



# Boletín Informativo

Sociedad  
Española de  
Astronomía

Número 7, julio 1997

## Contenidos

Reuniones científicas y conferencias	2
ABEL, una cámara y espectrómetro de grismas de 1 a 5 micras para el TCS	3
LIRIS	5
Andanzas y situación en relación con la entrada de España en ESO	8
El Archivo Final del International Ultraviolet Explorer	9
MINISAT 01	10
EURD	10
LEGRI	12
El "MILLIMETER ARRAY" <sup>1</sup>	14
El estado actual de Planck Surveyor Mission	17
Tesis doctorales	19
Josep M. <sup>a</sup> Massaguer Navarro (1946–1996)	20

## Editores

Benjamín Montesinos,      Xavier Barcons,  
bmm@laeff.esa.es      barcons@ifca.unican.es

Xavier Luri,      Ignasi Ribas,  
xluri@mizar.am.ub.es      iribas@mizar.am.ub.es

## Sociedad Española de Astronomía

<http://sea.am.ub.es>

Comisión de Información  
cinfo@sea.am.ub.es

## Editorial

Hace casi un año que celebramos la segunda Reunión Científica (y la Asamblea General Ordinaria de 1996) de la SEA en San Sebastián. Además de lo mucho que conocimos y aprendimos de los más recientes doctorados (algo que interesará sin duda repetir en el futuro), la Reunión Científica dedicó una parte importante de sus sesiones a presentar algunos de los proyectos de equipamientos e instrumentación (presentes y futuros) que permitirán que la Astronomía Española se desarrolle adecuadamente. El enorme interés que despertó entre los miembros de la SEA el estar al día en el desarrollo de dichos proyectos en todo el rango del espectro electromagnético, nos ha motivado a intentar hacer, en este número, un seguimiento de aquellos y otros proyectos que pueden ser decisivos para el presente y el futuro de esta Ciencia en España.

Por consiguiente, y de forma casi monográfica, en este número hemos intentado recoger las contribuciones de las personas más relevantes involucradas en los distintos proyectos, a fin que se conozca el estado

actual de los mismos. En este último año ha habido muchos avances en algunos de esos proyectos, lo que justifica plenamente el haber intentado presentar este compendio. Vaya nuestro más cordial agradecimiento a las personas que han querido colaborar a esta difusión de una información que a todos nos interesa, y que lo han hecho en un muy corto plazo de tiempo. Nos hubiera gustado poder incluir contribuciones acerca de otros proyectos a cuyos responsables también hemos contactado, pero entendemos que por cuestiones de tiempo o del propio desarrollo de los distintos instrumentos no haya sido este el momento más oportuno para algunos de ellos. A algunas de las personas a las que hemos solicitado una contribución nos han pedido un retraso hasta el próximo Boletín en el que intentaremos recoger lo que falta aquí.

Con la cautela necesaria que viene derivada de la incompletitud de lo que aquí se presenta, esperamos que este número sirva para difundir una información que a veces por no fluir suficientemente bien crea malentendidos.

---

## Reuniones científicas y conferencias

### *Conferencia Científica en Sevilla*

Como ya sabréis, a través de la información que habéis recibido, bien por correo ordinario, bien a través de la lista de distribución de noticias de la SEA, entre los días 11 y 14 de noviembre se celebrará en Sevilla una conferencia científica bajo el título 'Ultraviolet Astrophysics beyond the IUE Final Archive'. Aprovechando esta circunstancia, la SEA celebrará, también en Sevilla, el lunes día 10 de noviembre, su Asamblea General ordinaria, para la que recibiréis una invitación formal de nuestro Secretario.

La SEA es una de las entidades organizadoras de esta conferencia, junto con la European Space Agency (ESA), European Astronomical Society (EAS), National Agency for Space Administration (NASA) y Particle Physics and Astronomy Research Council (PPARC). Podeis encontrar información en la pagina WWW de la SEA

<http://sea.am.ub.es>

dedicada a las novedades en Congresos y Conferencias o bien en

<http://www.vilspa.esa.es/iue/IUEconf.html>

donde se dan las indicaciones precisas acerca de cómo proceder a registrarse, así como del estatus actual del programa científico.

El Congreso se celebra como final de la colaboración NASA-ESA-PPARC en el proyecto International Ultraviolet Explorer (IUE), una de las misiones con más éxito de toda la era de la astrofísica espacial. El satélite IUE ha dejado una herencia de 104471 observaciones espectroscópicas de todo tipo de objetos astronómicos. En el Congreso se presentarán todos aquellos problemas que han sido resueltos o abiertos para su estudio, durante los más de 18 años de vida del satélite.

*Benjamín Montesinos, en nombre del Comité Local Organizador* bmm@laeff.esa.es

### *III Reunión Científica de la SEA*

La Comisión Científica de la SEA ha comenzado ya a organizar la que será la III Reunión Científica de nuestra Sociedad. Esta tendrá lugar en *Puerto de La Cruz* (Tenerife, Canarias) del *21 al 24 de Septiembre de 1998* (ambos inclusive). La III Reunión Científica tocará varios aspectos del más general interés, para lo cual se han cursado invitaciones a unos pocos conferenciantes invitados de renombre internacional. Como complemento se pretende que los post-docs españoles (tanto aquellos que están trabajando en el extranjero como los recientemente reinsertados) tengan un papel especial en las presentaciones de esta III Reunión Científica.

## ABEL, una cámara y espectrómetro de grismas de 1 a 5 micras para el TCS

### Introducción

El telescopio Carlos Sánchez (TCS, 1.5m), situado en el Observatorio de El Teide del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), ha experimentado con el transcurso de los años importantes mejoras tanto en su calidad óptica y estabilidad mecánica como en las capacidades de observación, completadas con una nueva cámara de adquisición y guiado (FOVIA II) y una cámara 2D de 1 a 2.5 micras, equipada con un detector NICMOS3 de 2562 píxeles (CAIN). El importante y constante incremento en las peticiones de observación para el TCS enviadas al CAT por la comunidad astronómica nacional e internacional da fe del éxito de estas mejoras, que suponen una importante inversión en medios humanos y materiales para el IAC.

Continuando con esta política de inversiones en la infraestructura del TCS, estamos actualmente estudiando la viabilidad de un nuevo proyecto instrumental destinado a dotar al telescopio de una cámara-espectrómetro en el rango de 1 a 5 micras, cubriendo así parte del IR térmico, de tanta riqueza en características espectrales como escaso aprovechamiento hasta la fecha. El propósito de este instrumento no es sólo acceder a esta poco explorada ventana del espectro sino también proporcionar, por primera vez, un instrumento de espectroscopia al TCS, que permitirá un aprovechamiento más racional del tiempo de observación, al poder utilizar adecuadamente las noches no fotométricas.

El estado actual del proyecto es, como acabamos de comentar, el de fase de estudio de viabilidad, que esperamos concluir en muy breve plazo. Posteriormente, y tras la previsible aprobación por el Comité de Investigación del IAC, comenzaremos la fase de propuesta técnica. Contamos en ABEL con la colaboración del grupo de instrumentación IR del Observatorio de Arcetri, dirigido por los dres. R. Stangga y F. Lissi. Esperamos llevar a buen término esta colaboración que implicará la elaboración del diseño óptico detallado en Arcetri.

El plazo que manejamos actualmente para la entrega de ABEL es de entre 18 y 22 meses, desde la aprobación del estudio de viabilidad. Para su financiación hemos enviado una propuesta a la Unión Europea.

### ¿Como será ABEL?

El objetivo de este proyecto es construir un instrumento de uso común para el TCS con las siguientes características:

1. Imagen entre 1 y 5 micras.
2. espectroscopia en J, H, K, L y M con resolución espectral de alrededor de 500 y al menos un segundo modo con 800 para J, H y K.
3. Escala de pixel variable de 0.2", 0.4" y 1" por pixel, en el detector 256x256 InSb de Santa Barbara Research Corporation.
4. Velocidades de lectura de al menos 20 imágenes por segundo.
5. Control completo de las operaciones del TCS y FOVIA.
6. Posibilidad de operación remota.

Como sabemos, no hay muchas posibilidades de observar en las ventanas L y M debido a la severa limitación impuesta por la muy alta radiación de fondo térmico. Esperamos que ABEL pueda obtener magnitudes límites del orden de  $\sim 12$  en M, en 60 segundos de integración y al nivel  $3\sigma$ . Esto sería suficiente para detectar el núcleo de una amplia muestra de galaxias, penetrando profundamente en las regiones de formación estelar y en las propias estrellas más allá del centro. De hecho, contamos con que ABEL podrá abrir nuevos campos de investigación a los observadores del TCS.

Las medidas, pocas, que manejamos sobre la calidad del cielo en el Observatorio de El Teide nos muestran una sorprendentemente baja concentración de vapor de agua precipitable, lo que proporciona una transparencia hasta la banda M excelente, comparable incluso con la de otros reputados observatorios situados a mucha mayor altura, como Mauna Kea, por ejemplo. Este hecho ha sido una de las principales motivaciones de ABEL, junto con la posibilidad de contar con espectroscopia IR en el TCS.

Hemos seleccionado las 3 escalas de pixel con la idea de proporcionar diferentes capacidades a los usuarios. Así, la más larga, 1"/pixel, ofrecerá un campo de visión (FOV) de  $4 \times 4$ , con el detector 256x256, lo que implica un acceso rápido a áreas relativamente grandes de cielo. La escala más corta, 0.2"/pixel, es necesaria para imagen en L y M, puesto que los altos niveles de fondo conducirían a la saturación en tiempos de integración muy cortos. Por otra parte, esta escala proporciona, asimismo, resolución suficiente para intentar conseguir imágenes en el límite de difracción del TCS en la banda K, lo que no parece demasiado complicado, habida cuenta de las recientes mejoras en su óptica. Finalmente, la escala intermedia, 0.4"/pixel, parece la más adecuada para hacer imagen, en condiciones nor-

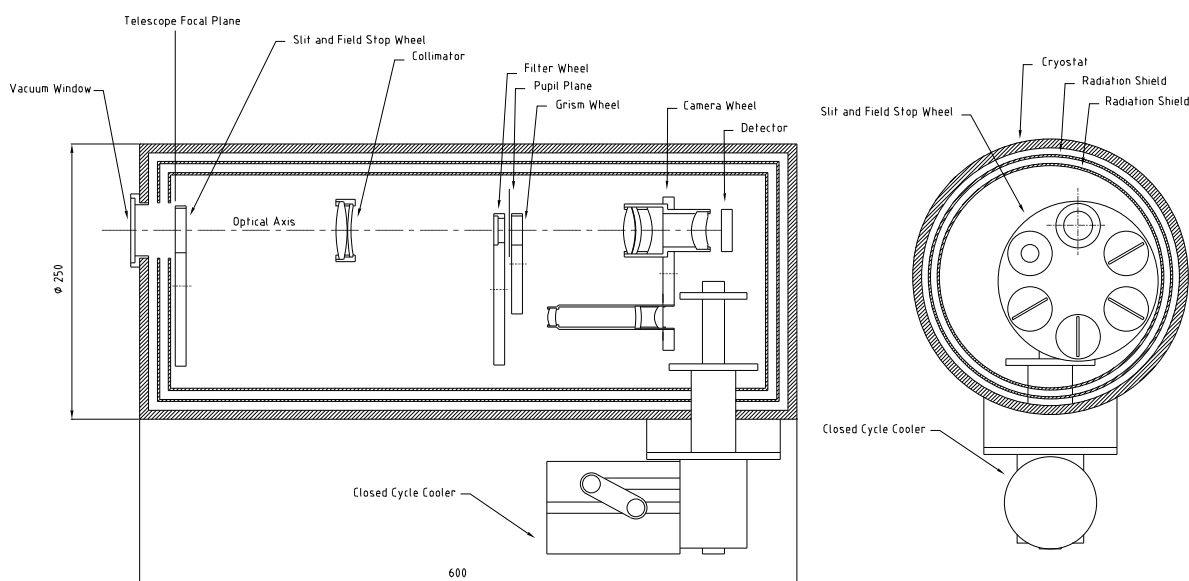


Fig. 1. Un diagrama esquemático del interior del criostato de ABEL

Tabla 1.

Banda/Resolución			
L/(R)	J(500 / 1000)	K(500 / 1000)	L(500 / 1000)
NICS/Galileo	14.7	13.6	--
Arnica/TIRGO	--	--	--
Conica/VLT	16.8 /	15.1 /	10.9 /
3D/3.5Cal	--	13.4 / 12.9	--
Abel /TCS	16.5 / 15.2	13.9 / 13.4	9.7 / 9.2

males, por debajo de 2.5 micras, al estar escalada con el tamaño de seeing mediano en el TCS, del orden de 0.8".

Si hablamos de las capacidades de ABEL en cuanto a espectroscopia, estamos considerando actualmente dos niveles de resolución espectral, que aún no se hallan definidos al 100%. Esperamos contar con una resolución común a todas las bandas del orden de 400/500, aunque nos planteamos subirla a 700 para poder resolver adecuadamente las líneas telúricas presentes en los espectros. Éste será el modo normal de operación espectroscópica de ABEL, posiblemente con un grisma específico para cada banda espectral. Además, intentaremos proveer un segundo modo de alta resolución espectral, del orden del doble de la normal, solamente para las bandas J y K, aunque estos detalles están aún por definir, dependiendo de la complejidad del diseño y de las posibilidades, y precio, de los suministradores de los componentes ópticos.

En general, como se observa en el diagrama, ABEL se está diseñando para contener el mínimo de componentes ópticos. Todo el sistema irá enfriado mediante un ciclo cerrado de helio a la temperatura de trabajo, de alrededor de 80K. Para el enfriamiento del detector utilizaremos la segunda etapa del mismo sistema de ciclo cerrado, que lo llevará a los 35K. Contamos con conseguir estabildades térmicas del orden de 0.1K.

Puesto que ABEL será el primer, y por ahora, único instrumento de uso común en el TCS con capacidades espectroscópicas creemos que constituirá un hito importante en el proceso continuo de reformas y mejoras del telescopio.

### *Sensibilidades estimadas de ABEL*

En las Tablas 1 y 2 ofrecemos datos de las sensibilidades de ABEL, comparándolas con las de otros instrumentos semejantes, en uso o en fase de construcción. Todos

Tabla 2.

Imagen			
L/(arcsec)	J(0.4 / 1)	K(0.4 / 1)	L(0.4 / 1)
NICS/Galileo	/ 18.7	/ 16.7	--
Arnica/TIRGO	/ 18.6	/ 17.3	--
Conica/VLT	20.4 /	18.8 /	13.8 /
3D/3.5Cal	--	--	--
Abel /TCS	19.8 / 18.8	17.8 / 16.8	13.4 / 12.4

los valores se han escalado para un telescopio de 1.5 m de diámetro, y corresponden a exposiciones de 1s al nivel de  $1\sigma$ . Para espectroscopia hemos considerado la rendija de 1" de anchura.

### *Datos del proyecto*

Para la realización práctica de este proyecto, que fue propuesto al Comité de investigación del IAC hace ya dos años por Peter Hammersley y José Miguel Rodríguez-Espinosa, aunque, por diversas razones, se pospuso su comienzo hasta la fecha, hemos formado un equipo mixto de astrónomos e ingenieros, en estrecha coordinación estos últimos con el proyecto LIRIS, actualmente en marcha en el IAC, que pretende dotar al WHT de un espectrógrafo infrarrojo. Dicho equipo está formado por Mari Barreto (gestión de operaciones), Lluís Cavaller (mecánica), José J. Díaz (electrónica), Javier Fuentes (mecánica y gestión técnico), Francisco Garzón (IP), Peter Hammersley (coI), Almudena Prieto (coI), José Luis Rasilla (óptica), Nicolás Sosa (electrónica), además de los jefes de departamento de instrumentación del IAC, Juan Mari Carranza (software), Isabel Escudero (óptica) y Luis F. Rodríguez (electrónica). Por otra parte, como hemos mencionado en la introducción, contamos con la muy importante colaboración del equipo IR del Osservatorio de Arcetri, dirigidos por F. Lissi y R. Stangga.

Para la financiación de ABEL hemos enviado una propuesta a la Unión Europea, que esperamos se sustancie hacia mediados del año próximo, aunque el proyecto debe arrancar formalmente este verano, aún sin resolver completamente su financiación, pues contamos con una pequeña parte de los fondos necesarios.

Si no ocurren imprevistos demasiado difíciles de solventar, esperamos estar en condiciones de efectuar las primeras pruebas en el TCS hacia mediados de 1999, y ofrecer el instrumento a la comunidad en el siguiente semestre, 99B.

Francisco Garzón López

fgl@ll.iac.es

## LIRIS

### *Introducción*

La llegada, a principios de la década de los 90, de los nuevos detectores infrarrojos de gran formato y bajo nivel de ruido (e.g. NICMOS3) supuso un gran avance para el desarrollo de la astrofísica en longitudes de onda mayores de  $1\mu\text{m}$ , y permitió empezar a extender al infrarrojo los programas observacionales que hasta ese momento solo podían realizarse en el visible. La mayor parte de los observatorios cuentan desde entonces con alguno de estos dispositivos para hacer imagen directa, aunque todavía son muy pocos los que disponen de las facilidades instrumentales necesarias para realizar espectroscopia de gran campo en el infrarrojo cercano. No existe en este momento ningún espectrógrafo de infrarrojo provisto de un detector de gran formato de la clase  $1024^2$  pixels (aunque hay varios en proyecto).

Por otro lado, las medidas realizadas durante los dos últimos años en el rango de 1 a  $2.5\mu\text{m}$  con el telescopio William Herschell (4.2m) del Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM, La Palma), han puesto de manifiesto la calidad del WHT y del cielo del ORM para realizar observaciones en el infrarrojo cercano (ver Apéndice A).

La inexistencia en el ORM de un espectrógrafo infrarrojo, unido a lo altamente competitivo que sería un instrumento de esta naturaleza utilizando los nuevos FPA de gran formato (con campos superiores a los 3 minutos de arco), nos ha llevado a considerar la posibilidad de proponer un instrumento de uso común para el foco Cassegrain del WHT. Este instrumento permitiría realizar espectroscopia infrarroja en las bandas del infrarrojo cercano con rendija larga y resoluciones espectrales hasta 10.000.

El espectrógrafo que proponemos (LIRIS) pretende conseguir los siguientes objetivos: Maximizar

la relación versatilidad científica/complejidad técnica. Mantener el coste global en niveles razonables. Ir a telescopio en un plazo del orden de los 2 años para asegurar su competitividad. Cubrir las lagunas de instrumentación infrarroja existentes en el panorama astronómico nacional.

### *Descripción de LIRIS*

LIRIS es un espectrógrafo de infrarrojo cercano (0.9-2.5  $\mu\text{m}$  de resolución intermedia concebido para trabajar en un rango de resoluciones espectrales entre 1000 y 10000. El instrumento permite conjugar una adecuada resolución espacial (0.22"/pixel) con un gran campo útil (3.8') gracias a la utilización de los nuevos detectores Hawaii (1-2.5  $\mu\text{m}$  de 1024x1024 pixels fabricados por Rockwell.

Toda la óptica y los mecanismos situados en el interior del criostato se enfriarán por debajo de los 100 K. El detector trabajará a 77 K. La adquisición se realizará sobre el mismo detector, cambiando la red de difracción por un espejo. La calibración y el guiado se realizará con el sistema existente en la A&G Box del Cassegrain, a la que se incorporarán las lámparas necesarias para calibrar en el infrarrojo cercano. LIRIS se configurará como instrumento de uso común para el foco Cassegrain (f/11) del WHT. El instrumento propuesto tendrá las siguientes características:

- Detector Hawaii de 1024x1024 pixels (Rockwell)
- Escala de imagen: 0.22"/pixel
- Longitud de la rendija: 3.8'
- Anchura de la rendija: 2, 3, 4 y 5 pixels
- Resolución espectral de 1000 y 5000 entre 0.9 y 2.5  $\mu\text{m}$ , y de 10.000 en un rango ??amplio??
- Capacidad de hacer imagen en una ventana de 1.5'x1.5' (fundamentalmente para adquisición)

### *Justificación científica*

LIRIS será usado fundamentalmente en tiempo brillante en el foco Cassegrain del WHT. De esta forma, durante una misma noche de observación podrá utilizarse junto con el sistema de óptica adaptativa NAOMI y la nueva cámara infrarroja en el foco Nasmyth. Ya que es un instrumento de uso común debería poder utilizarse en un amplio espectro de disciplinas dentro de la astrofísica, incluyendo los campos de la física estelar, planetaria, extragaláctica y cosmológica. En la siguiente lista enumeramos algunos de los casos científicos más relevantes que se podrán abordar: Estrellas AGB, estrellas con pérdida de masa, Wolf Rayets

y LBVs. Sistema Solar y planetas extrasolares. Enanas marrones. Formación estelar en nubes moleculares. Galaxias Starburst. La escala de distancias. Cúmulos globulares. Población estelar en galaxias. Regiones circumnucleares de AGNs. Estudio de SNs. Estudio de galaxias a alto redshift: Cúmulos y supercúmulos. Estudio de QSOs. Plano fundamental de elípticas a alto redshift. Cinemática y poblaciones de galaxias normales. Centro y bulbo de la Vía Láctea. Lentes gravitacionales. Espectroscopia IR de fuentes de radio, ópticas, rayos-x e infrarrojas detectadas en grandes surveys.

A continuación comentaremos algunos de los proyectos que serían realizables con LIRIS en el WHT

### *Espectroscopia infrarroja de nebulosas proto-planetarias*

Las nebulosas proto-planetarias (NPPs) son nebulosas donde la estrella central está altamente oscurecida por polvo, no teniendo contrapartidas ópticas en la mayoría de los casos. Por ello únicamente se pueden observar en el infrarrojo. Mediante espectroscopia en la banda K es posible investigar la distribución del gas ionizado y del gas molecular. Esto permitiría entender esta fase de transición rápida que dará lugar a la formación de la nebulosa planetaria.

### *Detección de secundarias de muy baja masa, planetas y enanas marrones*

El IR es el dominio espectral más favorable para detectar la contribución a la luz integrada de un sistema múltiple (binario o planetario) de las componentes menos masivas. La espectroscopia IR de dispersión intermedia puede permitir la detección de bandas moleculares propias de objetos muy fríos (CO, H<sub>2</sub>O) superimpuestas al continuo de la primaria. Un caso particularmente interesante es el de los planetas recientemente descubiertos a menos de 0.5 UA de sus estrellas. La temperatura de estos planetas debe ser suficientemente elevada como para que tengan su pico de emisión en el IR cercano, es decir, el rango espectral de LIRIS.

Por otra parte, los colores rojos no constituyen una identificación inequívoca de enanas marrones. La espectroscopia infrarroja en el rango de LIRIS permitiría detectar las bandas de metano características de una atmósfera lo suficientemente fría como para constituir una enana marrón.

### *Espectroscopia IR de galaxias cercanas y lejanas con alta formación estelar: regiones HII cercanas y starburst lejanos*

La existencia de una población de galaxias con formación estelar activa en torno a  $z=1$ , muy probablemente de baja metalicidad y con colores azules, ha sido puesta recientemente de manifiesto por los surveys espectroscópicos realizados con el telescopio Keck. La posibilidad de que estos objetos constituyan una población de galaxias enanas desarrollando los primeros brotes de formación estelar es tremendamente interesante, ya que nos permitiría poder encontrar objetos de metalicidades en el rango  $< 1/100$  solar, que pueden constituir una óptima representación de las abundancias pregalácticas necesarias para derivar un valor preciso de las abundancias primordiales. Asimismo, podremos comparar con la espectroscopia realizada en nuestro entorno más cercano y a otros redshifts, y así descifrar algunos de los problemas todavía no resueltos de su evolución química.

### *Cinemática y poblaciones estelares de galaxias espirales*

La presencia de polvo en el centro de galaxias espirales hace que el rango espectral ideal para su estudio sea el infrarrojo. En concreto, con LIRIS podremos determinar las peculiaridades cinemáticas y su correlación con las poblaciones estelares en los centros de galaxias sin la incertidumbre que produce el rango óptico. Esto nos permitirá entender la naturaleza y mecanismos de formación de bulbos, discos, barras, y subsistemas dinámicos como discos o bulbos contrarrotantes.

### *Galaxias ultraluminosas en el infrarrojo*

Las galaxias con una alta luminosidad en el infrarrojo lejano, denominadas *ultraluminous infrared galaxies* (ULIRGs) muestran formación estelar violenta debido a procesos de interacción. Tales galaxias tienen una enorme cantidad de polvo y su estudio en el rango óptico resulta prácticamente inviable. LIRIS nos permitirá estudiar tales galaxias para investigar si realmente constituyen los progenitores de las galaxias elípticas.

### *Condiciones físicas del gas, cinemática y poblaciones estelares de galaxias starbursts y AGNs*

Con LIRIS se pretende estudiar las condiciones físicas del gas, la cinemática y la formación estelar en galaxias con alta formación estelar y extinción en su centro. Con este proyecto podrían abordarse dos objetivos: Primero, determinar el origen y edad de los brotes de formación estelar en galaxias enanas irregulares aisladas, y segundo el estudio de los starbursts nucleares en galaxias que presentan barras y/o AGNs. En este contexto, se podría abordar el estudio de las poblaciones estelares subyacentes en tales sistemas utilizando la banda de absorción de CO a 2.3 micras, así como el estudio de la física del gas con líneas como FeII 1.65 micras, Br  $\gamma$ , HeI 2.06 micras, H<sub>2</sub> 2.12 micras. Con las mismas líneas espectrales determinaremos la cinemática del gas y las estrellas, la cual nos proporcionará la dinámica de las zonas nucleares puesto que tales medidas en el rango óptico están extremadamente afectadas por polvo. Tales observaciones nos ayudarán a entender el fenómeno starburst.

### *Realización de una librería estelar del CO a 2.3 micras*

Es sabido que la banda del CO a 2.3 micras es un buen indicador de gravedad, que permitiría discriminar entre estrellas gigantes y enanas. Una librería espectral de tal índice sería de un gran interés si se incorporase a los modelos de síntesis de poblaciones.

Desgraciadamente no existen librerías estelares de este índice que cubra un gran rango de parámetros estelares. Por este motivo, LIRIS ofrecería una gran ocasión de poder realizar la librería del CO con las estrellas de Lick, que ya han sido observadas en el visible.

### *Plano fundamental de galaxias elípticas y SO a alto redshift*

El telescopio Hubble ha mostrado que se puede realizar la clasificación morfológica de cúmulos de galaxias a redshift  $z=0.5$ . El diagrama color-magnitud de uno de estos cúmulos revela galaxias elípticas, SO y una gran población de galaxias espirales tardías e irregulares. LIRIS permitirá estudiar la dinámica y las poblaciones estelares de la población de galaxias elípticas y SO en tales cúmulos. Así, las medidas espectroscópicas en el IR podrían proporcionar las velocidades de dispersión y los índices espectrales de la componente estelar en tales

galaxias usando especies como el triplete del CaII. Con tales medidas podremos obtener el plano fundamental de galaxias elípticas y SO a alto redshift y compararlo con las galaxias cercanas para entender su formación y evolución.

### *Medidas de redshift de fuentes infrarrojas*

Los grandes surveys infrarrojos como 2-Mass e ISO proporcionarán una enorme cantidad de fuentes infrarrojas, desde objetos estelares a galaxias, que tendrán que ser caracterizados. LIRIS nos ofrece en este contexto una gran utilidad, ya que con la magnitud límite esperable podríamos abordar la contrapartida espectroscópica de dichas fuentes. Por ejemplo, dada la magnitud límite del 2-Mass survey,  $K=15$ , podremos obtener un espectro a  $S/N=20$  en el WHT en unos 10 minutos de integración.

Arturo Manchado

amt@ll.iac.es

---

## **Andanzas y situación en relación con la entrada de España en ESO**

Para cumplir con la petición de los editores del Boletín, voy a tratar de contar, de forma directa y resumida, las andanzas en pro de conseguir el acceso de los astrónomos españoles al Hemisferio Austral.

Es una vieja aspiración de todos nosotros poder observar en el Sur, a través de nuestra entrada en el European Southern Observatory (ESO). Recuerdo haber hablado del tema una y otra vez con los diferentes responsables de la política de I+D que se han ido sucediendo en el país. Tampoco los demás colegas que lo han intentado, y me consta que lo han hecho algunos, han logrado tener éxito. Así que cuando el Prof. Riccardo Giacconi, director general de ESO en la primavera de 1995 me propuso venir a verme para hablar de la entrada de España en ESO, a través de su participación en un proyecto de gran telescopio en Canarias, me puse muy contento.

Durante los tres días de julio de 1995 que pasó en el IAC tuvimos tiempo de hablar en profundidad y con detalle de todo el asunto. Su propuesta inicial era instalar en el Observatorio del Roque de los Muchachos un quinto VLT a cambio de la entrada de España en ESO. Atractiva propuesta para nuestra comunidad astronómica si, además, se ofrecía la entrada en servicio rápida del telescopio. Lo malo era que esto dejaba

sin retornos a la industria nacional y, por otra parte, la cuestión de las cuotas (de entrada y anual) no estaba en manos de los astrónomos. También se discutió nuestra propuesta a ESO para que participase en la construcción y operación del Gran Telescopio Canarias (GTC).

Se nos pidió estricta confidencialidad hasta que el Consejo de ESO fuese debidamente informado. Y entendimos que era lo mejor guardar silencio en general, si queríamos que el "negocio" llegase a buen puerto. Como es lógico, la confidencialidad respetaba que las autoridades españolas competentes fuesen informadas y así se hizo.

Una vez más, los responsables de la I+D española, acostumbrados a que la astrofísica del país salga muy barata y asustados por el problema de detraer cada año del corto presupuesto de I+D el montante importante de las cuotas a organizaciones internacionales (ESA, CERN, etc.) dijeron que no en los términos propuestos por ESO, pero conseguimos que se dejase abierta la negociación.

Durante aquellos meses hablamos con bastantes astrónomos relacionados directamente con los órganos directivos de ESO y con las autoridades españolas para explicarles el asunto y tratar de acercar posturas. Debo decir que algunos países del consejo de ESO no estaban nada favorables a esta forma de entrada de España en el Observatorio del Hemisferio Sur.

No obstante, en noviembre de ese mismo año, el Consejo de ESO da luz verde a una propuesta doble: instalación en Canarias de un quinto VLT o participación con un 49% en la construcción del GTC y con el 50% en la operación, en ambos casos esto unido a la entrada de España en ESO.

A principios de 1996, la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación autoriza la apertura de negociaciones formales con ESO y nombra la siguiente comisión negociadora: Director General del IAC (Presidente), Director General de Relaciones Culturales y Científicas del MAE, Director General del INTA, Vice-secretario General de la CICYT, Director General de GRANTECAN.

Un "grupo técnico" de trabajo, formado por personas responsables de la construcción del VLT y del GTC, empieza a trabajar para encontrar los puntos concretos de colaboración, con participación de la industria española, en ambas alternativas (un VLT y el GTC). Se produce un abundante intercambio de información y se reúnen tres veces: una de ellas en Múnich (abril del 96) y otras dos en Tenerife (noviembre del 95 y junio del 96).

El 22 de abril de ese año nos reunimos, finalmente, en Madrid en el CSIC, con una comisión de ESO enca-



bezada por su Director General, el Vicepresidente de su Consejo, su Administrador General y un asesor técnico. La reunión fue muy positiva y hasta se encargó un estudio jurídico-administrativo para resolver las formalidades de la participación de ESO en GRANTECAN. Pero las elecciones españolas habían sido en el mes de marzo y no era posible tomar compromisos sin contar con la nueva Administración. Así que se acordó continuar la negociación en otoño.

Mientras yo me dedicaba a explicar todo el asunto a las nuevas autoridades de la I+D, Ricardo Giacconi hacía lo propio en su ámbito y hasta fue a presentarlo, a principios de octubre, a la reunión de la SEA en San Sebastián. Bien conocido de todos es lo que allí se dijo y cómo la Asamblea toma clara postura en favor de la entrada de España en ESO y del proyecto GTC, señalando la ventaja que suponía la unión de ambas acciones. Hicimos saber a la SEA la oportunidad del momento y lo urgente que era que estos acuerdos se comunicasen a nuestras autoridades de I+D.

Poco después, a finales de octubre del 96, se reúnen nuevamente las comisiones negociadoras de ESO y de España, presidida ésta ahora por el Secretario General de la CICYT. La reunión terminó sin acuerdo, debido al problema de las cuotas a pagar a ESO, por más esfuerzo que hicimos los astrónomos presentes. No se han roto las negociaciones pero están aplazadas sine die.

La carta del Presidente de la SEA al Secretario de Estado de Universidades, Investigación y Desarrollo, transmitiéndole lo acordado en San Sebastián, tiene fecha de 12 de febrero de 1997 y la visita al Secretario General de la CICYT se ha producido el mes pasado. Desconocemos el por qué de esta demora.

Lo cierto es que, entre unas cosas y otras, nuestra entrada en ESO vuelve a estar parada.

Para no terminar en plan pesimista, me gustaría decir que siempre existe la posibilidad de un "negocio en especies" con ESO: tiempo de gran telescopio en el Norte por tiempo en el Sur. Claro que para esto primero tendremos que terminar el telescopio de 10 metros.

*Francisco Sánchez*

director@ll.iac.es

---

## El Archivo Final del Internacional Ultraviolet Explorer

Tras más de 18 años de funcionamiento ininterrumpido, las operaciones científicas del Satélite Internacional Ultraviolet Explorer (IUE) finalizaron el 30 de Septiembre de 1996. A lo largo de estos años se han observado 9600

objetos diferentes, de los cuales se han obtenido 104000 espectros. El IUE fue el pionero de una nueva era en la Astronomía, acercando a los astrónomos al hasta entonces "misterioso" mundo de la Astronomía Espacial. Por primera vez el funcionamiento de un observatorio espacial fue similar al de los observatorios terrestres, con tiempo adjudicado en función del mérito científico de los programas, presencia del investigador a la hora de las observaciones y posibilidad de tomar decisiones y modificar el programa de observación en tiempo real, de acuerdo con las circunstancias de las operaciones y la evolución del objeto observado.

El proyecto IUE fue el primer observatorio espacial que proporcionó datos completamente procesados a las 48 horas de la observación. De esta forma se creó el primer archivo de datos reducidos puesto a disposición de la comunidad astronómica mundial. Un paso posterior fue el desarrollo del ULDA (Uniform Low Dispersion Archive), un sistema en el que los datos se envían a centros en los diferentes países que se encargan de la distribución a su comunidad nacional. Dicho archivo ha distribuido 44000 espectros cada año a astrónomos de 31 países.

A lo largo de los últimos años las agencias que participan en el proyecto IUE (ESA, NASA y PPARC) han desarrollado el proyecto del Archivo Final. Su propósito es la generación de un archivo homogéneo, haciendo uso de las técnicas más avanzadas de tratamiento, almacenamiento y distribución de datos, y hacer que estos datos sean fácilmente accesibles para la comunidad internacional. Una de las bases fundamentales del proyecto es su definición y realización simultáneamente con la fase operacional, lo que permite aplicar dentro del sistema el conocimiento de los instrumentos acumulado a lo largo de los años.

Se pueden destacar varios aspectos del proyecto del Archivo Final:

- Desarrollo del un nuevo sistema de proceso de datos que mejora considerablemente la calidad de los datos finales.
- Revisión de los valores de los parámetros instrumentales.
- Redeterminación y homogeneización de las calibraciones.
- Verificación de toda la información asociada a las observaciones, fundamental para una interpretación correcta de las mismas.
- Desarrollo de un sistema de acceso al archivo y de distribución de datos vía internet, basado en arquitectura WWW. El sistema es dinámico, en el sentido de que los datos se van incorporando al archivo según son procesados.

El sistema de acceso permite la selección de los

espectros mediante un sistema de búsqueda por:

- Nombre
- Tipo de objeto
- Coordenadas
- Fecha de observación
- Configuración instrumental

Los resultados son presentados en forma de tabla, a partir de la cual es posible:

- Redefinir de los parámetros de búsqueda
- Visualizar los espectros
- Obtener los datos, con varias posibilidades de compresión

En el momento de escribir estas líneas (finales de Junio de 1997), el reprocesado de los espectros de baja resolución ya ha sido practicamente terminado y se está procediendo al procesado de la alta dispersión. En total, el 70% de los datos ya han sido procesados, y más de 54000 espectros de baja de resolución están accesibles.

Se puede acceder al Archivo en la siguiente dirección:

<http://iuearc.vilspa.esa.es>

*Rosario González Riestra*

[ch@vilspa.esa.es](mailto:ch@vilspa.esa.es)

## MINISAT 01

El día 21 de abril de 1997 se produjo el lanzamiento de MINISAT 01, el primer satélite científico que podemos considerar totalmente español en cuanto a su diseño y que se enmarca dentro del programa de minisatélites que empezó a desarrollarse en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) hace unos años. Aunque se ha hablado ya mucho en los medios de comunicación acerca de este proyecto, es de ley que le dediquemos un espacio dentro de este número del Boletín de la SEA que está dedicado a instrumentación y a proyectos relacionados con astrofísica bien desde tierra o desde el espacio que se están desarrollando en centros españoles.

El principal objetivo del programa de minisatélites, en palabras de Miguel Angel García Primo, de INTA y director del programa, es que el sector aeroespacial español adquiera las capacidades necesarias para diseñar, calificar, fabricar, y operar sistemas espaciales; una vez obtenidas éstas, el programa, a partir de esta, su primera misión científica, se diversificará para realizar misiones de observación de la Tierra y de comunicaciones, basándose en la arquitectura de una única plataforma multifunción.

Esta plataforma, que podríamos denominar el “arnés mecánico y electrónico” donde van situados los instrumentos científicos, fue diseñada y construída, en un periodo relativamente corto de tan sólo tres años, por Construcciones Aeronáuticas Sociedad Anónima (CASA).

La carga útil científica de MINISAT 01 está formada por tres instrumentos, dos de los cuales (EURD y LEGRI), que tienen una función orientada específicamente a observaciones de carácter astrofísico, son descritos en detalle en dos artículos de este Boletín. Los tres instrumentos a bordo son: CPLM (Comportamiento de Puentes Líquidos en Microgravedad), diseñado y construido por la Universidad Politécnica de Madrid, EURD (Espectrógrafo Ultravioleta extremo para la observacion de la Radiación Difusa) y LEGRI (Low Energy Gamma Ray Imager). Además, MINISAT 01 porta el llamado ETRV (Experiencia Tecnológica de un Regulador de Velocidad) desarrollado por CASA División Espacio, dispositivo de gran utilidad en el despliegue controlado de elementos de satélites, como antenas, paneles y mástiles.

El satélite fué lanzado utilizando un cohete Pegasus, desarrollado en Estados Unidos por la empresa Orbital Sciences Corporation (OSC) y que se desprendió de un avión Lockheed 1011 en las cercanías de las Islas Canarias, que fué desde donde se produjo el despegue del avión nodriza. A la hora de escribir esta pequeña reseña todos los instrumentos del satélite funcionan de acuerdo a sus especificaciones y los primeros datos científicos, que se reciben en el Centro de Operaciones Científicas (COC) de MINISAT 01, situado en el LAEFF, están comenzando a ser analizados.

*Benjamín Montesinos*

[bmm@laeff.esa.es](mailto:bmm@laeff.esa.es)

## EURD

El instrumento EURD se ha diseñado especialmente para observar el espectro de líneas de emisión de la radiación difusa proveniente del medio interestelar en la región ultravioleta extrema (UVE) del espectro, incorporando nuevas tecnologías ópticas, electrónicas y mecánicas. EURD es una colaboración entre el Center for Extreme Ultraviolet Astrophysics de la Universidad de California en Berkeley y el Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental del INTA.

## Objetivos científicos.

- Detectar el espectro de líneas de emisión proveniente del medio interestelar caliente en los alrededores del Sol.

De las observaciones de la radiación de fondo en rayos X blandos se deduce indirectamente que el sistema solar se halla rodeado por gas ionizado y caliente ( $\sim 10^6$  K), hecho que ya se había postulado anteriormente sobre bases teóricas. Si esta radiación en rayos X se debe a la emisión procedente de gas caliente, la emisión de líneas de elementos altamente ionizados será especialmente intensa en longitudes de onda en el UVE. La detección por EURD de estas líneas proporcionaría la primera prueba concluyente de la existencia del gas caliente y la determinación precisa de su temperatura.

- Detectar la emisión del brillo nocturno proveniente de la alta atmósfera.

La atmósfera emite a estas longitudes de onda líneas intensas de hidrógeno y helio neutros. Además de estas líneas brillantes, se espera la detección de líneas de oxígeno atómico que se han observado en laboratorio, pero que nunca se han detectado en la atmósfera terrestre, debido a que sus intensidades en condiciones normales se encuentran por debajo de los límites de detección de los instrumentos utilizados hasta la fecha. Las observaciones con EURD nos brindarán la oportunidad de estudiar el oxígeno atómico termosférico, y la interacción entre la magnetosfera y la termosfera.

- Comprobar la existencia de la línea teórica proveniente de la desintegración de neutrinos con masa. Algunas teorías recientes sugieren que la materia oscura que se cree que existe en el Universo está compuesta en parte por neutrinos que en su desintegración producirían fotones en el ultravioleta extremo. Estos fotones aparecerían alrededor de los 850 Å y por tanto serían detectables por EURD. La existencia de estos fotones explicaría la forma de las curvas de rotación de las galaxias y la excesiva ionización que se observa en ciertas regiones del espacio.

## Características del instrumento.

El EURD consta de dos espectrógrafos de incidencia normal (Figura 2), optimizados para las longitudes de onda larga y corta respectivamente, dentro del rango de 350 a 1100 Å. Debido a su diseño innovador y a la larga duración de la misión (2 años mínimo), EURD alcanzará una sensibilidad de 100 a 1000 veces mayor y una resolución espectral de 5Å, 10 veces mejor que cualquiera de los instrumentos previos. Para alcanzar estos

resultados se han introducido una serie de innovaciones que describimos a continuación:

### Diseño óptico

Los espectrógrafos convencionales están diseñados para observar fuentes puntuales y, por tanto, las aberraciones para rayos alejados del eje óptico suelen ser importantes. La débil emisión proveniente del medio interestelar exige una rendija de grandes dimensiones para aumentar el área colectora y aumentar por tanto la sensibilidad, pero sin perder con ello demasiada resolución espectral y sensibilidad. Para ello se ha modificado la forma de la red de difracción, tradicionalmente esférica en los diseños de tipo Rowland y se ha utilizado una sección de un elipsoide de revolución, con espaciado interlineal constante.

Este diseño consigue a  $4^\circ$  del eje óptico un rendimiento de por lo menos el 75% de las características sobre éste, y además una resolución espacial mejor de  $0.1^\circ$  a lo largo del eje mayor de la rendija. Esta resolución espacial nos permitirá identificar la radiación ultravioleta lejana (entre 912 y 1100 Å) proveniente de las estrellas brillantes y descontarla de la radiación de fondo, así como obtener espectros de las estrellas que se encuentren en el campo de visión a lo largo de la misión.

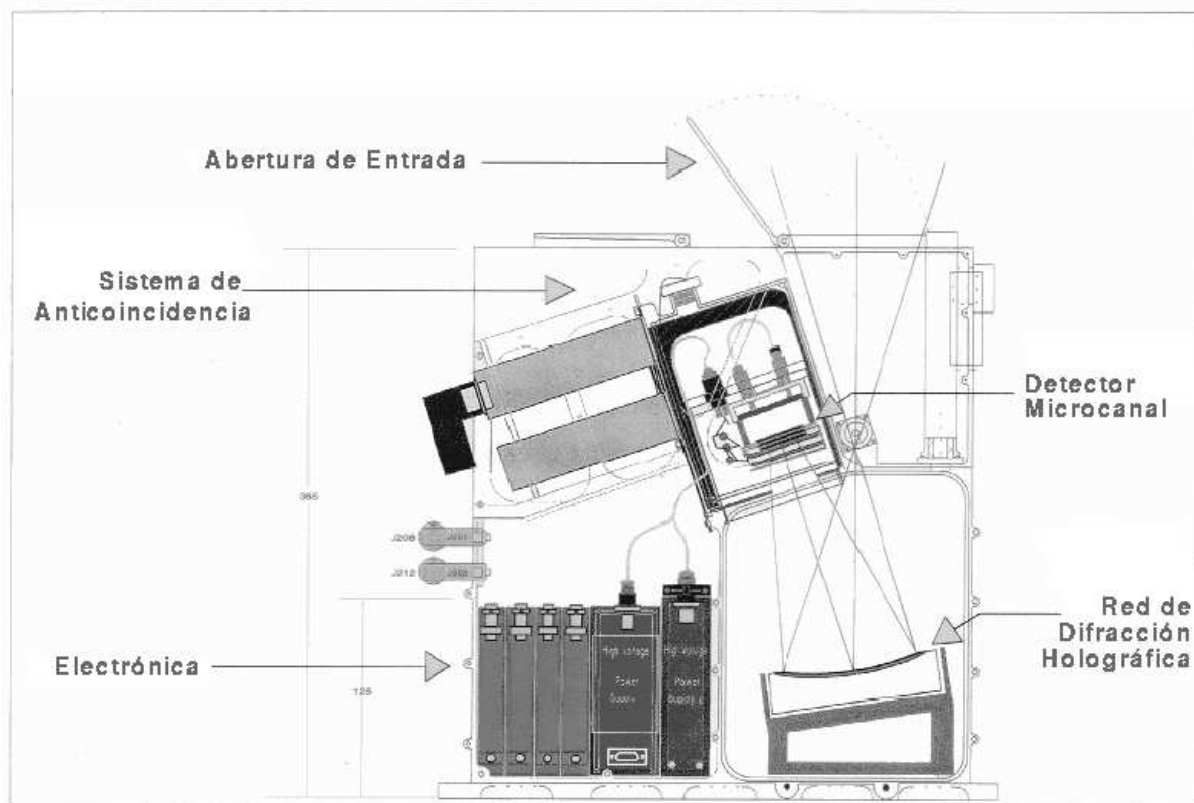
### El detector

El detector está formado por un grupo de placas microcanal de cara abierta, montadas en un cuerpo de cerámica rodeado por un escudo magnético, para evitar distorsiones de la imagen. El sistema detector de placas microcanal es un contador de fotones que utiliza un sistema electrónico de formación de imágenes bidimensionales (ánodo de cuña, banda y zigzag) que proporciona resolución espectral en una dimensión y resolución espacial en la dimensión ortogonal.

En este instrumento se utilizan placas microcanal especiales fabricadas con óxido de rubidio, que no contienen potasio para así evitar el ruido interno de fondo del detector debido a la desintegración radioactiva del potasio, como ocurre en los cristales utilizados tradicionalmente para hacer placas microcanal.

### Sistema de anticoincidencia

Los detectores están rodeados de un plástico centelleador sensible a partículas cargadas de alta energía, que detecta su paso y permite descontar posteriormente cualquier detección que entre y salga instantáneamente del detector. Este detector de anticoincidencia es una



**Fig. 2.**

gran innovación, fundamental para instrumentos destinados a la observación en el extremo ultravioleta. Con él se consigue distinguir los fotones energéticos provenientes del medio interestelar de los rayos cósmicos.

#### Eliminación del ruido de fondo

La línea de hidrógeno Lyman  $\alpha$  1216 Å es más intensa en un factor de  $10^6$  que la radiación difusa del medio interestelar e invariablemente produce radiación difundida en otras longitudes de onda del UVE. Para determinar el efecto producido por Lyman  $\alpha$ , así como el ruido de fondo intrínseco del detector, y poder descontarlos de las observaciones, cada espectrógrafo está equipado con una rueda de filtros en la rendija de entrada que tiene cuatro posiciones:

- 1) abierta: transmite toda la radiación.
- 2) cerrada: proporciona una medida del ruido de fondo del detector.
- 3) fluoruro de magnesio: da una medida de la emisividad en Lyman  $\alpha$ .
- 4) filtro de aluminio: que transmite la radiación en el UVE y bloquea fuertemente la radiación por encima de 800 Å.

Se harán observaciones consecutivas de 10 segun-

dos con cada filtro, para un posterior tratamiento de los datos una vez transmitidos a tierra.

*Carmen Morales Durán*      morales@laeff.esa.es  
*José Francisco Gómez*      jfg@laeff.esa.es  
*Joaquín Trapero Liener*      trapero@laeff.esa.es

## LEGRI

LEGRI (*Low Energy Gamma Ray Imager*) es, junto a EURD, uno de los dos instrumentos astronómicos a bordo de MINISAT 01, y su objetivo fundamental es explorar la radiación X dura y el rango bajo de energías de los rayos gamma de fuentes puntuales de cualquier categoría, desde estrellas a objetos extragalácticos. Las imágenes se construyen a partir de una máscara codificada acoplada a un detector de estado sólido de 100 pixels, 80 de ellos de HgI<sub>2</sub> y 20 de CdZnTe. El rango espectral óptimo de observación es 20–100keV, y aproximadamente se esperan observar y explorar las posibles variaciones de alrededor de 40 objetos durante la vida esperada del satélite de dos a nos. La sensibilidad

de LEGRI en el continuo es de 8 mCrab a 30 keV en un tiempo de exposición de  $10^5$  s y a un nivel 3 sigma. La región del centro galáctico, candidatos a agujeros negros, estrellas de neutrones en sistemas binarios y emisores en rayos X duros son algunos de los objetivos potenciales de LEGRI. LEGRI ha sido realizado por un consorcio dirigido por la Universidad de Valencia, en colaboración con INTA y el CIEMAT por parte española y el Rutherford and Appleton Laboratory y las Universidades de Birmingham y Southampton en el Reino Unido. Además del interés de la ciencia que de por sí puede proporcionar LEGRI, otro de sus objetivos primordiales es demostrar desde el punto de vista tecnológico la viabilidad de los detectores de HgI<sub>2</sub> y CdZnTe para la realización de observaciones en el entorno espacial.

La codificación geométrica de la señal se realiza a través de una máscara codificada colocada 54 cm por encima del plano de los detectores. La máscara está formada por un mosaico de 14×14 pixels, cada uno de 24×24 mm, fabricados de piezas de tungsteno con un espesor de 1 mm cada una. Un colimador de tántalo está situado entre la máscara codificada y el plano detector, con el objetivo de restringir el campo de visión al de la máscara. Con este sistema de máscara y colimador, LEGRI tiene una resolución angular de 2.2° y una capacidad de localización de fuentes de 20 minutos de arco.

La principal característica tecnológica que hace original a LEGRI comparado con sus antecesores es el uso de cristales de estado sólido como elementos detectores. Los cristales de HgI<sub>2</sub> se desarrollaron en el CIEMAT y proporcionan ventajas sobre los detectores de centelleo o fotodiodos que se usan normalmente. Estos cristales funcionan colectando los electrones y ‘agujeros’ en los electrodos sin ningún proceso intermedio de intercambio de energía. Los detectores de estado sólido reducen la masa, el volumen, la complejidad, y la potencia necesaria para operarlos, en uno o dos órdenes de magnitud con respecto a los centelleadores. Para aplicaciones espaciales, los detectores de HgI<sub>2</sub> son, por ejemplo, mucho más eficientes que los fabricados con germanio, ya que trabajan a la temperatura del medio, evitando así el uso de sistemas de enfriamiento complejos. La configuración inicial del plano detector, que iba a constar en principio de 100 cristales de HgI<sub>2</sub>, se modificó ligeramente en 1995 sustituyendo 20 de éstos por 20 cristales de CdZnTe desarrollados en colaboración con el grupo de altas energías de CalTech. Este cambio hará posible comparar la eficiencia de ambos tipos de detectores funcionando en las mismas condiciones y ante el mismo flujo de energía.

Durante los dos años de operación de MINISAT 01

el equipo LEGRI intentará, como hemos mencionado más arriba, observar una muestra de objetos en el rango de 20 a 100 keV. Esta banda de energía es de un interés particular, ya que contiene información astrofísica única para entender procesos de excitación, radiactividad, emisión ciclotrón... En particular, en esta región, los procesos de emisión generados por transiciones entre niveles ligados de los átomos o iones cesan, y comienzan a dominar procesos de excitación nuclear. Para muchos objetos astrofísicos que emiten parte de su energía en esta banda, es particularmente importante el intentar observar los finales de las ‘colas’ en rayos X para determinar si se extienden hasta el dominio de los rayos X duros como en muchos objetos parece que sucede.

A pesar del alto interés astrofísico de esta región espectral, no existen demasiados datos de la misma debido principalmente a limitaciones instrumentales. La eficiencia de los detectores para rayos X utilizados hasta ahora en misiones espaciales cae típicamente alrededor de los 20 keV, mientras que los detectores para rayos gamma basados en centelleadores están limitados a energías por encima de los 30 keV. Con LEGRI se intentará cubrir esa región intermedia, al menos para los emisores más brillantes, y obtener flujos en el continuo dentro de su rango de sensibilidad.

La resolución en energías de LEGRI no es demasiado buena (40% a 30 keV) de modo que su capacidad para realizar observaciones espectrales es bastante reducida, limitándose a algunas bandas relativamente anchas (una o unas decenas de keVs, dependiendo de la energía). Alguno de los detectores de HgI<sub>2</sub> comprobados en el laboratorio presentan resoluciones espectrales bastante buenas, del orden de 8% a 30 keV, la resolución de una matriz de 10×10 elementos es algo peor (14%) y cuando los detectores se acoplan con la electrónica de vuelo, se degrada hasta un 30-40%.

El Centro de Operaciones Científicas de LEGRI está situado en la Universidad de Valencia y está equipado con dos estaciones de trabajo gemelas SUN20 y un enlace con el Centro de Operaciones Científicas de MINISAT 01 que está situado en el Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental (LAEFF) dependiente de INTA, en la Estación de Villafranca del Castillo.

Las primeras pruebas realizadas en órbita han mostrado que el instrumento goza de bastante buena salud. El sensor estelar de que va equipado es capaz de detectar el movimiento relativo de la plataforma, posibilitando la posterior reconstrucción geométrica de las imágenes. Los distintos detectores emiten señal, encontrándonos en el momento de escribir estas líneas en la fase de caracterizar el comportamiento de cada uno de los cristales. El proyecto LEGRI ha demostrado la

capacidad de los grupos españoles para concebir, desarrollar, fabricar, lanzar y operar un instrumento astronómico con tecnología punta en sólo 3 años, aprovechando la posibilidad existente de incluir una carga útil adicional en la plataforma MINISAT 01.

José Miguel Mas

mm@laeff.esa.es

## El “MILLIMETER ARRAY” <sup>1</sup>

El desarrollo de la astronomía en su vertiente instrumental ha experimentado en el último cuarto de siglo un avance espectacular. Usando telescopios cada vez mayores junto con detectores más sensibles los astrónomos han podido estudiar con gran detalle una enorme variedad de problemas astrofísicos. Fruto de este avance, se han abierto también nuevos e importantes interrogantes que requieren de observaciones que supongan, como mínimo, una mejora de un orden de magnitud en resolución angular y en sensibilidad con respecto a la que proporcionan los sistemas observacionales actuales. Es por ello que diversas instituciones de gran prestigio internacional están proyectando la construcción de una nueva generación de telescopios que entrarán en funcionamiento a principios del siglo XXI para afrontar con garantías de éxito los importantes retos científicos ya planteados.

Una de las ventanas del espectro electromagnético menos explorada en astronomía pero que más información nos puede dar sobre el origen del Sistema Solar, nacimiento y muerte de las estrellas, galaxias y cosmología, es el de la región de las ondas milimétricas y submilimétricas, al ser en estas longitudes de onda donde las moléculas y el polvo (constituyentes muy importantes de materia del Universo) emiten una cantidad de radiación muy significativa. Entre esas instituciones prestigiosas que están proyectando la construcción de una nueva generación de telescopios para principios del siglo XXI, se encuentra el National Radio Astronomy Observatory (NRAO) de los Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.) con un proyecto denominado “Millimeter Array” (MMA).

<sup>1</sup>Resumen del informe realizado por la comisión española que ha estudiado la viabilidad de la participación de España en el proyecto del MMA. La comisión está constituida por José M. Torrelles (IAA), Antonio Alberdi (IAA), Antonio Rius (IEEC), Josep M. Paredes (UB), Xavier Barcons (IFCA), Fernando Briones (IMM), Jordi Cepa (IAC), Carlos Eiroa (UAM), Jon Marcaide (UV), Miguel Mas (LAEFF) y José Vilchez (IAC). Este informe ha sido entregado a la Dirección General de Investigación y Desarrollo (MEC) y distribuido entre toda la comunidad astronómica española para promover una discusión sobre el mismo.

El MMA está constituido por 40 radiotelescopios de ocho metros de diámetro cada uno, conectados entre sí, con un área colectora total de 2.000 m<sup>2</sup>, 780 líneas de base simultáneas pudiendo extenderse hasta 10 km de longitud, y frecuencias observables en el rango 30–850 GHz ( $\lambda \simeq 10\text{--}0.3$  mm). La resolución angular que proporcionará este sistema es de unos 10 milisegundos de arco. El lugar más probable de instalación del MMA se encuentra en el desierto de Atacama, en Chile, a 5.000 metros del altitud, donde la atmósfera es muy seca y existe una gran transparencia en longitudes de onda milimétricas/submilimétricas.

Se puede comparar el MMA con los interferómetros milimétricos existentes actualmente: el interferómetro de Plateau de Bure perteneciente al Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) (5 telescopios de 15 metros, en proceso de ampliación a 6 telescopios), el interferómetro BIMA situado en el observatorio de Hat Creek (9 antenas de 6.1 metros, en proceso de ampliación a 11 antenas) y el Owens Valley Millimeter Array (OVRO) situado en California (6 telescopios de 10.4 metros). Teniendo en cuenta los distintos parámetros que determinan la sensibilidad de las redes interferométricas: i) número de antenas, diámetro de las mismas y configuración de la red, ii) ancho de banda del receptor en continuo, iii) *rms* en la definición de la superficie de la antena, iv) eficiencia de apertura de las antenas, v) temperaturas de receptor y de sistema y vi) opacidad media del emplazamiento, pueden obtenerse los valores de detectabilidad a 90 GHz (frecuencia común para el MMA, PdB, BIMA y OVRO) que se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3.

Interf.	Tiempo de integración	Sensib.
MMA	60 segundos	0.065 mJy
PdB	60 segundos	4 mJy
BIMA	8 horas	1 mJy
OVRO	8 horas	0.5 mJy

Es por ello que puede concluirse que el MMA es un instrumento que por su resolución angular, extraordinaria sensibilidad, y las excelentes propiedades atmosféricas de su futuro emplazamiento lo convierten en un sistema vanguardista. Es importante destacar que el MMA tiene además sensibilidad a las componentes de polarización circular.

Simultáneamente al desarrollo del MMA, la comunidad astronómica japonesa está estudiando un nuevo instrumento, el “Large Millimeter and Submillimeter Array” (LMSA), que estaría formado por 50 antenas

Tabla 4.

$\nu$ (GHz)	$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	$\epsilon_a$	$T_{RX}$ K	$T_{sys}$ K	$\tau$	$\Delta S_{MMA}$ (mJy)	$\Delta S_{AA}$ (mJy)	$\theta_{MMA}$ (mas)	$\theta_{AA}$ (mas)
35	8571	0.85	20	38.4	0.015	0.067	0.022	600	180
90	3333	0.84	20	36.9	0.010	0.065	0.022	234	70
140	2150	0.84	13.4	31.7	0.015	0.056	0.019	150	45
230	1300	0.81	22	43.6	0.025	0.080	0.027	100	30
345	870	0.77	33	73.2	0.080	0.140	0.047	67	20
650	461	0.60	62	196	0.30	0.480	0.160	34	10
850	353	0.47	82	222	0.30	0.700	0.230	24	7

de 10 metros de diámetro y también situado en Atacama. En los últimos meses se han establecido contactos entre los responsables del MMA y del LMSA con la intención de una futura colaboración. Esta colaboración supondría una compatibilidad en el diseño de antenas y receptores, en las ventanas de frecuencia a observar, e incluso en la formación de una única red interferométrica a la que se ha denominado “Atacama Array” (AA). Ello permitiría disponer de interferómetros de hasta 10 kilómetros de longitud, hasta 4005 líneas de base simultáneas, la posibilidad de formar “clusters” o subredes de antenas, etc. Para fomentar la colaboración entre ambos instrumentos, se ha celebrado entre el 16 y 19 de Marzo de 1997 en Japón un “workshop” titulado “Millimeter and submillimeter astronomy at 10 milliarcsecond resolution”. A principios de 1998 se realizará una nueva reunión de mayor carácter técnico para establecer la compatibilidad en el diseño entre el MMA y el LMSA.

### *Resolución Angular y Sensibilidad del MMA y del AA*

En la tabla 4 se proporcionan las frecuencias ( $\nu$ ) a las que trabajarían el MMA y el AA, la eficiencia de apertura de la antena ( $\epsilon_a$ ), la temperatura de receptor ( $T_{RX}$ ), la temperatura de sistema ( $T_{sys}$ ), la opacidad atmosférica ( $\tau$ ), la sensibilidad del MMA en 60 segundos de tiempo de integración ( $\Delta S_{MMA}$ ), la sensibilidad del AA también en 60 segundos de integración ( $\Delta S_{AA}$ ), la resolución angular proporcionada por el MMA ( $\theta_{MMA}$ ) y la resolución angular ( $\theta_{AA}$ ) proporcionada por la red de Atacama.

Teniendo en cuenta las cifras proporcionadas en la anterior tabla anterior, resulta claro que el MMA/AA podrá abordar una gran variedad de problemas astrofísicos que cubren prácticamente todos los campos de investigación que se están desarrollando en España, desde Sistema Solar, Formación Estelar, Estructura

Galáctica, Evolución y Física Estelar, Nubes Moleculares, Galaxias a Cosmología.

### *Participación española en el MMA*

Por su complejidad en el diseño y construcción de antenas estables a longitudes de onda milimétricas / submilimétricas (con errores en la superficie por debajo de 25  $\mu\text{m}$  [rms]), desarrollo de receptores de bajo ruido ( $T \sim 20$  K) y con anchos de banda de 8 GHz, sensibilidad a la emisión polarizada, y estabilidad de la fase a esas longitudes de onda con líneas de base mayores que 10 km, entre otros factores, el proyecto del MMA representa uno de los mayores retos tecnológicos en el campo de la astronomía observacional del futuro. Debido a la complejidad del proyecto, con un presupuesto estimado de 200 millones de dólares (27.000 millones de Pta) y unos gastos de mantenimiento anuales de 10 millones de dólares (1.350 millones de Pta), el NRAO ha abierto la posibilidad de participación en el MMA a otros países que quieran integrarse como “Miembros Asociados” del proyecto. Esta participación se haría con una aportación mínima de capital del 10% del presupuesto total (es decir, una aportación inicial por Miembro Asociado de 2.700 millones de Pta más 135 millones de Pta anuales para el mantenimiento del sistema).

La posibilidad de que España pueda participar como Miembro Asociado del MMA fue discutida (9-10-95) dentro de la Red Intercentros de Astrofísica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Dicha red reconoció el interés científico del MMA y recomendó promover una comisión a nivel nacional para estudiar la viabilidad de dicha participación, con las siguientes puntualizaciones:

- (1) Sólo se concibe la participación en este proyecto si es a nivel estatal, involucrando a todos los organismos relacionados con la investigación en Astrofísica.
- (2) Hacer un estudio en profundidad de la posible contrapartida industrial que la inversión española

implicaría.

La comisión para estudiar esta viabilidad de participación solicitó y obtuvo una acción especial de la Dirección General de Investigación y Desarrollo (DGID). Con el informe realizado por esta comisión se pretende motivar que tanto la comunidad científico-técnica española como las industrias de nuestro país apoyen la participación de España como Miembro Asociado en el proyecto astronómico "Millimeter Array" (MMA) del National Radio Astronomy Observatory (NRAO, EE.UU.). Con el MMA se esperan llevar a cabo unos 1.000 proyectos diferentes al año y responder con él a una amplia gama de interrogantes científicos que abarcan desde el origen del Sistema Solar, formación de estrellas y planetas, evolución y muerte de las estrellas, estructura galáctica, hasta galaxias y cosmología.

Dicha comisión, después de analizar la ciencia que se podrá realizar con el MMA, los beneficios científico-tecnológicos que representaría para España, la capacidad de involucración de la industria española y la relación con otros proyectos observacionales internacionales, considera que sí es viable y recomendable la participación española en el proyecto del MMA como Miembro Asociado con las siguientes conclusiones:

(1) La participación de España en el MMA reportaría a su comunidad científica el acceso a una de las ventanas observacionales menos exploradas en astronomía pero que más expectativas ha levantado entre la comunidad internacional para principios del siglo próximo, pudiendo servir de motor para colocar y mantener la investigación española en primera fila mundial. Con esta participación los investigadores españoles podrían llevar a cabo unos 100 proyectos diferentes al año en el MMA, abriendo la posibilidad de que grupos españoles consigan aportaciones de gran trascendencia a la astronomía.

(2) El grado de eficacia en la explotación de un sistema observacional se ve beneficiado si una comunidad ha estado involucrada en el desarrollo del mismo, conociéndolo a fondo. De ahí la importancia de participar en un proyecto pionero de estas características desde su inicio. Participar desde su inicio en el diseño y construcción de instrumentos punteros, como el MMA, significa avanzar al frente de la ciencia.

(3) El grado de preparación de los astrónomos españoles garantiza una explotación adecuada y óptima del MMA. Asimismo, podrían obtenerse becas/contratos no ya sólo para investigadores españoles, tanto en la vertiente instrumental como en la vertiente de investigación básica, sino también para cubrir la plantilla de personal del MMA en Chile. En España existen investigadores con la capacidad y prestigio suficiente para impulsar a una nueva generación de investigadores y

así explotar al máximo las posibilidades que ofrecerá el MMA.

(4) Existen compañías españolas, algunas de ellas ya identificadas, que garantizan un retorno industrial muy importante a la posible aportación económica de España al proyecto del MMA. Además, nuestras empresas pueden beneficiarse, en términos de ampliación de conocimiento y proyección de imagen hacia el exterior, de la interacción con otras empresas e instituciones internacionales que trabajen también en el MMA.

Esta comisión quiere resaltar que es fundamental que España tenga acceso a la ventana observacional de longitudes de onda milimétricas/submilimétricas en un tiempo razonablemente breve y a través de un sistema competitivo, con garantías de que toda la comunidad española tendrá acceso a él en condiciones adecuadas. Debido a que el MMA reúne todas las características para que una apuesta sobre él sea sinónimo de éxito, el Ministerio de Educación y Cultura debería velar para que la comunidad española estuviese informada y adecuadamente representada en los correspondientes foros de discusión internacionales en los que se discuta sobre diferentes opciones de participación en proyectos de esta índole.

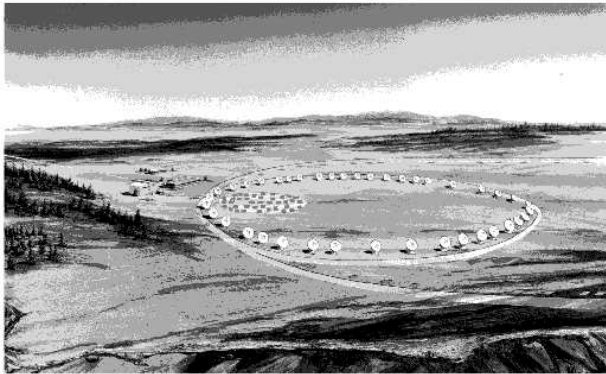
### *Pasos futuros*

- Durante la *segunda quincena de Junio*, el presente informe será presentado a la DGID –como conclusión de la Acción Especial financiada por la misma para el estudio de viabilidad de la participación española en el MMA–, a la Red Intercentros de Astrofísica del CSIC –como promotora de la constitución de esta comisión– y a la Presidencia del CSIC –como máxima autoridad de la institución que alberga al responsable principal de esta comisión–. Este informe será también difundido entre la comunidad astronómica española a través de la Sociedad Española de Astronomía (SEA) y estará disponible en las páginas WEB del CSIC y de la SEA.

- Durante la *primera quincena de Julio*, se fomentará la creación urgente de un grupo de trabajo a nivel nacional, que cuente con un amplio apoyo de los Institutos y Departamentos Universitarios de investigación astrofísica, con el fin de presentar un proyecto a la Comisión de Grandes Instalaciones del Ministerio de Educación y Cultura, solicitando la participación de España en el MMA como Miembro Asociado. Este grupo de trabajo estará abierto a cuantos astrónomos quieran participar en el mismo.

- Durante la *segunda quincena de Septiembre*, se visitarán distintas ciudades españolas donde se realizará la presentación del proyecto y se recabará el apoyo de los astrónomos e instituciones españolas al proyecto.





**Fig. 3.** Concepción artística para una de las posibles configuraciones del MMA

- Durante la *segunda quincena de Septiembre, primera quincena de Octubre* se realizará una reunión con las industrias españolas interesadas en participar en la construcción del MMA y se les solicitará una carta de intención de participación en el proyecto.

- Durante la *segunda quincena de Noviembre* se realizará la presentación del proyecto a la Comisión de Grandes Instalaciones del Ministerio de Educación y Cultura.

Por último, este proyecto del MMA debe ser entendido en todo momento como una acción emprendida para potenciar la astronomía española, respetando sus proyectos vigentes de investigación básica y tecnológica, siempre complementando a los mismos y nunca como una acción competitiva con los recursos actualmente existentes. Es por ello que esta comisión se adhiere a la Sociedad Española de Astronomía en su gestión ante el MEC para solicitar la creación de un Plan Nacional de Astronomía para atender las necesidades que la investigación moderna requiere, tanto en los proyectos básicos de investigación como en los proyectos tecnológicos.

Antonio Alberdi Odriozola    alberdi@laeff.esa.es  
 José María Torrelles Arnedo    torrelles@iaa.es

## El estado actual de Planck Surveyor Mission

### Introducción

Planck Surveyor Mission (PSM, conocida anteriormente como COBRAS/SAMBA) fue elegida por el Comité del Programa Científico (SPC) de la ESA en Diciembre de 1996 para ser la 3ra misión científica de tamaño medio del Programa Horizonte 2000 de la Agencia. El

objetivo científico más importante de PSM es la medida de la temperatura de la Radiación Cósmica de Fondo de Microondas (RCFM) en 9 frecuencias dentro del rango 30 – 900 GHz y con una sensibilidad de  $\Delta T/T \sim 10^{-6}$  por pixel. La resolución angular estará comprendida entre 30' – 5'. Los 9 canales de frecuencia proveerán 9 imágenes del cielo con una resolución angular y sensibilidad sin precedentes que permitirán obtener información sobre las diferentes emisiones cercanas (radiaciones sincrotrón, free-free y debida al polvo en la Galaxia, fuentes puntuales extragalácticas desde radio hasta la región submilimétrica, efecto Sunyaev-Zeldovich en cúmulos) y así separarlas de la señal intrínseca de la RCFM. Los mapas de PSM permitirán medir con buena precisión las anisotropías de la temperatura de la RCFM desde el multipolo  $l = 1$  hasta  $l \approx 1500$ , lo que supondrá una sustancial mejora sobre el satélite anterior COBE/DMR que sólo obtuvo información sobre los multipolos más bajos  $l < 20$ . Por otro lado, también supondrá una mejora sustancial respecto a la misión MAP, ya aprobada por la NASA, tanto en relación al rango espectral, 22 – 90 GHz, como en resolución angular, 54' – 18'.

La información obtenida con esta misión será esencial para resolver las siguientes cuestiones fundamentales: el escenario inflacionario, la forma del espectro primario tanto de las fluctuaciones en la densidad como de las ondas gravitatorias, la geometría y el contenido material del universo, la conexión entre las anisotropías a pequeña escala y el agrupamiento de las galaxias, la historia de ionización del universo, el efecto Sunyaev-Zeldovich, velocidades peculiares de cúmulos. De la alta resolución y sensibilidad de los mapas será posible identificar la naturaleza estadística de las fluctuaciones de temperatura, gaussiana o no-gaussiana, para poder testar la inflación. La densidad del universo  $\Omega$  así como la densidad bariónica  $\Omega_b$  y la constante de Hubble  $H$  se podrán obtener con una alta precisión menor que  $\approx 3\%$ . También la amplitud y el índice espectral tanto del espectro de potencias de las fluctuaciones en la densidad como del debido a las ondas gravitatorias se podrán determinar con una precisión  $< 10\%$ . Medidas de la anisotropía a escalas por debajo del grado permitirán imponer límites muy restrictivos sobre la historia de ionización del universo. Será posible por primera vez la comparación directa entre las anisotropías a pequeña escala y el agrupamiento de galaxias en escalas de  $\sim 10h^{-1}Mpc$ . PSM medirá por primera vez el efecto Sunyaev-Zeldovich en más de 1000 cúmulos que, combinado con información de rayos-X, permitirá realizar una buena estimación de la constante de Hubble. Se podrá también poner cotas muy restrictivas a la evolución de los cúmulos.

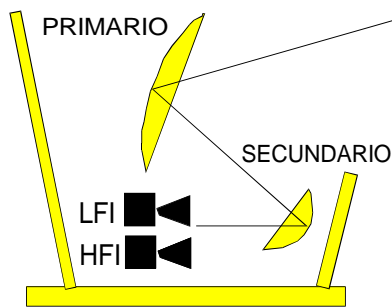


Fig. 4. Esquema de la carga útil de la misión PSM

## Instrumentación

El Planck Surveyor Mission requiere una instrumentación con unas especificaciones severas en resolución angular, sensibilidad y rango de frecuencias de medida para poder alcanzar los objetivos científicos planteados. La resolución angular debe ser mejor de  $\approx 10'$  en las frecuencias en que la señal de la RCFM domine sobre las demás emisiones cercanas. Para ello la apertura efectiva del telescopio debe ser superior a  $\approx 1$  metro de diámetro. La detección de las anisotropías de la RCFM fija unos niveles de sensibilidad instrumental mejores que  $\Delta T/T \approx 2 \times 10^{-6}$  en los canales en que la señal de la RCFM domina. Por otro lado, el espectro frecuencial tan amplio que será explorado en esta misión permitirá eliminar de forma precisa las fuentes de emisión que enmascaran las anisotropías de la RCFM. Los resultados de simulación indican que el rango cubierto por Planck 30 – 900 GHz, es más que suficiente para efectuar esta labor con garantía. Ese espectro de exploración tan amplio necesita dos tipos de detectores: receptores electrónicos para el rango entre 30–130 GHz y bolómetros en el resto del rango de frecuencias. La utilización de dos tecnologías hace necesaria la formación de dos consorcios para llevar a cabo la construcción del instrumento de PSM: el consorcio del instrumento de baja frecuencia (LFI) que se responsabiliza de los receptores electrónicos del instrumento y el consorcio del instrumento de alta frecuencia (HFI) de los receptores bolométricos.

La carga útil se estructura en tres partes: el telescopio, con los espejos primario y secundario, y los dos conjuntos de detectores. En la Figura 4 se ilustra un esquema de esta carga útil. La estructura del telescopio es la de un sistema de tipo Gregoriano con dos espejos paraboloideos. El HFI está formado por un conjunto de más de 50 bolómetros, dispositivos de estado sólido en los que la radiación produce un aumento de temperatura, que deben ser enfriados a temperaturas inferiores a 0.15 K para obtener las sensibilidades requeridas en

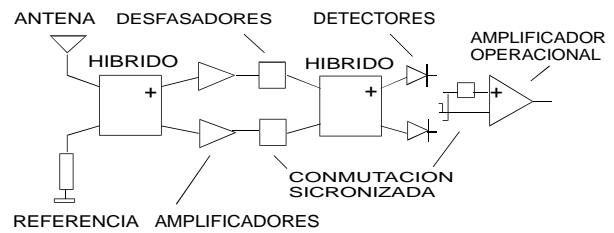


Fig. 5. Esquema del receptor del LFI.

PSM. Estos detectores están divididos en cinco canales (ver Tabla ) que permitirán sustraer la emisión de polvo galáctico así como la contribución de fuentes puntuales IR y detectar el efecto Sunyaev-Zeldovich.

La contribución española se centra en el LFI, que consta también de más de medio centenar de receptores divididos en cuatro canales (ver Tabla ). La radiación captada por el telescopio se conduce a los receptores a través de antenas de bocina cónicas corrugadas, optimizadas para obtener bajas pérdidas, estabilidad y minimizar los lóbulos laterales. Cada receptor está formado por una doble cadena de amplificación y detección conectadas en paralelo de forma que, en el transcurso de la medida, se realiza una comparación continua entre la señal del cielo y una carga de referencia (Figura 5). Esta estructura se ha adoptado con el fin de minimizar el efecto nocivo de las fluctuaciones  $1/f$  de la ganancia sobre la estabilidad de la medida. En estos momentos estamos estudiando el efecto que problemas de orden práctico, como desequilibrios entre ambas cadenas de amplificación/detección, temperaturas equivalentes de ruido, temperatura del receptáculo, etc..., pueden tener sobre las prestaciones de este tipo de receptores. En cualquier caso, las etapas de amplificación utilizarán transistores de alta movilidad electrónica (HEMT) en tecnología InP, que es la que ha demostrado los mejores resultados de amplificación y bajo ruido, requeridos para esta misión. Debido a las restricciones de volumen y peso algunas partes del receptor deberán implementarse con tecnología monolítica MMIC. La distribución final, así como la temperatura del recinto en donde irán alojados los receptores están actualmente en proceso de estudio. Es factible alcanzar una temperatura de 50 K mediante disipadores pasivos pero probablemente las primeras etapas del LFI deberán ser enfriadas a 20 K. Esto último implicaría una mejora sustancial tanto de la sensibilidad como de la influencia del ruido  $1/f$  en la medida de los radiómetros.

**Tabla 5.** Características más relevantes de la carga útil de PSM.

INSTRUMENTO DE PLANCK SURVEYOR MISSION:									
Frecuencia central (GHz)	30	44	70	100	143	217	353	545	857
Ancho de banda (GHz)	6	88	13	20	53	80	131	202	317
Tecno. (LFI:HEMT, HFI:Bolómetros)	LFI	LFI	LFI	LFI	HFI	HFI	HFI	HFI	HFI
Número de receptores/detectores	4	4	18	30	8	12	12	12	12
Temperatura de trabajo (K)	20	20	20	20	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Resolución angular (arcmin)	30	21	14	10	103	71	44	44	44
Sensibilidad por pixel ( $\times 10^{-6}$ )	2,2	4,1	4,2	6,3	1,2	2,0	12,1	76,6	4166

### *Estado actual de la misión*

La revisión del Programa Horizonte 2000 de la ESA, introduciendo un número de nuevas misiones sin selección previa entre la comunidad científica (Cluster, Mars, Mini-step, NGST), ha implicado recortes en las misiones ya aprobadas como PSM y la misión "cornerstone" FIRST. En concreto, el nuevo presupuesto de ambas debe ser reducido al de una misión "cornerstone" menos el 10%. Una posible solución que ha sido sugerida para hacer frente a dichos recortes es la fusión de PSM y FIRST. Dentro de la fusión se han estudiado varias posibilidades. Una de ellas sitúa el HFI de PSM en el plano focal de FIRST compartiendo el mismo criostato y el LFI en la parte "trasera" de la plataforma. Sin embargo esta situación ha sido descartada debido a la luz dispersa dentro del HFI, problemas con lóbulos laterales y reducción de sensibilidad. La situación que en estos momentos se ve como más probable coloca tanto al HFI como al LFI en el plano focal del telescopio de PSM, todo ello en la parte trasera de la plataforma.

Por otro lado, teniendo en cuenta las serias dificultades técnicas encontradas en el estudio de la fusión FIRST/PSM se hace necesario considerar la viabilidad de una misión más barata de PSM separada de FIRST. El estudio de dos misiones independientes será realizado también por ESA de forma paralela al de la fusión.

La decisión definitiva sobre el tipo de misión más idónea para PSM, combinada con FIRST o independiente, se espera poder tomarse en Septiembre. Finalmente, el Anuncio de Oportunidad para optar a la construcción de los dos instrumentos de la misión se espera que se produzca en Septiembre/Octubre.

*Enrique Martínez-González*  
*Joaquín Portilla*

### **Tesis doctorales**

#### *Estudio heliosismológico del interior solar*

**Autor/a:** Maria Cristina Rabello Soares

**Director/es:** Teodoro Roca Cortés y Antonio Jiménez Mancebo

**Centro:** IAC

**Lectura:**

El objetivo de la Sismología Solar es, a partir de la detección de los modos propios producidos en el Sol, utilizar técnicas de inversión, para deducir la estructura y la dinámica del interior solar. En su camino, las ondas se ven afectadas por los cambios locales de presión, densidad, temperatura y composición química, por lo que estudiar estas ondas significaría poder analizar las condiciones físicas del medio que atravesaron. Particularmente, los modos con  $l$  bajo son de gran interés para la física solar y estelar porque penetran hasta el núcleo, y nos proporcionan información precisa sobre la estructura y la dinámica del núcleo solar.

El fotómetro que hemos utilizado, el LOI-T, instalado en Mayo de 1994 en el Observatorio del Teide, es el modelo de ingeniería de aquél que forma parte del experimento VIRGO a bordo de SOHO. En este trabajo, se establece un procedimiento para el análisis de los datos, cálculo de los filtros óptimos para la identificación de los modos, medida de frecuencias, anchuras, amplitudes y desdoblamiento rotacional. En su aplicación a 14 meses de datos, se ha conseguido determinar 180

frecuencias de modos  $p$  con  $1 < l < 9$ , sus anchuras, amplitudes y desdoblamientos. Los errores obtenidos son inferiores a  $0.2 \mu\text{Hz}$ , 6 partes en  $10^5$ , en frecuencia, que es igual o mejor que las mejores determinaciones espectrométricas.

La interpretación de estos resultados nos ha llevado a obtener los perfiles de la velocidad de rotación solar, la densidad y la velocidad del sonido en función del radio, centrándonos principalmente en la zona radiativa cerca del núcleo solar. La rotación solar encontrada permite concluir que el interior, entre 0.2 y 0.4 R, rota con una velocidad ligeramente menor que la de la superficie. La densidad y la velocidad del sonido del interior solar, calculadas con precisión inferior al 0.1%, permiten concluir que la difusión o asentamiento de las especies atómicas es imprescindible para describir de forma precisa el interior solar.

*Maria Cristina Rabello Soares*

*crs@iac.es*

## Josep M.<sup>a</sup> Massaguer Navarro (1946–1996)

El pasado mes de diciembre falleció en Barcelona, tras una larga enfermedad, Josep M.<sup>a</sup> Massaguer Navarro, Catedrático de la Universitat Politècnica de Catalunya y miembro de la SEA. Massaguer era un destacado científico en el campo de la física de los fluidos y había hecho también contribuciones importantes a la teoría de la convección estelar, además de haberse interesado por diferentes aspectos de la física solar.

La carrera científica de Massaguer se enmarca en el despegue, a finales de los 60 y principios de los 70, de la investigación en nuestro país, partiendo en la mayoría de los campos de un nivel arcaico hasta alcanzar un estadio competitivo a escala internacional. Josep M.<sup>a</sup> fue, en su ámbito, uno de los motores de esa transformación. Interesado desde un principio por los aspectos de dinámica de fluidos dentro de la física de las estrellas, trabajó durante dos años en el Observatorio de Niza, con el Dr. Jean-Paul Zahn (entonces Director del Observatorio), en la modelización de las zonas convectivas estelares. Siguió después profundizando brillantemente en esa línea de investigación y unos años más tarde hizo una larga estancia en el Joint Institute for Laboratory Astrophysics (JILA) de Boulder (Colorado, USA), donde estableció colaboraciones que se prolongaron hasta la actualidad. Los trabajos de Massaguer con Hulburt, Latour, Toomre y Zahn (de los que él fue el principal impulsor) son, hoy en día, referencia obligada en el tema de la convección estelar. Tienen en cuenta,

en la modelización, la compresibilidad del fluido y no han sido, hasta la fecha, superados.

Pese a lo dicho, no fue la Astrofísica el terreno principal de la actividad de Massaguer. Esa línea de trabajo lo introdujo a problemas más generales de la física de los fluidos, donde su labor, no menos importante, no es tan conocida por los astrónomos (que no consultamos tan a menudo como debiéramos las revistas *The Physics of Fluids* y *Journal of Fluid Mechanics*, donde está publicada). Sintetizando en una sola frase, sus intereses fundamentales fueron la formación de estructuras y la turbulencia en los fluidos. A ellos dedicó principalmente su incansable actividad de los últimos años.

Superando los numerosos obstáculos que conllevaba el ambiente nada favorable de una escuela de ingenieros (donde se suponía que los físicos debían de ser unos simples maestrillos encargados de la enseñanza rutinaria de su prosaico alumnado), logró formar en torno suyo un grupo internacionalmente reconocido de teóricos de la física de fluidos, que prosigue su labor.

Josep M.<sup>a</sup> pertenecía al grupo de los que apostaron, desde su juventud, por una sociedad y un futuro muchísimo más progresistas de lo que la realidad, hasta ahora, ha deparado. Sin caer por ello en el desánimo, puso la mayor parte de sus energías en el trabajo científico, actividad que en alguna medida permite trascender un entorno decepcionante. Aquejado desde hacía algo más de nueve años por una enfermedad de fatal pronóstico, la combatió con excepcional coraje. Sometido frecuentemente a intervenciones quirúrgicas, no sólo no redujo su actividad sino que la intensificó. No dejó de hacer proyectos y de entusiasmarse con ellos hasta la misma semana de su fallecimiento.

Despedimos con este recuerdo a un amigo, a una gran persona y a un científico que, de haber seguido viviendo, hubiese hecho todavía contribuciones muy importantes al desarrollo de la física en este país.

*Ramon Canal Masgoret*

*ramon@mizar.am.ub.es*