de los instrumentos (ICC). Además, en PACS, suministrará la unidad de pre-procesado y compresión de datos (unidad SPU) así como el software de a bordo de bajo nivel asociado a esta unidad (software de arranque y librería de controladores). La unidad SPU contiene las sub-unidades de procesamiento de los detectores de onda corta y larga (SWL-SPU y LWL-SPU), así como la fuente de alimentación asociada (sub-unidad PSU) y el sistema de acondicionamiento de la telemetría analógica (DAU).

### Participación del IAC en Planck

El IAC participa en el instrumento LFI y en concreto suministrará al Consorcio la unidad REBA (*Radiometer Electronics Box Assembly*) consistente en: el ordenador de control de abordaje (sub-unidad DPU). El software de control y gestión de datos del instrumento. La unidad de pre-procesado y compresión de datos (sub-unidad SPU). El software de pre-procesado y compresión, el sistema de adquisición de datos del REBA (sub-unidad DAU) y la fuente de alimentación necesaria para el suministro de potencia al REBA (sub-unidad PSU). Cada uno de los ordenadores incluye el software de arranque y una librería de controladores. Además, el IAC, realiza el diseño del conmutador de fase y el diseño/fabricación/pruebas de los híbridos de los radiómetros de 33 y 44 GHz. Por otra parte participa en la concepción y desarrollo del Centro de Control del instrumento (DPC).

### Algunos resultados relevantes

En el año 1996, el IAC consolida su participación activa en estas dos misiones y, en concreto, en los consorcios PACS y SPIRE de FIRST y LFI de Planck (en este último se venía trabajando desde 1993).

El alcance de la implicación del IAC fue concretado tras una revisión de la participación y experiencia adquirida por este Instituto en misiones espaciales anteriores, un minucioso estudio de las posibles líneas de desarrollo tecnológico, del saber hacer del centro, así como de los limitados recursos humanos y económicos de que se dispone.

Para garantizar la presencia del IAC en estos consorcios fue necesario llevar a cabo, con el asesoramiento de la industria especializada, estudios de viabilidad sobre cada uno de los subsistemas de interés, con el objeto de poder desarrollar conceptos, estimar costes y definir planes de desarrollo adecuados, para así cumplir con los requisitos del satélite, del instrumento concreto y de los consorcios internacionales.

Posteriormente en septiembre de 1997 y siguiendo el proceso comúnmente utilizado (anuncio de oportunidad -AO-), la ESA invitó a la comunidad científica a participar en FIRST y Planck. En febrero de 1998 y en respuesta a este anuncio, los Consorcios SPIRE, PACS, y LFI, presentaron las propuestas científico-técnicas de los instrumentos, que incluían además aspectos de gestión para garantizar el éxito del Proyecto. A mediados de año fueron preseleccionados, y finalmente fueron confirmados a principios de 1999. A finales de ese año se celebró la revisión ISVR (*Instrument Science Verification Review*) de los instrumentos.

Las principales actividades desarrolladas hasta ahora han sido:

Definir el alcance de la participación del IAC en PACS, SPIRE y LFI. Contribuir a la concepción de los tres instrumentos. Participar en la elaboración de las propuestas presentadas a la ESA. Establecer unos diseños de referencia, estimar costes y plazos de cada uno de los elementos de interés. Participar en las numerosas reuniones organizadas por los Consorcios y la ESA, verificar el concepto del receptor del LFI con un prototipo con criogenia y realizar las especificaciones técnicas de los equipos (hardware y software) cuya responsabilidad ha sido asignada al IAC.

Los desarrollos del conmutador de fase para los radiómetros del satélite Planck han dado lugar a la presentación de una solicitud de patente nacional: P200000841 "Estructura de cambio de Fase de 180° en Microondas de Banda Ancha".

## **Evolución del Proyecto**

El Proyecto se desarrolla en líneas generales siguiendo el plan de trabajo previsto si bien con cierto retraso por las razones que se describen a continuación. Los documentos elaborados por la ESA, que definen los protocolos de comunicaciones entre el satélite y los instrumentos, y que son esenciales para la definición completa de la interface, "Packet Structure – Interface Control Document" y "Satellite Data Bus Protocol Specification", fueron entregados a los consorcios en septiembre del año 2000, lo que significó un considerable retraso sobre la fecha prevista en un principio (enero). Por otra parte, el documento de definición de interfaces con los instrumentos, IID-A, fue revisado en numerosas ocasiones durante el año, quedando disponible la primera edición, también en el mes de septiembre. Esta demora será absorbida por determinadas actividades que disponen de márgenes así como por la revisión de la planificación y programación.

Las principales tareas técnicas llevadas a cabo durante el año se describen a continuación.

Se continúa de forma satisfactoria con el desarrollo del prototipo de evaluación y demostración tecnológica.

- Se han consolidado las especificaciones técnicas de los equipos LFI-REBA y PACS-SPU.
- Se ha elaborado el documento "HW-SW ICD", el documento de requisitos de usuario del software de arranque y controladores de bajo nivel y la especificación del ASIC PSC. También se ha iniciado el documento de requisitos de usuario del software de la aplicación LFI-REBA, así como el de pruebas.
- Se ha realizado un análisis detallado de las necesidades computacionales del equipo LFI-REBA y en paralelo se ha estudiado un posible candidato de algoritmo de compresión sin pérdidas para el LFI. Han sido depurados los conceptos de equipos propuestos en un principio, adaptándose mejor a las necesidades de los instrumentos y a las restricciones del satélite.
- Se ha participado activamente en la definición de los instrumentos PACS y LFI, en particular en la especificación de los protocolos entre subsistemas.
- Se ha realizado la adquisición de la mayoría de los equipos de pruebas.
- Se han realizado estudios detallados de los chips de comunicaciones SMCS 332 de Temic y 61580/82 de DDC, así como el DSP 21020 de Analog Devices.
- Se ha analizado la numerosa documentación entregada por la ESA.
- Se ha estudiado con detalle el protocolo de comunicaciones entre el satélite y los instrumentos.

Con relación a esto último cabe mencionar que la interfaz habitual de comunicaciones OBDH empleada por la ESA en anteriores misiones ha sido sustituida por una 1553B. Además ha sido propuesto un nuevo concepto de sincronización con la nave a través de este bus de datos.

### *Formación*

En relación con la evaluación de tecnologías espaciales y con el propósito de estudiar su viabilidad técnica para su posible uso se llevaron a cabo actividades de estudio del sistema operativo VIRTUOSO y de la interfaz de comunicaciones de banda ancha 1355. Para ello se contó con la asistencia en Bélgica a un curso de formación en esta nueva tecnología espacial que fue impartido por su fabricante EONIC Systems. Se participó en el "DSP Day and Spacewire Workshop" organizado por ESTEC/ESA. Los resultados son muy prometedores, si bien faltarían por realizar pruebas exhaustivas en laboratorio para poder confirmar estas tecnologías. También se asistió en Madrid a un curso de formación en LabView (básico I y II) impartido por National Instrument.

### *Asistencia a reuniones*

Durante el año, el equipo del Proyecto se ha visto obligado, tal como estaba previsto, a realizar numerosos viajes a Europa, con el objeto de participar en las distintas reuniones científicas y técnicas celebradas en el marco de los consorcios LFI y PACS, así como a las reuniones de carácter técnico organizadas por la ESA.

### *Colaboración con la industria especializada del sector*

En cuanto a la colaboración con el socio industrial, CRISA, hay que mencionar en primer lugar que se ha establecido una relación muy estrecha, siendo los resultados preliminares muy satisfactorios para ambas partes. Se han evaluado y seleccionado conjuntamente las tecnologías espaciales de procesamiento digital de alta prestaciones. Se recibe asesoramiento en el diseño y fabricación de sistemas electrónicos espaciales basados en ordenador así como en la selección de los componentes electrónicos sujetos a las especificaciones de calidad de la misión. Resultado de esto último es una lista preliminar de los componentes electrónicos de los equipos que se encuentra disponible.

# OPTICAL GROUND STATION (OGS) (421193)

M. Reyes.  
J.A. Rodríguez, T. Viera, J.L. Rasilla y F. Gago.

## Introducción

OGS es un Proyecto desarrollado por el IAC en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA), la empresa Carl Zeiss (Alemania) y la Univ. Politécnica de Cataluña. Su principal objetivo es desarrollar una instalación, en el OT, para la prueba en órbita de terminales de comunicaciones ópticas entre satélites. Además, otros objetivos de la OGS son la observación de residuos espaciales en colaboración con la ESA y la Univ. de Berna (Suiza), así como servir de telescopio de propósito general y plataforma de ensayo de nuevas tecnologías de alta resolución espacial basadas en láseres de alta potencia. A su vez, el IAC se ha hecho cargo del mantenimiento de la estación y será responsable de su operación.

Para estos fines, OGS consiste en un telescopio de uso general, de 1 m de diámetro efectivo, tipo Ritchey-Chrétien, con tres configuraciones de foco distintas (Cassegrain, Cassegrain con corrección de campo y Coudé), más una instrumentación específica instalada en el banco óptico del foco Coudé, denominada *Focal Plane Control Electronics* (FPCE). Dicha instrumentación incluye un sistema láser de gas argón + láser sintonizable de titanio-zafiro, para la transmisión a los satélites; un espejo móvil y dos sensores (adquisición y seguimiento) con su electrónica de control para el apuntado fino; un detector + electrónica de comunicaciones, un espectrómetro y un polarímetro para la recepción; un monitor de seeing y una cámara de foco Coudé; un sistema de verificación óptica; y otros elementos auxiliares para la caracterización del enlace óptico.

Las tareas desarrolladas por el IAC son:

Medidas del "seeing" local, incluyendo medidas de alta resolución temporal de centelleo y movimiento de imagen.

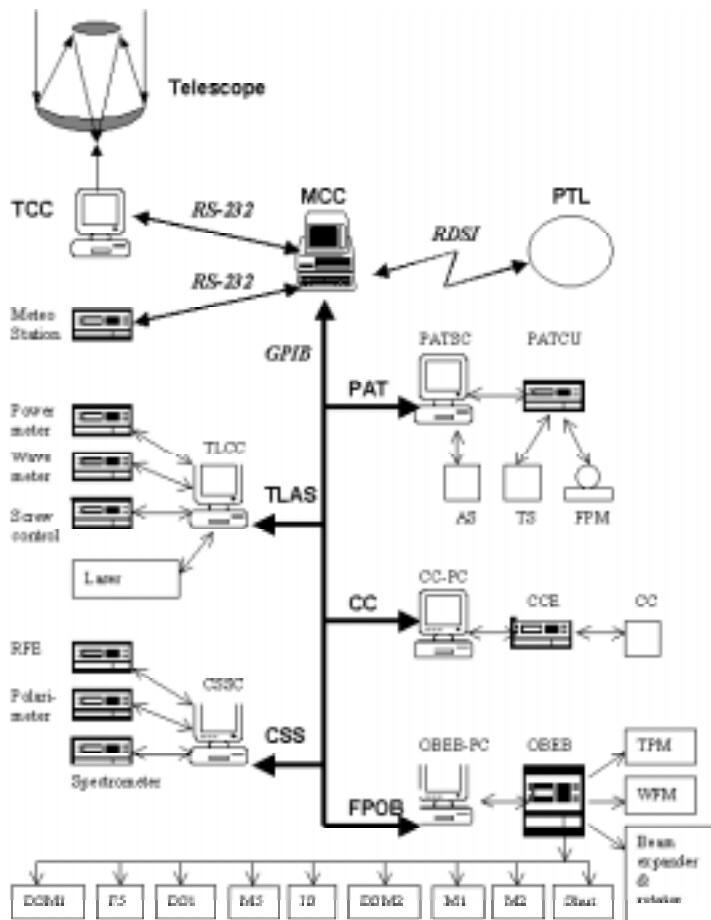


Diagrama de bloques final del sistema de control central de OGS.



Integración y pruebas en el OT.

Los siguientes desarrollos:

- del sensor de adquisición
- del sistema de control del láser transmisor
- de la electrónica de control de adquisición y seguimiento
- de un sistema de verificación óptica
- del monitor de seeing y cámara de campo completo del foco Coudé
- del control de la instrumentación y del sistema de usuario

### **Algunos resultados relevantes**

- Enero-abril: diseño, instalación, desarrollo y pruebas del enlace remoto con el laboratorio de satélites (PTL) de la ESA en Redu (Bélgica).
- Mayo: pruebas del control centralizado de OGS con todos los subsistemas conectados.
- Junio: primera campaña de aceptación del FPCE con la ESA.
- Julio: modificación del sistema de control del láser.
- Agosto-Noviembre: actualización y cierre de la documentación del Proyecto.
- Septiembre: Segunda campaña de aceptación del FPCE con la ESA.
- Octubre: reunión de cierre del contrato con la ESA.
- Diciembre: entrega del Informe Final del Proyecto a la ESA.

### **Evolución del Proyecto**

El único subsistema o interfase pendiente de desarrollo y prueba era el enlace a través de una línea RDSI con el laboratorio del satélite en Redú (Bélgica). Se procedió a la adquisición e instalación de un nuevo cableado en el OT que permitiera disponer de estas líneas en la OGS. ESA-ESOC se encargó de la instalación y configuración de los routers necesarios, y el IAC realizó el desarrollo y las pruebas de comunicación por sockets y ftp con ESA-Redu. Problemas originados por Telefónica dieron lugar a que no se concluyeran dichas pruebas hasta el verano.

A lo largo de la primera campaña de aceptación de OGS con la ESA en junio, se identificaron una serie de problemas menores (principalmente el muestreo de la señal óptica para el lazo de control del láser y el algoritmo de desaturación automática del telescopio con la deriva del satélite) que requirieron dos meses más de trabajo para dejar el FPCE a punto.

En la segunda campaña de aceptación a finales de septiembre, la ESA quedó satisfecha del comportamiento conjunto de todo el sistema y del control desde el ordenador central de OGS (MCC), y se celebró en el IAC la reunión de cierre del contrato el día 10 de octubre.

A lo largo del mes de diciembre se elaboró y entregó el Informe Final del Proyecto para la ESA.

## **SPACE DEBRIS SURVEY SYSTEM (SDSS - SISTEMA DE LOCALIZACION DE BASURA ESPACIAL)**

**F. Gómez, M. Serra Ricart O. Fuentes y M. Reyes.**

### **Introducción**

Este Proyecto de la Agencia Espacial Europea (ESA) se está llevando a cabo en colaboración con el Inst. de Astrofísica de la Univ. de Berna - AIUB (Suiza), y tiene como objetivo el desarrollo de un sistema informático altamente automatizado para la detección y catalogación de los fragmentos de basura espacial en órbita. Dentro de este Proyecto, el IAC está encargado del software para controlar el telescopio OGS y su cámara CCD de gran campo, así como de las herramientas de visualización y análisis de las imágenes adquiridas. Por su parte, la Univ. de Berna desarrolla el software para el tratamiento de imágenes, destinado a la detección de basura espacial y la determinación de sus parámetros orbitales.

El IAC utilizará el software desarrollado bajo este contrato para realizar las observaciones necesarias para la búsqueda de basura espacial en las órbitas geoestacionaria (GEO) y de transferencia geoestacionaria (GTO). Estas dos campañas de observaciones constituyen dos contratos adicionales con AIUB y ESA.

### **Algunos resultados relevantes**

- Enero-febrero: preparación y finalización del Informe Final del Proyecto de software para la búsqueda de basura espacial. Cierre de la fase A del Proyecto. Preparación y finalización de la propuesta para la fase B.
- Marzo: entrega a la Univ. de Berna de la documentación final, y cierre del contrato de desarrollo de software.
- Diciembre: principio de la campaña de observaciones en la órbita geoestacionaria (Proyecto GEO).

### **Evolución del Proyecto**

Tras la entrega de la documentación final en el mes de marzo, el contrato ha quedado cerrado, con lo que no se prevé realizar actividades a lo largo del año 2001, salvo las relacionadas con los contratos de Observación de Basura Espacial.

## **MISION SMART-2 (411099)**

**J. Jiménez Fuensalida.  
J.M. Herreros.**

El objetivo de las misiones SMART (*Small Missions for Advanced Research and Technology*) de la ESA, también llamadas precursoras, es el de desarrollar y comprobar tecnologías para futuras misiones espaciales. En septiembre de 1997, el CDTI convocó a la industria del sector Espacio y a la comunidad astronómica nacional a una reunión, consecuencia de la aparición en el verano de 1997 de peticiones de ITTs -*Invitation to Tender*- para estudios industriales de la próxima misión interferométrica de la ESA y de la propuesta de reestructurar la programación científica del Horizon 2000, introduciendo, entre otros elementos, las misiones SMART.

Como resultado de este primer encuentro se acordó la creación, bajo la coordinación del CDTI, de un grupo de trabajo, inicialmente integrado por astrónomos, que se extendió posteriormente a la industria (CASA, CRISA, SENER, INTA y GMV) y que se llamaría GTI -Grupo de Trabajo en Interferometría-, con los siguientes objetivos:

- Identificar las tecnologías necesarias para el desarrollo de las futuras misiones de interferometría espacial, distinguiendo en cuáles puede hacer aportaciones significativas la industria nacional e incorporando tecnologías válidas, tanto para misiones ópticas como infrarrojas.
- Proponer la estrategia para el desarrollo de una misión precursora del Programa Científico que haga uso de las tecnologías y conocimientos espaciales ya disponibles en nuestro país y, en especial, de la plataforma Minisat.

- Enmarcar esta iniciativas dentro del Programa Horizon 2000 de la ESA con sus planteamientos actuales de misiones pequeñas precursoras de los grandes observatorios espaciales -misiones SMART-2.

Desde un principio, el IAC se integró en este grupo de trabajo, participando activamente en las sucesivas reuniones y discusiones que dieron lugar al informe: "Estrategia científica para la definición de una misión SMART de la ESA usando la plataforma MINISAT. Posibilidades españolas en el campo de la

interferometría espacial". Este documento fue presentado en junio de 1998 a la delegación de España ante la ESA-CDTI-, así como a la CICYT y al INTA, con el fin de definir la estrategia más conveniente y presentar una propuesta que permitiese iniciar los estudios entre España y la ESA para el desarrollo de una misión precursora en el campo de la interferometría espacial.

A finales de 1998 el CDTI presentó a la ESA una propuesta de Misión para constituir la SMART-2. La Agencia por su parte se mostró muy interesada y entusiasmada con la idea, por lo que CASA, respaldada por el Grupo GTI, presentó en abril de 1999 una oferta a la ESA para realizar un estudio de una posible misión SMART española.

Meses más tarde se aprobó el trabajo y en septiembre de 1999 se celebró la reunión de "Kick Off", arrancando formalmente el estudio con un plazo de ejecución de seis meses. A partir del KO se celebraron diversas reuniones y seminarios, se avanzó en el concepto de misión SMART-2 y se realizaron estudios de tecnologías claves concretas para futuras misiones interferométricas, como por ejemplo sobre propulsores FEEPs (*Field Emission Electric Propulsion*).

A principios del año 2000 comenzó la elaboración y redacción del documento de fase II del estudio, apoyado por un "Workshop" organizado por CASA sobre la Misión LISA de la ESA, que se celebró a finales del mes de febrero. Se sucedieron diversos ciclos de revisión y en abril se finalizó y se presentó a la ESA el documento del estudio de SMART-2. La Agencia quedó plenamente satisfecha del trabajo realizado.

## **COSMOSOMAS (311298)**

**C. M. Gutiérrez.  
R. Rebolo, S. Fernández-Cerezo y R. J. Hoyland.**

**Colaboradores del IAC: M. Amate (Gestor), S. L. Hidalgo, P. J. Sosa, Taller de Electrónica, Taller de Mecánica, Delineación Técnica y Mantenimiento Instrumental.**

R. D. Davies, R. A. Watson y J. Macias (Univ. de Manchester, Reino Unido); J. Delabrouille y J. Kaplan (Collegue de France, Francia); J. Gallegos (Univ. de Cantabria).

## Introducción

COSMOSOMAS es un proyecto instrumental desarrollado íntegramente en el IAC que conlleva la construcción de un conjunto de receptores con varias bandas centradas en frecuencias de 10 y 15 GHz enfriados a 20 K para la medida de las fluctuaciones en la radiación cósmica de microondas (RCM) y de la emisión difusa de la galaxia en escalas angulares entre  $1^\circ$  y  $10^\circ$ . Los instrumentos están instalados en el OT y se encuentran plenamente operativos. El objetivo final del Proyecto es construir mapas de unos 10.000 grados cuadrados del cielo con sensibilidades de unos 30 microK en varias bandas entre 11 y 17 GHz. Dichos mapas permitirán mejorar significativamente el conocimiento de estas escalas angulares en las fluctuaciones de la RCM y determinar las contribuciones de nuestra galaxia debidas a emisión sincrotrón, libre-libre y al posible polvo rotante.

## Algunos resultados relevantes

- Finalización de la instalación y pruebas de los dos instrumentos COSMO10 y COSMO15 en el OT.

- Diversas mejoras en los receptores de COSMO10, en los sistemas de alimentación y en los diversos componentes ópticos, mecánicos y electrónicos de los instrumentos.

- Construcción de un mapa del cielo con unos 50 días de datos útiles y unos 9.000 grados cuadrados a frecuencias de 13, 15 y 17 GHz, alcanzando sensibilidades de 140, 150 y 300 microK respectivamente.

## Evolución del Proyecto

En los primeros meses del año se finalizó la instalación de los experimentos COSMO10 y COSMO15 en el OT, firmándose el acuerdo de aceptación entre el IP y el gestor del proyecto. En el mes de septiembre, Mantenimiento Instrumental se hizo cargo del mantenimiento de los instrumentos.

Ambos forman un experimento que observa a 11 (con dos bandas de polarización), 13, 15 y 17 GHz, y una resolución de  $1^\circ$ . La sensibilidad que se está obteniendo es de unos 800 microK por elemento de resolución en cada frecuencia y día en las cuatro bandas. A lo largo del año se han llevado a cabo diversos trabajos de mejora de dichos instrumentos. En la actualidad se dispone de unos 100 mapas en

las frecuencias de operación de COSMO15 de los cuales unos 50 ya han sido analizados y se encuentran en fase de publicación. Basándose en la calidad de los datos ya obtenidos se estima alcanzar una sensibilidad de unos 30 microK en cada frecuencia tras unos dos años de operación, y se cumplirán por tanto las previsiones iniciales.

## TELESCOPIO ESPACIAL DE NUEVA GENERACION (NGST) ESTUDIO PARA UN ESPECTROGRAFO MULTIOBJETO PARA EL INFRARROJO CERCANO (1 A 5 MICRAS) (NGST MOS)

### C. Martínez Roger.

El Telescopio Espacial Hubble (HST) fruto de la colaboración de la NASA y la ESA es, sin lugar a dudas, uno de los más exitosos proyectos espaciales. El acceso que tiene la comunidad astronómica europea al HST ha sido obtenido como fruto de la participación activa de la ESA, en esta misión de la NASA, desde sus comienzos.

La NASA y la ESA, junto con la Agencia Espacial Canadiense (CSA), llevan trabajando desde el año 1996 en la definición de sucesor del HST, el Telescopio Espacial de Nueva Generación (NGST). Este Telescopio posiblemente que tenga más de 6 m de diámetro en su espejo principal, que será enfriado pasivamente y que estará optimizado para obtener imágenes limitadas por difracción en el rango infrarrojo cercano (1 a 5 micras), aunque con extensiones del rango de observación tanto hacia el visible (0.6 a 1 micras) como hacia el infrarrojo medio (5 a 28 micras).

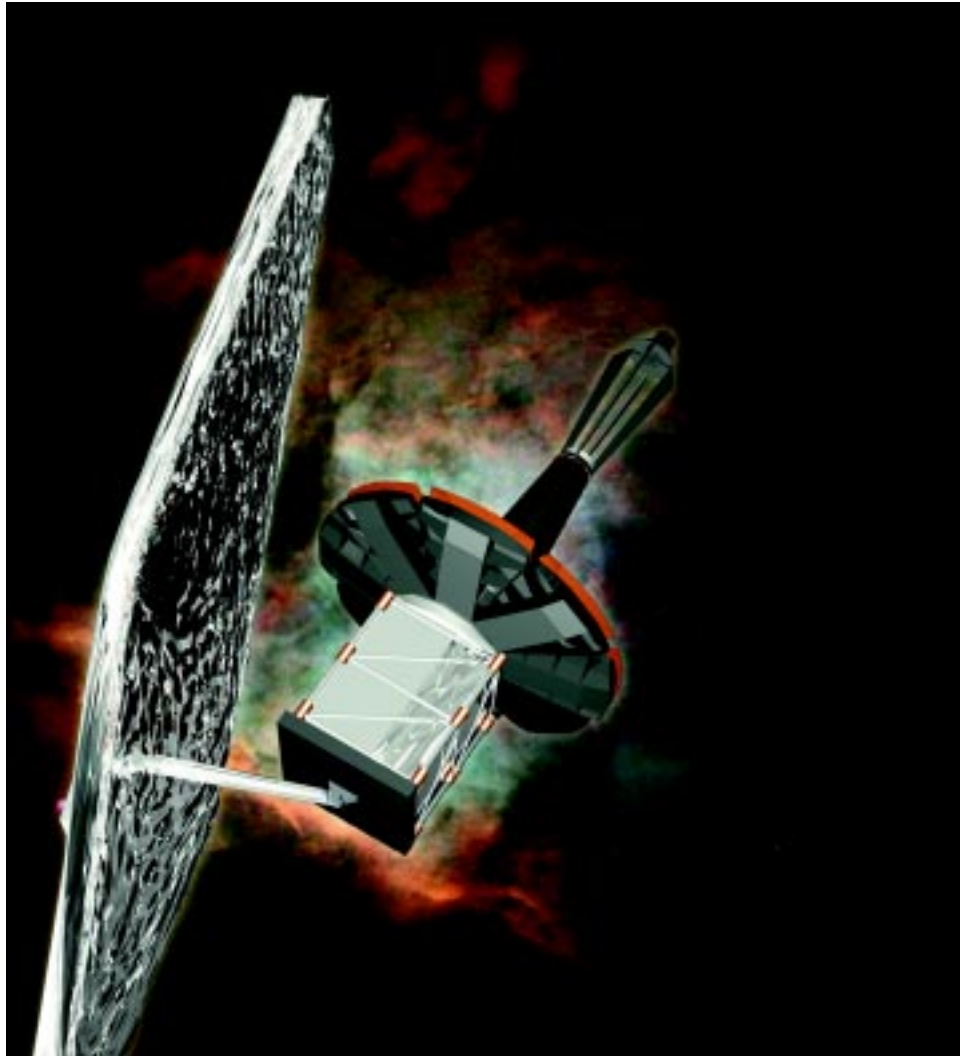
El gran diámetro del (futuro) telescopio, junto con su optimización al infrarrojo, están dirigidos a la observación del contenido del Universo en la época de la ignición de las primeras estrellas. No obstante, el NGST será un observatorio de propósito general y tendrá un conjunto de instrumentos astronómicos capaces de ser utilizados en un amplio espectro de problemas astronómicos.

La instrumentación actualmente recomendada consiste en tres instrumentos:

- Una cámara de campo grande que cubra el rango espectral entre 0.6 y 5 micras.
- Un espectrógrafo multiobjeto en el rango entre 1 y 5 micras (NGST MOS).
- Una combinación de cámara y espectrógrafo entre 5 y 28 micras.

Dentro de la instrumentación científica, la ESA es la responsable de construir el espectrógrafo multiobjeto y una contribución, entre el 40% y el 50%, en el instrumento del infrarrojo medio. (<http://astro.estec.esa.nl/NGST/>)

La ESA ha contratado con la empresa Astrium y con un consorcio de institutos de investigación europeos, entre los que se encuentra el IAC, un estudio sobre el espectrógrafo multiobjeto (NGST MOS).



*Imagen de uno de los posibles diseños del NGST de Lockheed-Martin. (Cortesía de la NASA <http://ngst.gsfc.nasa.gov:80/Hardware/designs.html>)*

MEMORIA  
2000 IAC

108



*Puntos de Lagrange del sistema Sol-Tierra. Los puntos representados por L1, L2 y L3 caen en la línea que conecta las dos masas (Sol y Tierra) y son inestables. En el Punto L1 está situado actualmente el satélite SOHO y en el L2 es donde probablemente se aloje el NGST. (El dibujo no está a escala). (Cortesía de la NASA <http://map.gsfc.nasa.gov/html/lagrange.html>).*

# AREA DE INSTRUMENTACION

Corresponde al Area de Instrumentación el soporte tecnológico, la elaboración y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, para el cumplimiento de los fines y objetivos del Instituto.

El Area de Instrumentación se responsabiliza de:

- El desarrollo de nueva instrumentación para la investigación astrofísica.
- El mantenimiento de la instrumentación astronómica existente.
- La utilización de las capacidades tecnológicas en otros campos de la Ciencia o de la Técnica que favorezcan el desarrollo del entorno.
- La capacitación de personal técnico.
- Generar y ceder tecnología.

## ALGUNOS RESULTADOS RELEVANTES

Durante el año 2000, destacan las siguientes actividades: la finalización del Proyecto con la Agencia Espacial Europea (ESA) de la Estación Optica Terrestre (OGS); la finalización del Proyecto Europeo DYNACORE; la finalización del contrato con la Univ. de Berna (Suiza) para la realización de software destinado a la detección de Basura Espacial; y la instalación del Proyecto COSMOSOMAS en el OT.

El Proyecto OSIRIS se ha consolidado como Instrumento de Día Uno del GTC, firmándose un contrato hasta su entrega en el telescopio (2003), mientras que el Proyecto EMIR está realizando un nuevo estudio a fin de alcanzar un diseño técnicamente viable tanto en plazos y precio.

El Proyecto LIRIS continúa su marcha, habiendo completado todo el diseño de detalle e iniciado la fabricación. A partir de ahora se entra en la etapa de la integración de las distintas piezas.

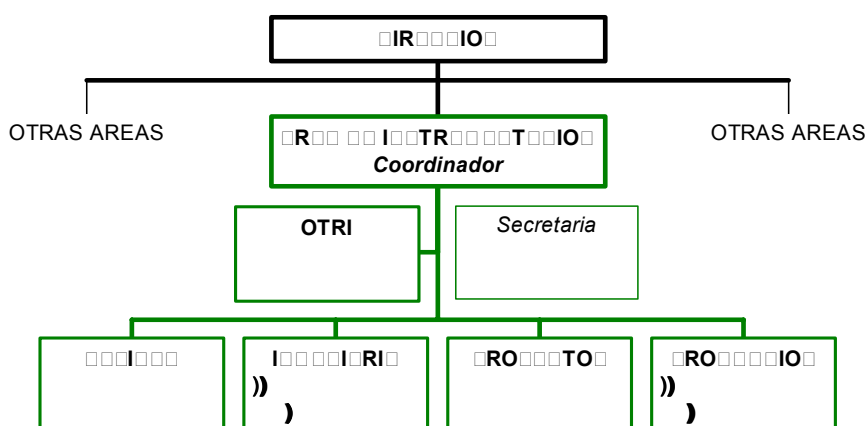
La actividad de los proyectos OSIRIS, EMIR y LIRIS han representado un 70% del total de la capacidad de trabajo y se ha alcanzado el objetivo de concentrar los esfuerzos en pocos proyectos importantes y punteros.

En cuanto a los proyectos espaciales, el IAC está en el desarrollo de los satélites Planck y Herschel y se ha avanzado en la participación en otros consorcios, como el NGST-MOS, SOLO y SMART-2.

## INFRAESTRUCTURA

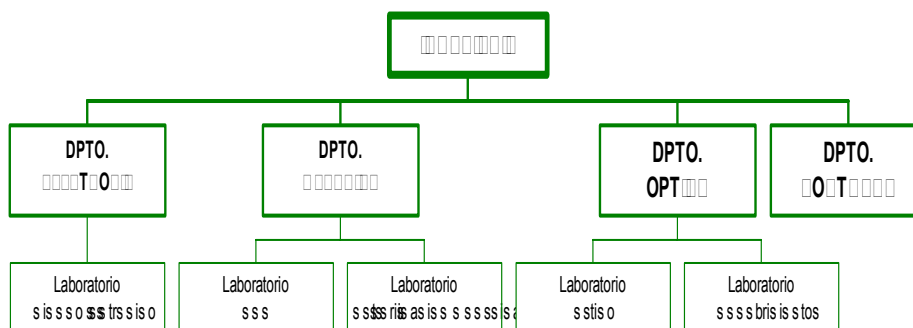
El Area de Instrumentación dispone de unos medios humanos y materiales estructurados en tres grupos: Proyectos, Ingeniería y Producción.

El primer grupo lo componen los gestores de **Proyectos**, actualmente 7 titulados superiores. La **Ingeniería** está estructurada en 4 Departamentos: Electrónica, Mecánica, Óptica y Software; la componen 32 titulados superiores de las diferentes especialidades de Ingeniería (Industrial, Telecomunicaciones, Informática y Aeronáutica) y de Ciencias (Físicas y Matemáticas). **Producción**, con 4 titulados superiores, 2 titulados medios y 21 técnicos, se estructura en: Taller de Mecánica, Taller de Electrónica, Gabinete de Delineación Técnica, Servicio de Mantenimiento Instrumental y Laboratorio de Fibras Ópticas.



# INGENIERIA

La plantilla de Ingeniería la constituyen más de 32 titulados superiores con una formación procedente de los diferentes campos de las Ingeniería (Industrial, Telecomunicaciones, Informática y Aeronáutica) o de las Ciencias (Físicas y Matemáticas). La organización en Departamentos y Laboratorios es la siguiente:



A continuación se mencionan brevemente las novedades durante el año 2000, tanto en las líneas de trabajo como en las infraestructuras de los Departamentos, sin entrar en la actividad dentro de los proyectos que se encuentra recogida en otros apartados de esta Memoria.

Jefe de Ingeniería: **C. Martín Díaz**

## MEJORAS DE INFRAESTRUCTURAS Y LINEAS DE TRABAJO

### Departamentos y laboratorios

Como dotación para el **Laboratorio de Electrónica** se ha adquirido un sistema de desarrollo para los DSP's 56002 y 56301, del fabricante MOTOROLA, con el objetivo de profundizar en su conocimiento y utilización. Dichos dispositivos son ya empleados en algunos de los subsistemas que son incorporados habitualmente en los instrumentos científicos que se desarrollan.

La infraestructura del **Laboratorio de Integración y Verificación Mecánica** se ha ampliado con una cuba de ultrasonidos de 40 litros para la limpieza de piezas, un refrigerador para el compresor del ciclo cerrado CTI 22 y con un taladro atornillador con control de par. Además, hay que destacar la puesta en marcha de un horno de vacío que puede ir instalado en el interior de la planta de aluminizado. Este horno de vacío se va a utilizar para la desgasificación de las piezas, bien sean pintadas o anodizadas, que formen parte de un instrumento criogénico.

En cuanto al equipamiento criogénico destinado a la sala de criogenia del **Laboratorio de Óptica**, este año se ha ampliado la dotación con varios componentes auxiliares de vacío y un segundo sistema de producción de vacío con bomba turbomolecular.

En la **Sala de CAD** se ha renovado un puesto de trabajo con un Pentium III 550, 256 MB RAM, tarjeta Accelgrahics y monitor de 21". Se ha actualizado AutoCAD a la versión 2000 en red, incluyendo el módulo Mechanical Desktop, así como las licencias de Pro-Engineer, Pro-Mechanica y ANSYS. Para MathCAD se han adquirido varias librerías específicas y se dispone de 5 licencias en red.

Para el **Laboratorio de Óptica** se ha adquirido una cámara CCD IR de 128x128 pixeles que va a permitir medidas en las bandas J y H del infrarrojo. Esta cámara es de propósito general y será aplicable a la mayoría de los montajes del laboratorio para analizar sistemas en esas bandas. Se podrá utilizar para la caracterización de filtros y lentes y la medida de sistemas o subsistemas ópticos.

También se ha adquirido un microscopio con iluminación coaxial para medida de posiciones y distancias a niveles micrométricos. Este sistema y uno análogo para la máquina de medir de 3 coordenadas del **Laboratorio de Metrología** permiten la inspección y la toma de medidas relativas a distancia, a través de TV o visualmente, con gran precisión y en lugares angostos donde no es posible introducir un sensor del tipo palpador. Para facilitar la documentación y permitir la visualización de imágenes de vídeo/TV desde el propio monitor del PC, se ha adquirido una placa capturadora de vídeo/TV para los PC. Además de lo anterior, también se han comprado filtros neutros, cabinas desecadoras, un patrón de referencias de calidad cosmética óptica, una regla micrométrica digital de un metro de longitud y otro material diverso.

Este año, el Departamento de Software ha continuado con la aplicación del Rational Unified Process (RUP), que es la nueva metodología y herramienta de desarrollo para los programas de control y adquisición de datos de los instrumentos del telescopio GTC. También se ha seguido extendiendo por el Departamento el conocimiento de los nuevos lenguajes y herramientas que serán necesarios para los futuros instrumentos, como son la Orientación a Objeto, C++, Java o Corba. Finalmente, hay que destacar la importancia relativa que está teniendo el Proyecto FIRST/PLANCK en el Departamento de Software, este año con un nuevo reto: el desarrollo de software embarcado.

## Seguridad

Este año se han realizado unas mejoras sustanciales a nivel de la seguridad del Laboratorio de Optica. La principal mejora consiste en la instalación de un sistema de apertura de emergencia en la puerta principal del Laboratorio. Este sistema permite la apertura simultánea de las dos puertas de la esclusa de entrada y el disparo de una señal acústica de alarma. El sistema puede ser accionado desde el interior del Laboratorio o desde la misma esclusa.

También se ha hecho una revisión técnica del sistema de acceso para garantizar su correcto estado y se ha mejorado la señalización de las rutas de salida y la información sobre las medidas de seguridad del Laboratorio.

Además, J.A. Ballester ha entrado a formar parte del equipo de emergencia del IAC.

## Futura Sala de Armado, Integración y Verificación de Grandes Instrumentos

A mediados de año 2000 se terminó la recogida de los requerimientos necesarios para la futura sala de armado, integración y verificación de grandes instrumentos. Estos requerimientos son la base para las distintas especificaciones: obra civil, instalaciones mecánicas, instalaciones eléctricas e instalaciones ópticas.

En los más de 400 m<sup>2</sup> de espacio ocupado por esta Sala habrá un área de almacén, un área de pruebas ópticas, una zona para la integración y verificación mecánica, un simulador del anillo rotador del foco Nasmyth y otro del foco Cassegrain del telescopio GTC y un área para la instalación de un sistema de medida de tres coordenadas mayor que el que existe actualmente. Los requerimientos fueron recogidos por T. Viera, con la participación de otros ingenieros del Area, y de J. Calvo y E. Cadavid, de Producción.

Posteriormente se iniciaron los contactos para la realización del proyecto de obra civil que deberá continuar durante el 2001 coordinado por J. Calvo.

## Bases de Datos

### Archivo de Documentación Técnica del Area

Siguiendo con la actividad iniciada en 1999, este año se ha seguido mejorando el sistema de archivo de documentación del Area. Se han sacado nuevas versiones de las plantillas de documentos y se ha mejorado el procedimiento siguiendo en su mayor parte las sugerencias y propuestas de mejora de los propios usuarios del sistema.

Técnicamente, la principal novedad ha consistido en el desarrollo de una aplicación que permite el acceso a la base desde la página Web interna mediante el uso de un navegador de Internet. De esta forma el sistema de archivo cuenta ahora con un portal único en la Web ([http://orff/Doc\\_Inst/](http://orff/Doc_Inst/)) desde el cual se puede acceder a los documentos desde el navegador.

memorias IAC 2000 (150 unidades) F11-253\* Odid2 TD



























Un nuevo contrato de acceso para el trienio 2000-2002 renueva el *status* del Observatorio Norte Europeo como "Gran Instalación Científica". La gestión de este proyecto institucional se coordina desde la OTRI, y a tal efecto se habilitó una dinámica página Web ([www.iac.es/eno](http://www.iac.es/eno)). Esta página ha sido seleccionada y galardonada por una empresa americana entre los recursos de Internet que destacan por su contenido visual e información sobre temas de ciencia y tecnología.

Una vez más se consiguió financiación comunitaria para la *Canary Islands Winter School* de este año. Durante los últimos cinco años se han enviado 7 propuestas para financiación de cursos y congresos, 6 de ellas aprobadas y una pendiente de aprobación al cierre de esta Memoria. Esto nos sitúa a la cabeza en Europea en cuanto a las instituciones que mayor éxito han conseguido en este subprograma.

Por segundo año consecutivo, J. Burgos actúa como Punto Nacional de Contacto para el programa comunitario de "Mejora del Potencial Humano". Su misión es la de asesorar y atender las consultas y dudas de investigadores y empresarios españoles referidas a este programa horizontal, abarcando todas las áreas de conocimiento, así como participar en mesas de trabajo con otros Puntos Nacionales de Contacto de otros estados miembros.

## **CANARIAS INNOVA – RADIO NACIONAL DE ESPAÑA, Radio 1 (410101)**

**J. Burgos, J.J. Martín e I. Rodríguez Hidalgo.**

D. García Soto e I. Fernández Fuarros (RNE).

### **Introducción**

En sintonía con las funciones propias de la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) del IAC con su entorno, en buena medida desarrolladas bajo el actual Plan de Actuación Base (1998-2000), se llevó a cabo en 1999 una experiencia-piloto consistente en la emisión semanal de un programa de radio, en una emisora local (ONDA INTERIOR), orientado a difundir las capacidades científico-tecnológicas de los investigadores de Canarias, informar sobre convocatorias de apoyo a la innovación tecnológica empresarial, fomentar la movilidad e incorporación de titulados superiores en empresas, etc. Una serie de 10 programas, bajo el título de CANARIAS INNOVA, con un tema central, secciones de información, debate y asesoramiento, fue el resultado de ese proyecto piloto.

Esta experiencia, sin lugar a dudas muy positiva, animó a la OTRI del IAC a abordar un nuevo proyecto, más ambicioso, con mayor alcance. De este modo, y financiados desde el nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología, se empezó a emitir CANARIAS INNOVA el 2 de julio de 2000, en Radio Nacional de España en Canarias, Radio 1, en su programación territorial. Desde entonces, este programa se emite todos los domingos de 12:10-13:00 h. La temática de cada programa es variada y abarca cualquier campo sobre ciencia y tecnología de interés en Canarias.

Radio Nacional de España (RNE) ha supuesto la plataforma ideal para lograr unos objetivos de mayor difusión y audiencia, y ha mostrado su apoyo incondicional al Proyecto para su emisión en una franja horaria adecuada.

### **Algunos resultados relevantes y evolución del Proyecto**

CANARIAS INNOVA se emite por espacio de cincuenta minutos todos los domingos. El programa cuenta con una serie de secciones que semana tras semana atraen a más oyentes:

- Noticias. Se repasa la actualidad que sobre ciencia y tecnología ha dejado la semana anterior en Canarias. Cualquier área de conocimiento es objeto de esta sección.

- Tema principal. Ciencia y Tecnología en un determinado campo o área es el tema principal de cada uno de los programas. De este modo, durante los 27 programas que se emitieron el año 2000 (ver relación al final), en CANARIAS INNOVA se habló sobre Recursos Pesqueros, Energías Renovables, Volcanes, Medicina, Astronomía, Internet, Climatología, Matemáticas, Fauna y Flora canaria, Espacio, Agua, Acuicultura, y un largo etcétera. Para hablar sobre cada uno de estos temas, el programa ha tenido más de 45 invitados en el estudio y más de 25 conexiones telefónicas, todos ellos expertos en el tema tratado y grandes personalidades de la vida científica en Canarias.

CANARIAS INNOVA cuenta ya con una lista de más de 70 personas expertas en diferentes campos científico-tecnológicos con los que se pone en contacto para tratar temas de especial actualidad y novedad.

- "Un tiempo para el Espacio": Esta sección, a cargo de la Dra. Inés Rodríguez Hidalgo (IAC), se ha hecho muy popular entre los oyentes. Son cinco minutos dedicados a la astronomía con los que el público no especializado ha podido y puede conocer un poco más sobre el Sol, la Luna, eclipses, el color de las estrellas, asteroides, distancias astronómicas, etc.

“Un tiempo para el Espacio” quedó finalista en el Concurso “Physics on stage” que, con motivo de la “Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2000”, organizó la Sociedad Española de Física. También, una vez al mes, la astronomía es protagonista en “Un micrófono para Urania”; la musa entrevista aquí a personajes célebres de la historia por sus aportaciones a la ciencia como Galileo Galilei o Newton.

- “Nuestra oficina informa”. Una sección dedicada a informar sobre las últimas convocatorias de apoyo a la Investigación Científica, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación. La OTRI del IAC ofrece también, a través de esta sección, sus servicios de apoyo tecnológico al exterior.

- “Tiovivo de la Ciencia”. El programa, con el propósito de también enseñar ciencia y tecnología a los más pequeños, está produciendo cuentos para niños. La sección “Tiovivo de la Ciencia” ha emitido ya su primer cuento, sobre las fases de la Luna, escrito por T. Karthaus (IAC). Más cuentos se encuentran en preparación para su emisión durante el año 2001.

- Un teléfono 24 horas a disposición del oyente. Este teléfono abre la posibilidad de participación a los mismos, mediante sugerencias, peticiones, críticas.

El programa quiso también salir a la calle, y emitir en directo desde lugares donde los oyentes pudieran seguir la emisión en vivo. De este modo, se emitió el primer programa exterior desde las instalaciones del Loro Parque (Puerto de la Cruz), el 20 de agosto. Se habló sobre la ciencia y la tecnología que se desarrolla en este centro, especialmente en el Pingüinario.

La amplia variedad de temas tratados en CANARIAS INNOVA fue el origen de la organización, desde la OTRI del IAC, de la exposición “Cielo, Mar y Tierra de Canarias”, bajo el marco de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2000”.

CANARIAS INNOVA se ha hecho un hueco importante entre los medios de comunicación de Canarias y es considerado por algunos otros medios como “uno de los mejores programas en la divulgación sobre Ciencia y Tecnología” (*La Gaceta de Canarias*, nov/00). Televisión, prensa y radio se hacen eco de estas actividades, e incluso ya han producido y emitido reportajes completos basados en guiones y secciones del programa (TVE, TeideVisión y Canal 6).

#### Programas emitidos durante el año 2000

- 02/07 - Recursos vivos marinos
- 09/07 - Energías Renovables
- 16/07 - Origen volcánico de las Islas Canarias
- 23/07 - 2000, Año Mundial de las Matemáticas
- 30/07 - Nuevas Tecnologías aplicadas a la medicina
- 06/08 - Arqueoastronomía
- 13/08 - Museos de Canarias
- 20/08 - Ciencia y Tecnología en el Loro Parque
- 27/08 - Lagartos Gigantes
- 03/09 - Ciencia en Internet
- 10/09 - Climatología
- 17/09 - Cetáceos en Canarias
- 24/09 - Acuicultura
- 01/10 - Canarias y el Espacio
- 08/10 - Ciencia y Aventura
- 15/10 - Meteorología
- 22/10 - Periodismo Científico
- 29/10 - El agua en Canarias
- 05/11 - “Cielo, Mar y Tierra de Canarias”
- 12/11 - “Cielo, Mar y Tierra de Canarias” (II)
- 19/11 - Investigaciones medioambientales en el ITER
- 26/11 - Situación becarios de investigación en España
- 03/12 - La flora Canaria
- 10/12 - Galileo
- 17/12 - 2000, Año Mundial de las Matemáticas (II)
- 24/12 - Especial NAVIDAD
- 31/12 - Especial FIN DE AÑO



## **CIELO, MAR Y TIERRA DE CANARIAS Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2000 (212100)**

**J. Burgos Martín, A. Sosa, J.J. Martín, E. Torres,  
L. Martínez, M. Briganti y Gabinete de Dirección.**

G. Cañada.

### **Introducción**

Con motivo de la celebración a nivel comunitario de la "Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2000", el IAC organizó, durante la semana del 6 al 11 de noviembre, la Exposición "Cielo, Mar y Tierra de Canarias".

Toda una serie de actos se organizaron por toda Europa con el claro propósito de informar a la sociedad, al público no especializado, sobre la importancia de la Ciencia y la Tecnología para la sociedad moderna, y de los beneficios que para ésta puede significar. "Cielo, Mar y Tierra de Canarias" fue la contribución del IAC a esta apuesta comunitaria, y surgió como una iniciativa del programa de radio CANARIAS INNOVA que la OTRI del IAC emite en Radio Nacional de España en Canarias.

Siendo CANARIAS INNOVA un punto de encuentro entre científicos y tecnólogos de Canarias en diversos campos de la Ciencia, se pensó en una exposición que versara sobre la excelente calidad de nuestro cielo para la observación astronómica, nuestra particular biodiversidad marina, y nuestro espectacular terreno volcánico de incomparable belleza y aún despierto. Todas estas peculiaridades hacen del Archipiélago Canario un lugar único en el mundo, no ajeno a los avances de la Ciencia y la Tecnología.

Dos claros objetivos pretendían alcanzarse con "Cielo, Mar y Tierra de Canarias":

- Informar a la sociedad canaria de las actividades de prestigio internacional que llevan a cabo los expertos canarios en estos tres medios, en un lenguaje comprensible y ameno.

- Sensibilizar a la opinión pública para que se comprendan mejor los efectos beneficiosos de la Ciencia y la Tecnología en la vida cotidiana, gobernada en su totalidad por la "salud" de nuestro ecosistema (cielo, mar y tierra), y lograr que se adopte un papel activo en la conservación de este patrimonio.

Para alcanzar estos objetivos se contó con la participación, no sólo de expertos en estos temas,

sino de grandes divulgadores, así como con el apoyo de los medios de comunicación para llegar al máximo público posible.

### **Algunos resultados relevantes y evolución del Proyecto**

"Cielo, Mar y Tierra de Canarias" ofrece un conjunto de exposiciones fotográficas, vídeos, talleres, ponencias y otras actividades con las que se ha querido despertar el interés del público por estos tres entornos y por la necesidad de mantenerlos intactos.

La Exposición estuvo abierta al público inicialmente durante la semana del 6 al 11 de noviembre, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife. Durante esa semana se expusieron un total de 54 paneles de grandes dimensiones con textos y fotografías de excelente calidad sobre el cielo, el mar y la tierra de Canarias en las instalaciones del Museo. También se impartió una ponencia diaria por expertos en estos medios, un taller práctico para escolares sobre observación del cielo, y se expusieron un total de 10 vídeos, tres de ellos especialmente realizados y producidos para la ocasión.

Uno de esos nuevos vídeos, titulado "CANARIAS ventana al Universo", contiene una combinación de imagen real y animación 3D que acerca las maravillas del Universo a los neófitos en la materia. El Sol, La Luna, los planetas, las estrellas, nebulosas, cúmulos estelares y galaxias lejanas son protagonistas en un singular viaje en este vídeo. 1.000 copias en formato CD fueron distribuidas de forma gratuita entre los asistentes.

Dada la gran afluencia de público y con objeto de posibilitar un mayor número de visitas se decidió ampliar el plazo de la Exposición hasta finales de año. Del mismo modo, el conjunto de la Exposición (exposiciones fotográficas y vídeos) viajará por las distintas islas del Archipiélago. La primera visita que hará la Exposición en su totalidad será al Museo Elder de Las Palmas de Gran Canaria.

El mismo día 6 de noviembre se inauguró la exposición fotográfica también en Internet, desde donde aún puede visitarse en la siguiente dirección [www.iac.es/gabinete/cielomarytierra](http://www.iac.es/gabinete/cielomarytierra).

Los días 5 y 12 de noviembre se emitieron dos programas especiales de CANARIAS INNOVA en RNE con motivo de esta Exposición. Del mismo modo, durante toda esa semana, se emitieron durante la programación territorial entrevistas y pequeños resúmenes de las actividades programadas.

Se enviaron y publicaron notas de prensa en los periódicos más importantes a nivel autonómico, al

igual que un centenar de faxes a Institutos de Enseñanzas Medias y Colegios de la Isla invitándoles a visitar la Exposición.

Por su parte, varias emisoras de TV difundieron reportajes sobre esta exposición en su programación territorial: TVE, Antena 3, TeideVisión, Tele21, TVA, etc.

Durante la semana del 6 al 11 de noviembre, 2.300 personas visitaron el Museo de la Ciencia y el Cosmos, y por lo tanto, la Exposición (entre ellos, unos 250-300 escolares cada día). Hasta el 30 de



noviembre la asistencia de público ha rondado las 6.500 personas; una cifra muy elevada según valora el propio Museo, y que se tienen en cuenta los accesos vía Internet, se eleva a 7.300 personas.

“Cielo, Mar y Tierra de Canarias” contó con financiación del nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología, así como con el patrocinio de CajaCanarias y la colaboración del Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife y de Radio Nacional de España en Canarias.



## PRIMER PREMIO A LA INNOVACION UNIVERSITARIA

El IAC ha organizado, a través de su Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) y bajo el patrocinio de TELEFÓNICA MÓVILES ESPAÑA, S.A., el 1<sup>er</sup> Premio a la Innovación Universitaria (PIU). El objetivo de este premio es apoyar aquellas ideas, proyectos o cualquier otra manifestación original de estudiantes universitarios o recién titulados de las Universidades de La Laguna y de Las Palmas de Gran Canaria que fomenten el desarrollo de actividades de interés empresarial y que tengan su base en el mundo académico.

encaminada a impulsar un aprovechamiento empresarial de resultados y/o tecnología generados en el mundo universitario.

El Primer Premio a la Innovación Universitaria fue presentado oficialmente en las dos universidades canarias con asistencia de los Vicerrectores de Investigación de ambas universidades, el Director Territorial de Telefónica Móviles España y el responsable de la OTRI del Instituto de Astrofísica de Canarias. El plazo de presentación de candidaturas finaliza el día 15 de abril de 2001.

## PROGRAMA DE BECAS “LEONARDO DA VINCI” 2000

A través de su Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI), el IAC colabora con la Fundación Universitaria de Las Palmas en la gestión de becas para estudiantes universitarios y recién titulados de las universidades canarias. La OTRI del IAC actúa como unidad gestora para las becas que solicitan estudiantes universitarios y recién titulados de la Universidad de La Laguna. (Más información: <http://www.iac.es/otri/leonardo.htm>)

Actuaciones de este tipo pueden ser proyectos científicos innovadores basados en resultados de investigación generados en la Universidad; desarrollo de instrumentos o adaptación de los ya existentes que tengan una novedosa utilidad empresarial; publicaciones que analicen la relación entre los entornos científico, tecnológico y empresarial de la Comunidad Autónoma canaria, en cualquier área de conocimiento y/o sector empresarial; y cualquier otra idea innovadora, desarrollada o por desarrollar,

# AREA DE ENSEÑANZA

Corresponde al Area 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 de personal científico y técnico en todos los campos relacionados con la Astrofísica. Para la formación y capacitación pre y post-doctoral existe la Escuela de Post-graduados. La formación de nuevos doctores en Astrofísica es uno de los cometidos fundamentales del Area.

El Area de Enseñanza organiza, en particular, el programa de Becas de Formación de Doctores en Astrofísica (Residentes y Becas en el Extranjero), la "Canary Islands Winter School of Astrophysics" - este año se organizó la XII - y el programa de Becas de Verano de Iniciación a la Investigación Astrofísica, estos últimos ambos de carácter internacional.

El IAC participa activamente en las enseñanzas adscritas al Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna. Se imparten enseñanzas de primer y segundo ciclo en las Facultades de Física y Matemáticas, incluyendo la docencia de las orientaciones de Astrofísica (Facultad de Física) y Astronomía (Facultad de Matemáticas). En el tercer ciclo se impartieron este año dos programas de doctorado simultáneamente, a saber, el Programa de título *Física del Cosmos* y el Programa *Astrofísica* (bienio 1998-2000). El primero se enmarca dentro de la nueva normativa de estudios de doctorado contenida en el Real Decreto de mayo de 1998.

Dentro de la actividad docente correspondiente a 2000 se impartieron los cursos monográficos de Doctorado, cursos específicos para estudiantes de tercer ciclo y los seminarios que se relacionan a continuación:

## CURSOS DE DOCTORADO

### Programa de Doctorado "Física del Cosmos"

"Astrosismología"

Prof. Teodoro Roca Cortés (IAC)  
Del 10 al 28 de enero.

"Fluidos en Astrofísica"

Prof. Fernando Moreno Insertis y Dres. Kristof Petrovay y Casiana Muñoz-Tuñón (IAC)  
Del 31 de enero al 18 de febrero.

«Espectropolarimetría»

Dr. Javier Trujillo Bueno (IAC)  
Del 21 de febrero al 3 de marzo y del 13 al 17 de marzo.

"Radioastronomía"

Dres. Rafael Bachiller y Pere Planesas (Obs. Astronómico Nacional)  
Del 21 de febrero al 3 de marzo y del 13 al 17 de marzo.

"Astrofísica Relativista"

Dr. Evencio Mediavilla (IAC)  
Del 20 de marzo al 7 de abril.

"Evolución química del Universo"

Dr. César Esteban (IAC)  
Del 24 de abril al 12 de mayo.

"Determinación de parámetros físicos en atmósferas estelares"

Dr. Ramón J. García López (IAC)  
Del 24 de abril al 12 de mayo.

"Interacción Estrellas-Medio Interestelar"

Dres. César Esteban, Arturo Manchado y Romano Corradi (IAC)  
Del 15 de mayo al 2 de junio.

"Procesos de Acreción"

Dres. Ignacio González Martínez-Pais y Jorge Casares (IAC)  
Del 15 de mayo al 2 de junio.

"Fundamentos de Física Galáctica"

Dres. Jordi Cepa Nogué y Antonio Aparicio (IAC)  
Del 23 de octubre al 17 de noviembre.

"Estructura y Evolución Estelar"

Dres. Carlos Lázaro (IAC) y Willem Deinzer (Univ. de Gotingen, Alemania)  
Del 23 de octubre al 10 de noviembre.

MEMORIA  
IAC 2000

127

"Procesos de Acreción"

Dres. Ignacio González Martínez-Pais y Jorge Casares (IAC)  
Del 27 de noviembre al 22 de diciembre.

"Evolución de galaxias y cosmología"

Dres. Juan E. Betancort y Jordi Cepa Nogué (IAC)  
Del 27 de noviembre al 22 de diciembre.

## Programa de Doctorado "Astrofísica"

"Astrofísica con telescopios espaciales"  
Dr. Ismael Pérez Fournon (IAC)  
Del 10 al 28 de enero.

"Historia de la Astronomía y Arqueoastronomía"  
Dres. Juan A. Belmonte (IAC) y Arnold Lebeuf (Univ. de Cracovia, Polonia)  
Del 10 al 28 de enero.

"Técnicas de alta resolución en física solar"  
Dr. José A. Bonet (IAC)  
Del 31 de enero al 18 de febrero.

"Astrofísica de altas energías"  
Dr. Franco Giovannelli (Inst. de Astrofísica Espacial, Italia)  
Del 21 de febrero al 3 de marzo y del 13 al 17 de marzo.

"Moléculas en Astrofísica"  
Dr. José Cernicharo (Inst. de la Estructura de la Materia, Madrid)  
Del 20 de marzo al 7 de abril.

"Instrumentación Infrarroja"  
Dres. Francisco Garzón y Peter Hammerley (IAC)  
Del 20 de marzo al 7 de abril.

## SEMINARIOS

Siguiendo el programa de seminarios-charlas informativas para el personal iniciado en 1995, cada dos semanas aproximadamente 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 año 2000 se han impartido los siguientes seminarios:

"The zig-zag path of buoyant magnetic tubes and the generation of vorticity along their periphery"  
Dr. Thierry Emonet (Univ. de Chicago, EEUU)  
7 de enero

"Unidades de Espectroscopia Bidimensional para grandes telescopios"  
Dr. David Robertson (Univ. de Durham, Reino Unido)  
10 de enero

"Los adoradores del Sol y la Luna: Astronomía y cultura en las Islas Canarias y el Norte de Africa"  
Dr. Juan Antonio Belmonte (IAC)  
13 de enero

"The NASA STEREO Mission"  
Dr. J. D. Moses (Naval Research Lab., Washington, EEUU)  
17 de enero

"La Visión de los sonidos: Una nueva forma de percepción visual"  
Dr. José Luis González Mora (Facultad de Medicina, Univ. La Laguna) y D. Luis F. Rodríguez Ramos (IAC)  
20 de enero

"El clima de las Islas Canarias"  
D. Pedro Rodríguez García-Prieto (Centro Meteorológico de Tenerife)  
24 de febrero

"Las estrellas recién formadas y su efecto en la galaxia"  
Dr. José Franco (UNAM, México)  
29 de febrero

"Morfología de las Nebulosas Planetarias"  
Dr. José Franco (UNAM, México)  
1 de marzo

"Astronomical Instrumentation at the Isaac Newton Group. Current Capabilities and Future Developments"  
Dr. Nicholas A. Walton (ING, La Palma)  
16 de marzo

"Origen del continuo azul en galaxias Seyfert 2"  
Dra. Rosa González Delgado (IAA)  
28 de marzo

"Sismología Solar Global: Determinación de la Estructura, Dinámica y Evolución del interior Solar"  
Dr. Antonio Eff-Darwich (IAC)  
30 de marzo

"OVNIS"  
D. Ricardo Campo Pérez (Fundación Anomalía)  
6 de abril

"¿Usamos sólo el 10% de nuestro cerebro?"  
D. Horacio Barber (Univ. La Laguna)  
6 de abril

"¿Cómo se formula la política comunitaria en investigación?"  
D. Campbell Warden (IAC)  
10 de abril

"Observational evidence for stellar mass black holes"  
Dr. Tariq Shahbaz (IAC)  
27 de abril

"Enanas marrones y 'planetas libres' en cúmulos estelares jóvenes"  
Dra. M. Rosa Zapatero Osorio (IAC)  
4 de mayo

"El CERN y la Física de Partículas"  
Prof. Manuel Aguilar Benítez de Lugo (CIEMAT, Madrid)  
15 de mayo

"First Results of the Alpha Magnetic Spectrometer (AMS)"  
Prof. Samuel Chao Chung Ting (CERN, Suiza)  
16 de mayo

"The Variable Solar Constant"  
Dr. Wolfgang Schmidt (KIS, Alemania)  
17 de mayo



"Evidences for fragmented, turbulent-like hot stellar winds originating in Wolf-Rayet stars"  
Dr. Yves Grisodier (IAC)  
22 de mayo

"Double Bars, Inner Disks, and Nuclear Rings: The Strange Interiors of Barred Galaxies"  
Dr. Peter Erwin (IAC)  
8 de junio

"¿Están los modelos de síntesis de poblaciones estelares en condiciones de interpretar los datos de los telescopios de 8-10m?"  
Dr. Alejandro Vazdekis (Univ. de Durham, Reino Unido)  
6 de junio

"Destrucción de Galaxias Satélites de la Vía Láctea: Pistas para la Formación de Nuestra Galaxia"  
Dr. David Martínez Delgado (IAC)  
20 de junio

"VLT Observations of Star Forming Dwarf Spheroidal Galaxies"  
Dr. Enrico Held (Obs. Astronómico de Padova, Italia)  
29 de junio

"Detección de una nube interestelar masiva, densa y fría en la vecindad solar"  
D. Guy Spyropoulos (Imperial College, Londres, Reino Unido)  
7 de julio

"Un viaje infrarrojo en el plano de la Vía Láctea"  
D. Thomas Decloedt (Imperial College, Londres, Reino Unido)

"Chemical composition of post-AGB candidate IRAS 10215-5916"  
Dra. Thirupathi Sivarani (Indian Inst. of Astrophysics, Bangalore, India)  
13 de julio

"After the storm ... (The evolution of dense clusters of galaxies)"  
Dr. Juan Usón (US-NRAO - Univ. de Zaragoza)  
21 de septiembre

"From the quiet sun to the Umbra: A numerical survey of the interaction between convection and magnetic fields"  
Dr. Thierry Emonet (Univ. de Chicago, EEUU)  
16 de octubre

"Searching for satellite galaxies at medium redshifts"  
Dr. Francisco Prada (Hispano-Alemán de Calar Alto, Almería)  
17 de octubre

"The Next Generation Space Telescope"

Dr. Peter Jakobsen (ESA, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands)

MEMORIA  
IAC 2000

129





























- Ros E., Guirado J.C., Marcaide J.M., Pérez-Torres M.A., Falco E.E., Muñoz J.A., Alberdi A., Lara L. "VLBI Imaging of the Gravitational Lens MG J0414+0534"  
*Astronomy & Astrophysics*, **362**, 845.
- Zurita A., Rozas M., Beckman J.E., "The Origin of the Ionization of the Diffuse Interstellar Medium in Spiral Galaxies. I. Photometric Measurements"  
*Astronomy & Astrophysics*, **363**, 9.
- Van den Ancker M.E., Pérez M.R., de Winter D., McCollum B. "A Young Stellar Group Associated with HD 199143 (d=48 pc)"  
*Astronomy & Astrophysics*, **363**, L25.
- Santos N.C., Israelian G., Mayor M. "Chemical Analysis of 8 recently Discovered Extra-Solar Planet Host Stars"  
*Astronomy & Astrophysics*, **363**, 228.
- García López R.J., Randich S., Zapatero Osorio M.R., Pallavicini R. "Optical Follow-up of ROSAT Discovered Candidate Members of the Open Cluster Coma Berenices"  
*Astronomy & Astrophysics*, **363**, 958.
- Delfosse X., Forveille T., Ségransan D., Beuzit J.L., Udry S., Perrier C., Mayor M. "Accurate Masses of Very Low Mass Stars. IV: Improved Mass-Luminosity Relations"  
*Astronomy & Astrophysics*, **364**, 217.
- Ségransan D., Delfosse X., Forveille T., Beuzit J.L., Udry S., Perrier C., Mayor M. "Accurate Masses of Very Low Mass Stars. III: 16 New or Improved Masses"  
*Astronomy & Astrophysics*, **364**, 665.
- Ulrich R.K., García R.A., Robillot J.M., Turck-Chieze S., Bertello L., Charra J., Dzitko H., Gabriel A.H., Roca Cortés T. "Sensitivity of the GOLF Signal to Combined Solar Velocity and Intensity Variations"  
*Astronomy & Astrophysics*, **364**, 799.
- Ulrich R.K., Boumier P., Robillot J.-M., García R.A., Roca Cortés T., Henney C.J. "Simulation of Resonance Scattering Helioseismometer Signals from Spatially Resolved Images: Application to the GOLF Instrument on SOHO"  
*Astronomy & Astrophysics*, **364**, 816.
- Fouqué P. et al. (Incluye Garzón F.) "An Absolute Calibration of DENIS (Deep Near Infrared Southern Sky Survey)"  
*Astronomy & Astrophysics Supp. Series*, **141**, 313.
- Rozas M., Zurita A., Beckman J.E., Pérez D. "The Ionized Gas in the Spiral Galaxy NGC 3359. II. Kinematics"  
*Astronomy & Astrophysics Supp. Series*, **142**, 259.
- Rosenberg A., Piotto G., Saviane I., Aparicio A. "Photometric Catalog of Nearby Globular Cluster. I. A Large Homogeneous (V,I) Color-Magnitude Diagram Data-Base"  
*Astronomy & Astrophysics Supp. Series*, **144**, 5.
- Cioni M.R. et al. (Incluye Garzón F.) "The DENIS Point Source Catalogue towards the Magellanic Clouds"  
*Astronomy & Astrophysics Supp. Series*, **144**, 235.
- Rosenberg A., Aparicio A., Saviane I., Piotto G. "Photometric Catalog of Nearby Globular Cluster. II. A Large Homogeneous (V,I) Color-Magnitude Diagram Data-Base"  
*Astronomy & Astrophysics Supp. Series*, **145**, 451.
- Tancredi G., Fernández J.A., Rickman H., Licandro J. "A Catalog of Observed Nuclear Magnitudes of Jupiter Family Comets"  
*Astronomy & Astrophysics Supp. Series*, **146**, 73.
- Pursimo T. et al. (Incluye Kidger M., González-Pérez J.N., Mahoney T.J., Rodríguez Espinosa J.M. "Intensive Monitoring of OJ 287"  
*Astronomy & Astrophysics Supp. Series*, **146**, 141.
- Giammanco C. "How to Determine the Quality of Solar Granulation Images: The Optimal Window Method"  
*Astronomy & Astrophysics Supp. Series*, **147**, 1.
- Jabiri A., Benkhaldoun Z., Vernin J., Muñoz-Tuñón C. "A Meteorological and Photometric Study of the Oukaimeden Site. Comparison with the Observatorio del Roque de los Muchachos using Carlsberg Automatic Meridian Circle Data"  
*Astronomy & Astrophysics Supp. Series*, **147**, 271.
- Mason K. et al. (Incluye a Pérez-Fournon I., Cabrera F.) "The ROSAT International X-Ray Optical Survey (RIXOS): Source Catalogue"  
*Monthly Notices Of The Royal Astron. Soc.*, **311**, 456.
- Guerrero, M.A., Miranda L.F., Manchado A., Vázquez R. "The Triple-Shell Structure and Collimated Outflows of the Planetary Nebula NGC 6891"  
*Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **313**, 1.
- Willott C., Rawlings S., Jarvis M.J. "The Hyperluminous Infrared Quasar 3C 318 and its Implications for Interpretating Sub-mm Detections of High-Redshift Radio Galaxies"  
*Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **313**, 237.
- López-Corredoira M., Hammersley P.L., Garzón F., Simonneau E., Mahoney T.J. "Inversion of Stellar Statistics Equation for the Galactic Bulge"  
*Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **313**, 392.

Moreno-Inseris F., Solanki S.K. "Distribution of Magnetic Flux on the Solar Surface and Low-Degree  $p$ -modes" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **313**, 411.

Shahbaz T., Groot P., Phillips S.N., Casares J., Charles P.A., van Paradijs J. "Irradiation of the Secondary Star in X-Ray Nova Scorpii 1994 (=GRO J1655-40)" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **314**, 747.

Hurley J.R., Pols O.R., Tout C.A. "Comprehensive Analytic Formulae for Stellar Evolution as a Function of Mass and Metallicity" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **315**, 543.

Harrison D.L., Rubiño-Martín J.A., Melhuish S.J., Watson R.A., Davies R.D., Rebolo R., Davis R.J., Gutiérrez C.M., Macías-Pérez J.F. "A Measurement at the First Acoustic Peak of the Cosmic Microwave Background with the 33-GHz Interferometer" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **316**, L24.

Zurita C., Casares J., Shahbaz T., Charles P.A., Hynes R.I., Shugarov S., Goransky V., Pavlenko E.P., Kuznetsova Y. "Optical Studies of the X-Ray Transient XTE J2123-058. I. Photometry" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **316**, 137.

Israeli G., Herrero A., Musaeff F., Kaufer A., Galeev A., Galazutdinov G., Santolaya-Rey A.E. "The Spectral Variations of the O-Type Runaway Supergiant HD 188209" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **316**, 407.

Prieto M.A. "Extended X-Ray Emission in the Radio-Loud Galaxy 3C 382" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **316**, 442.

Willott C.J., Rawlings S., Blundell K.M., Lacy M. "The Quasar Fraction in Low-Frequency-Selected Complete Samples and Implications for Unified Schemes" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **316**, 449.

Oliver S. et al. (Incluye a Balcells M., Cabrera-Guerra F., González-Solares E., Pérez-Fournon I., Willott C. "The European Large Area ISO Survey. I. Goals, Definition and Observations" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **316**, 749.

Hammersley P.L., Garzón F., Mahoney T.J., López Corredoira M., Torres M.A.P. "Detection of the Old Stellar Component of the Major Galactic Bar" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **317**, L45.

Fassia A. et al. (Incluye Kemp S., Oscoz A., Alonso A., Alcalde D., Arévalo M.J., Deeg H.J., Garzón F., Gómez Roldán A., Gómez G., Gutiérrez C.M., López S., Rozas M., Serra-Ricart M., Zapatero-Osorio M.R.) "Optical and Infrared Photometry of the Type II SN 1998S: Days 11-146" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **318**, 1093.

Hernández M. et al. (Incluye Aparicio A., Hammersley P.L., Iglesias-Páramo J., Kemp S., Martínez Delgado D., Oscoz A., Rozas M., Zapatero Osorio M.R.) "An Early-Time Infrared and Optical Study of the Type Ia Supernova 1998bu in M96" *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, **319**, 223.

Aparicio A., Tikhonov N., Karachentsev I. "DDO 187: Do Dwarf Galaxies have Extended Old Halos?" *Astronomical Journal*, **119**, 177.

Phillips J.P., Cuesta L. "Extinction Mapping of the Bipolar Outflow NGC 2346" *Astronomical Journal*, **119**, 335.

Doyle S., Balick B., Corradi R.L.M., Schwarz H.E. "The Evolving Morphology of the Bipolar Nebula M2-9" *Astronomical Journal*, **119**, 1339.

Aguerri J.A.L., Varela A.M., Prieto M., Muñoz-Tuñón C. "Optical Surface Photometry of a Sample of Disk Galaxies. I. Observations and Data Reduction" *Astronomical Journal*, **119**, 1638.

Kidger M.R. "The 11-Year Period in OJ 287 Revisited: Is it a True Long-Enduring Period?" *Astronomical Journal*, **119**, 2053.

Fuentes-Masip O., Castañeda H.O., Muñoz-Tuñón C. "Star-Forming Regions in the Irregular Galaxy NGC 4449: The Determination of their Integrated Parameters" *Astronomical Journal*, **119**, 2166.

Aparicio A., Tikhonov N. "The Spatial and Age Distribution of Stellar Populations in DDO 190" *Astronomical Journal*, **119**, 2183.

Beckman J.E., Rozas M., Zurita A., Watson R.A., Knapen J.H. "Populations of High Luminosity Density Bounded HII Regions in Spiral Galaxies: Evidence and Implications" *Astronomical Journal*, **119**, 2728.

Licandro J., Serra-Ricart M., Oscoz A., Casas R., Osip D. "The Effect of Seeing Variations in Time-Series CCD Inner Coma Photometry of Comets: A New Correction Method" *Astronomical Journal*, **119**, 3133.

Gómez G., López R. "The Canarias Data Base of Nearby Type II Supernovae" *Astronomical Journal*, **120**, 367.

Fuentes Masip O., Muñoz-Tuñón C., Castañeda H.O., Tenorio-Tagle G. "On the Size and Luminosity vs. Velocity Dispersion Correlations from the Giant HII Regions in the Irregular Galaxy NGC 4449" *Astronomical Journal*, **120**, 752.



- Allende C., Rebolo R., García López R.J., Serra-Ricart M., Beers T.C., Rossi S., Bonifacio P., Molaro P. "The INT Search for Metal-Poor Stars: Spectroscopic Observations and Classification Via Artificial Neural Networks"  
*Astronomical Journal*, **120**, 1516.
- Cuesta L., Phillips J.P. "Excitation and Density Mapping of NGC 3587"  
*Astronomical Journal*, **120**, 2661.
- Winn J.N. et al. (Incluye Muñoz J.A.) "PMN J1838-3427: A New Gravitationally Lensed Quasar"  
*Astronomical Journal*, **120**, 2868.
- Cohen M., Hammersley P.L., Egan M.P. "Radiometric Validation of the *Midcourse Space Experiments (MSX)* Point Source Catalogs and the *MSX* Properties of Normal Stars"  
*Astronomical Journal*, **120**, 3362.
- Socas Navarro H., Trujillo Bueno J., Ruiz Cobo B. "Anomalous Polarization Profiles Sunspots: Possible Origin of Umbral Flashes"  
*Science*, **288**, 1396.
- Zapatero-Osorio M.R., Béjar V.J.S., Martín E.L., Rebolo R., Barrado y Navascúes D., Bailer Jones C.A.L., Mundt R. "Discovery of Young Isolated Planetary Mass Objects in the  $\sigma$  Orionis Cluster"  
*Science*, **290**, 103.
- Ortiz J.L., Sada, P.V., Bellot Rubio, L.R., Aceituno, F.J., Aceituno, J., Gutiérrez, P.J., Thiele, U. "Optical Detection of Meteoroidal Impacts on the Moon"  
*Nature*, **405**, 921.
- González Hernández I., Patrón J. "Solar Rotation in the Subphotospheric Layers"  
*Solar Physics*, **191**, 37.
- Eff-Darwich A., Korzennik S.G. "Response of the Radial Stratification at the Base of the Convection Zone to the Activity Cycle"  
*Solar Physics*, **193**, 365.
- Deeg H.J. "Some Aspects of Exoplanets Detection with the Transit Method"  
*Earth Moon and Planets*, **81**, 73.
- del Toro Iniesta J.C., Collados M. "Optimum Modulation and Demodulation Matrices for Solar Polarimetry"  
*Applied Optics*, **39**, 1637.
- Casuso E., Beckman J.E. "Production of Lithium in the Galactic Disk"  
*Publication of the Astronomical Society of the Pacific*, **112**, 942.
- Brown G.E., Lee C.-H., Wijers R.A.M.J., Lee H.K., Israelian G., Bether H.A. "A Theory of  $\gamma$ -Ray Bursts"  
*New Astronomy*, **5**, 191.
- Esteban C. "Local High-Mass Star-Forming Regions"  
*New Astronomy Reviews*, **44**, 205.
- Seleznev A.F., Carraro G., Piotto G., Rosenberg A. "The Luminosity Function of the Cluster Palomar 1- Testing a New Technique"  
*Astronomy Reports*, **44**, 12.
- Rebolo R., Gutiérrez C.M., Watson R.A. "Cosmic Microwave Background Experiments on Tenerife"  
*Astrophysical Letter Comm.*, **37**, 293.
- Israelian G. "The Effect of Continuum Scattering Processes on Spectral Line Formation"  
*Journal of Quantitative Spectroscopic & Radiative Transfer*, **67(4)**, 293.
- Gabriel C., Acosta-Pulido J.A. "Deglitching Methods by the ISOPHOT Interactive Analysis (PIA)"  
*Experimental Astronomy*, **10**, 319.
- Acosta-Pulido J.A., Gabriel C., Castañeda H.O. "Transient Effects in ISOPHOT Data: Status of Modelling and Correction Procedures"  
*Experimental Astronomy*, **10**, 333.
- Gómez de Castro A.I., Sanz L., Beckman J.E. "A Search for Warm Neutral Gas associated with the Giant HII region NGC604"  
*Astrophysics & Space Sciences*, **272**, 15.
- Licandro J., Tancredi G., Lindgren M., Rickman H., Gil-Hutton R. "CCD Photometry of Cometary Nuclei. I. Observations from 1990-1995"  
*Icarus*, **147**, 161.
- Balthasar H., Collados M., Muglach K. "Oscillations in a Solar Pore"  
*Astronomische Nachrichten*, **321**, 121.
- Kidger M.R. "On the Existence of the June Lyrid Meteor Shower"  
*Journal of the International Meteor Organization*, **28**, 171.
- Betancort Rijo J. "Generalized Negative Binomial Distribution"  
*Journal of Statistical Physics*, **98**, 917.
- Cornet F., Relaño M., Rico J. "Four-Fermions Contact Terms in charged Current Processes and Large Extra Dimensions"  
*Physical Review D*, **61**, 03701-1.

## INVITED REVIEWS (ARTICULOS DE REVISION INVITADOS)

Belmonte J.A. "Astronomía y cultura del antiguo Egipto" en "VIII Jornadas Astronómicas del Planetario de Castellón", 14-16 abril, Castellón.

Bellot Rubio L.R., Ortiz J.L., Sada P.V. "Observation and Interpretation of Meteoroid Impact Flashes on the Moon" en "Leonid Multi-Aircraft Campaign Workshop", 16-19 abril, Tel Aviv, Israel.

Belmonte J.A., Esteban C., Perera Betancort M.A. "The Worshippers of the Sun and the Moon: Astronomy and Culture in the NW of Africa and the Canaries" en "3º Convegno Internazionale di Archeologia e Astronomia: L'uomo Antico e il Cosmo" 15-16 mayo, Roma, Italia.

Beckman J.E., Zurita A., Rozas M. "The Warm and Hot Components of the Interstellar Medium in Spiral Galaxies" en "The Evolution of Galaxies I: Observational Clues" 22-26 mayo, Granada.

Beckman J.E. "Density Bounded HII Regions in Disk Galaxies and the Ionization of the Diffuse Interstellar and Intergalactic Media" en "Galaxy Disks and Disk Galaxies", 12-16 junio, Roma, Italia.

Rebolo R. "Imaging and Spectroscopy of Brown Dwarfs" en "EARA Workshop: Brown Dwarfs & Extrasolar Planets", 16-18 junio, París, Francia.

Manchado A., Suárez O., García Lario P., Manteiga M., Pottasch S.R. "Optical Survey of Post-AGB Candidates" en "Post-AGB Objects as a Phase of Stellar Evolution", 5-7 julio, Torun, Polonia.

Mediavilla E. "2D Spectroscopy of the Ionized Gas in the Central Regions of Galaxies" en "SPIG 2000", 4-11 septiembre, Zlatibor, Yugoslavia.

Ruiz Cobo B. "Nuevas estrategias para el análisis de las líneas espectrales" en "IV Reunión Científica de la Sociedad Española de Astronomía (SEA)", 11-14 septiembre, Santiago de Compostela.

Collados M. "Infrared Spectropolarimetry" en "Advanced Solar Polarimetry-Theory, Observation and Instrumentation" 11-15 septiembre, New Mexico, EEUU.

Trujillo Bueno J. "Atomic Polarization and the Hanle Effect" en "Advanced Solar Polarimetry-Theory, Observation and Instrumentation" 11-15 septiembre, New Mexico, EEUU.

Esteban C. "Are Temperature Fluctuations Out There?" en "Ionized Gaseous Nebulae", 21-24 noviembre, México.

Beckman J.E., Rozas M., Zurita A., Cardwell A., Relaño M. "Density Bounding in the HII Regions of Galactic Discs: Evidence and Consequences" en "Ionized Gaseous Nebulae", 21-24 noviembre, México.

Muñoz Tuñón C. "An Astroclimatic Station: A Must of any Major Observatory" en "Site 2000: Astronomical Site Evaluation in the Visible and Radio Range", 13-17 noviembre, Marrakech, Marruecos.

## COMUNICACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES

**"Energy Densities in the Universe", 22-29 enero, Les Arcs, Francia**

Rubiño-Martín J.A., Atrio-Barandela F., Hernández Monteagudo C. "Limits on Hot Intracluster Gas Contributions to the Tenerife Anisotropy Maps"

**"Euroconference on Disks, Planetesimals & Planets", 24-28 enero, Puerto de La Cruz, Tenerife**

Eiroa C. et al. (Incluye Deeg H.J., Garzón F.) "1998 La Palma International Time Programme: Formation and Properties of Planetary Systems"

Oudmaijer R., Davies J.K., Eiroa C., Palacios J., Garzón F., de Winter D. "Optical Photopolarimetry and Near-Infrared Photometry of Pre-Main-Sequence and Main-Sequence Objects"

de Winter D., Mora A., Eiroa C., Palacios J., Oudmaijer R.D., Garzón F. "Spectro- and Photopolarimetric Monitoring of the HaeBe Star VV Serpentis"

Eiroa C., Garzón F., Miranda L.F. & EXPORT Team. "The UXOR-Type Star RY Ori"

Miranda L.F., Eiroa C., Garzón F. & EXPORT Team. "Spectroscopic Observations of BD + 31°643, BH Cep, LkH? 234 and LkH? 262"

Mora A., Eiroa C., Palacios J., de Winter D., Ferlet R., Garzón F., Oudmaijer R.D. "The Behavior of Vega-Type Stars in the EXPORT Sample"

Rebolo R., Zapatero-Osorio M.R., Béjar V.J.S., Barrado y Navascués, D., Bailer-Jones, Mundt R., Martín E.L. "Very Young Free-Floating Planets in the ?-Orionis Star Cluster"

Deeg H.J., Favata F., Eddington Science Team. "Detection Limits in Space-Based Transit Observations"

Delfosse X., Forveille T., Segransan D., Perrier C., Beuzit J.-L., Mayor M., Udry S. "The MELODIE M-Dwarf Planet Survey"

Tsapras Y. et al. (Incluye Deeg H.J., Garzón F., Kemp S., Zapatero Osorio M.R., Oscoz A. "EXPORT Observations of 1998 Microlensing Events"

**"ISO beyond the Peaks: The 2<sup>nd</sup> ISO Workshop on Analytical Spectroscopy", 2-4 febrero, Madrid**

Abraham P., Acosta-Pulido J.A. "Refinements of the Calibration of ISOPHOT-S"

**"Stars, Gas and Dust in Galaxies: Exploring the Links", 15-18 marzo, La Serena, Chile**

Pastoriza M., Ferrari F., Macchetto D., Caon N. "Mid IR Observations of Early-Type Galaxies"

**"Star 2000: Dynamics of Star Clusters and the Milky Way", 20-24 marzo, Heidelberg, Alemania**

Martínez Delgado D., Alonso-García J., Aparicio A., Gómez-Flechoso M.A. "Searching for Tidal Tails in the Local Group dSph Galaxies"

**"SPIE's International Symposium: Astronomical Telescopes and Instrumentation 2000", 27-31 marzo, Munich, Alemania**

Rodríguez Ramos J.M., Fuensalida J.J. "Phasing of Segmented Mirrors: New Algorithm and Numerical Results for Piston Detection"

Chueca S., Fuensalida J.J. "Monitoring of Atmospheric Sodium: New Methods to get the Telluric Spectrum and Influence of the Water Lines in the Performances of LGS"

Chueca S., Fuensalida J.J. "Rayleigh Scattering Profiles with Altitude at Teide Observatory produced by Laser"

Devaney N., Cavaller L., Jochum, L., Bello C.D., Castro J. "Guacamole: The GTC Guiding, Acquisition and Calibration Module"

Manchado A., Barreto M., Acosta-Pulido J.A., Prada F., Domínguez-Tagle C., Correa S., Fragoso-López A.B., Fuentes F.J., Iserle J.L., Joven-Alvarez E., López R., Manescau A., Moreno-Arce H., Padrón V., Rasilla J.L., Redondo P., Sánchez V., Sosa N.A., Atad-Ettedgui E., Hastings P.R. "LIRIS (Long-slit Intermediate-Resolution Infrared Spectrograph): Project Status"

Serrano J., Pescador G. "The GTC Dome: Entering into Manugacture"

García Vargas M.L. "First Generation of Instruments for the GTC (Gran Telescopio Canarias)"

Pérez Calpena A., González J.C. "Baseline of the GTC Operation and Maintenance Plan"

Pan J., Asenjo C. "GTC Telescope Mecanichs Design"

Penataro R., Filgueira J.M., González M., Pi M., Gómez-Cambronero P. "The Application of CORBA to the GTC Control System"

Linares I., González J.C., Hude C. "TEKNIKER, IBERESPACIO: "Overview of the Gran Telescopio Canarias Global Model Simulation"

Castro J., Devaney N., Jochum L., Ronquillo B., Cavaller L. "The Status of the Design and Fabrication of the GTC Mirrors"

Queloz D., Benz W., Mayor M., Delfosse X. "Result on Extra-Solar Planet Searches and their Impacts on Future Astrometric Survey with the VLTI"

Segransan D., Beuzit J.-L., Delfosse X., Forveille T., Mayor M., Perrier C. "How AMBER will Contribute to the Search for Brown Dwarfs and Exoplanets"

Beuzit J.-L., Delfosse X., Forveille T., Udry S., Mayor M., Perrier C., Segransan D. "Determination of the Mass-Luminosity Relation of the Main Sequence Lower-end"

Alvarez P., Rodríguez Espinosa J.M., Kabana F.R. "The GTC Project. Present and Future"

Filgueira J.M., Pi M., Gómez-Cambronero P., González M., Penataro R. "Architectural Design of the GTC Control System"

Fuensalida J.J., Arribas S., Mediavilla E. "Comparison of E-IFS with Classical Coronagraphic Methods"

Balcells M. et al. (Incluye Patrón J., Ballester Lluch J.A., Díaz-García J.J., Fuentes F.J., Fragoso-López A.B., Gago F., Manescau A.) "EMIR, cryogenic NIR multi-obect Spectrograph for GTC"

J. Cepa, M. Aguiar, V. González, E. Joven, L. Peraza, J. L. Rasilla, L. F. Rodríguez, J. González. "OSIRIS tunable imager and spectrograph"

F.J. Cobos, J.J. González, C. Tejada, J. Cepa y J.L. Rasilla. "GTC-OSIRIS optical design"

**“3<sup>rd</sup> Three-Island Euroconference on Stellar Clusters and Associations: From Darkness to Light. Origin and Early Evolution of Young Stellar Clusters”, 3-8 abril, Córcega, Francia**

Zapatero Osorio M.R., Béjar V.J.S., Rebolo R., Barrado y Navascues D., Mundt R., Bailer-Jones C. “The Very Low-Mass End of Clusters”

**“IAU/COSPAR Coll. 181: Dust in the Solar System and other Planetary Systems”, 10-14 abril, Canterbury, Reino Unido**

Bellot Rubio L.R., Arlt R. “High Resolution Activity Profile of the 1999 Leonid Storm”

**“The NOT in the 2000s”, 12-15 abril, La Palma**

Sánchez F. “ORM in the Next Decade”. Proc. of the Workshop. Eds N. Bergvall, L.O. Takalo, V. Piirola

**“Leonid Multi-Aircraft Campaign Workshop”, 16-19 abril, Tel Aviv, Israel**

Molau M., Rendtel J., Bellot Rubio L.R. “Video Observations of the 1999 Leonid Storm”

**“IAU Symp. nº 200: The Formation of Binary Stars”, 10-15 abril, Potsdam, Alemania**

Udry S., Mayor M., Delfosse X., Forveille T., Perrier C. “Towards Orbital-Element Distributions for M-Dwarfs Stars”

**“FIRSED 2000: The Far-Infrared and Submillimeter Spectral Energy DistributionS of Active and Starburst Galaxies”, 27-29 abril, Groningen, Países Bajos**

Rodríguez Espinosa J.M., Pérez García A.M. “The Mid and Far IR SEDs of Seyfert Galaxies”

Prieto A., Pérez García A.M., Rodríguez Espinosa J.M. “Probing the Ionizing Continuum in AGN with ISO”

Melo V., Pérez García A.M., Muñoz-Tuñón C., Rodríguez Espinosa J.M. “Starburst Galaxies as seeing by ISO”

**“The Interstellar Medium in M31 and M33”, 22-25 mayo, Bad Honnef (Bonn), Alemania**

Beckman J.E., Cardwell A. “A calibrated Ha Flux Map of M33; HII Region Luminosity Function, and Recombination Emission from the WIM”

**“The Evolution of Galaxies I: Observational Clues” 22-26 mayo, Granada**

Vega J.C., Erwin P., Beckman J.E., Zeilinger W., Pizzella A., Corsini E., Bertola F. “Barred Galaxies: The Complementary Use of Kinematics and Photometry”

Graham A., M Prieto M. “On the Bulge-to-Disk Size Ratio for Spiral Galaxies”

Cristóbal D., Balcells M., Prieto M., Guzmán R. “Detection Limits for the COSMOS Survey: K orrections for B, R and K Bands”

Graham A. “A K-Band  $m_0$ -log( $h$ ) Relation for Early-Type Spiral Galaxy Disks”

Lourenso S., Vazdekis A., Peletier R.F., Beckman J.E. “Stellar Ages and Metallicities along the Bars of Barred Spirals”

Iglesias-Páramo J., Muñoz-Tuñón C. “A Spectral Diagnostic for Density Bounded HII Regions: Implications for Diffuse Emission in Galaxies”

Marín Franch A., Aparicio A. “Galaxy Formation Clues from Globular Cluster Systems: Preliminary Results for Coma”

Melo V., Acosta-Pulido J.A., Pérez García A.M., Muñoz-Tuñón C., Rodríguez Espinosa J.M. “Starbursts Galaxies as seeing by ISO”

Martínez Delgado D., Aparicio A., Gómez-Flechoso M.A. “Searching for Tidal Tails in Galactic Dwarf Spheroidal Satellites”

Caon N. “Gaseous and Stellar Kinematics in Gas-Rich E and SO Galaxies”

Zurita A. “The Ionized Intergalactic Gas: Baryonic Dark Matter?”

Pignatelli E., Vega Beltrán J.C., Zeilinger W., Corsini A., Pizzella A., Scarlata C., Funes J.G., Beckman J.E., Bertola F. “Dynamical Modelling of Gas and Stars in Spiral Galaxies”

Cairós L.M., Caon N., Vílchez J.M., García-Lorenzo B., Muñoz-Tuñón C. “Spectrophotometry of Blue Compact Dwarfs: Mkn 36, Mkn 370, Mkn 600”

García-Lorenzo B., Cairós L.M., Vílchez J.M., Caon N. “Two-Dimensional Spectroscopy with Optical Fibers: An Application to the Case of the BCD Galaxy MRK 370”

Pérez García A.M., Melo V.P., Acosta-Pulido J.A., Muñoz-Tuñón C., Rodríguez-Espinosa J.M. “Circumnuclear Ring of the Starburst Galaxy NGC253. An Infrared View”

**“JENAM2000 & SEAC2000: Astronomy of Ancient Civilizations”, 22-28 mayo, Moscú, Rusia**

Belmonte J.A., Esteban C., Perera Betnacort M.A., Marrero R. “The Sun in the North of Africa before Islam. A Solstitial Marker in the Sahara”

**“TETONS IV Conference: Galactic Structure, Stars and the Interstellar Medium”, 29 mayo-2 junio, Wyoming, EEUU**

López-Corredoira M., Garzón F., Hammersley P.L. “A Successful Inversion of the Stellar Statistics Equation”

Hammersley P.L., López-Corredoira M., Garzón F. “Is the Milky Way a Double-Barred Galaxy?”

López-Corredoira M. “Galactic Dust as Responsible of CMBR Anisotropies”

Garzón F., Hammersley P.L., López-Corredoira M. “Distribution of Stellar Populations at Selected Areas on the Galactic Plane”

**“Galaxy Disks and Disk Galaxies”, 12-16 junio, Roma, Italia**

Graham A., Prieto M. “An Ice-berg Scenario for Late-Type Spiral Galaxy Bulges”

Graham A. “A Near-Infrared  $\mu_{0,K} - \log(h)$  Relation for Early-Type Spiral Galaxy Disks”

Trujillo I., Aguerri J.A.L., Gutiérrez C., Cepa J. “Quantitative Morphology of Galaxies at Medium Redshift: Abell Cluster 2443”

Vega J.C., Zeilinger W., Pizzella A., Corsini E., Beckman J.E., Bertola F. “Kinematics and Photometry as Complementary Tools in the Study of Barred Galaxies”

Zurita A., Rozas M., Beckman J.E. “HII Region Luminosity Functions: A New Standard Candle for Extragalactic Distances?”

Beckman J.E., Zurita A., Rozas M. “Density Bounded HII Region in Disk Galaxies and the Ionization of the Diffuse Interstellar and Intergalactic Media”

Boonyasait V., Gottesman S., Rozas M., Zurita A., Beckman J.E. “The Kinematics of the Atomic and Ionized Hydrogen Gas in NGC 3359”

Perinotto M., Magrini L., Corradi R.M.L., Mampaso A., Beckman J.E., Cardwell A., Corral L., Zurita A. “Discovery of Emission Line Objects in M33”

Corsini E.M., Pignatelli E., Vega Beltran J.C., Scarlata A., Pizzella A., Funes J.G., Zeilinger W.W., Beckman J.E., Bertola F. “Modelling Gas and Stellar Kinematics in the Disk Galaxies NGC772, NGC3898 and NGC 7782”

Funes J.G., Pizzella A., Scarlata C., Corsini E.M., Vega Beltran J.C., Cappellari M., Bertola F. “Position-Velocity Diagrams in the Inner Regions of Disk Galaxies”

Pizzella A., Vega Beltran J.C., Corsini E.M., Funes J.G., Sarzi M., Zeilinger W.W., Beckman J.E., Bertola F. “Kinematical Measurements of Ionized Gas and Stars in 20 Disk Galaxies”

Azzaro M., Gutiérrez C.M., Prada F. “Morphological Analysis of Satellite Galaxies in External Systems”

**“EARA Workshop: Brown Dwarfs & Extrasolar Planets”, 16-18 junio, París, Francia**

Béjar V.J.S. “The Substellar Mass Function in  $\sigma$  Orionis”

**“Xlth IRIS & LOWL/ECHO Workshop”, 22-24 junio, Boulder, Colorado, EEUU**

Jiménez Reyes S.J., Corbard T., Tomczyk S., Pallé P.L. “Solar Cycle Variations of Oscillation Mode Parameters from LOWL and MARK-I Instruments”

Pallé P.L. “The ECHO (Experiment for Coordinated Helioseismic Observations) Network”

Emonet T., Moreno-Insertis F., Rast M.P. “The Dynamics of Buoyant Magnetic Ropes and the Generation of Vorticity in their Periphery”

Lenz D.D., Moreno-Insertis F. “Effects of Non-Uniform Thermal Conduction on Solar Convection-Zone Flux Tubes”

**“IX Marcel Grossman Meeting”, 2-8 julio, Roma, Italia**

Gutiérrez C.M. “Status of the CMB Experiments in Tenerife”

**“Post-AGB Objects (Proto-Planetary Nebulae) as a Phase of Stellar Evolution”, 5-7 julio, Torun, Polonia**

Villaver E., Manchado A., García Segura G. “The Effect of the Transition Times in the Formation of Planetary Nebulae”

García Hernández D.A., Manchado A., García-Lario P., Dominguez Tagle C., Conway G., Prada F. “Molecular Hydrogen around Post-AGB Stars”

Gonçalves D.R., Corradi R.L.M., Villaver E., Mampaso A., Perinotto M. “Microstructures in the Outer Shells of PNe: Are they Fossil Condensations of the AGB Wind?”

**“Astro Tomography: An International Workshop on Indirect Imaging”, 5-7 julio, Bruselas, Bélgica**

Hynes R.I., Charles P.A., Haswell C.A., Casares J., Zurita C. “Doppler Tomography of XTE J2123-058 and other Neutron Star LMXBs”

**“Disks, Extrasolar Planets and Brown Dwarfs”,  
17-18 julio, París, Francia**

Béjar V.J.S., Zapatero-Osorio M.R., Rebolo R., Martín E.L., Barrado y Navascués D., Bailer Jones C.A.L., Mundt R. “The Substellar Mass Function of  $\sigma$  Orionis”

**“2<sup>nd</sup> Princeton PUC Joint Workshop on Astrophysics: Dark Matter and Gravitational Lensing”, 19-22 julio, San Pedro de Atacama, Chile**

Motta V., Mediavilla E., Muñoz J.A., Arribas S., Oscoz A., Serra-Ricart M., Falco E., Ramella M. “On the Differential Extinction in QSO 0957+561”

Oscoz A. et al. “Time Delay in QSO 0957+561 from 1984-99 Data”

Abajas C. et al. “The Influence of Microlensing in Broad Emission Lines”

**“XXIV<sup>th</sup> General Assembly of the IAU”, 7-18 agosto, Manchester, Reino Unido**

**- “IAU Symp. No 201: New Cosmological Data and the Values of the Fundamental Parameters”**

Israelian G. “Oxygen in the Metal Poor Stars”

Santos N., Israelian G., Mayor M. “New Extra-Solar Planets: The Metallicity Distribution Revisited”

García López R., Israelian G., Rebolo R., Bonifacio P. Molaro P., Basri G., Shchukina N. “Oxygen Abundances Derived from UV OH and O I IR Lines in very Metal-Poor Stars”

Harrison D.L., Watson R.A., Rubiño-Martín J.A., Macías-Pérez J.F., Davies R.D., Rebolo R., Gutiérrez C.M., Davis R.J. “New Results from the 33 GHz Interferometer Experiment”

Macías-Pérez J.F., Watson R.A., Davies R.D., Davis R.J., Wilkinson A., Rebolo R., Gutiérrez C., Lasenby A.N., Jones A.W. “New Results from the Tenerife Beamswitch Experiments”

Watson R.A., Davies R.D., Davis R.J., Macías-Pérez J.F., Harrison D.L., Wilkinson A., Rebolo R., Gutiérrez C., Rubiño-Martín J.A. “Results from the Tenerife Experiments”

**- “IAU Symp. No 202: Planetary Systems in the Universe: Observation, Formation and Evolution”**

Merín B. et al. (Incluye Deeg H.J., Garzón F.) “Determination of Spectral Types for the Stars in the EXPORT Sample”

Solano E. et al. (Incluye Deeg H.J., Garzón F.) “Stellar Parameter for the EXPORT Sample: Rotational Velocities and Effective Temperatures”

Deeg H.J., Favata F., Penny A. and Eddington Science Team “Planet Detection Capabilities of the Eddington Mission”

Penny A.J., Favata F., Deeg H.J. and Eddington Science Team “The Eddington Planet-Finding and Asteroseismology Mission”

**- “IAU Symp. No 203: Recent Insights into the Physics of the Sun and Heliosphere: Highlights from SOHO and other Space Missions”**

Muglach K., Balthasar H., Collados M. “Oscillations in Sunspots and Active Regions”

**“IAUGA 2000: Special Session on Astronomy in Developing Countries”, 14-16 agosto, Manchester, Reino Unido**

Mahoney T.J. “Overcoming the English Language Barrier”

Mahoney T.J. “Making the most of Publishing Software”

**“New Era of Wide-Field Astronomy”, 21-24 agosto, Preston, Reino Unido**

Hammersley P.L., Mahoney T.J., López Corredoira M., Garzón F. “A Near IR Sampling Survey of the Galactic Plane”

**“Eta Carinae and Other Mysterious Stars”, 24-26 agosto, Hven, Suecia**

Corral L., Herrero A. “A Search for LBVc with Emission Line Images”

**“19<sup>th</sup> European Symposium on Occultation Projects”, 25-29 agosto, Lodz, Polonia**

Casas R. “814 Tauris Occultation (15 Dec 1999)”

**“Advanced Solar Polarimetry-Theory, Observation and Instrumentation” 11-15 septiembre, New Mexico, EEUU**

Rodríguez Hidalgo I., Bellot Rubio L.R., Khomenko E., Collados M., Ruiz Cobo B. “Spectropolarimetric Signatures of Convective Collapse”

Martínez Pillet V., Trujillo Bueno J., Collados M. “Full Stokes-Vector LPSP-Spectropolarimetry of the Na I D1 and D2 Lines in Moderately Magnetized Regions Close to the Solar Limb”

Trujillo Bueno J., Collados M., Paletau F. “THEMIS Observations of the Second Solar Spectrum”

Balthasar H., Muglach K., Collados M. "Magnetic Field Oscillations in Sunspot and Active Regions"

Dittmann O., Trujillo Bueno J., Semel M. "Scattering Polarization Observations with the Tenerife Gregory Coudé Telescope"

del Toro Iniesta J.C., Bellot Rubio L.R., Collados M. "Infrared Spectropolarimetry of the Evershed Effect"

Manso Sainz R., Trujillo Bueno J. "Modeling the Scattering Line Polarization in the Ca II IR Triplet"

Muglach K., Balthasar H., Collados M. "Chromospheric Dynamics of Sunspots and their Surroundings"

Carroll T.A., Muglach K., Balthasar H., Collados M. "Application of Artificial Neural Networks to Infrared Stokes Spectra"

Schlichenmaier R., Soltau D., Lühe O.V.D., Collados M. "Penumbral Stokes-V Asymmetries of Fe I 1564.8 nm"

**"3<sup>rd</sup> Microquasar Workshop", 11-13 septiembre, Granada**

Zurita C., Casares J., Charles P.A., Rodríguez-Gil P., Sánchez-Fernández C., Castro Tirado A., Shahbaz T., Abbot T., Hakala P. "Optical Studies of the X-Ray Transient XTE J1958+226"

**"Annual Scientific Meeting of the Astronomische Gesellschaft", 18-23 septiembre, Bremen, Alemania**

Mundt R., Bailer-Jones C.A.L., Zapatero Osorio M.R., Bejar V.J.S., Rebolo R., Barrado y Navascués D., Martín E.L. "Discovery of Very Young Free-Floating Giant Planets in the  $\sigma$  Orionis Cluster"

**"I SOLSPA Euroconference: The Solar Cycle and Terrestrial Climate", 25-29 septiembre, Santa Cruz de Tenerife**

Jiménez Reyes S., Corbard T., Pallé P.L., Tomczyk S. "p-mode Frequency Shift as Solar Activity Index"

Ulla A., Belmonte J.A., Thejll P. "Moon Dynamics and Climate Predictions"

Rodríguez Hidalgo I. "Recent Developments in Solar Instrumentation at the IAC"

Bonet J.A., Casas R., Giammanco C., Martínez Pillet V., Vázquez M. "Long-Term Observations of Solar Active Regions at the VNT"

Giammanco C. "Optimal Windows to Determine Solar Granulation Image Quality"

González Jorge H., Ogren J.A., Rosa F. "Retrieved Aerosol Parameters needed in Climate Model Calculations"

**"Helio-and Asteroseismology at the Dawn of the Millenium. SOHO 10/GONG 2000 Workshop", 2-6 octubre, Santa Cruz de Tenerife**

Barrena R., Roca Cortés T., Jiménez A. "Solar Radius Variations using LOI-T Pixels"

Jiménez A., Roca Cortés T. "The p-mode Spectrum Measured in Intensity: From 1996 to 2000"

Jiménez-Reyes S., Corbard T., Pallé P.L. "Signature of the Solar Cycle in the Low Degree p-modes using MARK-I"

Jiménez-Reyes S., Corbard T., Pallé P.L., Tomczyk S. "Low p-mode Frequencies and their Variation with Solar Activity"

Balthasar H., Collados M., Muglach K. "Magnetic Field Oscillations in Sunspots and Active Regions"

Rodríguez Hidalgo I., Ruiz Cobo B., Collados M., Bellot Rubio L.R. "Photospheric Acoustic Oscillations in a Lagrangian Reference System"

Eff-Darwich A., Pérez Hernández F., Korzennik S.G. "Sensitivity of Oscillation Frequencies to Temporal Variations in the Tachocline Region"

Turck-Chièze S. et al. (Incluye Pallé P.L.) "G-Mode: A New Generation of Helioseismic Instrument"

Fox L., Pérez Hernández F., Suárez J.C., Michel E. "A Preliminary Comparison of Observed and Theoretical Frequencies for some  $\delta$  Scuti Stars on the Pleiades Cluster"

Roca Cortés T., Régulo C. "A Method to Extract p-mode Frequencies from Solar-Like Stars Acoustic Spectra with S/N > 1/100"

Suárez J.C., Michel E., Fox L., Pérez Hernández F., Lebreton Y., Claret A., Li Z.P. "Amplitude Investigation of  $\delta$  Scuti Stars in Open Clusters taking into account the Effect of Fast Rotation on Photometric Parameters"

García R.A. et al. (Incluye Régulo C., Roca Cortés T.) "Analysis of Low Frequency Signal with the GOLF Experiment: Methodology and Results"

Turck-Chièze S., Kosovichev A.G., Couvidat S., García R.A., Nghiem P., Pérez Hernández F., Turcotte S. "The Physics of the Solar Core deduced from GOLF and MDI Acoustic Modes"

MEMORIA  
IAC 2000

151

Eff-Darwich A., Pérez Hernández F., Korzennik S.G. "Interdependence of the Basis Functions of the Solar Stratification Inversion Problem"

Eff-Darwich A., Thiery S., Jiménez-Reyes S.J., Korzennik S.G., Pérez Hernández F. "Rotation of the Solar Interior: Compatibility of Different Helioseismic Data Sets"

Eff-Darwich A., Régulo C., Roca Cortés T., Pallé P.L., Korzennik S.G. "A Self-Consistent Procedure to Detect Low-l, Low-n Solar  $p$ -modes"

Vázquez H., Roca Cortés T. "Comparison of Parameters of Low  $l$  Solar  $p$ -modes at Maximum and Minimum Activity"

Pérez I., Roca Cortés T. "Is Turbulent Convection the only Excitation Mechanism for Solar  $p$ -modes?"

**"Deep Fields" 9-11 octubre, Garching, Alemania**

González Solares E. (Incluye Pérez Fournon I., Cabrera Guerra F.) "Deep Optical and Near-IR Survey in the ELAIS Areas"

Dominguez Tagle C., Manchado A., Prada F., Mayya D. "Advantages of Multislit Spectroscopy of  $Z \sim 1$  Galaxies"

**"XLIII Congreso Nacional de Física", 30 octubre-3 noviembre, Puebla, México**

Cardona O., Crivellari L., Simonneau E. "Formación de líneas espectrales en el átomo de muchos niveles usando el Método Integral Implícito"

**"Physics on Stage" 6-10 noviembre, Ginebra, Suiza**

Bellot Rubio L.R., Martínez Delgado D., Serra-Ricart M. Gómez A. "Educational Project Leonids 99"

**"International Symposium: Adaptive Optics: from Telescopes to Human Eye", 13-14 noviembre, Murcia**

Bello C.D., Devaney N. "The Effect of Segmentation on Adaptive Optics System Performance"

Devaney N., Bello C.D., Cardwell A., Schumacher A. "Adaptive Optics Plans for the Gran Telescopio Canarias"

**"Site 2000: Astronomical Site Evaluation in the Visible and Radio Range", 13-17 noviembre, Marrakech, Marruecos**

Fuensalida J.J., Chueca S. "Characterization on the Canarian Observatories for the Laser-Guide Star"

Kidger M.R., Pinilla N., Rodríguez Espinosa J.M. "Cross-Calibration of a GPS-Based Water Vapour Monitor"

Varela A.M., Muñoz Tuñón C., Mahoney T.J., de Gurtubai A.G. "Nowcasting seeing and Meteorology at the OT"

Mahoney T.J., Muñoz Tuñón C., Varela A.M., de Gurtubai A.G. "From Site Testing to the Microclimatology of Astronomical Observatories: The Role of Surface Layer Meteorology"

Mahoney T.J., Muñoz Tuñón C., Varela A.M., de Gurtubai A.G. "A Suggested Standard Automatic Weather Station Set-up for Useful Observatory Microclimate Characterization"

de Gurtubai A.G., Varela A.M., Muñoz-Tuñón C., Mahoney T.J. "Statistical Analysis for Seeing Climatology; Preliminary Work"

Rodríguez Espinosa J.M., Kidger M.R., Pinilla N. "The Infrared Properties of the GTC Site"

Pinilla N., Kidger M.R., Rodríguez-Espinosa J.M. "Operation of the IAC GPS Water Vapour Monitor in Observatory Conditions"

**"Emission Lines from Jet Flows", 13-17 noviembre, Isla Mujeres, México**

Mampaso A., Gonçalves D.R., Corradi R.L.M. "An Optical Study of the Jet in CM Cyg"

Gonçalves D.R., Corradi R.L.M., Mampaso A. "Enigmatic Low-Velocity Jet-Like Features in Planetary Nebulae"

**"XII Canary Island Winter School: Astrophysical Spectropolarimetry", 13-24 noviembre, Puerto de la Cruz, Tenerife**

Asensio A., Turjillo-Bueno J., Cernicharo J. "Radiative Transfer in Molecular Lines"

Collados M., Paletau F., Trujillo-Bueno J., Dittmann O., Semel M., Martínez Pillet V. "Observations of the Second Solar Spectrum with the Canary Islands Telescopes"

Kidger M.R., Hough J., Packham C., Lehto H., Martín Luis F. "Polarimetric Science with CanariCam"

Martín Luis F., Kidger M.R., Hough J., Packham C., Lehto H. "Spectropolarimetric Calibration of CanariCam: Development of a Network of Calibration Sources for Polarimeters on Large Telescopes"



Packham C., Kidger M.R., Hough J., Lehto H., Martín Luis F., Telesco C. "CC-Pol: The CanariCam Polarimetry Module"

**"VII Congreso Iberoamericano de Periodismo Científico Ciencia, Tecnología y Sociedad", 16-18 noviembre, Buenos Aires, Argentina**

Del Puerto C. "Del agujero negro a la primera página: el proceso de una nota de prensa en el Instituto de Astrofísica de Canarias"

Del Puerto, C. "Big Bang en titulares de prensa"

Abad Linana J.M. "¿Misión imposible": comunicar en torno a un gran telescopio"

Cuesta L. "Asesoría científica: el equilibrio entre el periodista y el científico"

Martínez Sáez L. "Responsabilidad social de la ciencia"

**"100 Years of Quantum Theory", 20-24 noviembre, Madrid**

López Corredoira M. "Quantum Mechanics and Free Will Counterarguments"

**"Ionized Gaseous Nebulae", 21-24 noviembre, México**

Grosdidier Y., Acker A., Moffat A.F.J. "[WC] Stellar Wind Turbulent Outflows Feeding the ISM"

Relaño M., Beckman J.E., Zurita A., Rozas M., Knapen J.H. "High Velocity Gas in the Luminous HII Regions of NGC 1530"

Relaño M., Peimbert M., Beckman J.E. "Photoionized Models of NGC 346"

Beckman J.E., Rozas M., Zurita A., Relaño M., Cardwell A. "On the Kinematics of the HII Regions: Yesterday, Today, and Tomorrow"

Gonçalves D.R., Friaca A.C.S., Jatenco-Pereira V. "Impact of Magnetic Fields in the Ionization History of BLRs in AGNs"

Gonçalves D.R., Mampaso A., Corradi R.L.M. "The Nature of Low-Ionization Microstructures in Planetary Nebulae"

Mampaso A. "Distance to the PN NGC 7077 using the E-D Method"

Corral L., Herrero A. "Planetary Nebula Candidates in a Region of M33"

Navarro S.G., Mampaso A., Corradi R.L.M. "Detection of a Giant Halo around NGC 7027"

López-Martín L., Esteban C., López J.A., Vázquez R., Raga A.C., Miranda L.F., Torrelles J.M., Olguín L., Meaburn J. "The Kinematic Structure of the Planetary Nebulae M 2-48"

Manchado A., Domínguez Tagle C., García Hernández A., Prada F., García Lario P., Conway G. "The Onset of Photoionization in Post-AGB Stars"

Zurita A., Rozas M., Beckman J.E., Ryder S. "The Origin of the Ionization of the Diffuse Interstellar Medium in Spirals"

**"NAO Chapman Conference", 28 noviembre-2 diciembre, Orense**

Belmonte J.A., Thejll P., Martínez Pillet V., Ulla A. "Is the Moon a Weather Forecaster?"

**"The Promise of FIRST", 12-15 diciembre, Toledo**

González Solares E., Pérez Fournon I., Cabrera Guerra F. "Deep Optical and Near-IR Imaging in the ELAIS Areas"

Cabrera Guerra F. et al. (Incluye Fadda D., González Solares E., Pérez Fournon I.), "Spectroscopic Properties of New IR Galaxies Detected in the European Large Area ISO Survey"

Pérez Fournon I. et al. (Incluye Cabrera Guerra F., Fadda D., González Solares E.) "Optical and Near-IR Follow-up of the European Large Area ISO Survey"

Asensio Ramos A., Trujillo Bueno J., Cernicharo J. "Radiative Transfer in Molecular Lines"

Cepa J., González Serrano I., del Río S. "OSIRIS-FIRST Scientific Program"

Trujillo Bueno J. "Radiative Transfer for the FIRST Era"

Marquez I. et al. (Incluye Cabrera-Guerra F., González-Serrano J.I., González-Solares E., Pérez-Fournon I.) "Mid-IR Properties of ELAIS Sources"

MEMORIA  
IAC 2000

153

# COMUNICACIONES A CONGRESOS NACIONALES

**“IV Reunión Científica de la Sociedad Española de Astronomía (SEA)”, 11-14 septiembre, Santiago de Compostela**

Kidger M.R. “CANARI-CAM: An Infrared Camera Spectrograph for the GTC: Progress and Planned Day 1 Science”

Rodríguez Espinosa J.M., Alvarez P. “El GTC a dos años de su primera luz”

Villaver E., Manchado A., García Segura G. “Formación de Nebulosas Planetarias con capas múltiples y su interacción con el Medio Interestelar”

Rosenberg A., Aparicio A., Saviane I. Piotto G., “Formación y evolución de la Vía Láctea: el Halo interno”

Gómez G., López Hermoso R. “Espectroscopia de Supernovas de tipo II obtenida desde el Observatorio del Roque de Los Muchachos, La Palma”

Muñoz-Tuñón C. “Supervientos galácticos: Observaciones”

Suárez O., Rodríguez A., García-Lario P., Manchado A., Manteiga M. “Estudio y clasificación automática de fuentes ópticas candidatas a pertenecer a la fase post-AGB”

del Puerto C. “¿Big Bang o Gran Explosión? Mucho más que una mera cuestión terminológica”

Martínez Delgado D., Aparicio A., Gómez-Flechoso M.A. “Searching for Tidal Tails in Galactic Dwarf Spheroidal Satellites”

Melo V.P., Pérez García A.M., Acosta-Pulido J.A., Muñoz-Tuñón C., Rodríguez Espinosa J.M. “La galaxia starburst NGC 253. Perspectiva en el IR”

Balcells M. “Evolución galáctica sobre la secuencia de Hubble”

García López R.J., Israelian G., Raboilo R., Bonifacio P., Molaro P., Basri G., Shchukina N. “Abundancias de Oxígeno en estrellas muy pobres en metales: La saga continúa”

Pérez García A.M., Acosta-Pulido J.A., Rodríguez Espinosa J.M. “Galaxias Seyfert en el IR medio: Observaciones con ISOCAM”

Manchado A. et al. (Incluye Barreto M., Acosta Pulido J.A., Dominguez Tagle C., Ballesteros E., Correa S., Delgado J.M., López R., Manescau A., Moreno H., Rasilla J.L., Redondo P., Sánchez V.) “LIRIS (Long-Slit Intermediate Resolution Infrared Spectrograph)”

Martín Luis F., Kidger M.R., Cohen M. “Desarrollo de una red de estrellas de calibración para el infrarrojo cercano y medio”

Chueca S., Fuensalida J.J. “Operational Issues in Laser-guide Star: Monitoring of Atmospheric Sodium, Scattering Plume and Luminic Contamination in Canary Island Observatories”

Rodríguez-González J.M., Fuensalida J.J., Rodríguez Ramos J.M. “Estrella de referencia laser para telescopios segmentados. Alineamiento del espejo primario con sensor de curvatura”

Varela A.M. “Caracterización de la calidad óptica y la meteorología en los Observatorios de Canarias”

Puga E., Alcalde D., Muñoz J.A., Mediavilla E. “Seguimiento fotométrico del sistema lente gravitatoria con el NOT (GLITP)”

Ros E., Guirado J.C., Marcaide J.M., Pérez Torres M.A., Falco E.E., Muñoz J.A., Alberdi A., Lara L. “Observaciones con VLBI de las lentes gravitatorias MG 0414+0534 y 1422+231”

Muñoz J.A., Falco E.E., Kochanek C.S., McLeod B.A., Lehár J., Impey C.D., Rix H.-W., Keeton C.R., Peng C.Y. “Host galaxies: A new approach to distinguish lensed and binary quasars”

Villamariz M.R., Herrero A. “Espectroscopia de estrellas OB galácticas: El problema de la sobreabundancia de He”

Acosta-Pulido J.A., Kidger M.R., González Pérez J.N., Licandro J. “Mid-IR Science Post-ISO. What to do with Canari-Cam on the GTC”

Marín A., Aparicio A. “Galaxy Formation Clues from globular Cluster Systems: Preliminary Results for Coma”

Barrado Navascués D., Zapatero Ocorio M.R., Mundt R., Bayler-Jones C., Rebolo R., García López R. “Spectroscopy of the transit of the planet orbiting HD209459”

Cristóbal D. et al. (Incluye Prieto M., Balcells M., Acosta, J.A., Hammersley P., Pérez-Fournon I. “Estudio de galaxias con formación estelar extrema a alto z (COSMOS). II: K Survey”

Goicoechea L.J., Gil-Merino R., Serra-Ricart M., Oscoz A., Alcalde D., Mediavilla E. "IAC Gravitational Lenses Monitoring Program: Difference Signals from 2.5 years of QSO 0957+561 Observations"

Kidger M.R. "Medidas de vapor de agua encima del Observatorio del Roque de los Muchachos. Hacia una estación de medida automática de vapor de agua mediante un receptor GPS"

Kidger M.R. "Seguimiento fotométrico y morfológico de los cometas C/1999 L3 (LINEAR) y C/1999 S4 (LINEAR). Una colaboración entre profesionales y aficionados españoles"

Packham C., Hough J., Kidger M.R., Martín Luis F., Lehto H. "CC-Pol- The Canari-Cam Polarimetry Module"

García-Lario P., Manchado A., Ulla A., Manteiga M. "Espectroscopia con ISO de la nebulosa protoplanetaria IRAS 17423-1755"

Melo V.P., Garzón F., Muñoz-Tuñón C., Rodríguez Espinosa J.M., Tenorio-Tagle G. "Brotos de formación estelar violenta. Programa observacional con el satélite ISO"

Varela A.M., Muñoz-Tuñón C., Gurtubai A.G. "Caracterización de la calidad del cielo en los Observatorios Canarios: Un lugar excelente para el GTC"

Kidger M.R., Parker J., Torres N.-D., Alonso S. "The Rotation Period of the Kuiper Belt Object 1995 SM55"

VI Reunión Nacional de Óptica, 19-22 septiembre, Medina del Campo, Valladolid

García, J. Jiménez y M. Reyes. "Diseño óptico de un sistema para la generación de estrellas guía láser en el observatorio del Teide"

Manescau, A. B. Fragoso, R. López, J. L. Rasilla, A. Manchado, M. Barreto, J. Acosta, C. Dominguez, S. Correa, F. J. Fuentes, J. L. Iserte, E. Joven, H. Moreno, V. Padrón, P. Redondo, V. Sanchez, N. Sosa. "Diseño óptico y optomecánico de LIRIS (Long-slit Intermediate Resolution Infrared Spectrograph) para el telescopio William Herschel"

Manescau, A. B. Fragoso, M. Balcells, J. Patrón, J. A. Ballester, J. J. Díaz, F. J. Fuentes, F. Gago, J. A. Rodríguez. "Diseño óptico de EMIR (Espectrógrafo Multiobjeto InfraRojo) para el gran telescopio canarias"

J. Cepa, M. Aguiar, V. González, E. Joven, R. López, L. Peraza, J. L. Rasilla, L. F. Rodríguez, J. González. "OSIRIS, una cámara/espectrógrafo sintonizable".

"V Semana Astronómica de Gran Canaria", 6-10 noviembre, Las Palmas de Gran Canaria

Gutiérrez C.M. "Universo en expansión"

Varela A.M. "Galaxias: Morfología y evolución"

Kidger M.R. "Vida y muerte del cometa Linear S4"

Corradi R.L.M. "El destino de las estrellas"













**CONGRESO INTERNACIONAL “HELIO AND ASTEROSEISMOLOGY AT THE DAWN  
OF THE MILLENNIUM. SOHO 10 AND GONG 2000”  
 (“Sismología Solar y Estelar en los albores del nuevo milenio”)**

En colaboración con el Observatorio Solar Nacional de Estados Unidos y la Agencia Espacial Europea, el IAC organizó en Santa Cruz de Tenerife el congreso internacional “Helio and Asteroseismology at the Dawn of the Millennium. SOHO 10 and GONG 2000” (“Sismología Solar y Estelar en los albores del nuevo milenio. Workshop SOHO 10 y GONG 2000”),

El congreso al que asistieron 160 científicos de 27 países se celebró en la sede central de CajaCanarias, en Santa Cruz de Tenerife, del 2 al 6 de octubre, después de once años (exactamente un ciclo en la actividad solar) de que el grupo de Física Solar del IAC organizase su primer congreso internacional sobre Sismología Solar y Estelar. Aquella fue una ocasión crucial que sirvió para dar a conocer el Observatorio del Teide a la comunidad mundial de físicos solares y obtener reconocimiento internacional por su trabajo investigador.

El programa científico constó de siete sesiones de trabajo dedicadas a los siguientes temas: El Sol cambiante: ciclo de actividad y variaciones a largo plazo de los parámetros heliosismológicos; Flujos y magnetismo en las capas externas del Sol; La region de la *tachocline*; Situación actual de los proyectos y perspectivas futuras de la heliosismología observacional; Estructura y evolución estelar mediante técnicas sismológicas; Las zonas mas profundas del Sol; y Convección y excitación de los modos.

A lo largo del congreso se presentaron las nuevas técnicas de “tomografía”. También se presentaron los nuevos proyectos instrumentales en curso, numerosos y de gran interés, y se dedicó una sesión completa a la Astrosismología, joven rama de la Astrofísica que trata de aplicar al estudio de otras estrellas los métodos de la Sismología Solar, lo que aportará en un futuro información completamente nueva y certera acerca de su estructura y estado evolutivo.



# EDICIONES

## REVISTA “IAC Noticias”

Durante este año se editó un nuevo número de la revista “IAC Noticias”. También se publicó como ya es habitual en las Escuelas de Invierno, un especial de la XII Canary Islands Winter School of Astrophysics dedicada este año a “Espectroscopía en Astrofísica”, este especial, editado en español y en inglés, recoge las entrevistas realizadas a cada uno de los profesores invitados e información adicional sobre esta XII Escuela y las anteriores.

## Suplemento GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)

Durante este año se han editado dos números del Suplemento especial de “IAC Noticias” sobre el GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC). Estos suplementos recogen información relacionada con este proyecto español de “gran ciencia” como, por ejemplo, firma de acuerdos, progresos en la ejecución del telescopio y sus componentes, documentación científica y técnica, así como eventos sociales en torno al GTC.

## MEMORIA 1999

Se publicó la Memoria correspondiente al año 1999, 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.

## CARTEL DE FORMACION DE PERSONAL INVESTIGADOR

El IAC editó 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.

## NUEVOS CARTELES

El IAC ha editado a lo largo del año 2000 los siguientes carteles:

- Convocatoria de Becas de verano para realizar prácticas de Periodismo Científico en el Gabinete de Dirección del IAC.

- Euroconferencia "The Solar Cycle & Terrestrial Climate" (“El Sol y el cambio climático”). Organizada por el IAC, con financiación europea, que tuvo lugar en la sede central de CajaCanarias, en Santa Cruz de Tenerife, del 25 al 29 de septiembre.

- Congreso “Helio & Asteroseismology at the Dawn of the Millennium” (Sismología Solar y Estelar en los albores del nuevo milenio”). SOHO10/GONG2000 Workshop. Organizado por el IAC, en colaboración con el Observatorio Solar Nacional de Estados Unidos y la Agencia Espacial Europea, que tuvo lugar en la sede central de CajaCanarias, en Santa Cruz de Tenerife, del 2 al 6 de octubre.

- XII Canary Islands Winter School of Astrophysics “Astrophysical Spectropolarimetry” (XII Edición de la Escuela de Invierno “Espectropolarimetría en Astrofísica”). Organizada por el IAC con la colaboración de la Comisión Europea (*programa Improving Human Research Potencial Programme, IHP*), el Ministerio de Educación y Cultura, Los Cabildos Insulares de Tenerife y la Palma y la Compañía Iberia, celebrada en el Centro de Congresos del Casino Taoro del Puerto de la Cruz (Tenerife), del 13 al 24 de noviembre.

- CANARIAS INNOVA (anuncio del programa de Radio Nacional de España, Radio 1).

- El IAC ha editado el cartel anunciador y un tríptico de la exposición “Cielo, Mar y Tierra de Canarias”, organizada con motivo de la Semana Europea de la Ciencia.

## “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 1999 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.

## LIBROS

(Ver Producción científica)

MEMORIA  
IAC 2000

163

# DIVULGACION

Durante el año se han seguido dando charlas y conferencias de Astrofísica (Ver Conferencias de Divulgación) en sociedades culturales y centros docentes, dentro y fuera de las Islas Canarias.

Esta actividad tiene un complemento notable en el Museo de la Ciencia y el Cosmos del Cabildo de Tenerife. El IAC participa intensamente en muchas de las actuaciones del Museo y colabora con su programa de actividades.

## CARTAS DE AFICIONADOS

Durante este año se han contestado 421 cartas y correos electrónicos de aficionados, además de multitud de consultas vía página Web (unas 150 consultas aproximadamente), la mayoría de los cuales solicitaban información de carácter general sobre Astronomía, el IAC y sus Observatorios; algunas de ellas, en cambio, exponían teorías propias sobre temas astronómicos y/o preguntas sobre un tema determinado que han requerido una contestación más detallada por parte de un especialista en la materia planteada.

## COLABORACIONES CON LOS MEDIOS DE COMUNICACION

Se ha ofrecido un asesoramiento y apoyo continuo a distintas revistas de divulgación científica, así como a los medios de comunicación locales y nacionales, en temas relacionados con Astrofísica, el IAC, sus Observatorios y otro tipo de noticias científicas (985 consultas).

En el año 2000, el IAC fue noticia en 1.436 ocasiones.

Han continuado las solicitudes de permisos para la realización de reportajes para televisión y revistas, tanto nacionales como extranjeras.

## ASESOR CIENTIFICO

Desde mayo de 1999 el Gabinete de Dirección cuenta con el *Dr. Luis Cuesta Crespo*, astrofísico del IAC. Sus funciones son las de asesorar de manera permanente sobre los contenidos de las numerosas ediciones e informaciones que se atienden desde el Gabinete, además de ayudar en las tareas de divulgación. También supervisa los contenidos de la página Web y de *IAC Noticias*.

## PERIODISTAS EN FORMACION

Como continuación al programa de becas para periodistas en formación que ofrece el Gabinete de Dirección iniciado en 1999, y tras un proceso de selección, este año realizaron prácticas de periodismo, durante los meses de verano en el IAC, *Annia Gutiérrez Domènech* y *Silbia López de la Calle Ramos*.

## GESTION DE LA COMUNICACION Y DIFUSION EXTERNA DEL GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)

Dado que el Instituto de Astrofísica de Canarias es la entidad promotora del Gran Telescopio CANARIAS (GTC), el IAC, a través del Gabinete de Dirección, y GRANTECAN S.A., tienen un contrato firmado, desde octubre de 1999, cuyo fin es la gestión y organización de tareas de información, divulgación y actos relacionados con el GTC.

Desde la firma este contrato se han elaborado y enviado a los medios de comunicación 22 notas de prensa sobre temas relacionados directamente con el Gran Telescopio Canarias, lo que ha dado lugar a una repercusión en prensa de más de 1.602 noticias. Entre los actos que se han organizado hay que destacar la organización, el pasado 2 de junio, del acto de colocación de la primera piedra del edificio del GTC en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

## CONFERENCIAS DE DIVULGACION

\* *Romano Corradi*, *Luis Cuesta* y *Miquel Serra* dieron las charlas tituladas "El destino del Sol", "El mensaje de la luz" y "La aventura de la ciencia: eclipses y Leónidas", respectivamente, en el Teatro Chico de Santa Cruz de La Palma, dentro del ciclo de conferencias organizado con motivo de la Exposición "20 años de Astronomía en La Palma".

\* *Francisco Sánchez*, director del IAC, dio las siguientes conferencias:

- "El Gran Telescopio Canarias", en el club militar "Paso Alto", de Santa Cruz de Tenerife.
- "Catástrofes Cósmicas", en la Fundación Santander Central Hispano, dentro del ciclo de conferencias "Nuevos enigmas científicos".

- “El Gran Telescopio Canarias”, en un ciclo organizado por el Rotary Club, en el Club Oliver de Santa Cruz de Tenerife.
- “Es el planeta Tierra un lugar exótico y peligroso”, en la Casa de las Ciencias de La Coruña. Dio esta misma charla dentro de un curso de Extensión Universitaria organizado por la Universidad de Vigo.
- “Papel de Canarias en la Astrofísica del próximo siglo”, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife. Dio esta misma charla en la Fundación Pérez Galdós, en Las Palmas de Gran Canaria.
- “El papel de Canarias en la Astrofísica del siglo XXI”, dentro del ciclo “La investigación y ciencia en el siglo XXI”, organizado por el Instituto de Bio-Organica “Antonio González”, de La Laguna (Tenerife).
- Fue invitado por el Círculo de Bellas Artes de Madrid, con motivo del Día Mundial del Libro, a leer un pasaje del Quijote desde el Observatorio del Teide, intervención que fue transmitida por videoconferencia.
- “Origen de la materia”, en el ciclo de conferencias “Ciencia y tecnología, empresa y sociedad para el siglo XXI”, organizada por la UIMP, en el Palacio de la Magdalena, Santander.
- “La Astrofísica en el siglo XXI”, dentro del ciclo “Ciencia y Tecnología en el nuevo milenio”, organizado por la Sociedad Estatal España Nuevo Milenio, en la sede del CSIC en Madrid.

\* *Juan Antonio Belmonte* dio las siguientes charlas:

- “Los adoradores del Sol y de la Luna: astronomía y cultura en el norte de África y canarias”, en el aula del IAC.
- “La evolución del pensamiento astronómico”, dentro del curso “Obradoiro de Astronomía y Astrofísica”, organizado por la Universidad de Vigo y celebrado en el Paraninfo de dicha Universidad.
- “Astronomía y cultura en el antiguo Egipto”, en el Planetario de Castellón, durante las Jornadas Anuales de Astronomía.
- “El cielo de los majos y de los magos”, en el Parque Etnográfico “Pirámides de Güímar” (Güímar, Tenerife), durante los Encuentros Culturales FERCO.
- “Estudio comparativo de las escrituras líbico-bereberes de Canarias y el norte de África”, junto con *Renata Springer*, durante el curso celebrado en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, en La Laguna (Tenerife).
- “Arqueoastronomía de los Mauros, Númidas y Garamantes en contacto con Roma”, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife, dentro del ciclo de conferencias “Roma y los Bereberes”.

\* *Rafael Rebolo* dio las siguientes charlas:

- “Parámetros Cosmológicos, Fondo Cósmico de Microondas y Nucleosíntesis Primordial” y participó en la mesa redonda “Cosmología 2000”, organizada por el Foro Complutense, en Madrid.
- “Fronteras de la Astronomía: de los planetas a los agujeros negros”, dentro del Ciclo Astrofísica 2000, que tuvo lugar en el Centro de Exposiciones y Congresos de Ibercaja, Zaragoza.
- “Fronteras de la Astronomía”, en el Museo de la Ciencia y el Agua de Murcia.

\* *Marc Balcells* dio la charla “El conocimiento del Universo”, en el Colegio Público “Susana Villavicencio” de los Campitos, Santa Cruz de Tenerife.

\* *Antonio Mampaso* dio la charla “Noticias del Universo”, en el Instituto de Estudios Hispánicos del Puerto de la Cruz (Tenerife).

\* *José Miguel Rodríguez Espinosa* dio las siguientes charlas:

- “La Astrofísica actual y los grandes telescopios”, dentro de “La Semana de la Ciencia 2000”, organizada por el Ayuntamiento de Málaga.
- “Astrofísica y grandes telescopios”, organizada por el Grupo de Astronomía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid.
- “La nueva generación de telescopios: un reto tecnológico”, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife, dentro del ciclo “El futuro de la ciencia”.
- “Grandes telescopios”, en la Universidad de Verano de Segovia.

\* *Hans Deeg* dio la charla “Otros mundos, la búsqueda de vida en el Universo”, para el Club de Montañeros de Nivaria, en sus locales de Santa Cruz de Tenerife.

\* *Anselmo Sosa* dio las siguientes charlas:

- “Salidas profesionales para Titulados Superiores: primeros pasos en I+D+I”, en la Universidad de La Laguna, en las Facultades de Física y Biológicas.
- “Servicio de Estudios Técnicos de Posicionamiento Tecnológico”, dentro del Seminario final del Curso sobre “Gestión de la Innovación Tecnológica” organizado y celebrado en el Instituto Tecnológico de Canarias.

\* *Manuel Vázquez* dio las siguientes charlas:

- "Cambio climático: causas y consecuencias", en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife, dentro del ciclo "El futuro de la ciencia".
- "Cambio climático", en el Centro Cultural de CajaCanarias, en Santa Cruz de Tenerife.
- Participó en la mesa redonda sobre "Vida extraterrestre", dentro del curso "Lo que queda por saber", celebrado en Castelldefels (Barcelona).

\* *Inés Rodríguez Hidalgo* dio las siguientes charlas:

- "Una estrella de película", invitada por la Asociación Sevillana de Estudiantes de Física (ASEF), en la Facultad de Física de la Universidad de Sevilla.
- "La estrella de nuestra vida", en el Aula de Cultura de la Caja de Ahorros del Mediterráneo en Cartagena (Murcia), invitada por la Asociación Astronómica de Cartagena dentro de las VI Jornadas de Astronomía de esta asociación.
- "El futuro del Sol y de su conocimiento", en el Castillo de Castelldefels (Barcelona), invitada por ARP-Sociedad para el Avance del Pensamiento Crítico y la Agrupación Astronómica de Castelldefels. Participó en el mismo marco en la mesa redonda "Las fronteras del conocimiento. ¿Aún nos queda mucho por saber?".

\* *Antonia Varela* dio las siguientes charlas:

- "Caracterización de la calidad del cielo en un Observatorio Astronómico. Resultados obtenidos en los Observatorios de Canarias", en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (Granada).
- "Caracterización astronómica de los Observatorios canarios", ante los alumnos de la especialidad de Astrofísica de la Facultad de Física de la Universidad de La Laguna.

\* *Ignacio García de La Rosa* dio las siguientes charlas:

- "Más allá de la Vía Láctea", en el IES "San Hermenegildo" de La Laguna (Tenerife).
- "La creatividad del Universo", en el Centro Científico-Cultural "Blas Cabrera" de Arrecife (Lanzarote).

\* *Javier Díaz Castro* dio las siguientes charlas:

- "Resplandor luminoso nocturno y protección del cielo", en el marco de la Jornada sobre «Resplandor luminoso nocturno» celebrada en Madrid por el Comité Español de Iluminación.
- "Aplicación de la Ley del Cielo en Canarias", en el Palacio de Congresos y Exposiciones de Madrid, con motivo del V Congreso Nacional del Medioambiente.

\* *Luis A. Martínez Sáez* dio la charla titulada "Compartir la ciencia", en el curso de verano "La tercera cultura: ciencia, opinión pública y participación ciudadana", organizado por la Fundación General Universidad Complutense, en El Escorial (Madrid).

\* *Carmen del Puerto* dio las siguientes charlas:

- "Un viaje en el tiempo: del miedo pitagórico a la divulgación a la actual necesidad de marketing periodístico", dentro del curso "Las Matemáticas y los medios de comunicación social", organizado por la Universidad de Verano de Adeje (Tenerife).
- "La rentabilidad de un esfuerzo: de la nota de prensa a la primera página", dentro del Taller "Comunicación Científica e Institucional. Relación con los medios" del Seminario "La comunicación y la proyección institucional en la Universidad", organizado por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

\* *Carmen Dolores Bello Figueroa* dio la charla titulada "Improving the image quality of the GTC telescope", en ONERA, París (Francia).

\* *Casiana Muñoz-Tuñón* dio la charla titulada "Starbursts; hágase la luz", dentro del ciclo de conferencias "Nuestros científicos", organizado por la Caja de Ahorros del Mediterráneo.

\* *Monica Murphy* dio la charla "The European Northern Observatory", en el XII Certamen de Jóvenes Investigadores Europeos, celebrado en Amsterdam (Países Bajos).

\* *Jesús Burgos Martín* dio la charla titulada "Programas públicos de apoyo para la financiación de la I+D", dentro de la I Jornada de Financiación Empresarial, celebrada por FYDE-CajaCanarias, en Santa Cruz de Tenerife.

\* *Fernando Cabrera* dio la charla titulada "Estudio de objetos extragalácticos detectados en el infrarrojo con el satélite ISO (proyecto ELAIS)", como lección inaugural del curso académico 2000-2001 de la UNED en La Palma, en el Palacio Salazar de Santa Cruz de La Palma.

\* *Mark Kidger* dio la charla titulada "La Luna", en el colegio Mayex de La Laguna, (Tenerife), para una clase de Enseñanza Infantil.

# CURSOS ESPECIALES

## UNIVERSIDAD DE VERANO DE LA GOMERA

En el marco de los cursos de verano de La Gomera de la Universidad de La Laguna, el IAC organizó, en colaboración con el Dpto. de Astrofísica de esta Universidad, el curso "Astrofísica: la fascinante aventura del conocimiento del Universo", que se celebró en Valle Gran Rey (La Gomera), del 24 al 28 de julio. El objeto del curso fue proporcionar una visión global de la moderna Astrofísica, desde los diez científicos más relevantes en la historia del pensamiento astronómico y sus aportaciones, hasta las ideas actuales sobre el origen y el destino del Universo. Además de las conferencias impartidas por astrofísicos del IAC, el curso contó con sesiones de campo en Arqueoastronomía y prácticas de observación del cielo. Los profesores y el título de las charlas fueron los siguientes:

- "El mensaje de la luz" y "Los instrumentos del astrónomo: cómo ver más y mejor que el ojo humano". *C. Régulo (IAC)*
- "Las estrellas nacen, viven (I)", "El Sol, una estrella de película" y "... mueren y, finalmente, se reproducen (II)". *I. Rodríguez Hidalgo (IAC)*
- "500 años de Astronomía en 10 nombres" y "Astronomía y evolución cultural". *J.A. Belmonte (IAC)*
- "Introducción a la observación astronómica con telescopio de aficionado". *D. Martínez y P. Rodríguez (IAC)*
- "Vagabundos del cielo: meteoros y cometas" y "El Sistema Solar y otros sistemas planetarios". *L. Bellot (IAC)*
- "Más allá de la Vía Láctea" y "La creatividad del Universo". *I. García de La Rosa (IAC)*
- "Historia del Sol y el cambio climático" y "¿Hay alguien ahí? Búsqueda de inteligencia ET". *M. Vázquez (IAC)*

## V SEMANA ASTRONÓMICA DE GRAN CANARIA

Investigadores del IAC participaron en la V Semana Astronómica de Gran Canaria, organizada por la Agrupación Astronómica de Gran Canaria y el Cabildo Insular de esta isla, en la Casa Colón de La Palmas, del 6 al 10 de noviembre. Los profesores y el título de las charlas fueron los siguientes:

- "El universo en expansión". *C. Gutiérrez (IAC)*
- "Astrofísica de las galaxias". *A. Varela (IAC)*
- "Vida y muerte del cometa Linear S4". *M. Kidger (IAC)*
- "El destino de las estrellas". *R. Corradi (ING, La Palma)*

- "Heliosismología: una ventana hacia el interior del Sol". *C. Régulo (IAC)*
- "Enanas marrones y planetas extrasolares". *V. Sánchez Béjar (IAC)*
- "Starbursts: Hágase la luz". *C. Muñoz-Tuñón (IAC)*
- "Los grandes telescopios y el desarrollo de la astronomía". *José M. Rodríguez Espinosa (IAC)*
- "Estrellas supergigantes: un sendero al Universo". *A. Herrero (IAC)*
- "Observación cielo nocturno". *Agrupación Astronómica de Gran Canaria*

## CICLO "Un universo de cine"

Organizado por el Área de Cultura del Ayuntamiento de La Laguna con la colaboración de la becaria del IAC, N. Pinilla, se celebró en los Multicines Agüere de La Laguna (Tenerife), del 16 al 20 de octubre, un ciclo de cine y conferencias titulado "Un universo de cine", que contó con la participación de algunos miembros del IAC. Se proyectaron cinco películas de ciencia-ficción relacionadas con la Astronomía, seguidas de un debate introducido por una presentación a cargo de expertos sobre cada uno de los temas tratados. La relación de películas y temas fueron los siguientes:

- "Armageddon". Tema: impactos de meteoritos y periodismo científico. *H. Castañeda (UNAM, México) y C. del Puerto (IAC)*
- "Apolo XIII". Tema: la carrera espacial. *H. Castañeda (UNAM, México) y M. Kidger (IAC)*
- "2010, Odisea dos". Tema: la conquista del Sistema Solar. *H. Castañeda (UNAM, México) y J.A. Belmonte (IAC)*
- "Encuentros en la tercera fase". Tema: la creencia social en la visita de extraterrestres a la Tierra. *H. Castañeda (UNAM, México) y R. Campo Pérez*
- "Contact". Tema: la búsqueda de vida extraterrestre. *H. Castañeda (UNAM, México) y M. Vázquez (IAC)*

## IX EDICION DEL CURSO DE LA FUNDACION SANTA MARIA "El Universo y Yo"

Conscientes del enorme interés que despierta la Astronomía y de la importancia del papel educativo y social de una adecuada formación científica en este tema, sumado al éxito conseguido en cursos anteriores, la Fundación Santa María y el IAC organizaron la IX edición del Curso de Introducción a la Astrofísica para el Profesorado, "El Universo y Yo". El curso, coordinado por *Angel Gómez Roldán (IAC)* e impartido en su mayor parte por miembros del Instituto, tuvo lugar del 2 al 7 de julio, en el Hotel "Taburiente" de Santa Cruz de Tenerife. En él participaron unos 30 profesores de Enseñanza

# EXPOSICIONES

Secundaria previamente seleccionados por la Fundación Santa María. Según señaló en la presentación del curso *José Joaquín Cerezo*, Director de la Fundación Santa María, *"hay que gozar de la ciencia disfrutando del conocimiento, encontrándose con los sabios que logran y han logrado hacernos partícipes de su pensamiento". "El IAC, como centro investigador de vanguardia, no quiere acabar en sí mismo, quiere salir al exterior y pagar la deuda adquirida con la sociedad; y nada mejor para ello que formar a educadores y profesores en estas jornadas"*, añadió *Francisco Sánchez*, Director del IAC.

Además de las charlas, hubo sesiones de trabajo teórico/prácticas sobre los temas tratados cada día y su aplicabilidad en un aula de Enseñanza Secundaria, así como visitas al Observatorio del Teide y al Museo de la Ciencia y el Cosmos, en La Laguna.

Los profesores y el título de las conferencias fueron los siguientes:

- "Misterios Cósmicos: Cuestiones pendientes para la Astrofísica ante el siglo XXI". *A. Oscoz (IAC)*
- "Enanas marrones y planetas". *M.R. Zapatero Osorio (Caltech, EEUU)*
- "Eclipses y lluvias de estrellas: experiencias educativas". *M. Serra-Ricart (IAC)*
- "El Sol, una estrella de película". *I. Rodríguez Hidalgo (IAC)*
- "La búsqueda de vida en el Sistema Solar". *M. Vázquez (IAC)*
- "Astronomía y evolución cultural". *J.A. Belmonte (IAC)*
- "Cómo contar la Astronomía a la gente". *J.E. Armentia (Planetario de Pamplona - Sociedad para el Avance del Pensamiento Crítico)*
- "El nuevo Sistema Solar". *M. Kidger (IAC)*

## Participación de investigadores del IAC en la SEMANA EUROPEA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

El proyecto educativo "Leonidas'99" fue seleccionado por la Real Sociedad Española de Física en la fase nacional del programa FÍSICA EN ACCIÓN para participar en la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología, celebrada en el CERN (Ginebra), del 6 al 12 de noviembre de 2000. Este proyecto fue diseñado con el objetivo de involucrar a los estudiantes en una observación científica real, a través de la observación de la lluvia de meteoros de las Leónidas de 1999. David Martínez presentó en Ginebra los resultados científicos obtenidos por 1.500 estudiantes de Secundaria de toda España que participaron así como los resultados educativos.

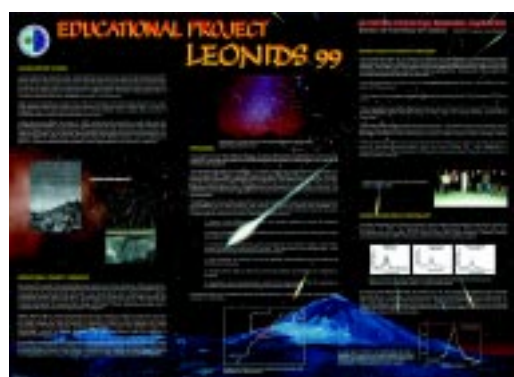
## Exposición "20 años de Astronomía en Canarias"

El 7 de abril, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos del Cabildo de Tenerife, se inauguró la Exposición "20 años de Astronomía en Canarias". Esta Exposición, organizada por el IAC, con la financiación de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), y por el Museo de la Ciencia y el Cosmos, del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, conmemora el vigésimo aniversario de la firma de los Acuerdos Internacionales en Materia de Astrofísica, que tuvo lugar en el Cabildo Insular de La Palma en 1979.

El Director del IAC, Francisco Sánchez, pronunció la conferencia titulada "Papel de Canarias en la Astrofísica del próximo siglo", que sirvió de introducción al acto de inauguración de esta exposición. En este acto estuvieron presentes, además de Francisco Sánchez, la Presidenta del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, Fidencia Iglesias, y el Director del Museo de la Ciencia y el Cosmos, Juan Antonio Belmonte.

Esta Exposición, que previamente estuvo durante dos meses en la isla de La Palma y que pretende ser itinerante por el resto de las Islas Canarias, muestra los pasos más importantes que ha seguido la observación del Universo desde los Observatorios Astrofísicos de Canarias y desde que en 1979 se firmaron los Acuerdos Internacionales de Astrofísica en Santa Cruz de la Palma.

La muestra ofrece a los visitantes la posibilidad de conocer, con más detalle, tanto las instalaciones telescópicas y la ciencia que se realiza con ellas, como la historia del IAC y sus Observatorios. Consta de unos 70 paneles gráficos informativos, 2 módulos interactivos, 2 maquetas de telescopios (una de ellas, del "Gran Telescopio Canarias"), fotografías murales y varios equipos informáticos con programas de divulgación científica.





## Exposición "CIELO, MAR Y TIERRA DE CANARIAS"

Coincidiendo con la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología y una serie de actos programados por toda Europa, el IAC, a través de su OTRI, con financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología y en colaboración con el Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, el Museo de la Ciencia y el Cosmos y CajaCanarias, organizó una Exposición bajo el título: "CIELO, MAR Y TIERRA DE CANARIAS", en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, del 6 al 11 de noviembre y que se prolongó hasta el 30 de noviembre. El programa, coordinado por Jesús Burgos Martín (IAC), en colaboración con el Gabinete de Dirección de este Instituto, y diseñado por Gotzon Cañada, incluyó exposición fotográfica, vídeos de nueva realización, talleres, conferencias y otras actividades de divulgación científica. El objetivo de la exposición era demostrar, a través de actividades y de proyectos atractivos, el éxito y la importancia de la Ciencia, de una manera accesible a todos los públicos.



La Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología forma parte de una amplia iniciativa de la Unión Europea cuyo fin es, en general, conseguir una mayor concienciación ciudadana en temas científicos y tecnológicos y, en particular, animar a los jóvenes a interesarse por la Ciencia, no sólo como futuros científicos o técnicos, sino también desde la perspectiva informativa.

La exposición pudo visitarse también dentro de la página Web del IAC, en la dirección <http://www.iac.es/gabinete/cielomarytierra/>. Además, el programa de radio "Canarias Innova", realizado por el IAC en colaboración con Radio Nacional de España en Canarias, emitió en directo un especial dedicado a esta exposición, titulado "Cielo, Mar y

Tierra de Canarias - Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología". El material de esta exposición ha iniciado ya su itinerancia por todas las islas, estando prevista para febrero del año 2001 su primera visita al Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología, de Las Palmas de Gran Canaria.

Durante la Exposición se dieron las siguientes conferencias:

- "El Cielo de los Magos y de los Majos: astronomía y cultura en las Islas Canarias". *J.A. Belmonte (IAC)*
- "Técnicas sencillas y seguras para la observación solar" y "El cielo a tu alcance". *M.C. Díaz Sosa*
- "La Aventura de la Ciencia", "Últimos eclipses del milenio", "SHELIOS 2000. La aventura de las Auroras Boreales" y "Aventura y Ciencia". *M. Serra-Ricart (IAC/Shelios)*
- "Caídos del cielo". *L. Bellot (IAC)*
- "Más allá de la Vía Láctea". *I. García de la Rosa (IAC)*
- "El futuro del Sol y de su conocimiento". *I. Rodríguez Hidalgo (IAC)*
- "Fotografía y Pensamiento". Debate a cargo de *J.C. Mesa y C.A. Schwartz*
- "Viaje a la luz". *Agrupación Astronómica de Tenerife*
- "Fondos marinos de Canarias". *C. Perales (Centro Oceanográfico de Canarias/IEO)*
- "El volcanismo canario". *J.C. Carracedo*

## Exposición "La tierra de las estrellas"

El IAC participó en la exposición "La tierra de las estrellas", en el marco del foro bianual "Millenium. Encuentros con la imagen". La exposición, celebrada a lo largo de los meses de octubre y noviembre y que tuvo como sedes el Museo de la Ciencia y el Cosmos y la Ermita de San Miguel, en La Laguna (Tenerife), y el Museo de Historia de Tenerife y la sede central de CajaCanarias, en Santa Cruz de Tenerife, fue organizada por la Asociación para la Difusión de la Fotografía (ADF). Entre las actividades realizadas dentro de este foro de debate en torno a la imagen hubo exposiciones, debates, proyecciones de audiovisuales y conferencias. La relación de conferencias y proyecciones es la siguiente:

- "La aventura de la Ciencia". *M. Serra Ricart (IAC/Shelios)*
- "Más allá de la Vía Láctea". *I. García de la Rosa (IAC)*
- "Viaje a la luz". Audiovisual, a cargo de la *Agrupación Astronómica de Tenerife*

## Exposición "33 preguntas sobre el calendario"



Como celebración del cambio de milenio, el 1 de enero de 2001, y el año 2000 como año internacional de las Matemáticas, el Museo de la Ciencia y el Cosmos organizó la exposición "33 preguntas sobre el calendario", que contó con la colaboración del IAC.

### Otras exposiciones y actividades

El IAC ha participado con material expositivo:

- En el Pabellón de España (apartado "La Isla de La Palma: Mirar el cielo, salvar la Tierra") en la Exposición Universal de Hannover (Alemania), inaugurada en el mes de mayo.

- En la I Feria de la Astronomía Escolar, organizada en el IES "Viera y Clavijo", de La Laguna, el pasado mes de junio. Los alumnos hicieron una presentación de la exposición al Director del IAC, Francisco Sánchez.

### "CANARIAS INNOVA" en Radio Nacional de España en Canarias, Radio 1

El domingo 2 de julio, a las 12:10 horas, comenzó una nueva edición de CANARIAS INNOVA, un programa radiofónico que emite semanalmente Radio Nacional de España en Canarias (Radio 1), dirigido por la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) del IAC. Este programa pretende acercar al oyente la ciencia y la tecnología, especialmente de las Islas, de una forma rigurosa y amena. Aun tratándose de una iniciativa del IAC, en este espacio radiofónico tienen cabida todas las áreas de conocimiento. Asimismo, CANARIAS INNOVA pretende captar la atención de los empresarios de Canarias interesados en la investigación, la tecnología y la innovación.

A través de CANARIAS INNOVA, el oyente puede estar informado sobre la actualidad científico-tecnológica, conocer las últimas convocatorias tanto de ayudas I+D como de becas y descubrir curiosidades astronómicas. También puede hacer llegar sus dudas a un número de teléfono con funcionamiento las 24 horas del día, durante todo el año.

Esta iniciativa aprovecha la enorme difusión de la radio, y en particular la de Radio Nacional de España, para acercar al gran público el mundo de la ciencia y la tecnología.

CANARIAS INNOVA persigue abrirse un hueco como programa informativo en cuanto a la divulgación científica se refiere, al igual que contar con una participación activa de los oyentes, de manera que el programa cumpla con las expectativas por todos deseadas.

Más información e imágenes en: [http://www.iac.es/otri/rne/radio\\_me.htm](http://www.iac.es/otri/rne/radio_me.htm)

## OTRAS NOTICIAS

### Francisco Sánchez, Director del IAC, da nombre al Aula de Ciencias del IES de Santa Brígida de Gran Canaria

El IES de Santa Brígida (Gran Canaria), dentro de un proyecto de centro que incluye la exposición permanente titulada "Aulario Premios Canarias", ha decidido cambiar la denominación numérica de sus aulas por el nombre de personas que, por su trayectoria profesional y humana, han merecido el honor de ser galardonadas con el Premio Canarias en sus diferentes modalidades. Una de ellas es desde el mes de diciembre el "Aula de Ciencias Francisco Sánchez", en honor del Director del IAC, Premio Canarias 1996.

### Pacto Social por la Ciencia y la Tecnología

Francisco Sánchez, Director del IAC, ha sido uno de los redactores del texto del Pacto Social por la Ciencia y la Tecnología, manifiesto en el que se expresa la preocupación por el retraso científico y tecnológico del país. El Pacto ha sido suscrito por numerosos investigadores.

### Estancia en el IAC de los jóvenes premiados por la Comisión Europea

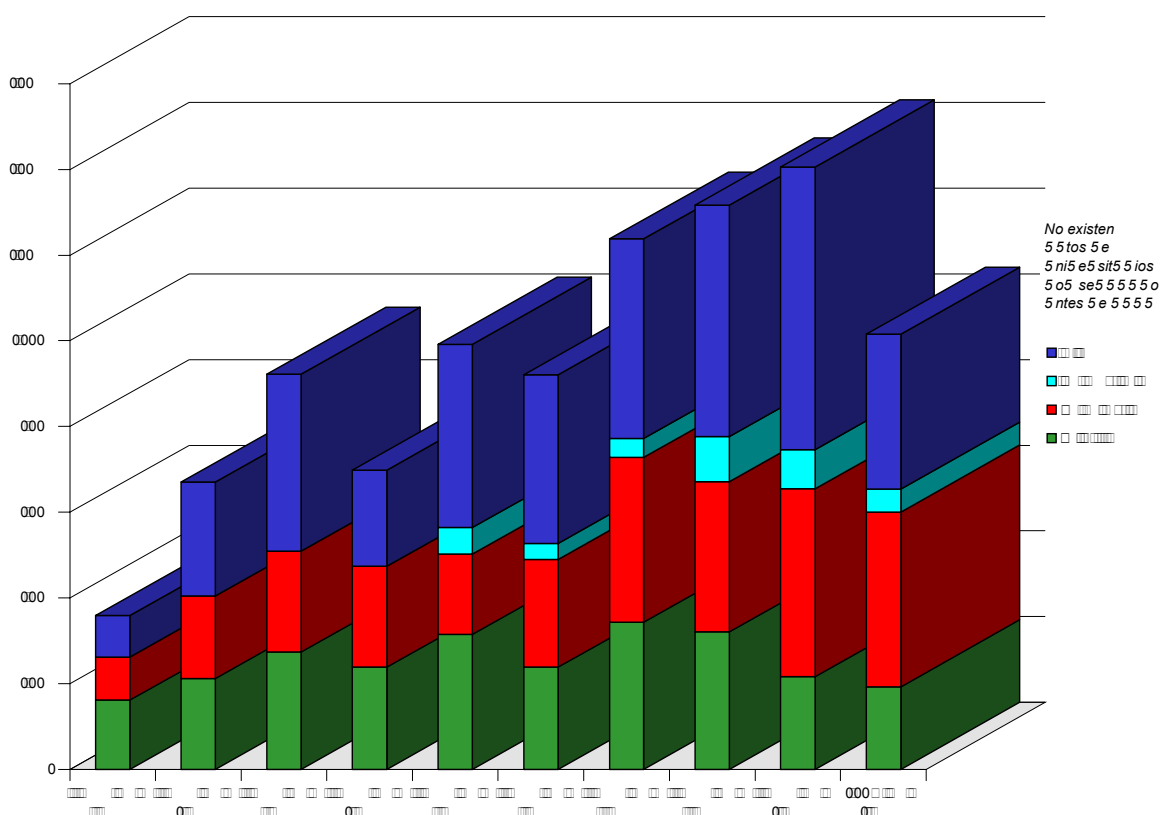
La XI edición de los premios para jóvenes científicos convocados por la Comisión Europea (*EU Contest for Young Scientists*) como parte del programa de potencial humano (*Improving Human Potential Programme*), celebrada en el verano de 1999 en Salónica (Grecia), recayó sobre tres estudiantes islandeses de Rejkjavik (P. Mested, S. Guðmuddsson y T. Þorgeirsson). Los jóvenes (dos estudiantes de Física y uno de Ingeniería Electrónica), recibieron el premio especial del jurado para participar en proyectos organizados por el ENO (European Northern Observatory) por lo que disfrutaron de dos semanas de estancia en el IAC a lo largo del mes de julio. Durante su permanencia en el Instituto, tuvieron contacto con diferentes

proyectos de investigación astrofísica del IAC, así como con las actividades de divulgación de los conocimientos astronómicos y la construcción de instrumentación para la observación astrofísica que se realiza en el centro. Visitaron además los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos.



## VISITAS ORGANIZADAS A LAS INSTALACIONES DEL IAC

En el año 2000 visitaron el IAC un total de 10.158 personas entre alumnos de diferentes centros de enseñanza, participantes en congresos, equipos de filmación y particulares. El Observatorio del Teide recibió 4.571 visitantes y el del Roque de los Muchachos, 5.490, de los cuales 3.620 visitaron este observatorio durante las jornadas de puertas abiertas celebradas en verano. La propia sede del IAC, el Instituto de Astrofísica, recibió 97 visitantes.



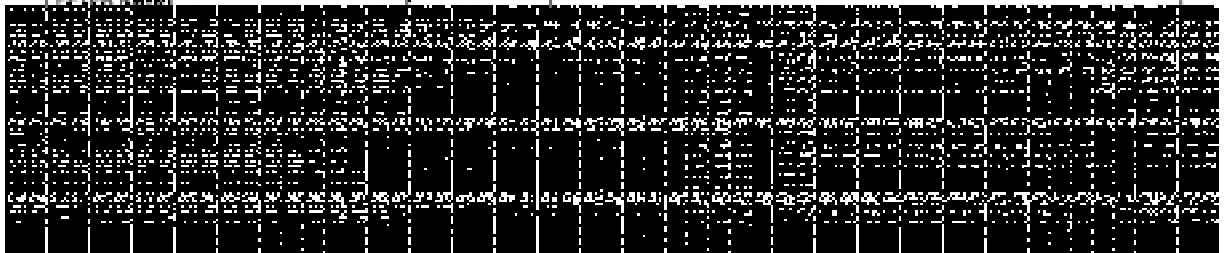
*La disminución del número de visitantes en las JJPPAA con respecto a años anteriores se debió a la necesidad de suspender una de las Jornadas, por motivos de seguridad, debido al incendio que tuvo lugar en la isla de La Palma en el mes de junio.*

# VISITANTES

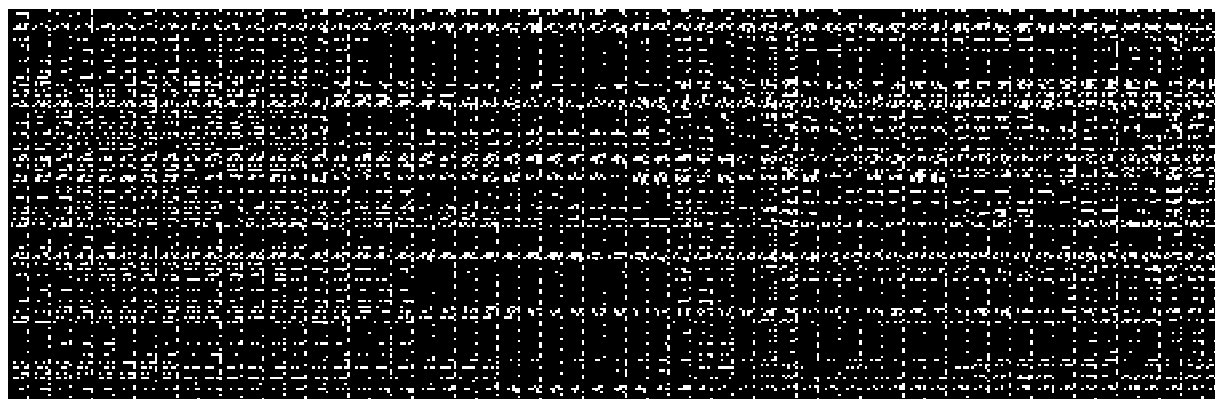
El IAC y sus Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos constituyen un obligado punto de encuentro de la comunidad astronómica internacional y, por ello, anualmente reciben visitas de científicos (también de ingenieros y técnicos) procedentes de todo el mundo. Muchos de ellos vienen a observar 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. Todos los años se celebran, además, varias reuniones científicas, a las que acuden cientos de participantes, de modo que el número de visitas se incrementa notoriamente. 2000 fue un año de gran actividad en este aspecto.

NOMBRE	FECHA	PROCEDENCIA
--------	-------	-------------

FRANCO GIOVANNELLI	18/2-4/3	Inst. de Astrofísica Especial (Italia)
ANA ULLA	23-25/2 13-17/5	Univ. de Vigo
STEFAN STANGL	25/2-10/3	Univ. de Graz (Austria)
IVAN DOROTOVIC	7-14/4	Slovak Central Obs. (Eslovaquia)
JOACHIM PULS	23-30/3	Univ. de Munich (Alemania)
ROSA M. GONZALEZ	23/3-1/4	IAA, Granada
STEVE SERJEANT APRAJITA VERMA	1-5/3	Imperial College, Univ. de Londres (Reino Unido)
DAVID ROBERTSON	8-10/3	Univ. de Durham (Reino Unido)
LUKA C. POPOVIC	13-27/3	Obs. de Belgrado (Yugoslavia)
RICHARD DAVIES	15-17/3	Obs. de Jodrell Bank, Univ. de Manchester (Reino Unido)
ROMANO CORRADI	18-21/3	ING (La Palma)
JUAN C. HEREDERO	20-23/3	INTA (Madrid)
JOSE CERNICHARO	21/3-1/4	Inst. de Estructura Materia (Madrid)
CAMPBELL WARDEN	9-13/4	DG XII Bruselas (Bélgica)
EDUARDO SIMONNEAU	10-17/4 17-25/4	Inst. de Astrofísica de Paris (Francia)
DAVID J. ROBERTSON	12-20/4	Univ. de Durham (Reino Unido)
CARL FREDICK WESTIN PETER BATAI	19-25/4	Harvard Medical School (EEUU)



LUISA SUAREZ	6-14/6	Univ. de La Coruña
G.W. JONES	10-13/6	Imperial College, Univ. de Londres (Reino Unido)
NATASHA SHCHUKINA	12/6-5/7	Obs. Astronómico de Kiev (Ucrania)
MEIR SEMEL	12-22/6	Obs. de Paris (Francia)
JACQUES DELLABROUVILLE	20-25/6	College de Francia, Paris (Francia)
INO SAVIANE	26/6-3/7	Obs. de Padua (Italia)
NADEGE MEUNIER	28-29/6	Obs. Midi-Pyrenees (Francia)
ENRICO V. HELD	29/6-1/7	Obs. de Padua (Italia)
WALTER KOPROLIN	1-15/7	Univ. de Viena (Austria)
CHRIS PACKHAM	2-4/7	ORM (La Palma)
FRANZ KERSCHBAUM	5-7/7	Univ. de Viena (Austria)
WANG JINGXU	5-7/7 13-14/7	Univ. Tsing-Hua (Taiwan)
APRAJITA VERMA	5-13/7 - 27-28/7	Imperial College, Univ. de Londres (Reino Unido)
KINACIO GLEZ	6-13/7	Univ. de Cantabria
EMILIO HARLAFTIS	25-29/7	Obs. Nacional de Atenas (Grecia)
FREDERIC BAUDIN	9-24/9	Inst. de Astrofísica de Paris (Francia)
KOSTAS TZIOTZIOU	15-22/8 2-5/10	Obs. de Paris (Francia)



<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>PROCEDENCIA</b>
NATASHA SCHUKINA	23/10-1/11	Obs. Astronómico de Kiev (Ucrania)
ANGELA GARDINI	25-27/10 16-17/12	TESRE, Bolonia (Italia)
ENRICO V. HELD	27-29/10	Obs. de Padua (Italia)
WILLEM DEINZER	29/10-11/11	Univ. de Göttingen (Alemania)
CLAUDIA HOEGEMANN	4-19/11	Obs. de Lyon (Francia)
BEATRIZ SANCHEZ	8-10/11 29/11-1/12	Compañía IBERIA (Madrid)
RICHARD MULLER	12-19/11	Obs. Pic du Midi (Francia)
JACQUES MOITY	15-19/11	Obs. Pic du Midi (Francia)
ROB SWATERS	20-22/11	Carnegie Inst. Washington (EEUU)
FELIX MIRABEL	21-25/11	SACLAY, Paris (Francia)
RAMON CANAL		Univ. de Barcelona
J. MARTIN PINTADO		Obs. Astronómico Nacional (Madrid)
ETIENNE VOGT	27-30/11	Obs. de Capodimonte (Italia)
SALVADOR CUEVAS	28-30/11	UNAM (México)
SALVADOR BARRA VÍÑA		Univ. de Santiago de Compostela
CHRISTO SOLOMON		Univ. de Kent (Reino Unido)
CARLOS ESPEJO	28/11-1/12	IA-UNAM (México)
YAKIV PAVLENKO	29/11-19/12	Obs. Astronómico de Kiev (Ucrania)
EMESE FORGÁCS DAJKA	2-3/12- 8-9/12	Univ. de Budapest (Hungria)
JUHO SCHULTZ	8-10/12	Univ. de Helsinki (Finlandia)

## Y ADEMÁS

Aparte de científicos, ingenieros y técnicos, el IAC y sus Observatorios también reciben otro tipo de visitas institucionales y con fines diversos, algunas de las cuales se destacan a continuación:

D. RAFAEL TING		GOBIERNO DE LAS ILAS DE CANARIAS (CON INSTITUTO DE LAS ISLAS Y CANARIAS)
D. ADAN MARTIN		Vicepresidente del Gobierno Autónomo de Canarias
Consejería de Transportes del Cabildo de Tenerife	17/4	
Fundación Centro de Tecnologías Aeronáuticas	25/4	
D. MANUEL LOPEZ D. RAFAEL RIVAS	9/5	Subdirector de Programas Industriales Ministerio de Ciencia y Tecnología Asesor Ministerio de Ciencia y Tecnología
PROF. SAMUEL TING D. MANUEL AGUILAR BENITEZ DE LUGO	15/5	Premio Nobel de Física (CERN) Subdirector General del CIEMAT
D. RAMON MARIMON SUÑOL	14/7	Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia y Tecnología
Miembros del Consejo Rector del IAC	16/7	
D. RUPPERCHT PALASHMICK	15/8	
General Jefe del Mando y Zona de Canarias y otras autoridades militares	Octubre	

# ORGANIZACION Y RECURSOS HUMANOS

**A. Ruigómez**  
**M. Amate, L. Manadé, N. García.**

## PROYECTO CAIAC

En el segundo semestre del año se abordaron las verificaciones internas de los procedimientos del Proyecto CAIAC, y las acciones correctoras correspondientes, así como el seguimiento de todos los Planes de mejora, con lo que ambos caminos quedan integrados en un mismo proyecto.

### Auditorias de Procedimientos de Gestión:

- Producción (Area de Instrumentación)
- Observatorio del Teide OT
- Servicios Informáticos
- Biblioteca
- Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación OTRI
- Observatorio del Roque de los Muchachos ORM
- Gabinete de Dirección
- Area de Instrumentación

Han continuado incrementándose los procedimientos de gestión, que serán verificados en el año 2001, a fin de ver su posible simplificación y mejora. Todos estos procedimientos están disponibles en la Intranet del IAC, junto con sus plantillas y formularios.

### Los procedimientos de gestión han pasado de 21 a 28:

Dirección	3
Gabinete de Dirección	4
Administración de Servicios Generales	8
Servicios Informáticos	4
Biblioteca	1
Area de Instrumentación	6
OTRI	2

MEMORIA  
2000 IAC

176

Se creo la herramienta informática para la elaboración y seguimiento de los Planes de Actuación del IAC, al objeto de que en 2001, los mismos puedan elaborarse y seguir su cumplimiento a través de la Web interna del IAC.

Destacar que:

- Certificación del Gestor de Calidad por el CERPER. M. Amate superó las pruebas para obtener la certificación a nivel europeo según la EOQ (European Organization for Quality) como Gestor de Calidad.

- Curso de evaluadores EFQM en la Administración Pública, impartido por el Club de Calidad y organizado por la INSCAL (MAP). L. Manadé y A. Ruigómez fueron designados para participar en el curso.

- El IAC se ha presentado al premio a las mejores prácticas administrativas (Orden de 25 de enero de 2000, BOE núm.33), presentando una memoria en la cual se desarrolla la implantación del Proyecto CAIAC (Calidad en el IAC), desde sus inicios mediante un autodiagnóstico conforme a las normas ISO 9000, a la reciente implantación del modelo europeo.

- L. Manadé y A. Ruigómez, fueron convocados por la INSCAL (MAP) para participar como evaluadores en los premios a la Calidad en la Administración general del Estado.

### Comunicación Interna

El año 2000 fue un año importante para la consolidación de la Intranet del IAC. Hasta entonces existían varias páginas internas. En 2000 se unifica la entrada común, creándose la Página Interna del IAC, a través de la cual se puede acceder a las diferentes páginas (Biblioteca, OTRI, OTRPC, etc.)



Esta página inicial se estructura en tres columnas y una cabecera: En la cabecera se encuentra el acceso a las páginas de las Areas de Investigación, Enseñanza e Instrumentación, a la página externa del IAC, así como a enlaces de atención al usuario (quejas y sugerencias, CAU de los Servicios Informáticos Comunes y proyecto CAIAC).

En la columna de la izquierda el usuario puede acceder a las actualizaciones de la Web así como a un apartado de varios (tiempo, normas para visitar los observatorios y el IAC, calendario laboral, noticias de divulgación, del Gran Telescopio Canarias, etc).



En la columna de la derecha están los enlaces a otros servicios del IAC (Servicios Informáticos, Biblioteca, OTPC, OTRI, etc.) así como enlaces de información (actas de los diversos comités del IAC, normativa interna y legislación, Plan de actuación del IAC, lista de proyectos, formularios para diversas solicitudes, plan de acción social, formación continua, etc.)

La columna central es un pequeño espacio de noticias internas del IAC, nuestro ¿Oh, qué pasó?, donde diariamente se van poniendo flashes de noticias referentes a la actividad diaria del centro, en el año 2000 se publicaron 375 noticias.



Como efecto conexo a las autoevaluaciones EFQM se ha logrado cumplir otro de los objetivos del Plan de Actuación: el desarrollo de la Comunicación Interna y que muestran los siguientes datos: Casi todos los Planes de mejora han propuesto y acordado:

- Reuniones semanales de la unidad para la organización y planificación del trabajo.

- Abrir cauces para que las personas puedan sugerir mejoras con garantías de tramitación, así como encuestas de satisfacción del usuario interno.

Sugerencias recibidas:

Año	Resueltas	En trámite
1998	5	1
1999	7	3
2000	14	2

## Implantación del Modelo Europeo de Gestión de la Calidad (EFQM)

El Comité de Dirección 6/00 aprobó el proyecto de implantación del Modelo Europeo de gestión de la Calidad (EFQM) y cuyo objetivo principal fue el acercamiento del modelo al mayor número de personas y unidades posibles, y que cada unidad autoevaluada realizara un Plan de mejora para el año.

Herramienta: realización del informe de la unidad según el modelo europeo de gestión de la Calidad.

Conforme al proyecto, 18 unidades han realizado la autoevaluación según dicho modelo y elaborado su correspondiente Plan de Mejora para el año en curso. Con ello se ha logrado cumplir el objetivo marcado:

- Han participado directamente unas 90 personas en la autoevaluación de su unidad y la propuesta de un Plan de mejora con acciones concretas.

- Se puede constatar que se ha conseguido otro objetivo, no fijado inicialmente, pero si esperado: ha supuesto un ejercicio espléndido de comunicación (ascendente, descendente y horizontal) y de participación e implicación de las personas en la gestión y mejora continua de sus respectivas unidades.

Autoevaluaciones EFQM	18
Planes de Mejora	18
Seguimientos a mes de julio	9
Revisiones a mes de noviembre	16
Encuesta comunicación interna	1

## FORMACION CONTINUA

La Comisión Paritaria de Formación Continua se reunió en 5 ocasiones.

Se impartieron los siguientes cursos que sumaron un total de 160 horas a los que asistieron 99 personas del IAC.

- Acces
- Word
- Paquete Office
- Estilo y Lenguaje Administrativo
- Gestión del presupuesto
- Técnicas para hablar en público
- Elaboración de un Plan de formación
- Gestión de procesos

## **ACCION SOCIAL**

La Comisión Paritaria de Acción Social se reunió en 9 ocasiones.

En total de ayudas válidas solicitadas por el personal del IAC fueron de 264, habiéndose concedido ayudas por importe total de 5.359.834 Ptas.

Se concedieron ayudas para:

- Préstamos
- Seguro de Accidentes
- Guardería/ciclo infantil
- Material escolar
- Matrimonio
- Nacimientos
- Ayuda médica-óptica
- Ayuda médica para tratamientos específicos (calzado ortopédico, audífonos y correctores bucodentales)
- Ayuda para familiares mayores de 70 años dependientes del trabajador
- Estudios universitarios y formación profesional

## **CONCIERTOS ESPECIFICOS DE COLABORACION PARA LA FORMACION EN CENTROS DE TRABAJO**

Se cumple el séptimo año consecutivo de estos Conciertos de Colaboración. Durante el año 2000 se suscribieron 3 conciertos específicos para la formación en centros de trabajo, que posibilitaron que tres estudiantes realizarán su periodo de prácticas en el IAC.

- Taller de Mecánica: J.J. Martín Alberto, del IES "Oscar Domínguez" de Tacoronte y B. Ramos Darias, de la Escuela Profesional Salesiana "San Juan Bosco".

- Gabinete de Delineación Técnica: R. Hernández Valiñas, del IES de Geneto, La Laguna.

## **CONVENIO COLECTIVO**

Durante el año 2000 se procedió a la negociación de un nuevo Convenio Colectivo. A 31 de diciembre está pendiente de su publicación en el Boletín Oficial de la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

La Comisión negociadora se reunió en 9 ocasiones. Como dato principal del nuevo convenio, destacar que, manteniendo las peculiaridades del IAC, se ha ido a un acercamiento de su articulado al Convenio Unico para la Administración Pública, el cual ha sido la referencia básica de la negociación.



---

## **BIBLIOTECA**

**Documentalista/Encargada**

Monique María Gómez (CLT)

**Gestión Administrativa**

Lourdes Abellán García (CLT)

Antonio J. Bacallado Abreu (CL)

---

## **SERVICIOS INFORMATICOS COMUNES (SIC)**

**Jefe**

Jesús Jiménez Fuensalida (PO)

**Secretaría**

M. Adela Rivas Fortuny (CLT)

## AREA DE INVESTIGACION

---

### Coordinador

\* Pere Lluís Pallé Manzano (PO)

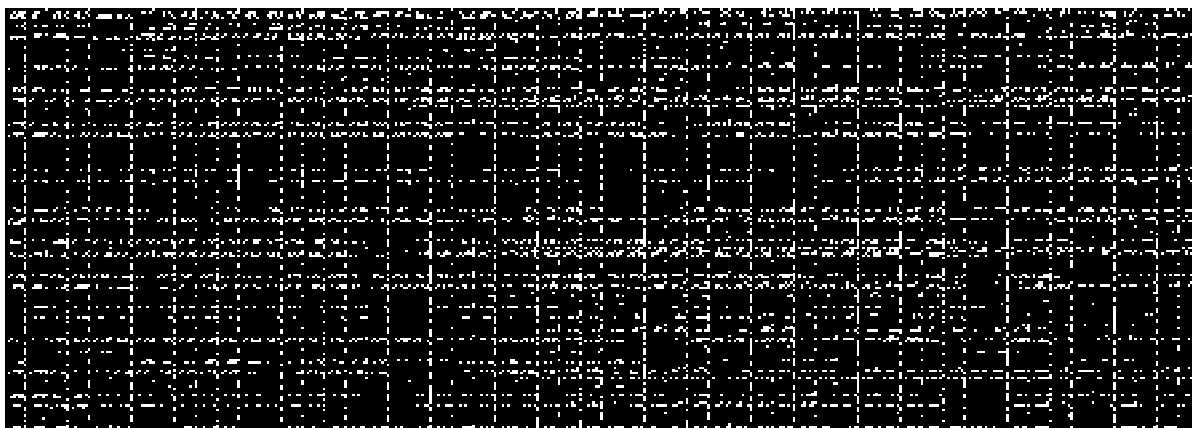
### Secretaría del Area

Judith de Araoz Vigil (CL)  
Eva Patricia Bejarano Padrón (CLT)  
Tatiana Cecilia Karthaus Londo (CL)

### Responsable del SIE

Reinhold Kroll (CLT)

### Servicio MultiMedia (SMM)



Dario Fadda (V)  
Gabriel Gómez Velarde (CLT)  
Alister Graham (CLT)  
Yves R. Grosdidier (CLT)  
Carlos M. Gutiérrez de la Cruz (CLT)  
Claudia Höegemann (V)  
Jorge Iglesias Páramo (CLT)  
Garik Israelian (CLT)

Klaus Gerhard Puschman (V)  
Denise Rocha Gonçalves (V)  
José Manuel Rodríguez Ramos (CLT)  
Alfredo Rosenberg González (CLT)  
Tariq Shabaz (V)  
Pedro J. Sosa Molina (V)  
Juan Carlos Vega Beltrán (CLT)  
Anthony Robert Watson (V)

**Profesores visitantes**

Lucio Crivellari (V)

**Proyecto DIMM**

Antonia M. Varela Pérez (CLT)

**Colaboradores**

Albar García de Gurtubay (CLT)

Angel Alonso Sánchez (V)  
Luz Marina Cairós Barreto (V)  
Xavier Calbet Alvarez (V)  
Emilio Casuso Romate (V)  
Romano Corradi (V)  
Hans Deeg (V)  
Antonio Eff-Darwich Peña (V)  
M. Peña Fabiani Bendicho (V)

Begoña García Lorenzo (V)  
Ricardo Génova Galván (V)  
Mario M. Hernández Corujo (V)  
Inés Márquez Rodríguez (V)  
Isabel Martín Mateos (V)  
Enrique Santolaya Rey (V)  
Inmaculada Vidal Silvestre (V)



INGENIERO EN INGENIERIA EN SISTEMAS DE INGENIERIA (CLT)  
**José Javier Díaz García (CL)**  
**Fernando Gano Rodríguez (CLT)**

INGENIERO EN SISTEMAS DE INGENIERIA (CLT)  
**Teodora A. Viera Curbelo (CLT)**



**MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL**

**Jefe**

Emilio J. Cadavid Delgado (CLT)

**Técnicos**

Pedro A. Ayala Esteban (CLT)  
Jesús E. García Velázquez (CLT)  
José Julio González Nóbrega (CL)

John Anthony Morrison Price (CL)  
Vicente Saavedra González (CLT)  
Manuel Luis Verde Pontejo (CLT)

**DELINEACION TECNICA**

**Jefe**

Abelardo Díaz Torres (CL)

**OFICINA TECNICA PARA LA PROTECCION  
DE LA CALIDAD DEL CIELO**

**Jefe**

Francisco Javier Díaz Castro (CLT)

**Técnico**

J. Federico de la Paz Gómez (CLT)

**GERENCIA ADMINISTRATIVA**

Luisa Margarita Avila Miranda (CL)

**Contabilidad**

Ruth Fernández Ribera (CLT)

Sonia Fumero de Sande (CLT)

Carmen Aloys García Suárez (CLT)

M. José González Díaz (CLT)

Dionisio Pérez de la Rosa (CL)

Dolores F. Sánchez González (CLT)

Ricardo Viñoly Abreu (CLT)

Carmen Yolanda Zamora Expósito (CLT)

**Caja**

Lydia de Araoz Vigil (CL)

José M. Rodríguez Acosta (CLT)

**Personal**

L. Olivia Hernández Tadeo (CL)

Ana M. Lamata Martínez (CLT)

**Compras/Inventario**

Otilia de la Rosa Yanes (CL)

A. Delia García Méndez (CLT)

**Dietas/viajes**

M. del Carmen De Luca López (CL)

**Mecanografía**

Nieves S. García Pérez (CL)

**GERENCIA OPERACIONAL**

Juan Ruiz Agüí (CL)

**Mantenimiento General**

Ramón Hernández Mendoza (CL)

Sergio Medina Morales (CL)

**Delineación General**

\* Ramón Castro Carballo (CSIC)

**Telefonista/Recepcionista**

M. Estrella Azeite Castro (CL)



Ana Luisa Lozano Pérez (CLT))

Nieves Gloria Pérez Pérez (CLT)

**Mantenimiento**

Joaquín Arce Costa (CL)

Jorge Gmelch Ramos (CLT)

**Conductor**

José Adolfo Hernández Sánchez (CLT)

# DISTRIBUCION Y PROCEDENCIA DEL PERSONAL DEL IAC

(a 31-12-2000)

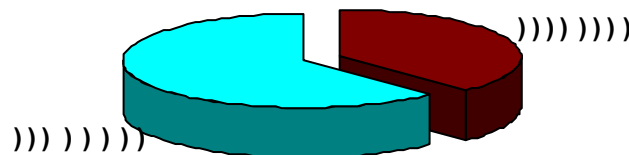
	PO	CL	CLT	UL	CSIC	AR	V	TOTAL
<b>Astrofísicos</b>	11	-	23	22	4	-	25	<b>85</b>
<b>Técnicos</b>	2	47	51	-	1	-	8	<b>109</b>
<b>Administrativos</b>	1	25	27	-	-	-	-	<b>53</b>
<b>Doctorandos</b>	-	-	-	-	-	24	23	<b>47</b>
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>72</b>	<b>101</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>56</b>	<b>294</b>

	PO	UL	CSIC	OTROS	TOTAL
<b>PERSONAL FUNCIONARIO*</b>	14	20	5	1	<b>40</b>
<b>PERSONAL NO FUNCIONARIO</b>	-	2	-	252	<b>254</b>
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>253</b>	<b>294</b>

\* = Personal Funcionario  
 PO = Plantilla Orgánica del IAC  
 CL = Contrato Laboral  
 CLT = Contrato Laboral Temporal  
 UL = Universidad de La Laguna  
 CSIC = Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
 AR = Astrofísicos Residentes  
 V = Varios (becas, colaboradores, etc.)

**PERSONAL FIJO** 111  
**PERSONAL TEMPORAL** 183  
**TOTAL** 294

## PERSONAL DEL IAC ) O) AL ) )



■ Personal Fijo   ■ Personal Temporal



# DIRECCIONES Y TELEFONOS

## OBSERVATORIO DEL TEIDE (TENERIFE)

Instituto de Astrofísica de Canarias  
C/ Vía Láctea s/n  
E-38200 LALAGUNA - TENERIFE  
ESPAÑA  
Teléfono: (34)922-329100  
Fax: (34)922-329117  
E-mail:teide@ot.iac.es

WWWHome Page:<http://www.iac.es/ot/indice.html>



## OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (LA PALMA)

Apartado de Correos 303  
E-38700 S/C DE LA PALMA  
ESPAÑA  
Teléfono: (34)922-405500  
Fax: (34)922-405501  
E-mail:adminorm@orm.iac.es

WWWHome Page:<http://www.iac.es/gabinete/orm/orm.htm>



MEMORIA  
2000 IAC

190

## INSTITUTO DE ASTROFISICA DE CANARIAS (IAC)

C/ Vía Láctea s/n  
E-38200 LALAGUNA - TENERIFE  
ESPAÑA  
Teléfono: (34)922-605200  
Fax: (34)922-605210  
E-mail:postmaster@ll.iac.es  
WWW Home Page:<http://www.iac.es>  
Sala de vídeo-conferencias





