



IAC

noticias

N. 1-1999

Nacimiento de estrellas en la Nebulosa Trífida

Pegaso y Casiopea, las nuevas galaxias del Grupo Local

Llamarada gigantesca de plasma en Rigel

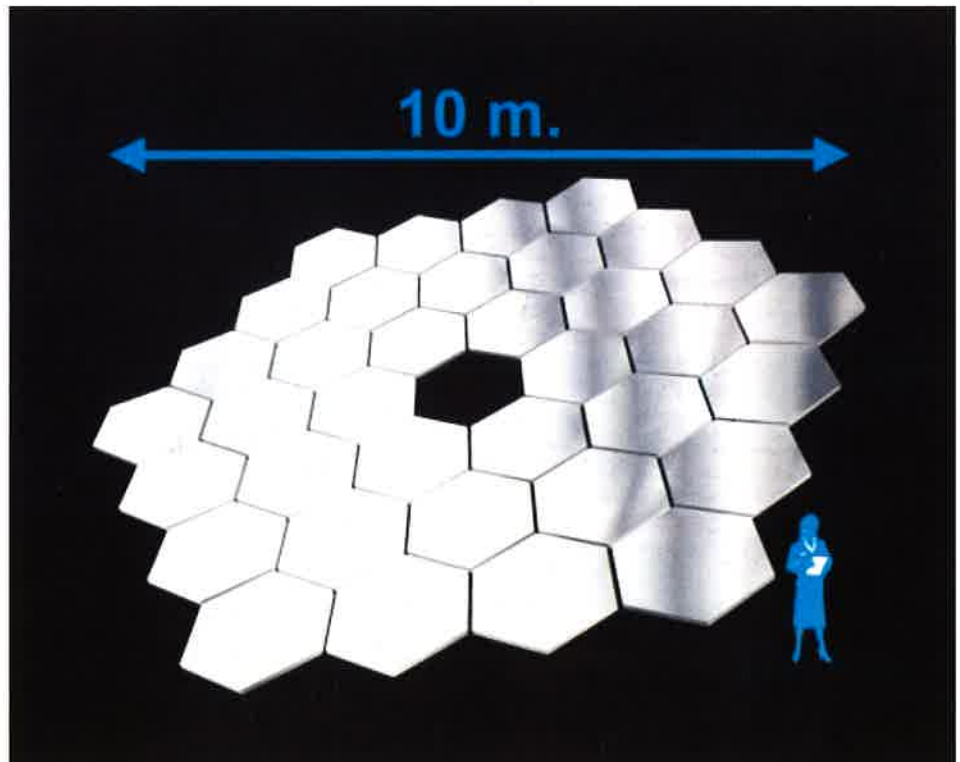
El NGST, el sucesor del *Hubble*

Telescopios de espejo líquido

Jornadas Técnicas de la Red Nacional OTRI'99

Oxford VI & SEAC 99:
Astronomía y
Diversidad Cultural

Entrevista con:
ROBERT SANDERS
"La alternativa a
la materia oscura cósmica"



Esquema ilustrativo del espejo primario segmentado del GTC.

Tras la firma del contrato con la empresa alemana "SCHOTT", que suministrará la vitrocerámica para el espejo del "GTC"

COMIENZA LA CONSTRUCCIÓN DEL "GRAN TELESCOPIO CANARIAS"

"GRANTECAN, S.A.", la sociedad pública creada para la construcción del "Gran Telescopio Canarias" (GTC), firmó el pasado 7 de junio, con la empresa alemana "SCHOTT", el contrato de suministro del material vitrocerámico con el que se construirán los 36 segmentos hexagonales (más 6 de repuesto) que formarán el espejo primario del GTC. Por sus altísimos requerimientos, son muy pocas las empresas en el mundo que fabrican este tipo de material, desarrollado inicialmente para la construcción de los espejos de los modernos telescopios, pero que hoy se emplea, también, en los electrodomésticos. La firma de este acuerdo marca "el punto de no retorno" en la construcción de este telescopio de 10 metros de diámetro que será instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el año 2002. España, a través de la Oficina de Ciencia y Tecnología (OCYT) que lidera el proyecto, negocia actualmente la participación internacional en el GTC de distintos países, entre ellos Reino Unido y Países Bajos, México, Italia, Finlandia, India, República Checa y Austria.



Consulta
nuestra
página web:

[http://www.iac.es/gabinete/iacnoticias/
digital.htm](http://www.iac.es/gabinete/iacnoticias/digital.htm)

SUMARIO

3	INVESTIGACIÓN/INSTRUMENTACIÓN
3	Formación de estrellas en la Nebulosa Trífida. C. ESTEBAN Y J. CERNICHARO
6	Las nuevas galaxias del Grupo Local. A. APARICIO
8	Detectada una llamarada gigantesca de plasma en la estrella "Rigel" de la constelación de Orión. IG. ISRAELIAN
10	El "NGST": el sucesor del "Hubble" S. ARRIBAS.
12	Telescopios de espejo líquido para estudios cosmológicos.
15	GRAN TELESCOPIO
15	Firmado con la empresa alemana "Schott" el contrato de suministro de la vitrocerámica para el espejo del GTC
16	Resumen de noticias sobre el "Gran Telescopio Canarias". P. ÁLVAREZ
18	EMIR, OSIRIS y CANARI-CAM, tres instrumentos propuestos para el GTC
20	CONGRESOS
20	Celebradas las Jornadas Técnicas de la Red Nacional OTRI'99
21	Canarias en el Sistema Ciencia-Tecnología-Industria. J. BURGOS
21	"Canarias innova". Programa de radio de la OTRI del IAC.
22	La I+D en España: el V Programa Marco y el Plan Nacional 2000-2003.
24	Oxford VI International Conference on Archaeoastronomy and Astronomy in Culture y SEAC 1999 Annual Meeting. Astronomía y Diversidad Cultural
28	ENTREVISTA
28	ROBERT. H. SANDERS: La alternativa a la materia oscura cósmica
31	ACUERDOS
31	El IAC, miembro de la Asociación Europea para la Investigación en Astronomía (EARA)
31	Acuerdo de cooperación entre Iberia y el IAC
31	Convenio de colaboración con la Universidad de La Laguna
32	DIVULGACIÓN
34	OTRAS NOTICIAS
35	EDICIONES

IAC
noticias

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC)

Director: Francisco Sánchez
Jefe del Gabinete de Dirección: Luis Martínez

Edición, redacción y confección: Carmen del Puerto y
Begoña López Betancor
Asesoramiento científico: Luis Cuesta
Asesoramiento técnico: Juan Calvo
Textos en inglés: Terry Mahoney
Directorio y distribución: Ana Quevedo
Diseño original: Gotzon Cañada
Edición digital: M. C. Anguita y Gotzon Cañada
Depósito Legal: TF-335/87
ISSN: 0213/893X
Número: 45

PAGE 1

CONSTRUCTION OF THE GRAN TELESCOPIO CANARIAS BEGINS

On 7 June of this year GRANTECAN S.A signed a contract with the German firm Schott for the supply of the 36 hexagonal vitroceraamic segment blanks that will form the primary mirror of the GTC. Due to its very high specifications, there are very few firms in the world that manufacture this type of material. The signing marks the "point of no return" in the construction of the 10 metre telescope to be installed at the ORM in the year 2002. Spain, which heads the project, is now negotiating international participation in the GTC with several countries, including the United Kingdom, the Netherlands, Mexico, Italy, India, the Czech Republic and Austria.

PAGE 3

STAR FORMATION IN THE TRIFID NEBULA

In October 1998 an international team, which included four IAC astrophysicists, announced in the journal *Science* their discovery of several protostars in the HII region in the Trifid Nebula. The location and physical characteristics of these objects could signify a second generation of massive star formation. One of the protostars discovered has an associated jet, which is thought to be the first known jet to propagate in a completely ionized medium.

PAGE 6

NEW GALAXIES IN THE LOCAL GROUP

Following the almost simultaneous announcement of the discovery in August 1998 of two companion galaxies - Pegasus and Cassiopeia - and a sixth satellite galaxy - Andromeda VI - to the Andromeda Galaxy, Antonio Aparicio, Principal Investigator of the Stellar Populations group of the IAC, describes how his team participated in the identification of Andromeda VI with the formerly named Pegasus.

PAGE 8

A GIGANTIC LOOP OF PLASMA FOUND ON RIGEL

The Sun is continually emitting gigantic flames of hot plasma. These solar flares release the energetic equivalent of a thousand nuclear bombs each second. The most drastic changes in the solar corona are produced by the expulsion of enormous bubbles of plasma during what are called coronal mass ejections, which are capable of expelling 10^{16} grammes of material that can reach height greater than the Sun's diameter in only a few hours. Until recently this phenomenon had never been observed in other stars. IAC researcher Garik Israelian describes his recent discovery of one of these massive loops on Rigel.

PAGE 10

NGST: THE HUBBLE'S SUCCESSOR

The *Next Generation Space Telescope* (NGST) is a NASA-led project in partnership with ESA whose objective is the development of a space telescope to replace the *Hubble*. With its 8 metre diameter primary mirror (similar in size to the present generation of large telescopes), it will pose a technological challenge of the highest order. Although its billion-dollar budget has yet to be approved, it is expected that the telescope will be launched in 2008. Santiago Arribas, a CSIC investigator at the IAC and member of the ESA-NGST Science Study Team, discusses the aims and present status of the project.

PAGE 12

LIQUID MIRROR TELESCOPES FOR COSMOLOGY

Observationally, astronomy is of two kinds: the astronomy of detail, dedicated to the gathering of information on a given set of "typical" objects, and surveys, which cover a large number of object with a view to studying their statistical properties. Observatories have traditionally opted for the astronomy of detail for reasons more to do with the allocation of available telescope time to the widest possible range of projects than with strictly scientific considerations. Since the '80s Franco-Canadian researchers have been developing "liquid mirror telescopes" (LMTs). Rémi Cabanac of the Astrophysics Institute of Paris has been involved in the construction of LMTs and gave a talk at the IAC in which he described current projects for the building of this kind of telescope.

PAGE 20

OTRI '99 NATIONAL NETWORK TECHNICAL WORKSHOP

The General Directorate of Higher Education and Scientific Research of the Ministry of Education and Culture, together with the IAC, through the latter's Technology Transfer Unit organized a three-day workshop at Puerto de la Cruz dedicated to the OTRI '99 National Network on 2-4 June. The new National Plan for Scientific Research and Technological Development (2000-2003) and the V R&D Programme of the European Union (1999-2002).

PAGE 24

ASTRONOMY AND CULTURAL DIVERSITY

On 21-27 June, the IAC and the Science and Cosmos Museum of Tenerife hosted the VI Oxford Conference on Astronomy and Cultural Diversity, together with the Annual Meeting of the European Society for Astronomy in Culture (SEAC) 1999, held this year in commemoration of its former Vice President, the late Professor Carlos Jaschek. With its interdisciplinary character, archaeoastronomy brings astronomers, archaeologists, historians and anthropologists together on topics of mutual interest from different viewpoints.

PAGE 28

INTERVIEW WITH ROBERT H. SANDERS: AN ALTERNATIVE TO COSMIC DARK MATTER

At an IAC Colloquium held on 6 May, ROBERT H. SANDERS of the Kapteyn Institute (The Netherlands) proposed a rather unconventional explanation of the discrepancy between the matter directly observable in galaxies and galaxy clusters and that expected from the dynamical properties of these systems. According to Sanders, the difference can be accounted for in terms of the vacuum energy density instead of dark matter invisible to conventional telescopes. This heterodox view has found few supporters among the cosmologists, who shy away from phenomenological explanations aimed at fitting theory to observational evidence.

En octubre de 1998, un grupo internacional de investigadores, entre los que se encuentran cuatro astrofísicos del IAC, publicaron en la revista *Science* el descubrimiento de varias protoestrellas en la región de HII conocida popularmente como Nebulosa Trífida. La situación y características físicas de estos objetos indican que podría tratarse de una segunda generación de estrellas masivas que está naciendo en la nebulosa y, por lo tanto, corresponder a un proceso de formación estelar inducida. Recientemente han concluido un estudio de la cinemática de un *jet* o chorro que descubrieron asociado a una de estas protoestrellas. Este objeto constituye el primer *jet* conocido que se propaga en un medio totalmente ionizado. En el presente artículo se recogen los principales resultados de ambos trabajos.

FORMACIÓN DE ESTRELLAS EN LA NEBULOSA TRÍFIDA

Descubierto un chorro de gas que se propaga sobre un medio totalmente ionizado

CÉSAR ESTEBAN (IAC)
JOSÉ CERNICHARO (CSIC)

Las estrellas nacen a partir del colapso gravitatorio del gas frío y denso de las nubes moleculares. Las observaciones indican que la formación estelar no es un proceso aislado y que una vez se han formado las primeras estrellas en una nube, el proceso se propaga a otras zonas de su interior.

Las regiones de HII son volúmenes de gas ionizado por estrellas masivas recién formadas de tipos espectrales O y/ o B y que se encuentran inmersas todavía en la nube molecular original. La presencia de estrellas masivas puede originar inestabilidades e inducir el colapso gravitatorio en las zonas adyacentes de la nube debido al aumento de presión al que se ve sometido el gas al ser ionizado o por el efecto mecánico de los vientos estelares. Por lo tanto, las regiones de HII son lugares idóneos donde buscar evidencias de formación estelar inducida.

La Nebulosa Trífida (ver figura 1) es una de las regiones de HII más cercanas (distante unos 1.680 parsecs). Debe su brillo a la ionización producida por una estrella de tipo O7V (HD164492A), con una masa 30 veces mayor que el Sol. El diámetro de la nube es relativamente pequeño para este tipo de objetos (unos 2,6 parsecs) y su edad del orden de unos 100.000 años, lo que la hace una región de HII especialmente joven.

Dentro de una colaboración internacional liderada por José Cernicharo (Instituto de Estructura de la Materia, CSIC)

hemos llevado a cabo un programa de observación de la nebulosa utilizando telescopios ópticos, radiotelescopios y todos los instrumentos científicos a bordo del satélite infrarrojo ISO.

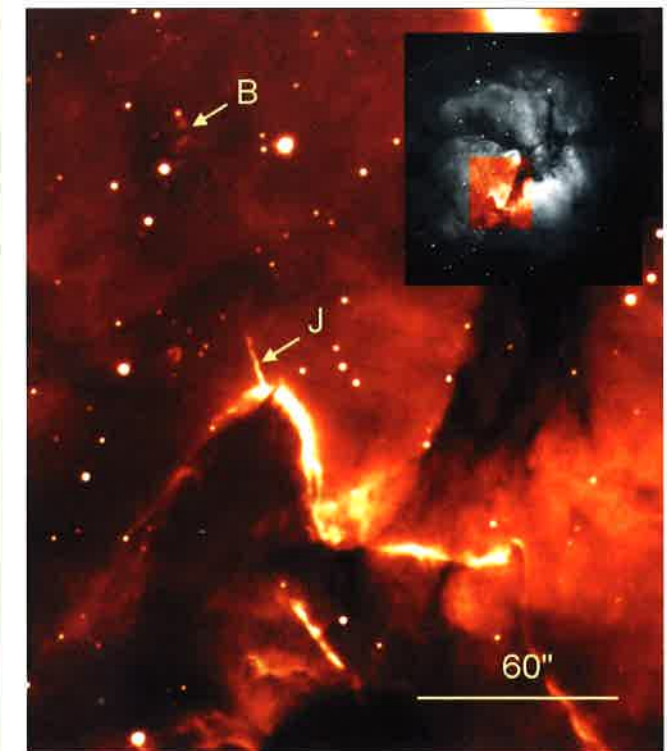


Figura 1:
Imagen [SII] de la zona sureste de la Nebulosa Trífida obtenida con el Telescopio Óptico Nórdico (NOT), del Observatorio del Roque de los Muchachos. La posición del jet (J) y del choque de proa (B) se indican sobre la figura. El cuadro de la parte superior derecha muestra una imagen completa de la nebulosa en H α correspondiente a un mosaico de imágenes CCD obtenidas con el telescopio IAC-80, del Observatorio del Teide. Imagen publicada en Cernicharo et al., *Science* 282, 462 (1998).

INVESTIGADORES:

J. Cernicharo (CSIC, Instituto de Estructura de la Materia), C. Esteban (IAC), B. Lefloch (CSIC, Instituto de Estructura de la Materia), M. Rosado (UNAM, Instituto de Astronomía, México), Ramón J. García López (IAC), P. Cox (Institut d'Astrophysique Spatiale, Univ. de Paris XI), D. Cesarsky (Institut d'Astrophysique Spatiale, Univ. de Paris XI), F. Yusef-Zadeh (Northwestern University, EEUU), D.I. Méndez (IAC), José Acosta-Pulido (IAC), A. Heras (ESA, ISO Center, Vilspa).

En la figura 2, mostramos una composición de imágenes y mapas de la nebulosa obtenidos con distintas técnicas y longitudes de onda, desde el infrarrojo al radio. La figura 2A muestra que la emisión libre-libre del gas ionizado está limitada por un borde de ionización y que, además, se encuentra rodeado por una concha de gas molecular denso (posible zona de fotodisociación), tal y como muestran los isocontornos de emisión en la línea de HCO⁺ J=1-0. En la figura 2B representamos la emisión térmica del polvo de la nebulosa a 1,3 mm, en la que se detecta, por primera vez, una condensación brillante (TC0) y cuatro fuentes puntuales (TC1 a TC4) situadas en zonas cercanas al borde de ionización de la nebulosa o en glóbulos oscuros inmersos en la región de HII. Es importante señalar que estas fuentes no se detectan a longitudes de onda más cortas en el infrarrojo. Por ejemplo, no figuran en el catálogo de fuentes pun-

tuales del satélite IRAS, ni fueron detectadas en la imagen que obtuvimos con ISOCAM en 12 micras (figura 2D). Sólo en longitudes de onda milimétricas la emisión del polvo de las fuentes se encuentra suficientemente contrastada como para distinguirse sobre el fondo.

Por otra parte, observaciones de gas molecular tomadas con la antena de 30m de IRAM descubrieron flujos de gas a alta velocidad asociados a todas las fuentes puntuales excepto TC2. Las características de estos flujos son las típicas de los flujos bipolares asociados a fuentes protoestelares inmersas en una nube. La edad dinámica que estimamos para estos flujos es del orden de 6.000 años.

La ausencia de emisión en el infrarrojo cercano o medio en estos objetos indica que pertenecen a la clase 0 de fuentes protoestelares. Esta clase corres-

ponde a los objetos de este tipo más jóvenes conocidos, con edades del orden de 10.000 años, similares a las edades dinámicas de los flujos de alta velocidad. Por otra parte, la luminosidad que estimamos para las fuentes TC1 a TC4 las hace un orden de magnitud más brillantes que los otros objetos de clase 0 conocidos por lo que, sin duda, corresponden a estrellas masivas en formación.

Como vemos, la edad estimada de las protoestrellas descubiertas (TC1 a TC4) es un orden de magnitud inferior a la edad de la región de HII, que es de alrededor de 100.000 años. Este resultado sugiere que podemos estar siendo testigos de un proceso de formación estelar inducida en la Nebulosa Trífida: una nueva generación de estrellas formándose debido a la acción del frente de ionización sobre el material molecular situado en el borde de la nebulosa o asociado a glóbulos oscuros. Este descubrimiento dio pie a la publicación de un trabajo en la revista *Science*, que vio la luz el pasado mes de octubre.

Pero volvamos a TC2, esta fuente se encuentra en el interior de un glóbulo oscuro bien visible en las imágenes ópticas de la nebulosa (ver figura 1). Aunque, como dijimos anteriormente, no tiene flujos moleculares de alta velocidad asociados, descubrimos (utilizando el Telescopio Óptico Nórdico, NOT, del Observatorio del Roque de los Muchachos) un *jet* o chorro (designado a partir de entonces como HH399) de gas brillante que sale del glóbulo justo desde la posición de la fuente protoestelar TC2. Este chorro presenta varios nódulos de emisión y se extiende a lo largo de 0,16 parsecs. También descubrimos la existencia de una extensión de este chorro, a 0,65 parsec de distancia del glóbulo, que correspondería a un "choque de proa" (o *bowshock*), una zona donde el material a alta velocidad del chorro choca con el medio interestelar de sus alrededores. Resulta paradójico que nadie hubiera descubierto la existencia de este *jet* con anterioridad aun siendo visible (aunque con cierta dificultad) en fotografías publicadas en libros tan populares como *The Milky Way*, de Bok & Bok, o el *Burnham's Celestial Handbook*. Es de resaltar que HH399 es el primer chorro conocido que se propaga sobre un medio totalmente ionizado.

Hemos estudiado la cinemática de la zona del chorro y el choque de proa con el espectrógrafo Fabry-Pérot TAURUS

del Telescopio "William Herschel" (WHT), del Observatorio del Roque de los Muchachos. Encontramos dos componentes cinemáticas separadas alrededor de 15 km/s a lo largo de ambos objetos y muy cercanas a la velocidad general de la nebulosa, lo que indica que el eje sobre el cual se propaga el chorro y el choque de proa es prácticamente perpendicular a la línea de visión. La edad dinámica del objeto es del orden de 6.000 años, que coincide con la edad estimada para los flujos moleculares encontrados en las restantes fuentes protoestelares. A partir de observaciones de las dos líneas del doblete de [SII] 6717, 6731 Å, obtenidas con el espectrógrafo *echelle* IACUB (instalado en el NOT), encontramos que ambas componentes tienen una densidad electrónica muy diferente. La componente más brillante y con velocidad más positiva (componente A), tiene una densidad entre 100 a 340 cm⁻³, similar a la del resto de la Nebulosa Trífida, mientras que la componente más débil y con menor velocidad (componente B), presenta densidades entre 1.000 y 7.500 cm⁻³.

La interpretación de los datos espectroscópicos es complicada debido a la falta de modelos teóricos que describan la propagación de chorros en medios totalmente ionizados. De cualquier forma, la explicación más satisfactoria es que la componente B corresponde al material que contiene el chorro, mientras que la componente A correspondería al gas de la superficie del chorro que está siendo ionizado por los fotones UV de la estrella HD164492A. El hecho de que la componente A se vea siempre con una velocidad más positiva que B se debería a que el chorro se encuentra situado entre nosotros y la estrella ionizante. Este trabajo sobre la cinemática del objeto se publicará en la revista *The Astronomical Journal*.

En conclusión, la Nebulosa Trífida es un objeto popular, pero paradójicamente poco conocido, que puede proporcionar todavía muchas sorpresas. Sin duda, nos ayudará a comprender mejor el proceso de la formación estelar y de su propagación. En el futuro serían necesarias nuevas observaciones del *jet* y del choque de proa, sobre todo destinadas a medir su movimiento propio, para conocer la física de HH399 en particular y de los *jets* inmersos en regiones de HII en general, un aspecto todavía poco conocido tanto desde el punto de vista teórico como observacional.

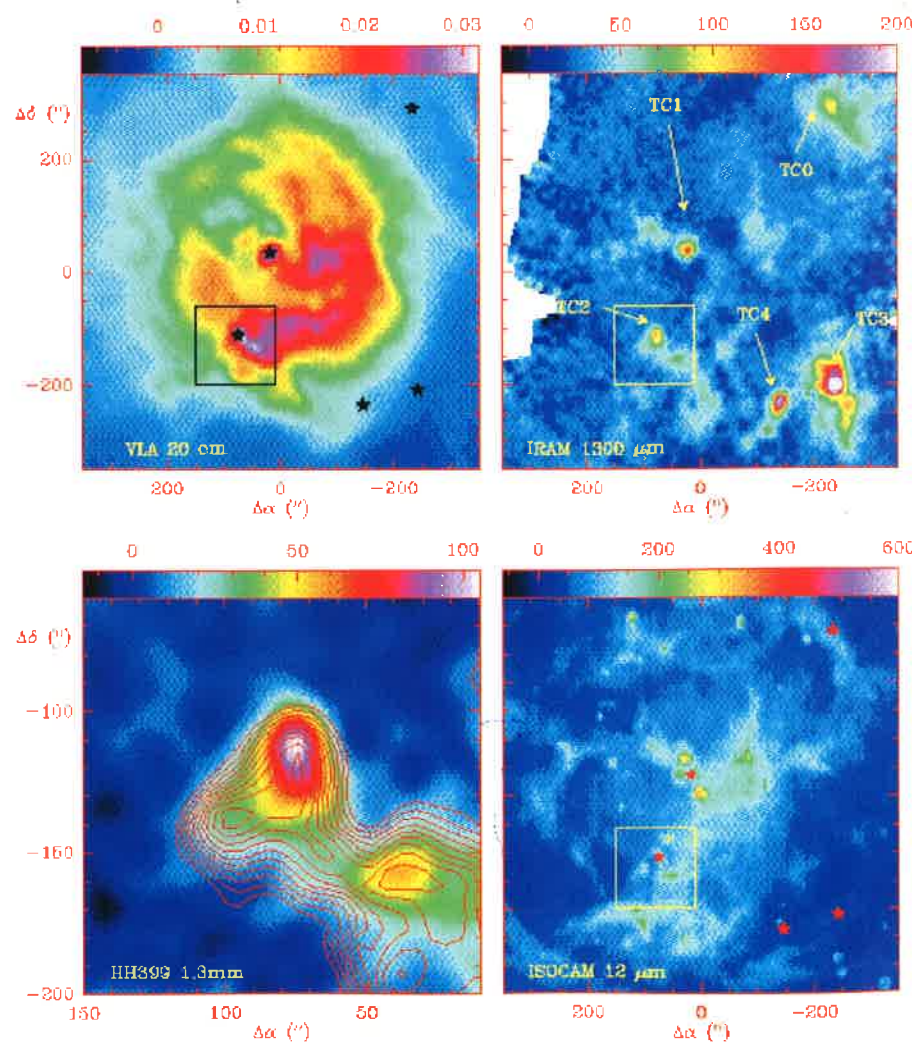


Figura 2: (A, imagen superior izquierda) mapa de la emisión libre-libre a 20 cm obtenida con el VLA. Los isocontornos superpuestos corresponden a la emisión en la línea J=1-0 del HCO⁺. (B, superior derecha) Emisión del polvo a 1,3 mm observada con el bolómetro de 19 canales del radiotelescopio de 30 m de IRAM. (C, inferior izquierda) Imagen ampliada de la emisión de polvo de TC2, origen del jet HH399. El campo corresponde a la caja representada en (A), (B) y (D). Los isocontornos representan la emisión de la línea J=2-1 de ¹³CO. (D, inferior derecha) Imagen ISOCAM de la emisión del polvo a 12 micras. Las diferentes fuentes protoestelares descubiertas se indican explícitamente. La estrella cerca del centro de las imágenes corresponde a la estrella ionizante HD164492A. Imagen publicada en Cernicharo et al., *Science* 282, 462 (1998).

Referencias:

- "Induced Massive Star Formation in the Trifid Nebula?" Cernicharo, J., Lefloch, B., Cox, P., Cesarsky, D., Esteban C., Yusef-Zadeh, F., Méndez, D.I., Acosta-Pulido, J., García López, R.J., Heras, A. *Science*, 282, 462 (16 Octubre de 1998).
- "The Kinematics of the HH399 Jet in the Trifid Nebula" Rosado, M., Esteban, C., Lefloch, B., Cernicharo, J., García López, R.J. *The Astronomical Journal*, en prensa.

En agosto de 1998, Igor Karachentsev, del Observatorio Astrofísico Especial de Stavropol (Rusia), y Valentina Karachentseva, de la Universidad de Kiev (Ucrania), anunciaron el descubrimiento de dos probables nuevas compañeras de la galaxia de Andrómeda, a las que se denominó Pegaso y Casiopea, según la costumbre de llamar a las galaxias más próximas con el nombre de la constelación en que se encuentran. Simultánea e independientemente, Taft Armandroff, de Kitt Peak (Arizona, Estados Unidos), anunció el descubrimiento de lo que podría ser una nueva galaxia satélite de Andrómeda, a la que designó como Andrómeda VI, indicando simplemente que podría tratarse de la sexta de sus satélites menores. El Investigador Principal del proyecto de Poblaciones Estelares del IAC, Antonio Aparicio, describe en este artículo la participación de su equipo en la confirmación de estos resultados.

LAS NUEVAS GALAXIAS DEL GRUPO LOCAL

Circunstancialmente, en aquellos días de agosto de 1998 disponíamos de dos noches de observación con el Hale, el legendario telescopio de 5 m de Monte Palomar, en California. Carme Gallart, por entonces en la Institución Carnegie en Pasadena (California, Estados Unidos), hizo las observaciones. Los anuncios de los descubrimientos eran tan recientes

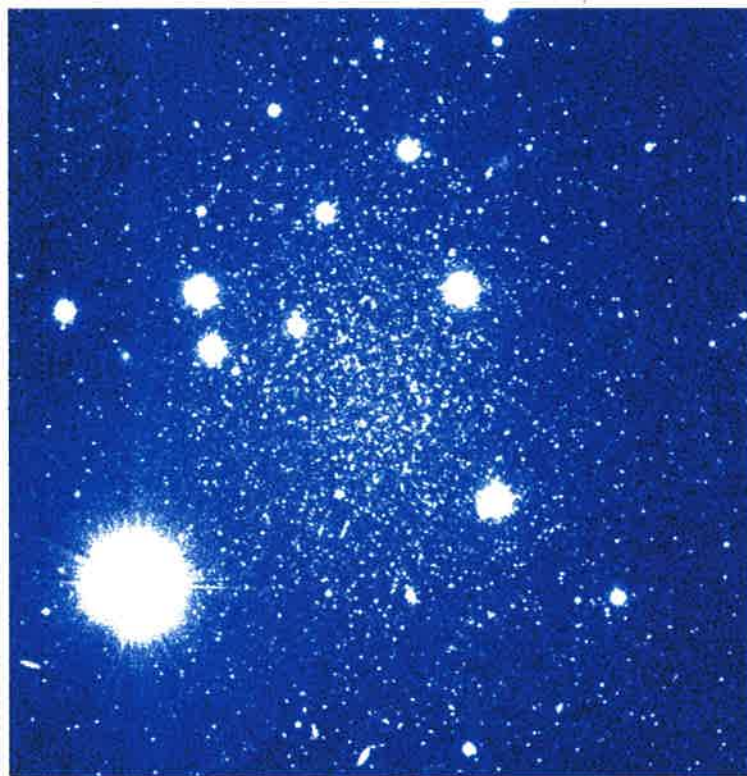


Fig. 1. La galaxia esferoidal de Pegaso, observada con el telescopio Hale de 5 m de Monte Palomar (California, Estados Unidos).

que ni siquiera sabíamos a cuál de las dos galaxias de Karachentsev y Karachentseva correspondía la de Armandroff o si, en realidad, era una distinta. En el telescopio, supimos que Andrómeda VI era la misma que Pegaso y la observamos junto a Casiopea. Pocos días después, David Martínez, del grupo del IAC, repetía las observaciones con el pequeño telescopio IAC-80, en el Observatorio del Teide (Tenerife), con el que obtuvimos una mejor calibración de los datos.

Antes de seguir, es necesario señalar que las galaxias son objetos muy abundantes en el Universo. Podríamos decir que, lo mismo que las células son los elementos esenciales de los organismos vivos, las galaxias lo son del Universo. Por supuesto, las galaxias tienen componentes más simples: las estrellas, los planetas, los cúmulos estelares, las nubes de gas. Y también se agrupan entre ellas para formar cúmulos de galaxias. A los cúmulos de galaxias menos poblados se les llama "grupos". Nuestra galaxia, la Vía Láctea, pertenece al Grupo Local. Es más, la Vía Láctea y Andrómeda son las galaxias mayores del Grupo Local y dominan desde el punto de vista gravitatorio y de la luz que emiten. Además, en el Grupo Local hay entre 30 y 40 galaxias menores más, muchas de ellas muy pequeñas y que son satélites de las dos gigantes.

El Grupo Local

El interés por conocer a fondo el Grupo Local radica en que es ahí donde podemos averiguar más detalles sobre las galaxias que lo componen y sus propie-

dades globales. Lo que sepamos sobre el Grupo Local podremos después aplicarlo a grupos y cúmulos más distantes y, por tanto, más difíciles de estudiar. Pero a pesar de estar dentro de él, distamos aún mucho de conocer sus propiedades con detalle. Para empezar, ni siquiera podemos estar seguros de disponer de un inventario completo de las galaxias que lo componen ni de su distribución espacial (distancias al centro de gravedad del grupo). De tanto en tanto, cada varios años, se descubren nuevas galaxias enanas que, como Pegaso y Casiopea, se encuentran dentro o en las inmediaciones del Grupo Local. El hecho no tendría trascendencia si se tratara de galaxias lejanas: hay tantas en el Universo que cualquiera, de un vistazo a una buena imagen profunda del cielo, puede identificar unas cuantas nunca antes vistas. Pero la cosa cambia radicalmente cuando se trata de una de nuestras inmediatas vecinas, que estuvo ahí desde el propio origen del Grupo Local, pero que ha pasado desapercibida hasta ahora.

Galaxias enanas

La razón por la que estas galaxias son tan esquivas es que son realmente débiles y difusas. Muchas son apenas distinguibles del fondo de estrellas pertenecientes a nuestra propia galaxia, la Vía Láctea. Por esta razón, existen programas específicos de búsqueda de estas pequeñas galaxias próximas, casi fantasmales. Cuando se descubre una nueva galaxia de estas características con indicios de que pueda estar muy cerca, el interés inmediato es poder determinar su distancia y esbozar sus propiedades globales; en particular si se trata de una galaxia con formación estelar reciente o no, con grandes cantidades de gas o no, etc. En estas propiedades se basan los primeros indicios que podemos tener sobre las interacciones de la galaxia con sus vecinas en el Grupo Local, sobre todo, con las gigantes Andrómeda y la Vía Láctea.

De esta forma, aprovechamos el hecho de contar con esas dos noches en Monte Palomar y de la disponibilidad del telescopio IAC-80 y realizamos las primeras observaciones detalladas de las dos galaxias. Semanas más tarde tenía lugar un congreso internacional en Ciudad del Cabo (Sudáfrica), donde presentamos los resultados. Pero no se pudo esperar hasta entonces para mostrarlos: en el aeropuerto de Londres, punto de escala de muchos vuelos hacia Sudáfrica, la excitación que el descubrimiento de las nuevas galaxias había producido entre los colegas que, procedentes de los más variados lugares, se dirigían hacia

Ciudad del Cabo y la impaciencia por ver los primeros resultados y por saber si eran o no realmente miembros del Grupo Local era tal, que tampoco nosotros pudimos contener nuestro deseo de mostrar lo esencial, aunque fuera de forma improvisada.

Y lo esencial es que estas dos galaxias son dos nuevos miembros del Grupo Local. Se encuentran aproximadamente a la misma distancia de nosotros que Andrómeda (unos 800 Kpc, que equivalen a unos 2,5 millones de años-luz) de la que, a su vez, distan unos 300 Kpc (950.000 años-luz). Cabe pensar, por tanto, que son dos satélites de esta galaxia. En ninguna de las dos hay evidencias de formación estelar reciente (que podría, en cualquier caso, estar presente a un ritmo muy bajo), lo que indica que se trata de galaxias enanas de las llamadas esferoidales, con muy poco o ningún gas. Las galaxias de este tipo podrían haber sido las primeras que se formaron en el Grupo Local (y en el Universo en general). Las galaxias gigantes, como Andrómeda y la Vía Láctea, se podrían haber formado, al menos en parte, por aglomeración de galaxias enanas de este tipo. Si esto fuera así, Pegaso y Casiopea, junto con otras 15 o 20 galaxias de similares características del Grupo Local, podrían ser los restos no utilizados en la construcción de las galaxias mayores.

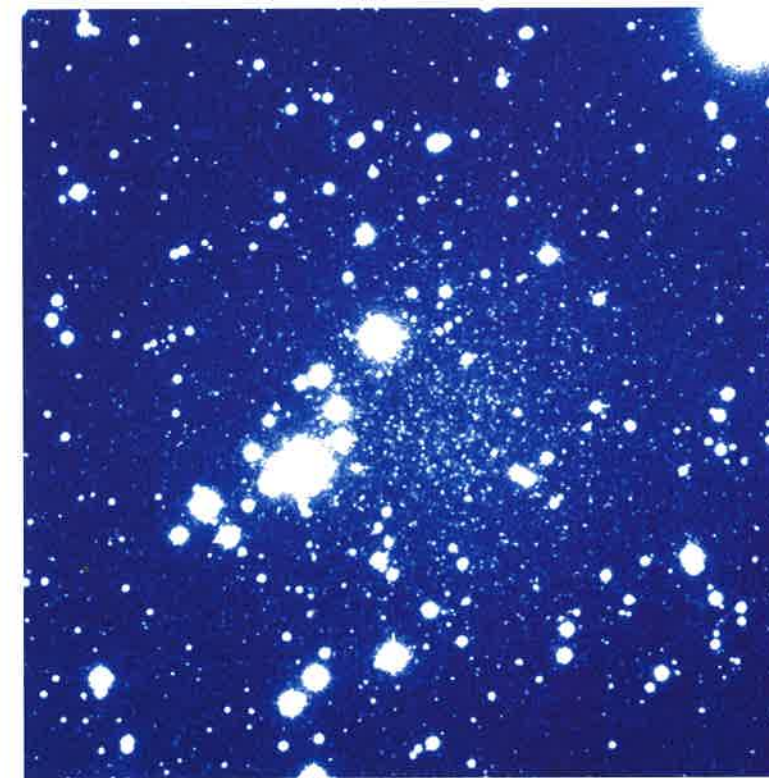


Fig. 2. La galaxia esferoidal de Casiopea, observada con el telescopio Hale de 5 m de Monte Palomar (California, Estados Unidos).

INVESTIGADORES:

Antonio Aparicio (IAC)
David Martínez (IAC)
Carme Gallart (Institución Carnegie, EEUU)

El Sol emite continuamente al espacio gigantescas llamaradas de plasma caliente. Cada una de esas fulguraciones solares equivale a la detonación de unas cien mil bombas nucleares por segundo. Los cambios más drásticos en la corona solar se producen durante las llamadas eyecciones de masa de la corona o CME (del inglés *Coronal Mass Ejections*), que consisten en la expulsión de enormes burbujas de plasma caliente procedente de la atmósfera exterior del Sol. Las CME pueden inyectar de una sola vez al espacio hasta 10^{16} gramos de materia, que luego crecen hasta alcanzar un tamaño superior al diámetro del Sol en cuestión de tan sólo unas pocas horas. Si bien nuestro Sol se comporta así de forma habitual, se sabe que su actividad se rige por un ciclo que conoce períodos de máxima y mínima actividad. El último máximo solar se produjo en 1989 y, además de batir varios récords de actividad solar, provocó la pérdida de satélites, dificultades en las comunicaciones e incluso un gran apagón de toda una red eléctrica en la Tierra. Hasta ahora no se había observado este fenómeno en otras estrellas. El investigador del IAC Garik Israelian ha descubierto recientemente uno de estos bucles masivos en la estrella Rigel, de la constelación de Orión.

DETECTADA UNA LLAMARADA GIGANTESCA DE PLASMA EN LA ESTRELLA "RIGEL" DE LA CONSTELACIÓN DE ORIÓN

Fenómeno frecuente en el Sol, es la primera vez que se observa en una estrella caliente

GARIK ISRAELIAN (IAC)

Sabemos que las fulguraciones solares siguen un ciclo de 11 años de máximos y mínimos de actividad, pues las manchas solares asociadas a ellos se observan regularmente desde 1610, año en que Galileo y otros astrónomos apuntaron por primera vez un telescopio hacia el Sol. Las manchas solares tienen fuertes campos magnéticos, de hasta varios miles de gauss. Aún no se conocen bien las leyes físicas que rigen estos fenómenos, pero se sabe que campos magnéticos muy fuertes y turbulentos se enroscan en forma de bucles al proyectarse desde la superficie del Sol hacia el espacio, llevando con ellos ingentes cantidades de plasma caliente que fluye a lo largo de las líneas del campo. Los extremos de esos bucles se insertan en dos puntos de la superficie de la estrella pero, en ocasiones, el plasma caliente logra romper ese campo invisible de fuerza y da lugar a una fulguración solar. Si bien los bucles pueden perdurar a lo largo de varias revoluciones de la estrella (27

días en el caso del Sol), las fulguraciones pueden producirse en intervalos de horas.

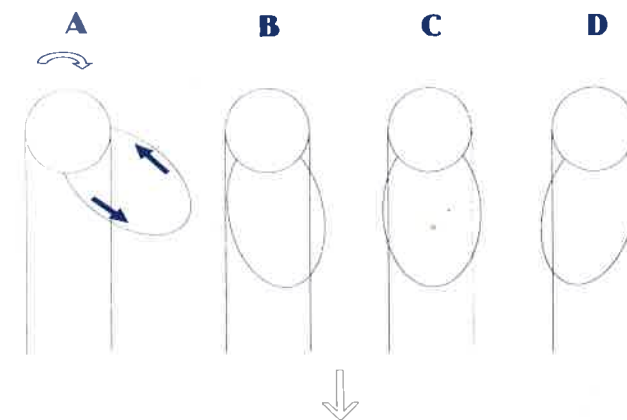
Los astrónomos conocen estos fenómenos con cierto grado de precisión, pero siguen sin comprender varias cuestiones fundamentales sobre por qué y cómo se producen estas emisiones de plasma. Hasta hace un año existía entre los astrónomos la certeza de que esos grandes bucles magnéticos no podían producirse en estrellas calientes, pues la teoría clásica de la estructura estelar no predice la existencia de una zona de convección en el interior de este tipo de estrellas, con lo que no podían presentar ni manchas ni campos magnéticos. Sin embargo, la literatura especializada recogía varias indicaciones (A. Underhill, J. Cassinelli, D. Mullan) que vinculaban la presencia de emisiones de rayos X y la existencia de Componentes de Absorción Discreta en algunas estrellas calientes con la actividad magnética. Estas ideas no contaban con un apoyo observacional fun-

dado, con lo que su aceptación entre los científicos era limitada. No había evidencias claras de la existencia de manchas superficiales o bucles magnéticos en estrellas calientes. Las medidas directas del campo magnético realizadas en algunas estrellas calientes luminosas han fijado el límite superior en unos 100 gauss que, dada la baja densidad de las supergigantes calientes, es una intensidad suficiente para que la distribución de la materia se rija por las fuerzas magnéticas. Pero seguía faltando el respaldo de la prueba observacional.

El reciente descubrimiento realizado por G. Israelian et al. (*MNRAS*, 290, 521, 1997) de un bucle masivo en Rigel (beta Orionis) puso de manifiesto el desconocimiento de los mecanismos responsables de estos fenómenos. El descubrimiento fue posible gracias a los cientos de espectros obtenidos en el SAO (Observatorio Astronómico Especial de Rusia). Esta estrella ha sido también estudiada por un grupo de astrónomos de Heidelberg (Alemania), quienes hallaron que el suceso recogido por nosotros en el SAO en octubre de 1993 y que fue interpretado como el paso de un gran bucle a lo largo de la línea de visión, se ha repetido después del ciclo de rotación (unos tres meses y medio). La existencia de este bucle gigante se propuso para explicar la peculiar variabilidad del perfil H α , en el que la absorción fotosférica normal se desplazó repentinamente hacia el azul y se intensificó considerablemente, para luego descender hasta desaparecer. Al mismo tiempo se produjo una absorción similar en el rojo y aumentó su fuerza antes de descender también y recuperar el perfil normal. Todo el proceso duró aproximadamente un mes. La variabili-

dad en H α se ha registrado en 10 espectros del SAO y en 2 de Heidelberg. Los 12 espectros nos dieron una idea clara de lo que había sucedido en octubre de 1993. El hecho de que no se observase ninguna emisión en el perfil de H α se interpreta como una prueba evidente de que la distribución de la materia circumestelar que dio lugar al peculiar perfil en H α no tenía una simetría esférica. Se trataba, por tanto, de un bucle gigante que cruzó la línea de visión y luego desapareció. Luego volvió a aparecer después de un ciclo de rotación, pero ya no con tanta fuerza como la primera vez. El bucle abarcaba unos 150 radios solares y la materia fluía en su interior a una velocidad de 200 km/s.

Los científicos no pueden explicar de forma global y precisa la actividad y el ciclo solares, algo que aún no se conoce en su totalidad. Lo que sí se sabe es que los bucles, las fulguraciones y las expulsiones de masa de la corona se producen en el Sol y, quizá, en otras estrellas mucho más calientes. En Rigel hemos observado un fenómeno muy peculiar. Desde el punto de vista teórico, el origen de los bucles magnéticos en estrellas calientes no está muy claro; sin embargo, y a pesar de las dificultades teóricas, parece que el modelo del bucle en rotación puede explicar, al menos de manera cualitativa, las observaciones en H α de Rigel. Está claro también que estos fenómenos peculiares sólo pueden detectarse mediante programas de seguimiento, es decir, hay que observar varios objetos interesantes a lo largo de varios años y esperar que la naturaleza satisfaga nuestras expectativas.



OBSERVADOR

EN RIGEL HEMOS OBSERVADO UN FENÓMENO MUY PECULIAR. DESDE EL PUNTO DE VISTA TEÓRICO, EL ORIGEN DE LOS BUCLES MAGNÉTICOS EN ESTRELLAS CALIENTES NO ESTÁ MUY CLARO; SIN EMBARGO, Y A PESAR DE LAS DIFICULTADES TEÓRICAS, PARECE QUE EL MODELO DEL BUCLE EN ROTACIÓN PUEDE EXPLICAR, AL MENOS DE MANERA CUALITATIVA, LAS OBSERVACIONES EN H α DE RIGEL.

LOS CIENTÍFICOS NO PUEDEN EXPLICAR DE FORMA GLOBAL Y PRECISA LA ACTIVIDAD Y EL CICLO SOLARES, ALGO QUE AÚN NO SE CONOCE EN SU TOTALIDAD. LO QUE SÍ SE SABE ES QUE LOS BUCLES, LAS FULGURACIONES Y LAS EXPULSIONES DE MASA DE LA CORONA SE PRODUCEN EN EL SOL Y, QUIZÁ, EN OTRAS ESTRELLAS MUCHO MÁS CALIENTES.

El Next Generation Space Telescope (NGST) es un proyecto liderado por la NASA y con participación de la ESA que tiene como objetivo desarrollar el telescopio espacial que sustituirá al Hubble. Se enmarca dentro del programa *Origins* y tiene una motivación científica fundamental: entender cómo se forman y evolucionan las galaxias. El diámetro del espejo de este telescopio será de 8 metros (similar al de los telescopios terrestres más grandes) lo que supone un reto tecnológico de primera magnitud. Aunque su presupuesto, que supera los 1.000 millones de dólares, aún no está formalmente aprobado, nadie duda ya de que este telescopio será una realidad en el año 2008, fecha en la que está previsto su lanzamiento. Santiago Arribas, Colaborador del CSIC en el IAC y miembro del equipo científico designado por la ESA (*ESA-NGST Science Study Team*) para supervisar los estudios preliminares, presenta en este artículo los objetivos y el estado actual del proyecto.



Santiago Arribas

EL "NGST": el sucesor del "Hubble"

En la actualidad existe una enorme actividad en torno al mismo proyecto tanto en EEUU como en Europa. De hecho, la Agencia Europea del Espacio (ESA) prepara en la actualidad la negociación formal con la NASA para definir la aportación europea al que sin duda es el proyecto más ambicioso de la Astronomía de las próximas décadas.

Motivación científica

El NGST se enmarca dentro del programa *Origins*, de la NASA. Este programa tiene por finalidad hacer un avance sustancial en el conocimiento de nuestros orígenes, entendiendo éstos de manera amplia. Así, son objetivos de este programa estudios en los siguientes campos:

- Formación y evolución de galaxias y, en particular, galaxias similares a la nuestra, la Vía Láctea,
- Origen y evolución de sistemas planetarios,
- Origen de la vida en la Tierra y
- Posible existencia de vida extraterrestre.

En este contexto, los objetivos científicos del NGST se centran en los dos primeros campos mencionados y, en especial, en la formación y evolución de galaxias. Sin embargo, también está previsto que aborde otros temas. De hecho, la mitad del tiempo de observación quedará a la competición entre los diferentes programas científicos que en su día se presenten. Esto es de gran importancia para el NGST, ya que resulta extremadamente difícil detallar el programa científico con diez años de anticipación. Hay que tener

SANTIAGO ARRIBAS (IAC)
en cuenta que cuando se lance el NGST, en el año 2008, habrá unos 15 telescopios de la clase 8-10 m funcionando en el mundo y ya se habrá observado unas 30.000 noches con ellos. Esto, obviamente, añade mucha incertidumbre a la hora de detallar los programas científicos de este telescopio.

El NGST hoy

En la actualidad el proyecto del NGST está terminando lo que técnicamente se reconoce como 'pre-fase A'. Esta es una fase muy temprana del proyecto en la que aún se están definiendo especificaciones, se realizan estudios de viabilidad, se identifican los desarrollos tecnológicos necesarios para llevar a cabo el proyecto, etc. Esto significa que aún muchas de sus características pueden variar. Sin embargo, existe en la actualidad una lista de especificaciones que definen las características fundamentales de esta misión.

Como ya se ha comentado antes, el espejo primario del telescopio será de 8 m, estará en una órbita L2 (punto de Lagrange del sistema Sol-Tierra-Luna) y su rango de operación estará centrado en el infrarrojo (0,6 - 10 mm) y limitado por luz zodiacal. Esto supone una reducción de más de 6 ó 7 órdenes de magnitud en la emisión de fondo, lo que es clave para mejorar su sensibilidad con respecto a los telescopios terrestres. Otra ventaja adicional con respecto a la observación en tierra es su amplio campo de visión (aprox. 10°) en el que se dispondrá de una altísima calidad óptica (estará limitado por difracción en 2 mm). Esto implica que la resolución espacial del

NGST en el infrarrojo cercano será similar a la del 'Hubble' en el visible.

A estas especificaciones de carácter técnico tenemos que añadir las restricciones de carácter programático impuestas por la NASA. Estas son: la fecha de lanzamiento debe ser el año 2008; la duración de la misión debe ser como mínimo de 5 años con una posible extensión a 10; y el presupuesto no debe superar los 1.000 millones de dólares.

Aunque pueda parecer muy elevado, el presupuesto del NGST es relativamente reducido si tenemos en cuenta la envergadura del proyecto. A modo de referencia, este presupuesto es similar al del satélite ISO.

Soluciones técnicas

La órbita L2 está a 1,5 millones de kilómetros de la Tierra (5 veces la distancia Tierra-Luna), en la dirección contraria al Sol. ¿Cómo se puede poner allí un telescopio de 8 m? Los cohetes disponibles imponen fuertes restricciones al tamaño y masa que pueden transportar hasta un lugar tan distante de la Tierra (téngase en cuenta que el Hubble está a tan sólo 400 km). Las bodegas de los cohetes difícilmente superan los 5 m de diámetro y la carga máxima que puede ser transportada hasta L2 no puede superar los 3.000 kg con un cohete tipo ATLAS (6.000 kg con el Ariane V). La clave de la solución se basa en las siguientes características del telescopio:

1- Su espejo primario es segmentado y desplegable.

2- Está enfriado de forma pasiva gracias a un 'escudo solar' que mantiene permanentemente 'a la sombra' tanto el telescopio como la caja de instrumentos. De esta forma se consigue que el módulo de los instrumentos esté a unos 30K, lo que hace innecesarios los criostatos, reduciendo considerablemente el peso de los instrumentos.

3- El espejo primario está basado en óptica ultraligera, gracias a la cual se espera que no pese mucho más de 500 kg, lo que implica, para un telescopio de 8m de diámetro, que su espesor será del orden de 2 a 5 mm. En la actualidad no se dispone de la tecnología necesaria, pero se está investigando activamente en este campo y pronto se espera conseguir los niveles necesarios para el NGST.

También se está investigando en campos que pueden ser relevantes para definir el conjunto de instrumentos del telescopio, como las matrices de micro-espejos, simuladores rendijas basados en micro-

obtrudadores, técnicas coronográficas de alto contraste, espectroscopía 2D de transformada de Fourier, etc. En el diseño de referencia actual la instrumentación debe incluir: una cámara en el infrarrojo cercano (0,6 - 5 mm) con un campo de 4'x4' a 0,003»/pixel; un espectrógrafo multiobjeto con un campo de 3'x3' operando también entre 0,6 - 5 mm; y una cámara en el infrarrojo medio 5 -10 (28) mm con un campo de 2'x2'.

Actividades de la ESA

En 1997, la NASA invitó 'informalmente' a la ESA a participar en los estudios de la 'pre-fase A. Como primer paso, esta agencia designó un comité de expertos (conocido como *Task Group*) con el objetivo de identificar campos en los que Europa pueda participar en el proyecto de manera visible. Este comité identifica el campo de la espectroscopía de campo integral (o espectroscopía bidimensional) como uno de los campos de interés para el NGST en el que Europa tiene una posición de liderazgo. Además de un estudio previo en este campo, recomienda un estudio de revisión del diseño de referencia de la NASA y de órbitas alternativas a la L2 (este estudio se ha reconducido al estudio de una cámara visible). Todos los estudios están en marcha en la actualidad. Asimismo, la ESA ha designado al equipo científico (*ESA-NGST Science Study Team*) cuya misión es supervisar estos estudios y preparar la negociación con la NASA, que tendrá lugar en el año 2000.



Visión artística de uno de los modelos propuestos para el NGST (STScI).

"HAY QUE TENER EN CUENTA QUE CUANDO SE LANCE EL NGST, EN EL AÑO 2008, HABRÁ UNOS 15 TELESCOPIOS DE LA CLASE 8-10 m FUNCIONANDO EN EL MUNDO Y YA SE HABRÁ OBSERVADO UNAS 30.000 NOCHES CON ELLOS. ESTO, OBIAMENTE, AÑADE MUCHA INCERTIDUMBRE A LA HORA DE DETALLAR LOS PROGRAMAS CIENTÍFICOS DE ESTE TELESCOPIO."



Remi Cabanac

Desde el punto de vista observacional, podemos decir que la Astronomía se divide en dos ámbitos. Por un lado está la Astronomía de Detalle, que trata de obtener la mayor cantidad posible de información de un número determinado de objetos "típicos". Por otro, la Astronomía Estadística observa un gran número de objetos para luego tratar de inferir leyes estadísticas partiendo de muestras amplias. La Astronomía de Detalle puede realizarse a pequeña escala temporal, mientras que la Astronomía Estadística suele requerir gran cantidad de tiempo de observación en un telescopio. Desde una perspectiva histórica, los observatorios más importantes han fomentado siempre la Astronomía de Detalle, por razones que tienen muy poco que ver con la ciencia y mucho con el número de noches disponibles con relación al número de solicitudes. Para resolver este problema, investigadores franco-canadienses trabajan desde los años 80 en la construcción de telescopios de espejo líquido (LMT, siglas de *Liquid Mirror Telescopes*) que, en proyectos específicos, han demostrado ser de gran interés para la Astronomía. Rémi Cabanac, del Instituto de Astrofísica de París (Francia) e involucrado en proyectos de construcción de LMT, pronunció en el IAC una conferencia en la que presentó los proyectos actuales para la construcción de este tipo de telescopios. A continuación presentamos una adaptación ampliada del contenido de esa conferencia.

TELESCOPIOS DE ESPEJO LÍQUIDO PARA ESTUDIOS COSMOLÓGICOS

Desde hace al menos dos siglos se sabe que la superficie de un líquido sometido a un movimiento de giro adopta la forma de una parábola. Pronto se vio que, si el líquido tiene una elevada reflectividad, se puede fabricar con él un espejo perfecto para un telescopio. Los principios que subyacen a la idea de los Telescopios de Espejo Líquido (LMT) se remontan a los *Principia* de Newton, quien ya en el siglo XVII sugirió este resultado. La primera mención conocida de un espejo líquido

parabólico fue hecha por el italiano E. Capocci en torno a 1850, aunque el primer intento documentado data de 1872, cuando Skey construyó un espejo líquido de 35 cm de diámetro. Más tarde, alrededor de 1910, Wood, físico óptico, construyó un prototipo de 51 cm y fue incluso capaz de obtener fotografías de trazos estelares.

A principios del siglo XX era muy poca la información que podía extraerse de los trazos fotográficos de una estrella. Por otro lado, el hecho de que los LMT sean instrumentos estrictamente cenitales, es decir, no puedan someterse a oscilaciones, significa que con ellos no se puede realizar el seguimiento de un objeto, lo que los relegó al olvido durante varias décadas después de los prototipos aparecidos a principios de siglo.

Los ordenadores y la aparición en escena de los detectores CCD en la década de los 80 cambiaron la situación, pues los astrónomos disponían ya de detectores muy sensibles y de sistemas electrónicos de seguimiento de los objetos. Ermanno F. Borra, de la Universidad Laval (Canadá), en los años 80, y Paul Hickson, de la Universidad de British Columbia (Canadá), en los 90, desarrollaron una tecnología capaz de ofrecer a bajo coste una gran superficie colectora

para realizar estudios estadísticos: los telescopios de espejo líquido, denominados por sus siglas en inglés LMT.

E. Borra fue el pionero de los LMT modernos con la construcción en el laboratorio de prototipos al límite de difracción de 50 cm y 1,5 m. Más tarde se construyó el primer espejo líquido para uso astronómico, fruto de la colaboración entre la Universidad Laval y la Universidad de la Columbia Británica, ambas canadienses. El LMT resultante, de 2,7 m de diámetro, recogió gran cantidad de información. Después se construyó otro telescopio de 3 m para la detección de basura espacial en Arizona, el *Orbital Debris Observatory* de la NASA, que sigue en funcionamiento. Los proyectos más recientes son un telescopio de espejo líquido de 4 m dedicado a lentes gravitatorias y a la búsqueda de supernovas, que está construyendo actualmente un consorcio internacional formado por Bélgica, Chile, Reino Unido y Canadá, y otro de 6 m para el estudio de galaxias, un proyecto franco-canadiense que verá la primera luz en 1999.

Cómo funciona

Un telescopio de espejo líquido tiene tres componentes básicos: la montura junto con el sistema de giro, el recipiente con el metal líquido reflectante y la parte superior con la instrumentación (CCD, corrector de óptica y sistema de enfoque).

El funcionamiento es el siguiente: se vierte el metal reflectante en el recipiente (se utiliza mercurio, aunque se están estudiando aleaciones eutécticas de indio-galio), se hace girar el recipiente a una velocidad constante (es necesaria una precisión de 10^{-6} en la frecuencia de rotación) y se espera hasta que la superficie se estabilice (unas dos horas hasta que la superficie alcanza una configuración estable). Se puede entonces observar con un CCD que se lee a velocidad sidérea. Es decir, el tiempo de integración es equivalente al tiempo de cruce de los objetos a través del CCD (normalmente de 1 a 2 minutos, dependiendo del área). Los datos pueden guardarse en un disco para analizarlos posteriormente.

Los únicos dispositivos giratorios compatibles actualmente con las aplicaciones astronómicas son los inyectores de aire a alta presión. Desgraciadamente, estos dispositivos no pueden sostener estructuras de gran tamaño, con lo que hay que diseñar el recipiente teniendo en cuenta que su peso debe ser limitado, en particular se trata de limitar la cantidad de metal reflectante que vaya a emplearse en la fabricación del espejo. Esa es la razón por la que el recipiente se construye con forma parabólica y sólo se emplean capas muy finas de mercurio (de 1 a 2 mm).

El diseño del corrector óptico requiere también una atención especial. La observación en modo de integración introduce distorsiones en todas las latitudes excepto en el plano ecuatorial. El corrector óptico debe tener en cuenta todas las fuentes posibles de distorsión.

Ventajas y limitaciones

Los LMT ofrecen a los astrónomos una serie de ventajas frente a otro tipo de telescopios:

- Son muy rentables en su relación coste-rendimiento: el presupuesto del LMT de 6 m es de 400.000 dólares, incluyendo toda la estructura (edificio y telescopio), comparado con el coste de los telescopios gemelos GEMINI, de 8 m, considerados como el proyecto más rentable, que es de 150 millones de dólares.
- Tienen un gran potencial como grandes telescopios: el diámetro de los LMT no tiene ningún límite teórico inferior a los 15 m.
- Son fáciles de usar y proporcionan una gran calidad de imagen.

Estas características hacen que los telescopios de espejo líquido sean candidatos excelentes para proyectos que requieran gran cantidad de datos, como estudios de variabilidad o registros de galaxias.

La principal limitación de los LMT se debe al hecho de que son estrictamente cenitales, lo que tiene dos consecuencias: primero, su campo de visión total a una latitud dada es la banda definida por el ancho de su detector multiplicado por

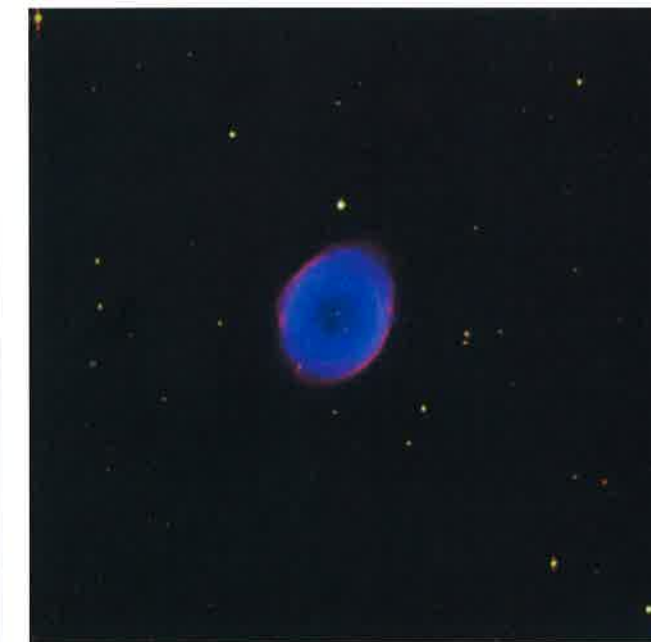


Imagen de la Nebulosa de la Lira (M57) obtenida con telescopio de espejo líquido desde el Observatorio de las Universidades de la Columbia Británica y de Laval (Canadá) por R. Cabanac y P. Hickson.

Hoy en día, los telescopios de espejo líquido resultan inadecuados para el estudio de objetos débiles por el corto tiempo de tránsito de los objetos por su detector. Éstos y otros inconvenientes les impiden ser telescopios de uso general y una alternativa a los grandes telescopios de espejo monolítico o segmentado, como es el caso del Gran Telescopio Canarias (GTC). Sin embargo, los telescopios de espejo líquido ofrecen grandes ventajas para la Astronomía, como su bajo coste (unas 300 veces más económicos) y la buena calidad de imagen que pueden producir para determinados usos astronómicos.

360 grados, el giro de la Tierra; segundo, el tiempo de integración es del orden de 2 minutos por imagen por noche, lo que es muchísimo menor que lo que un telescopio convencional puede abarcar. El tiempo de tránsito de cualquier objeto por el detector es extremadamente corto, en comparación con el tiempo de seguimiento y observación de un objeto dado que permiten los grandes telescopios convencionales. Esta dificultad hace que los LMT no sean adecuados para la observación de objetos débiles. Existen diseños de correctores fuera de eje, pero su construcción es todavía muy costosa. Las dos formas de profundizar en una configuración de este tipo consisten en ir sumando imágenes de una noche a otra o construir telescopios de gran tamaño, algo que está ya en marcha con el proyecto canadiense LZT para la construcción de un gran telescopio cenital de 6 m de diámetro. Por otra parte, un gran riesgo que presentan estos telescopios es el metal líquido que emplean como reflectante, el mercurio, altamente contaminante.

Aplicaciones de los LMT: el LZT

Si bien sería posible realizar espectroscopia de alta resolución con telescopios de espejo líquido de gran tamaño, la opción más evidente para la tecnología actual (4-6 m) es la

espectrofotometría realizada a través de un conjunto de filtros de banda estrecha. La espectrofotometría tiene la ventaja de proporcionar información espectral además de morfológica.

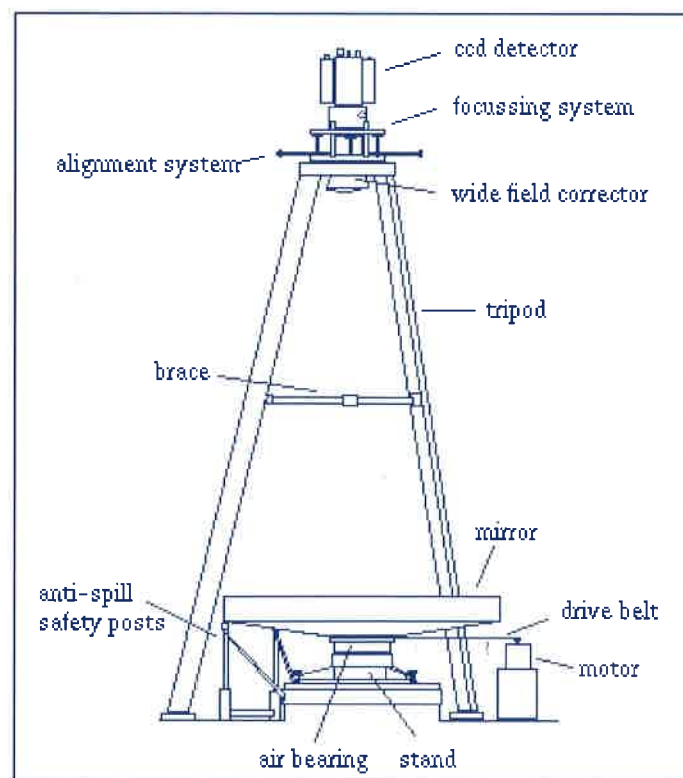
Paul Hickson está construyendo cerca de Vancouver (Canadá) el *Large Zenit Telescope Survey* (LZT) empleando un telescopio de espejo líquido de 6 m. Está equipado con un CCD de 2000x2000 y con un conjunto de 40 filtros de banda estrecha que van de 4.000 Å a 1.000 Å por saltos logarítmicos de 150 a 300 Å. El filtro R de banda ancha detectará objetos hasta magnitud 24 y el R de banda estrecha hasta aproximadamente magnitud 23,5. Las simulaciones indican que deberían recogerse un millón de galaxias con corrimiento al rojo de hasta $z=2$, junto con 10^4 cuásares y 10^5 estrellas de nuestra galaxia. Se trata del estudio espectrofotométrico más profundo que se haya planeado nunca.

La estrategia consiste en observar cada noche a través de un filtro distinto y reconstruir los espectros a posteriori. Las observaciones realizadas en el pasado con un telescopio de espejo líquido de 2,7 m demuestran que la técnica es factible (Cabanac, 1998). Dado que la mayor parte de la información espectral se contiene en la emisión del continuo de los objetos, una resolución de 40 es muy eficaz a la hora de extraer los corrimientos al rojo, los tipos espectrales de las galaxias y, en algunos casos extremos, las líneas de emisión. La base de datos del LZT supondrá una oportunidad única para el estudio de los efectos evolutivos de la función de luminosidad de la galaxia en función de los tipos espectrales, la evolución de los tipos espectrales en función del corrimiento al rojo, etc. La estructura del Universo a gran escala y la estructura de la Vía Láctea (disco, halo, materia oscura, enanas blancas) son otros de los campos en que los LMT pueden resultar de gran utilidad a la Astronomía.

Conclusión

Los telescopios de espejo líquido desafían a los de espejo de vidrio en proyectos específicos, para los que constituyen una alternativa. Su amplia superficie colectora y su bajo coste hacen que sean adecuados para la mayoría de los proyectos en el ámbito de la Astronomía Estadística. El proyecto de telescopio de espejo líquido previsto para un futuro próximo es el LZT, del que ya hemos hablado. Más a largo plazo se prevé la construcción de una batería de 18 telescopios de 10 m, proyecto encabezado por Lancetta y Hickson y equipado con óptica adaptativa e interferómetro infrarrojo.

LOS TELESCOPIOS DE ESPEJO LÍQUIDO SON CANDIDATOS EXCELENTES PARA PROYECTOS QUE REQUIERAN GRAN CANTIDAD DE DATOS, COMO ESTUDIOS DE VARIABILIDAD O REGISTROS DE GALAXIAS.



Esquema de la estructura de un telescopio de espejo líquido.

FIRMADO CON LA EMPRESA ALEMANA "SCHOTT" EL CONTRATO DE SUMINISTRO DE LA VITROCERÁMICA PARA EL ESPEJO DEL "GRAN TELESCOPIO CANARIAS"

El Consejo de Administración y la Junta General de "GRANTECAN, S.A." -sociedad pública creada para la construcción del "Gran Telescopio Canarias" (GTC)-, así como la Comisión de Seguimiento de este Proyecto, mantuvieron sendas reuniones el pasado 7 de junio, en las instalaciones de esta empresa en el Instituto de Astrofísica de Canarias, en La Laguna. Estas reuniones coincidieron con la firma del contrato de suministro de la vitrocerámica para el espejo de dicho telescopio con la empresa alemana "SCHOTT".

Firmaron por parte de GRANTECAN el Presidente y el Vicepresidente del Consejo de Administración de esta empresa: Pascual Fernández Martínez, Director General de Análisis y Programación Presupuestaria del Ministerio de Economía y Hacienda, y José Mendoza, Consejero de Educación, Cultura y Deportes. Por parte de SCHOTT firmaron Reinhard Seibold, Vicepresidente de la Dirección Óptica de esta empresa alemana, y Hans Morian, Director del Proyecto ZERODUR.

El pasado mes de febrero y tras un proceso de licitación internacional, GRANTECAN adjudicó a la empresa SCHOTT de Alemania el contrato de suministro de los materiales vitrocerámicos con los cuales se construirán los 36 segmentos hexagonales (más 6 de repuesto) que formarán el espejo primario del GTC. Por sus altísimos requerimientos, son muy pocas las empresas en el mundo que fabrican este tipo de material, desarrollado inicialmente para la construcción de los espejos de los modernos telescopios, pero que hoy se emplea, también, en los electrodomésticos (placas vitrocerámicas).

El GTC es un proyecto de "gran ciencia", liderado por España a través de la Oficina de Ciencia y Tecnología (OCYT), que comprende la construcción e instalación de un telescopio de 10 metros de diámetro en la Isla de La Palma, en el Observatorio del Roque de los Muchachos. España negocia actualmente la participación internacional de distintos países, entre ellos Reino Unido y Países Bajos, México, Italia, Finlandia, India, República Checa y Austria.

La ejecución del proyecto mantiene la planificación temporal prevista. Se prosigue con la adjudicación de los principales contratos para su construcción, entre ellos la Obra Civil, cuyas obras comenzarán en otoño. Se estima que la Primera Luz del GTC se realizará a finales del 2002 o principios del 2003 y su puesta en operación científica a principios del 2004.

SE ESTIMA QUE LA PRIMERA LUZ DEL GTC SE REALIZARÁ A FINALES DEL 2002 O PRINCIPIOS DEL 2003 Y SU PUESTA EN OPERACIÓN CIENTÍFICA A PRINCIPIOS DEL 2004.



Momento de la firma del acuerdo entre la empresa alemana "SCHOTT" y la empresa "GRANTECAN, S.A." Sentados de izquierda a derecha, Fernando Aldana, Hans Morian, José Mendoza, Pascual Fernández Martínez, Reinhard Seibold y Francisco Sánchez.

RESUMEN DE NOTICIAS SOBRE EL "GRAN TELESCOPIO CANARIAS"

PEDRO ÁLVAREZ (Director de "GRANTECAN, S.A.")

A lo largo del año 1999 finalizará la fase de Diseño Preliminar de los principales subsistemas del "Gran Telescopio Canarias" (GTC) y se procederá a la contratación de su construcción. Actualmente es frenética la actividad desarrollada por la Oficina del Proyecto: se están cerrando gran cantidad de documentos de definición de las características del GTC, manteniendo reuniones de revisión de los diseños realizados, contactando con empresas potenciales constructoras de los diferentes elementos, solicitando licitaciones, estudiando ofertas y cerrando adjudicaciones. Globalmente, la ejecución del proyecto mantiene la planificación temporal prevista, estimando que la Primera Luz del GTC tendrá lugar a finales del 2002 o principios del 2003, y su puesta en operación científica a principios del 2004.

Obras de construcción

El Diseño de Detalle de la Obra Civil y de los Equipos Auxiliares, que realiza la empresa española **LV Salamanca Ingenieros**, está muy avanzado. La revisión final de este diseño se ha llevado a cabo del 24 al 26 de mayo. Tras esta revisión y los retoques que de ella han surgido, a lo largo del mes de junio se abrirá el período de licitación para la contratación de la ejecución de la Obra Civil. La contratación está prevista para principios del mes de septiembre y a continuación se iniciarán las obras en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM).

Las instalaciones del GTC ocuparán una superficie total de unos 5.000 m² y consistirán en:

- el edificio del telescopio, formado por un cilindro de hormigón, de 32 m de diámetro y 13,2 m de alto, que soportará a la gran cúpula de 35 m de diámetro; en su interior el telescopio se apoyará en un pilar de hormigón de 17 m de diámetro y 7,2 m de altura.
- un edificio anexo al del telescopio en el que se encuentran las instalaciones de control y soporte del telescopio, con una superficie edificada de 950 m² aproximadamente.
- un edificio auxiliar, con unos 500 m² edificados, en el que se encuentran los sistemas auxiliares tales como transformadores y generadores eléctricos y sistemas de refrigeración.

Licitaciones para la fabricación de la cúpula

Los días 12 y 13 de abril se llevó a cabo la revisión del Diseño Preliminar de la cúpula del GTC y el pasado día 12 de mayo se abrió el período de licitación para su fabri-

cación. La adjudicación se efectuará a finales del mes de julio y el montaje en el ORM se realizará a lo largo del año 2001, con lo que se cerrará y protegerá la cámara que, posteriormente, albergará al telescopio.

Esta cúpula será construida como una gran estructura metálica con una forma hemisférica y un diámetro de 35 m. Una compuerta deslizante, de 12 m de anchura y 30 m de arco, permitirá al telescopio la observación del cielo manteniéndolo protegido de los golpes de viento que pudieran hacer oscilar su gran estructura. La cúpula se rodeará de grandes ventanas que facilitarán el intercambio de aire con el exterior para evitar la formación de bolsas de aire caliente en su interior. La apertura y cierre de estas ventanas estará controlada en función de la intensidad del viento reinante en el exterior.

Diseño preliminar de la estructura mecánica y mecanismos de movimiento y posición del telescopio

En noviembre de 1998 se seleccionaron las empresas **IBERESPACIO** y **NFM Technologies** para el Diseño Preliminar de la estructura mecánica del telescopio y de sus mecanismos de movimiento y posición. La revisión final, una vez finalizada la fase de diseño, está prevista para los días 19 y 20 de julio.

También está previsto contratar en el mes de octubre la realización del diseño de detalle, construcción e instalación en el ORM en el año 2001.

El espejo primario

A principios del mes de febrero, tras un proceso de licitación internacional iniciado en diciembre del pasado año, se adjudicó a la empresa alemana **SCHOTT** el suministro de los bloques de vitrocerámica para la construcción de los segmentos del gran espejo primario del GTC.

Los segmentos serán de ZERODUR™, un material cuya propiedad más importante y significativa es su coeficiente de dilatación térmica, extremadamente bajo, así como su gran homogeneidad.

Se trata de un material inorgánico no poroso compuesto por una fase cristalina y una fase vítrea. Los materiales adecuados son fundidos, homogeneizados y conformados en caliente usando métodos comunes en la tecnología de vidrios ópticos. Después de enfriar y recocer el sustrato vítreo sigue un tratamiento térmico por el cual el vidrio se convierte en una vitrocerámica median-

te una cristalización controlada. En el ZERODUR™ una fracción del 70-78% del material está en fase cristalina con estructura de cuarzo. Esta fase tiene expansión térmica negativa, mientras que el material en fase vítrea tiene expansión térmica positiva. La composición especial del vidrio base y las condiciones de cristalización resultan en un material con una expansión térmica extremadamente baja, la cual puede ser nula o negativa en ciertos rangos de temperatura dependiendo del programa de ceramización.

Pulido de los segmentos

Los días 27 y 28 de mayo se llevó a cabo la revisión final de las especificaciones del pulido y verificación de los segmentos del espejo primario y de su sistema de soportes pasivo. Tras este hito del proyecto se procederá a la licitación correspondiente que será adjudicada definitivamente a principios del próximo año 2000.

El pulido y la verificación óptica de estos segmentos es una labor muy delicada y laboriosa, que tendrá una extensión estimada de cuatro años. Los primeros segmentos ya pulidos serán suministrados a mediados del año 2002, suministro que concluirá a finales del 2003 o principios del 2004. Los primeros segmentos serán instalados en el telescopio en la segunda mitad del año 2002 de forma que la Primera Luz del GTC tendrá lugar con un espejo primario no completo, con solo entre 12 y 18 segmentos, de los 36 que lo forman. La totalidad de la superficie óptica del espejo primario se completará a lo largo del año 2003.

El espejo primario del GTC, con una superficie óptica total de unos 82 metros cuadrados, equivalente a un espejo circular de 10 metros de diámetro aproximadamente, es posiblemente la parte más delicada y compleja de todo el GTC. No sólo por la calidad óptica del acabado de la superficie de los segmentos sino por la complejidad y sofisticación de los elementos de soporte, movimiento y medida de la posición de un segmento con respecto a los segmentos vecinos. En conjunto se trata de un espejo hiperbólico con un peso total de unas 20 toneladas, incluyendo todos sus mecanismos, y cuya superficie se mantiene con un error menor de 3 centésimas de micra respecto a su forma teórica.

Para simular el comportamiento de este espejo y verificar los algoritmos de control que han de mantener su forma en cualquier posición y condiciones del telescopio, se cuenta con un banco de pruebas desarrollado por la empresa **Construcciones Españolas de Sistemas Aeronáuticos (CESA)**. Este banco de pruebas ha permitido hacer ya un primer análisis de las alternativas de control de los segmentos y servirá, durante los próximos meses, para depurarlas antes de cerrar esta fase del diseño hacia finales de este año. Además, en este banco se están probando las características de fiabilidad y estabilidad de

los prototipos de accionamientos lineales para el movimiento de los segmentos y de los sensores capacitivos de posición relativa, ambos desarrollados para GRANTECAN por **CESA** y por **ImasDe Canarias**, respectivamente.

El Departamento de Óptica y Optometría de la Universidad Politécnica de Cataluña ha desarrollado y construido un sistema interferométrico diferencial denominado UPC-ZEBRA, que pretende ser un prototipo para la calibración diurna de los segmentos del GTC, lo que redundaría en un aumento del tiempo útil del telescopio. Este interferómetro ha sido probado y utilizado en el banco de pruebas mencionado anteriormente.

Las empresas **ZEISS** en Alemania, **REOSC** en Francia y **KODAK** en Rochester, Nueva York, han finalizado los programas de desarrollo contratados y destinados a resolver los aspectos más conflictivos en el pulido de los segmentos del espejo primario. Algunos de estos aspectos han sido el análisis de la rugosidad residual del pulido y su contenido en frecuencias espaciales, el pulido en el borde de los segmentos y la definición del escenario de producción.

Primera generación de instrumentos

El Anuncio de Oportunidad (AO) lanzado el pasado día 15 de julio de 1998 para seleccionar los dos instrumentos de primera generación del GTC, se cerró el 15 de diciembre. En respuesta a este AO y cumpliendo sus especificaciones, se recibieron seis propuestas de instrumentos científicos para ser desarrollados e instalados en el GTC a lo largo del año 2003. En el proceso de evaluación de estas propuestas han participado tanto expertos nacionales como internacionales y, durante los días 2 y 3 de marzo pasado, tuvo lugar la presentación pública de estas propuestas por parte de los equipos que las lideraban.

A la vista de todo este proceso, el Comité Científico Asesor del proyecto hizo su recomendación, seleccionando tres de los instrumentos propuestos como los más idóneos para, una vez resueltos determinados aspectos del diseño en una fase de desarrollo más avanzada, poder elegir de entre ellos los dos instrumentos de Día Uno. Estos tres instrumentos pre-seleccionados son los siguientes:

- OSIRIS: *Optical System for Imaging and low Resolution Integrated Spectroscopy*
- EMIR: Espectrógrafo Multi-objeto InfraRojo
- CANARI-CAM: *1-25 Micron Imaging Spectrograph*

El proceso de negociación y adjudicación del diseño preliminar de estos instrumentos, propuestos por el Comité Científico Asesor, está aún abierto y se espera que concluya satisfactoriamente en breve.

EMIR, OSIRIS Y CANARI-CAM, tres instrumentos propuestos para el GTC

EMIR: Espectrógrafo multiobjeto infrarrojo

(I.P.: Marc Balcells)

El instrumento de mayor envergadura de los seleccionados por GRANTECAN para la fase de diseño preliminar es EMIR (siglas de Espectrógrafo Multiobjeto Infrarrojo). Permitirá analizar la luz de un gran número de estrellas o galaxias simultáneamente y obtener sus espectros en longitudes de onda entre 1 y 2,5 micras, el rango conocido por los astrónomos como infrarrojo cercano. EMIR permitirá también obtener imágenes y ha sido diseñado para realizar muestreos de amplias áreas del cielo.

Dada la sensibilidad de este instrumento a la luz infrarroja, el GTC podrá estudiar las propiedades de planetas, estrellas, galaxias, supernovas, cuásares y nubes moleculares de una forma imposible de lograr con las cámaras y espectrógrafos que captan la emisión visible por el ojo humano. Entre las aplicaciones científicas de EMIR, la más notoria es su idoneidad para estudiar la formación y evolución de las galaxias en épocas en que el Universo tenía aproximadamente una décima parte de su edad actual. Debido a la expansión del Universo, las galaxias más distantes se alejan de nosotros a tal velocidad que la luz visible que emiten la detectamos como luz infrarroja, lo que se conoce como efecto Doppler. EMIR permitirá analizar esta luz y comparar las galaxias lejanas con las cercanas. Los astrofísicos que han recomendado la fabricación de EMIR coinciden en señalar que GTC podrá con este instrumento realizar aportaciones únicas al conocimiento de los procesos que dieron lugar a la formación de las galaxias en el Universo primitivo.

El ojo de EMIR verá el interior de las nubes de gas y polvo donde nacen las estrellas sin sufrir el oscurecimiento causado por el polvo cósmico. Asimismo, EMIR podrá estudiar de forma óptima las estrellas y galaxias más frías, que emiten gran parte de su radiación en el rango infrarrojo.

El equipo de científicos e ingenieros que diseñan EMIR incluye a astrofísicos españoles, británicos, franceses y norteamericanos. EMIR será construido por un consorcio internacional liderado por el IAC y que incluye al INTA, a la Universidad Complutense de Madrid, a las universidades británicas de Durham, Cambridge y Liverpool y a la universidad francesa de Toulouse. Entre ellos se encuentran expertos mundiales en la construcción de instrumentación astronómica. Juntos deberán afrontar los desafíos tecnológicos que plantea la construcción de este instrumento.

OSIRIS: Sistema óptico para imagen y espectroscopía integrada de resolución baja/intermedia

(I.P.: Jordi Cepa)

OSIRIS (Optical System for Imaging and low/intermediate-Resolution Integrated Spectroscopy) es uno de los instrumentos preseleccionados por la Oficina de Proyecto del GTC para ser instalado en el telescopio en primera luz. Con OSIRIS será posible realizar observaciones multiobjeto de entre baja y media resolución y, a diferencia de los otros dos instrumentos preseleccionados, trabajará en el rango visible. Esto, unido a que se está diseñando para que haga uso de una nueva generación de avances tecnológicos en materia de instrumentación astronómica, como son los filtros sintonizables o las redes de dispersión holográfica de fase volumen, supondrá una herramienta única para la observación espectroscópica multiobjeto una vez montado en el GTC. Además, la gran versatilidad de este instrumento posibilitará ciertas ampliaciones futuras muy interesantes entre las que se incluye alta resolución espectral y polarimetría.

OSIRIS está diseñado para proporcionar una gran resolución espacial y una elevada magnitud límite (objeto más débil observable) dentro de un campo de observación relativamente grande, lo que se traduce en una muy alta calidad de imagen. Por sus características de diseño, OSIRIS será un instrumento fundamental para la clasificación de objetos puntuales, el análisis del medio interestelar, el estudio de la

morfología y la estructura de galaxias externas, la detección y el análisis de objetos muy débiles y, por tanto, también muy alejados (cuásares), etc.

OSIRIS también proporcionará información privilegiada a los científicos en campos punteros de la Astrofísica. En particular, permitirá estudiar las atmósferas de los planetas del sistema solar, los ciclos de actividad de estrellas variables, las enanas marrones, los objetos compactos emisores de rayos X y candidatos a agujeros negros, las variables cataclísmicas, la metalicidad en el Grupo Local de galaxias a través de las regiones HII y nebulosas planetarias de sus componentes, las supernovas muy lejanas utilizadas para determinar la escala y edad del Universo, las galaxias primitivas en la época de formación del Universo, así como identificar fuentes de radiación descubiertas en reconocimientos hechos en el infrarrojo, en radio, en rayos X o en rayos gamma (Brotos de Rayos Gamma).

El consorcio formado para el diseño y construcción de OSIRIS está compuesto por instituciones españolas (Instituto de Astrofísica de Canarias, Instituto de Astrofísica de Andalucía, Universidad de Cantabria e Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) y extranjeras (Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México, Observatorio Angloaustraliano, Universidad de Texas, Universidad de Oxford y Observatorio Astronómico Nacional de Japón).

CANARI-CAM: Espectrógrafo con capacidad de imagen en el infrarrojo térmico

(I.P.: Mark Kidger)

Uno de los instrumentos recomendados por el Comité Científico Asesor del GTC es CANARI-CAM, una cámara-espectrógrafo infrarrojo, es decir, capaz de observar la luz más allá de la banda roja del espectro (ondas de radiación demasiado largas para ser detectadas por el ojo humano). Todo cuerpo caliente, incluidos las estrellas y los planetas, emite radiación infrarroja en función de su temperatura. Podemos decir, por tanto, que CANARI-CAM detectará el calor de las estrellas". Al ser a la vez una cámara y un espectrógrafo tiene la capacidad de poder obtener imágenes de objetos lejanos para analizar su forma y su estructura y, a continuación, analizar la composición del objeto.

CANARI-CAM está pensado para aprovechar al máximo las posibilidades que ofrecen tanto del GTC como del Observatorio del Roque de los Muchachos. Es un instrumento que desempeñará las funciones que en otros telescopios realizarían al menos tres instrumentos distintos. Contará con dos detectores diferentes que permiten detectar luz infrarroja desde una longitud de onda desde 1 hasta 25 micras. Ningún otro instrumento en el mundo es capaz de cubrir un rango tan amplio. Como consecuencia, CANARI-CAM podrá observar una gran variedad de objetos, desde estrellas calientes hasta los planetas que puedan orbitar a su alrededor.

Sumando CANARI-CAM al gran diámetro del GTC, su capacidad colectora y su extraordinaria resolución y nitidez de imagen, será posible resolver varios de los problemas que se plantea la Astrofísica actual, entre los que podemos destacar los siguientes:

- Naturaleza de los cuásares. ¿existe, como se especula, un gigante agujero negro central en los cuásares o, si no, cuál es el mecanismo alimentador de estos objetos?
- Formación de planetas. CANARI-CAM podrá estudiar los procesos que llevan a la formación de planetas a partir de las nubes protoplanetarias de gas y polvo.
- Enanas marrones. CANARI-CAM podrá identificar enanas marrones distinguiéndolas muy eficazmente de otros tipos de estrellas frías.
- Composición del medio interestelar. CANARI-CAM podrá estudiar la composición del polvo esparcido entre las estrellas que ha dado origen a nuestro propio planeta. De especial interés es la detección de PAH (hidrocarburos aromáticos policíclicos) por su relación con el origen de la vida en la tierra.
- Planetas extrasolares. Junto con la técnica de la "coronografía" (el uso de una máscara para bloquear la luz de un objeto brillante, como una estrella, para permitir revelar los objetos débiles próximos), CANARI-CAM será capaz incluso de detectar los planetas gigantes de las estrellas más cercanas y de analizar su composición.

El equipo responsable del diseño de CANARI-CAM está formado por científicos del IAC, de las universidades norteamericanas de Florida y de California en Berkeley, del Observatorio Stewart de Tucson, Arizona (EEUU), del Observatorio del Roque de los Muchachos y de la Universidad de Hertfordshire (Reino Unido).

La Dirección General de Enseñanza Superior e Investigación Científica del Ministerio de Educación y Cultura, en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), a través de su Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación, organizó, del 2 al 4 de junio, en el Centro de Congresos del Puerto de la Cruz, las Jornadas Técnicas de la Red Nacional de las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI'99). En esta edición, y en sesiones abiertas al público, se presentó la propuesta del nuevo *Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (2000-2003)*, así como los aspectos innovadores del *V Programa Marco de I+D de la Unión Europea (1999-2002)*.

CELEBRADAS LAS JORNADAS TÉCNICAS DE LA RED NACIONAL OTRI'99

La Red OTRI (Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación) es una estructura del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico creada como mecanismo de apoyo a la transferencia de resultados de investigación para una mayor integración de los agentes del Sistema Ciencia-Tecnología-Empresa y, en particular, de las empresas y los centros de investigación. Actualmente, más de 140 Oficinas conforman esta Red en nuestro país.

La Red OTRI cubre geográficamente toda España y opera en Universidades, Centros Públicos de Investigación, Centros de Innovación y Tecnología, Fundaciones Universidad-Empresa, así como en algunas Asociaciones Empresariales y similares. Durante 1998, el volumen de facturación de la Red superó los 50.000 millones de pesetas y cuenta en la actualidad con más de mil profesionales especialistas en temas de transferencia de resultados de la investigación.

En esta edición, los responsables de las OTRI se reunieron en el Puerto de la Cruz

por un período de tres días con objeto de debatir problemas comunes, informarse y prepararse mutuamente para desempeñar su misión de interfaz entre los centros de I+D y las empresas.

Al acto inaugural de las Jornadas asistieron **Alfredo Vígara**, Consejero de Industria y Energía del Gobierno de Canarias; **Alberto Génova**, Consejero del Cabildo Insular de Tenerife; **José Ramón Alique**, Subdirector General de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Educación y Cultura; y **Francisco Sánchez**, Director del IAC.

Durante la presentación de las Jornadas se puso de manifiesto la importancia de las OTRI que, como subrayó Francisco Sánchez, "tienen ahora una misión crucial, pues ya ha arrancado el V Programa Marco Europeo de I+D y está en preparación el IV Plan Nacional de I+D 2000-2003".

Esta edición contó con la novedad de estar abierta, por primera vez, a representantes del Sistema Canario de I+D tanto público como privado. Como explicó José Ramón Alique, "parecía una excelente ocasión para presentar la situación actual del borrador del nuevo Plan Nacional 2000-2003, que va a ser muy importante para todos." La red OTRI ha ido evolucionando a lo largo del tiempo: hace muy pocos años había 70 OTRI, ahora hay 142. "Ya hay OTRI no sólo en las universidades, que es donde más había, sino que también aparecen en centros públicos y privados de investigación, centros tecnológicos, lo cual es una gran innovación. Las fundaciones Universidad-Empresa, y muchas asociaciones empresariales se están incorporando también a la Red, lo que ha

hecho que sea cada vez más potente y comience a tener una capacidad de gestión importante. Calculamos que puede haber ya unos 1.000 profesionales trabajando en la Red", manifestó Alique, para quien las OTRI son los agentes imprescindibles para una me-

yor vertebración del sistema de I+D e Innovación: "el gran reto del nuevo Plan Nacional no es ya investigar más, sino transferir los conocimientos y resultados de investigación generados en el entorno científico para que sean aprovechados por el sector empresarial."

Canarias en el Sistema Ciencia-Tecnología-Industria

JESÚS BURGOS

Responsable de la OTRI del IAC

A la hora de analizar el entorno científico, tecnológico e industrial en el que se mueven los investigadores, tecnólogos, empresarios y demás personas e instituciones relacionadas con la investigación científica y el desarrollo tecnológico (I+D) y la Innovación en Canarias hay que empezar por considerar las características del entorno canario. Tanto las peculiaridades naturales del Archipiélago (geográficas y climáticas) como el claro predominio del sector servicios en nuestra economía, entre otros factores, determinan notoriamente la situación actual de las Islas en materia de I+D e Innovación, así como la evolución de estas actividades con el tiempo.

Las Islas Canarias destacan por el considerable número de centros públicos de investigación y centros tecnológicos, tanto multidisciplinares como sectoriales, que desarrollan sus actividades en áreas temáticas de especial interés para el Archipiélago. Tanto los trabajos preparatorios para la elaboración del I Plan Canario de I+D como el Plan Estratégico de Innovación de Canarias pretenden impulsar las actividades de I+D e Innovación, especialmente en esas áreas prioritarias, así como analizar y potenciar la oferta tecnológica y la demanda empresarial, a todos los niveles, de los principales y potenciales sectores productivos de Canarias.

Actualmente se detecta un importante desequilibrio en el sistema canario de Ciencia-Tecnología-Industria, siendo el gasto total en I+D y el esfuerzo tecnológico insuficientes: el gasto empresarial en I+D en Canarias está muy alejado de la media nacional, el personal dedicado a estas actividades está vinculado en su mayor parte al sector público y existe muy poca participación directa en programas internacionales.

Aunque el esfuerzo tecnológico es débil, Canarias registra uno de los mayores crecimientos a nivel nacional en los últimos diez años. Las empresas realizan un importante esfuerzo por aumentar su capacidad tecnológica; la actividad innovadora va en creciente desarrollo para sectores como la energía, el agua y la agroalimentación. Quizá estos factores, junto con la necesaria coordinación de las políticas sectoriales de I+D dependientes de las distintas consejerías autonómicas, permitan de modo global afrontar con optimismo el presente y futuro de nuestras actividades en I+D e Innovación.

"CANARIAS INNOVA" Programa de radio de la OTRI del IAC

En colaboración con Onda Interior, la OTRI del IAC comenzó a emitir en el mes de marzo un programa de radio quincenal con el fin de tratar temas de claro interés para empresarios y universitarios del Archipiélago Canario, no sólo en lo relacionado con la Astrofísica, sino abarcando también otros sectores científico-técnicos y empresariales. El programa trata de informar sobre fuentes de financiación, becas de formación, innovación en la empresa, creación de empresas, intercambio de personal entre centros de investigación y el entorno empresarial, así como de los servicios tecnológicos que el Instituto de Astrofísica de Canarias ofrece.

El programa se emite en directo todos los jueves a las 20:00 horas LT, en Onda Interior, 104.9 FM.

ACTUALMENTE SE
DETECTA UN
IMPORTANTE
DESEQUILIBRIO EN EL
SISTEMA CANARIO DE
CIENCIA-TECNOLOGÍA-
INDUSTRIA, SIENDO EL
GASTO TOTAL EN I+D Y
EL ESFUERZO
TECNOLOGICO
INSUFICIENTES: EL
GASTO EMPRESARIAL
EN I+D EN CANARIAS
ESTÁ MUY ALEJADO
DE LA MEDIA
NACIONAL, EL
PERSONAL DEDICADO
A ESTAS ACTIVIDADES
ESTÁ VINCULADO EN
SU MAYOR PARTE AL
SECTOR PÚBLICO Y
EXISTE MUY Poca
PARTICIPACIÓN
DIRECTA EN
PROGRAMAS
INTERNACIONALES.

En la foto, de izquierda a derecha, José Ramón Alique, Subdirector General de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Educación y Cultura; Alfredo Vígara, Consejero de Industria y Energía del Gobierno de Canarias; Francisco Sánchez, Director del IAC; y Alberto Génova, Consejero del Cabildo Insular de Tenerife.



La dirección de la OTRI del IAC en Internet es:
<http://www.iac.es/otri/otri.htm>

La I+D en España: el V Programa Marco y el Plan Nacional 2000-2003

Las distintas políticas de Investigación y Desarrollo en España llevadas a cabo desde los distintos Ministerios empiezan a coordinarse a través de la Oficina de Ciencia y Tecnología (OCYT), dependiente de Presidencia de Gobierno. **Francisco Ferrándiz**, Vocal Asesor de Relaciones Internacionales de esta Oficina, participó en las Jornadas Técnicas de la Red en sustitución de **Fernando Aldana**, Director de la OCYT. En su intervención, Ferrándiz presentó la Propuesta de nuevo Plan Nacional de I+D (2000-2003) y trató los aspectos innovadores del V Programa marco de I+D de la Unión Europea. A continuación recogemos un resumen de la presentación de estos dos grandes proyectos.

Retos del Plan Nacional de I+D

El nivel tecnológico de las empresas españolas es sensiblemente inferior al de sus competidoras en el contexto internacional. Así, existen muy pocas empresas que realicen de forma continuada actividades de I+D. Además, la relación de I+D con los centros públicos es limitada o inestable y existen dificultades de absorción de tecnologías emergentes competitivas. Por otra parte, la estructura actual de los grupos de I+D del sistema público, muy atomizada, no facilita la satisfacción de las demandas de los sectores productivos y sociales, de ahí que la oferta tecnológica no se adecue a la demanda, que sea difícil realizar acciones estratégicas multidisciplinares de cierto volumen y que la utilización de grupos consolidados como motores de la innovación sea muy deficiente.

Se puede decir que gran parte de las carencias detectadas en el sistema de Ciencia-Tecnología-Empresa (C-T-E) español tienen su raíz en el bajo nivel cultural científico-técnico de todos los sectores de la sociedad española. Como consecuencia de esta situación existe un escaso interés en difundir el resultado de la actividad investigadora, los medios de comunicación dedican poca atención a este tema y, en definitiva, la ciencia y la técnica están poco valoradas en la enseñanza secundaria.

Para elaborar una propuesta de actuación en el Plan Nacional de I+D se han llevado a cabo una serie de estudios de demanda y prospectiva. Mediante un estudio bibliométrico, el CSIC ha analizado la producción científica española; se ha hecho también un análisis comparativo entre las prioridades temáticas españolas y las previstas en el V programa Marco de I+D de la Unión Europea, tarea realizada por el CDTI; finalmente, se ha realizado, por parte de la Unión Europea, un estudio prospectivo comparativo en diferentes países y áreas. Además, en colaboración con la Fundación COTEC, se ha hecho una evaluación de las necesidades tecnológicas de las empresas españolas y de algunos sectores públicos.

Ante un panorama como el descrito, la CICYT entiende que el esfuerzo que se debe realizar en I+D desde los poderes públicos ha de tener tres objetivos fundamentales:

- poner la I+D al servicio del ciudadano y el bienestar social.
- mejorar la competitividad de la empresa española.
- incrementar el conocimiento del mundo, los seres vivos, el hombre y la sociedad.

Dentro del Plan Nacional de I+D, la investigación básica se centra en una serie de áreas científico-técnicas como son la biomedicina, la biotecnología, las tecnologías de información y comunicaciones, las investigaciones sobre materiales, los procesos y productos químicos, el diseño y producción industrial, los recursos y tecnologías agroalimentarias, los recursos naturales y la socioeconomía. El desarrollo de instrumentación espacial queda contemplado como una de las acciones estratégicas incluidas en estas áreas sectoriales. El Plan Nacional de I+D debe contemplarse en su contexto europeo, que lo vincula directamente al Programa Marco de I+D y a los Fondos Estructurales. Así, uno de los objetivos macroeconómicos del plan consiste en el acercamiento del gasto en I+D a la media europea: se prevé un gasto del 1,2% del PIB en el año 2003, con un incremento lento y continuo. Otro de los objetivos es

SE PUEDE DECIR QUE GRAN PARTE DE LAS CARENCIAS DETECTADAS EN EL SISTEMA DE CIENCIA-TECNOLOGÍA-EMPRESA (C-T-E) ESPAÑOL TIENEN SU RAÍZ EN EL BAJO NIVEL CULTURAL CIENTÍFICO-TÉCNICO DE TODOS LOS SECTORES DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA. COMO CONSECUENCIA DE ESTA SITUACIÓN EXISTE UN ESCASO INTERÉS EN DIFUNDIR EL RESULTADO DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA, LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN DEDICAN POCAS ATENCIÓN A ESTE TEMA Y, EN DEFINITIVA, LA CIENCIA Y LA TÉCNICA ESTÁN POCO VALORADAS EN LA ENSEÑANZA SECUNDARIA.

conseguir un esfuerzo privado superior al público, alcanzando el 52% de gasto privado en I+D en el año 2003.

Perspectivas españolas ante el V Programa Marco de I+D

Con una asignación de 14.960 millones de Euros, el V Programa Marco de I+D de la Unión Europea (1998-2000) supone un incremento de más de mil millones con respecto al IV Programa (1994-1998) que, a su vez, duplicaba los fondos destinados a su antecesor. España se encuentra entre los seis países comunitarios con mayor aportación a la financiación del IV Programa Marco, con un 6,5% del total (unos 195.000 millones de Euros), después de Alemania (28,7%, el mayor contribuyente), Francia (17,5%), Reino Unido (12,3%) e Italia (12,1%).

Como valoración global de la actuación de nuestro país en este contexto podemos decir que España se está comportando globalmente de manera satisfactoria en el IV Programa Marco de I+D, con un retorno medio acumulado desde el comienzo del IV Programa Marco del 6,3%, muy similar a la aportación realizada. Existen, no obstante, diferencias apreciables en los retornos obtenidos de unos programas específicos a otros. Si bien es importante conocer las cifras de retornos y analizar su relación con las aportaciones, es aún más importante determinar su calidad. Por calidad de retorno se entiende la mejora de la competitividad resultante o potenciada por la participación, la valoración de los resultados obtenidos por la participación en actuaciones futuras en la entidad participante y un incremento de la cooperación entre agentes a nivel nacional e internacional.

El V Programa Marco de I+D aparece en un momento histórico de crecimiento económico sostenido en España. Para la gran empresa no constituye un elemento clave de financiación para la realización de sus proyectos de I+D, pues está mucho más preocupada por su posicionamiento estratégico (alianzas tecnológicas estratégicas) y, además, la influencia de las filiales de compañías multinacionales en determinar la estrategia de I+D es menor. En cuanto a las PYME, su capacidad de trabajar a medio o largo plazo está limitada por la disponibilidad de recursos financieros y la necesidad de absorber tecnología, y su relación con las grandes empresas es menos estrecha.

Desde el punto de vista del sector público, un porcentaje significativo de los grupos de I+D públicos no han participado en el IV Programa Marco. Una temática alejada de sus intereses o experiencia previa, la disponibilidad de fondos suficientes en el sistema Ciencia-Tecnología-Empresa, la falta de experiencia en proyectos de I+D de carácter internacional y la dificultad de participación en consorcios con empresas españolas han sido algunas de las razones que explican su ausencia en el IV Programa Marco. Sin embargo y paradójicamente, los grupos de I+D públicos más competitivos de nuestro país están saturados.

No obstante, en general se puede decir que nuestro país se ha adaptado bien al IV Programa Marco. Las empresas y los centros de investigación españoles se han internacionalizado, la participación de los usuarios y de las PYME ha sido buena y, además, se ha contado con apoyo institucional organizado (CICYT). Ha habido, sin embargo, una serie de puntos débiles en la participación española en el IV Programa Marco: el porcentaje de participación en los consorcios ha sido reducido, ha habido dificultades para crear consorcios con fuerte presencia española, ha habido una escasa difusión y explotación de los resultados obtenidos y se ha producido una fortísima concentración regional.

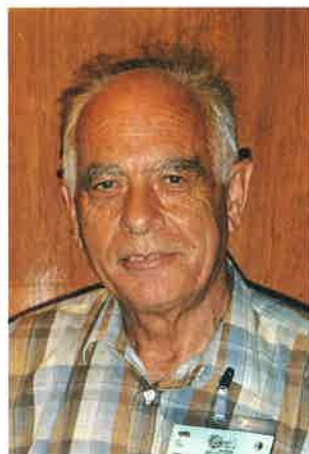
En un contexto europeo en que el desempleo afecta a 18 millones de ciudadanos, el V Programa Marco de I+D pretende mejorar la calidad de vida, conseguir un desarrollo sostenible y un nivel de competencia creciente, así como la globalización de la actividad económica. Su aprobación supone a la vez un reto y una oportunidad para España. Un reto si nuestro país desea aprovechar en su beneficio los recursos económicos disponibles y obtener porcentajes de retorno similares a la aportación. Es una oportunidad si se quiere mejorar la competitividad a nivel internacional de las empresas y grupos de I+D españoles, establecer alianzas estratégicas en el futuro con instituciones de otros países e incrementar la sinergia con las actuaciones nacionales.

CON UNA ASIGNACIÓN DE 14.960 MILLONES DE EUROS, EL V PROGRAMA MARCO DE I+D DE LA UNIÓN EUROPEA (1998-2000) SUPONE UN INCREMENTO DE MÁS DE MIL MILLONES CON RESPECTO AL IV PROGRAMA (1994-1998) QUE, A SU VEZ, DUPLICABA LOS FONDOS DESTINADOS A SU ANTECESOR.



ASTRONOMÍA Y DIVERSIDAD CULTURAL

El Instituto de Astrofísica de Canarias y el Museo de la Ciencia y el Cosmos del Cabildo de Tenerife acogieron la VI Conferencia Oxford sobre Astronomía y Cultura y la Reunión Anual de la Sociedad Europea para la Astronomía en la Cultura (SEAC) 1999, celebradas en esta ocasión en memoria del Profesor Carlos Jaschek, Vicepresidente de la SEAC recientemente fallecido. Las sesiones se desarrollaron en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, del 21 al 27 de junio. Desde su primera edición, en 1981, las Conferencias Oxford sobre Astronomía y Cultura tienen lugar cada tres años y son las más importantes de esta disciplina que se celebran a nivel mundial. Las anteriores tuvieron como escenario las ciudades de Oxford (Inglaterra), de ahí su nombre, Mérida (México), Saint Andrews (Escocia), Stara Zagora (Bulgaria) y Santa Fe (EEUU). En esta ocasión, la VI Conferencia Oxford congregó a 90 participantes procedentes de 27 países para tratar temas como "El calendario y el milenio", "Arqueoastronomía", "El origen de las constelaciones", "Relación entre Astronomía y diversidad cultural", "Tradiciones astronómicas populares (etnoastronomía)" y "Astronomía en islas y su peculiar evolución". El carácter interdisciplinar de la Arqueoastronomía reúne en un mismo foro y en torno a un mismo tema a astrónomos, arqueólogos, historiadores y antropólogos que, desde sus diferentes puntos de vista, estudian el papel de la Astronomía en la cultura.



Michael Hoskin

El origen de las reuniones ahora llamadas Oxford se remonta a hace casi 20 años, cuando Michael Hoskin, hoy Profesor emérito de la Universidad de Cambridge y editor de la revista *Journal for the History of Astronomy*, sentó en torno a una misma mesa a astrónomos interesados en la arqueología y a especialistas en historia antigua y arqueólogos. Por entonces era Presidente de la Comisión de Historia de la Astronomía, la Comisión 41, de la IAU, y, como él mismo explica, "tenía que organizar un congreso sobre la historia de la Astronomía. Normalmente uno hubiera pensado en un tema como la astronomía estelar en el siglo XVII o algo ortodoxo dentro de la historia de la Astronomía." Por aquella época, un ingeniero escocés jubilado llamado Alexander Thom, estudiaba los monumentos megalíticos en las Islas Británicas y el norte de Francia aplicando sus conocimientos de ingeniería. Thom sostenía que los círculos de piedra eran la representación permanente sobre el suelo de los puntos desde los cuales se podía hacer una observación exacta de los solsticios o de las posiciones extremas lunares. Conociendo esas posiciones se puede incluso predecir los eclipses de Sol y de Luna. "Thom creía que había existido una ciencia astronómica prehistórica, predictiva y cuantitativa. Fue un tema muy controvertido e interesante -explica Hoskin-; yo, como editor del *Journal for the History of Astronomy*, recibía con-

"NADIE ESTUDIA YA UN YACIMIENTO COMO STONEHENGE ALINEANDO SENCILLAMENTE LAS POSICIONES EN UN MAPA PARA LLEGAR A LA CONCLUSIÓN DE QUE OBSERVABAN EL SOL. MÁS BIEN SE PLANTEA POR QUÉ RAZÓN EL HOMBRE NEOLÍTICO QUE CONSTRUYÓ STONEHENGE TENÍA INTERÉS EN OBSERVAR EL SOL, QUÉ TIPO DE SOCIEDAD ERA LA DE LA ÉPOCA QUE DABA TANTA IMPORTANCIA AL SOL, ETC."

tribuciones del propio Thom y de otros autores que sostenían lo mismo que él y debía contrastar si lo que proponían era o no sensato, y en este caso era prácticamente imposible decir si se trataba de un trabajo brillante o producto de un lunático sin contar con la opinión de especialistas de las dos ramas."

La reunión se celebró en Oxford, pues en los alrededores de esta ciudad inglesa se concentran algunos de los yacimientos megalíticos más importantes de Gran Bretaña, que pudieron visitarse al final del congreso. Entre los participantes había dos sectores bien diferenciados: los europeos, que trabajaban sobre todo en monumentos megalíticos, y los norte y centroamericanos, estudiosos de culturas que conservaban códigos, lenguas aún vivas e incluso descendientes de aquellos pueblos a quienes se podía entrevistar. La metodología y los recursos disponibles para cada uno eran bien distintos y, al final del congreso, los americanos, más cercanos al aspecto cultural del tema, recomendaron a Thom (máximo exponente de las tesis de los europeos que tanto recelo habían suscitado entre los historiadores) que colaborase con los arqueólogos y que no se limitase al mero estudio de las piedras como elementos aislados. Por su parte, los europeos subrayaron a los americanos la importancia de realizar con gran exactitud y seriedad mediciones como la orientación

astronómica de los restos arqueológicos, cuya interpretación era crucial para conocer la cosmogonía de sus constructores.

"Nunca tuve la intención de que aquel congreso fuese otra cosa que una reunión normal y aislada sin mayores consecuencias", asegura Hoskin. "Con ello yo habría cumplido con mi deber de Presidente de la Comisión de Historia de la Astronomía de la IAU; ese habría sido el caso de haberse reunido allí un grupo convencional de historiadores de la Astronomía." Pero la reunión fue un éxito. Y no sólo eso, sino que suscitó tan acalorados y fructíferos debates entre unos y otros especialistas que la idea de celebrar otra reunión como continuación de aquella consiguió el apoyo unánime de los participantes. "Los arqueólogos americanos admitían haber aprendido tanto de aquella reunión -relata Hoskin- que insistieron en que debía organizarse otra sobre el mismo tema, lo que hicieron al cabo de tres años en Mérida, en la península del Yucatán. A esa reunión, Oxford II, le sucedió una tercera reunión, celebrada en St. Andrews (Escocia). A partir de entonces se pensó en darle un carácter permanente: se llamarían *Oxford Conferences* y se celebrarían cada tres años organizados por un Comité Internacional. Y así venimos funcionando ya desde hace nueve años."

Han sido 18 años de reuniones multidisciplinarias en las que se ha debatido sobre las distintas formas de relacionar la Astronomía con los pueblos que la desarrollaron y cómo la Astronomía sirvió para llevar el calendario o para crear un modelo cosmológico que otorgase a sus autores un lugar en el universo. Hoy existe ya entre los arqueoastrónomos el consenso general de que son varias las formas posibles de abordar el estudio de las culturas de la antigüedad, y coinciden en que deben tenerse en cuenta determinados elementos culturales. Como explica Steve McCluskey, historiador de la Universidad de West Virginia (EEUU): "Nadie estudia ya un yacimiento como Stonehenge alineando sencillamente las posiciones en un mapa para llegar a la conclusión de que observaban el Sol. Más bien se plantea por qué razón el hombre neolítico que construyó Stonehenge tenía interés en observar el Sol, qué tipo de sociedad era la de la época (hoy sabemos que eran agricultores) que daba tanta importancia al Sol. Ese tipo de preguntas son las que han aglutinado a especialistas en dos ramas de la ciencia para estudiar y debatir sobre la Astronomía en la cultura, de modo que ahora se entienden las cosas mucho mejor y la cooperación es más estrecha."

El programa de actos de las jornadas incluía una conferencia de divulgación sobre "El origen de las constelaciones", a cargo de Alexander Gurshtein, actualmente del Mesa State College (EEUU). Este científico ruso ocupó cargos de responsabilidad

en la Academia Soviética de las Ciencias, de la que fue Subdirector de Asuntos Científicos, y participó directamente en la carrera espacial soviética. Cuando el programa espacial soviético empezó a declinar por los problemas financieros cambió su actividad por el estudio de la Historia de la Ciencia. Fue así como Gurshtein llegó a la Arqueoastronomía, de la que opina que es una ciencia compleja, pues "requiere los profundos conocimientos del cielo que tiene un astrónomo y a la vez es necesario comprender los procesos históricos como algo evolutivo, no estático. Y no cualquier astrónomo cumple estas condiciones -sostiene-, sólo unos cuantos. Para estudiar el origen de las constelaciones es preciso conocer profundamente la dinámica de la bóveda celeste y, además, comprender su simbolismo y sus connotaciones culturales. Lo mismo sucede con los historiadores. Ellos conocen los procesos históricos pero les faltan conocimientos astronómicos como la precesión de los equinoccios o los solsticios, por ejemplo, esenciales para explicar el origen de las constelaciones." Gurshtein subraya los enormes progresos conseguidos a lo largo de estos años de reuniones sobre Arqueoastronomía, no sin reconocer las dificultades que supone el carácter multidisciplinar de esta rama de la ciencia. "El problema está -explica Gurshtein- en que intervienen astrónomos, arqueólogos, historiadores..., y la pregunta es si existe la Arqueoastronomía como ciencia. Nuestra responsabilidad y nuestro deber es crear una comunidad científica para la Arqueoastronomía compuesta por especialistas de todos esos campos mencionados. Conferir a tal comunidad un carácter académico y profesional con temas y metodología propios es una tarea ardua y lenta, igual que lo es conseguir el reconocimiento de las autoridades científicas a nivel internacional. Hoy en día contamos con un organismo internacional representativo, como la SEAC, y con los Congresos Oxford como foro regular de encuentro, algo extremadamente importante."

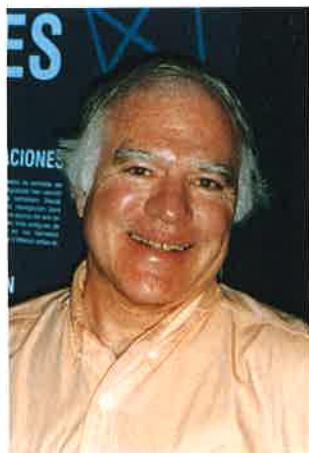
Una de las consecuencias de estos años de encuentros es que a los debates se han ido sumando otros estudiosos como, por ejemplo, especialistas en folklore que analizan el papel que en él puede tener la Astronomía, y "estudian -explica Steve McCluskey- cómo los distintos pueblos, no ya una élite de sacerdotes, entendían el cosmos, de modo que el rompecabezas se va completando con el análisis de los distintos aspectos y manifestaciones de la cultura."

Entre esos otros especialistas se encuentran artistas que encuentran en la Astronomía una fuente de inspiración para su obra. Es el caso del escultor norteamericano John David Mooney, autor de importantes obras al aire libre en los EEUU para quien crear obras de arte destinadas a espacios públicos "requiere la bús-

"EL PROBLEMA DE ESTA DISCIPLINA ESTÁ EN QUE INTERVIENEN ASTRÓNOMOS, ARQUEÓLOGOS, HISTORIADORES..., Y LA PREGUNTA ES SI EXISTE LA ARQUEOASTRONOMÍA COMO CIENCIA."



Alexander Gurshtein



John David Mooney

queda de elementos universales capaces de comunicar con todo el mundo, y el verdadero elemento universal que subyace a la diversidad cultural es la noción del Cosmos y el lugar que el ser humano ocupa en el Universo, de ahí proviene la universalidad de mi tra-

bajo", comenta Mooney. "La Astronomía es la ciencia que me proporciona ese lenguaje universal, pues está directamente relacionada con la gente y, si somos capaces de invocarla de algún modo, se convierte en un símbolo importante."

UN "UNIVERSO" VARIADO Y DIVERSO

JUAN ANTONIO BELMONTE (IAC)

La VI Conferencia Oxford estuvo dedicada a la memoria del Profesor Carlos Jaschek, ciudadano del Mundo de pleno derecho, catedrático emérito de la Universidad de Estrasburgo y uno de los padres de la SEAC, de la que era Vicepresidente Honorario. La tarde del lunes 21, el Dr. Arnold Lebeuf, de la Universidad de Cracovia, leyó un emotivo texto trayendo a nuestra memoria la singular vida del que pasará a la historia como uno de los grandes astrónomos del siglo XX, promotor entre otras cosas del gran Centro de Datos Estelares de Estrasburgo.

Uno de los objetivos del Comité Organizador Local era conseguir organizar un congreso lo más internacional y variado posible desde el punto de vista interdisciplinario. Para ello se potenció un sistema de becas y apoyos institucionales que finalmente nos permitió reunir a más de 90 científicos de 26 países de los cinco continentes. La parte del león la constituían astrónomos, arqueólogos y antropólogos de México, de Estados Unidos y de Europa (sobre todo polacos, alemanes, ex-soviéticos y españoles). Cabe destacar la presencia, por primera vez en este tipo de reuniones, de investigadores procedentes del cono sur de América. Esta variada y cosmopolita representación convirtió en realidad el nombre que, con toda la intención, habíamos dado al congreso.

De la ininidad de temas tratados (se presentaron 14 comunicaciones invitadas y más de 50 ponencias) es difícil hacer una selección de lo más importante. Sin embargo, me gustaría destacar la gran impresión causada, sobre todo en los investigadores norteamericanos -acostumbrados a controlarlo todo-, por el trabajo llevado a cabo en el Mediterráneo y áreas adyacentes por investigadores como el británico Michael Hoskin, el español César Esteban, el armenio Vahe Gurzadyan o el autor de estas líneas, entre otros. También destacó la presencia, por vez primera, de especialistas en escritura cuneiforme y jeroglíficos egipcios. Por supuesto, la numerosa participación de investigadores americanos hizo de la sesión dedicada al Nuevo Mundo una de las más concurridas, por el número de ponencias, y de las más debatidas. También destacaría la extensión de las investigaciones en Astronomía cultural a otras áreas de nuestro mundo tan singulares como las estepas del Kazajstán, las ciudades de la India, los desiertos de Australia o los archipiélagos del Pacífico, así como la presencia de la Astronomía en los ambientes artísticos modernos, faceta representada en el congreso por el trabajo del escultor estadounidense John David Mooney.

Una de las sesiones más entrañables fue, a mi modo de ver, la dedicada al Origen de las Constelaciones, abierta por una conferencia magistral de Ed Krupp, director del Observatorio Griffith de Los Angeles; sesión de la que se puede adelantar que, en opinión de la mayoría de los investigadores, nuestro hermoso mapa de las constelaciones debe tener su origen en una singular mezcla de influencias culturales, que se produjo a finales del 1º Milenio a.C. en el Mediterráneo Oriental, y no de su gestación por una única cultura en un instante y lugar determinado como se había propuesto en repetidas ocasiones.

Dentro de un amplio abanico de actividades culturales, los congresistas disfrutaron de varios actos lúdicos y de dos excursiones. En la celebrada el viernes día 25 se visitó el Jardín Botánico del Puerto de la Cruz en compañía de su Director Científico, el Dr. Arnoldo Santos, el Parque Nacional de las Cañadas del Teide y el Observatorio del Teide. El lunes 28, la mitad de los congresistas se desplazaron a Gran Canaria a realizar una excursión, con una apretadísima agenda, organizada por la arqueóloga gran Canaria Rosa Schlueter, que en dos días les llevó a visitar varios de los yacimientos de esta hermosa isla donde se han encontrado pruebas evidentes de manifestaciones astronómicas, como por ejemplo el Roque Bentaiga o Cuatro Puertas.

El congreso tuvo su broche de oro en el Curso "Astronomía y Cultura" organizado en Arrecife entre el 30 de junio y el 2 de julio por la Coordinadora de la Unidad de Patrimonio del Cabildo de Lanzarote, M^a Antonia Perera, en el que participaron como profesores varios investigadores que habían asistido al congreso los días anteriores.

"Astronomía y Diversidad Cultural" es sólo una pieza más de un engranaje que sigue funcionando a la perfección y que nos llevará en los próximos años a Lituania, Kazajstán o Suecia (próximas sedes de las reuniones anuales de la SEAC) y, quizá, a Santiago de Chile, Xalapa o Dublín, ciudades que aspiran a organizar la primera conferencia Oxford del tercer Milenio, le Séptima, en torno al año 2002. ¡Que gane el mejor!



Cartel anunciador de la reunión.

COMITÉ ORGANIZADOR CIENTÍFICO:

S.C. McCluskey, J.A. Belmonte, J. Broda, J.B. Carlson, A. Gurshtein, W.B. Murray, R.E. White, M. Ziolkowski, C.L. Ruggles, S. Iwaniszewski, C. Esteban, J. Galindo.

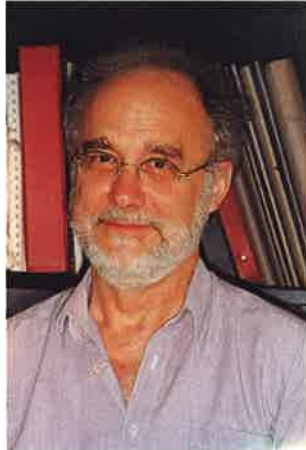
LOCAL ORGANISING COMMITTEE

C. Jaschek, J.A. Belmonte, C. Esteban, A. Tejera, J.J. Jiménez, M. A. Perera, R. Schlueter, O. González, M.R. Pérez de Taoro, M. Murphy, M. J. Alemán

Dirección en Internet:

<http://www.iac.es/oxford6/oxford6.htm>

En su intervención como participante en los Coloquios IAC, el pasado 6 de mayo, ROBERT H. SANDERS, del Instituto de Astronomía Kapteyn (Países Bajos), propuso una hipótesis poco convencional para explicar la discrepancia que encuentran los astrofísicos entre la materia directamente observable en las galaxias y cúmulos de galaxias y la que debería haber por los datos de la dinámica de estos sistemas. Según Sanders, esa diferencia se explica recurriendo a la densidad de la energía del vacío más que a la existencia de materia oscura invisible para los telescopios convencionales. Para ello aplica la Dinámica Newtoniana Modificada (MOND), propuesta en 1983 por M. Milgrom, de la Institución Weizmann (Israel), una "adaptación de la dinámica de Newton para predecir las curvas de rotación de las galaxias o la magnitud de la discrepancia en la masa de los cúmulos de galaxias a aceleraciones muy bajas, sin recurrir a la materia oscura". Se trata de un enfoque realmente heterodoxo para la cosmología actual y cuenta con escasos seguidores, quizá sea su carácter fenomenológico, el hecho de que haya sido elaborado expresamente para ajustar la teoría a las observaciones, lo que siembra la duda entre los cosmólogos a la hora de apoyar sus tesis.



Robert H. Sanders

ENTREVISTA CON ROBERT H. SANDERS:

“La alternativa a la materia oscura cósmica”

¿Qué es la materia oscura?

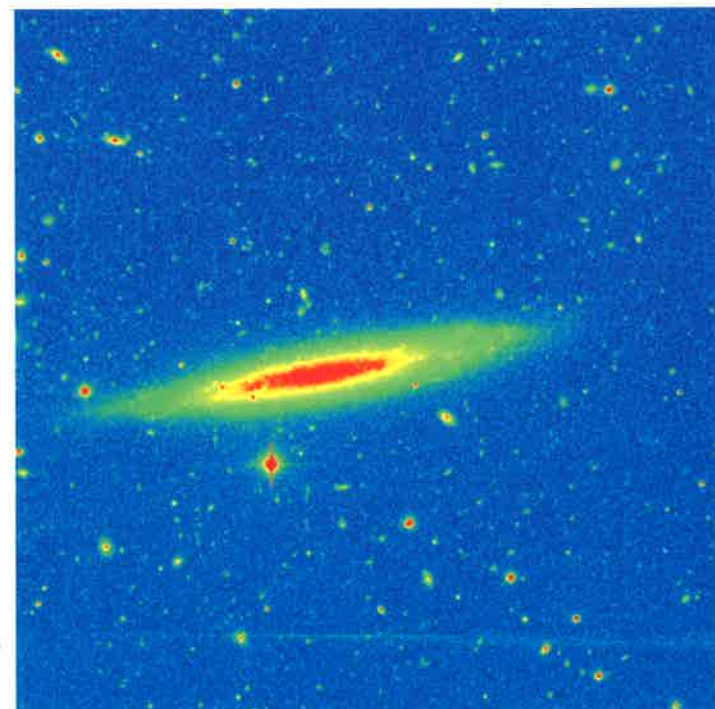
“La materia oscura es la materia que se supone debería explicar la diferencia entre lo observado en las galaxias y en los cúmulos de galaxias, por ejemplo, y lo que se espera que haya por los datos gravitatorios. Se puede estimar la cantidad de materia contenida en una galaxia mediante su curva de rotación, es decir, viendo la variación de la velocidad fren-

te al radio, lo que nos da una estimación de la cantidad de masa contenida en un radio dado. También podemos estimar la cantidad de materia a través de la masa observable de las estrellas, de la razón masa-luz observable de determinadas poblaciones de estrellas, etc. Las galaxias espirales, por ejemplo, deben tener una razón masa-luz de 1 ó 2, se puede estimar la masa en materia visible. Normalmente existe una enorme diferencia: dinámicamente se necesita mucha más masa que la observada en forma de estrellas visibles y en galaxias. La materia oscura, desde el punto de vista astronómico, es la cantidad de materia necesaria para salvar esa diferencia.

Ahora bien, ¿qué puede ser? Hay varias ideas en torno a lo que podría ser realmente la materia oscura. La idea más popular últimamente es que se trata de una hipotética partícula cuya interacción con la materia ordinaria es muy débil. Sin embargo, aún no se ha detectado ninguna partícula en experimentos en laboratorio que reúna las propiedades adecuadas como para constituir la materia oscura; De modo que tendría que ser alguna clase de partícula nueva. El tipo de materia oscura que prefiere la mayoría involucra también una nueva Física.”

¿Sugiere usted una alternativa a lo que hasta ahora han sido los candidatos tradicionales a materia oscura, como la masa del neutrino, la contenida en forma de enanas marrones, MACHOs, WIMPs, etc? ¿o podría incluir a los candidatos tradicionales?

“Podría incluir a los candidatos tradicionales. Podría haber varias clases de ma-



Galaxia espiral NGC 7774. La curva de rotación del hidrógeno neutro en galaxias de este tipo fue la base del desarrollo de MOND.

teria oscura. Por ejemplo, la materia bariónica ordinaria, la clase de materia contenida en las estrellas, el gas de las galaxias; si miramos la razón masa-luz de las galaxias podemos estimar la cantidad de materia bariónica que existe en forma visible. Dependiendo de cómo se haga puede resultar un factor de 5 ó 10 inferior a la cantidad de materia bariónica que podríamos prever partiendo de las consideraciones de la nucleosíntesis primordial. En el Universo temprano se formaron muchos de los isótopos ligeros, como el helio. Para ello se necesita una cierta cantidad de materia bariónica, que se puede estimar partiendo de estas consideraciones de la nucleosíntesis; teniendo en cuenta la cantidad de helio que hay en el Universo y que se formó en el Big Bang, deducimos que se necesita aproximadamente un factor de 5 veces más materia bariónica en el Universo de la que podemos observar en las galaxias. Por eso algunos investigadores sostienen que debe haber otras formas de materia oscura bariónica, como los MACHOs, etc. Por alguna razón nos gusta pensar en una partícula de materia oscura, como los neutrinos. Parece que, efectivamente, los neutrinos tienen una masa. Recientemente se ha descubierto que oscilan, con lo que pueden tener una masa muy baja, que probablemente es cosmológicamente insignificante. Quizá podrían suponer la misma cantidad de masa que se encuentra en las estrellas visibles, lo que en sí no puede resolver ni siquiera el problema de las curvas de rotación de las galaxias, no podemos completar la materia que falta contando

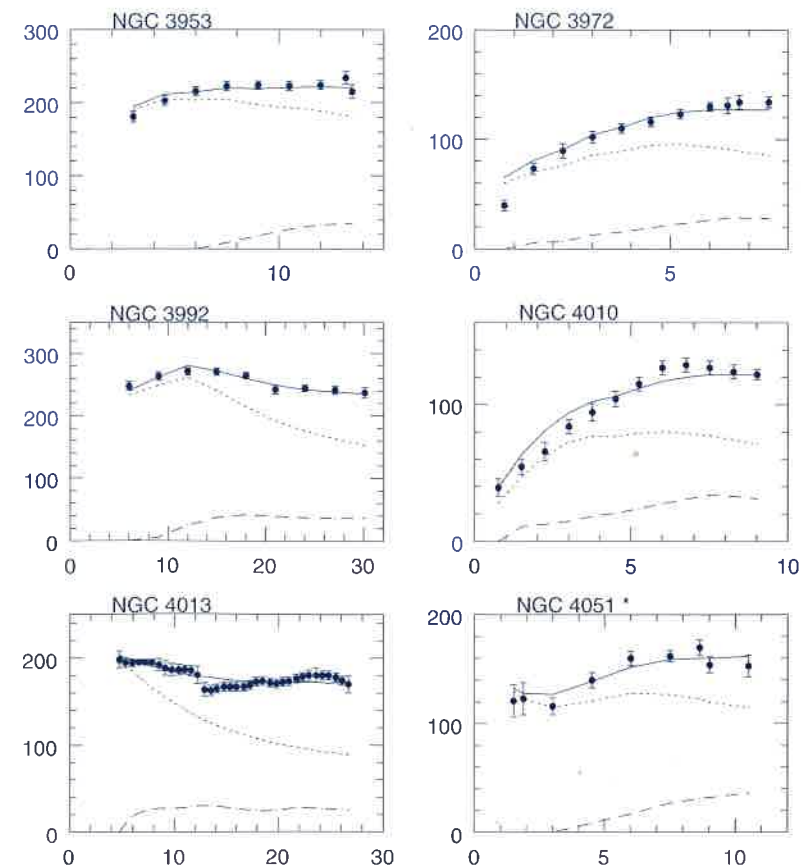
con los neutrinos. Así que necesitamos algo más. Creo que lo que la mayoría de la gente prefiere es una hipotética partícula que pueda aumentar la densidad del Universo hasta un valor de Ω cercano a 0,2 ó 0,3, es decir, un 20% o un 30% de la materia necesaria para hacer un Universo cerrado debería encontrarse en algún tipo de partícula nueva que nadie sabe cómo podría ser.”

¿Tendría eso algún tipo de implicaciones nuevas para la cosmología, o encajaría este supuesto en las posibilidades que se barajan hoy?

“Encajaría perfectamente en la cosmología estándar. Por diversas razones, a veces cuasifilosóficas, en un pasado reciente se pretendía que la densidad del Universo debida a esta masa indetectable fuera igual a la densidad crítica, es decir, que el valor de Ω fuese 1. El hecho de que el valor de Ω sea muy cercano a 1 pero no igual requiere un ajuste muy afinado de los parámetros en el universo temprano. Hoy en la cosmología aún se nota el efecto del valor $\Omega = 1$, pero sólo el 10% o el 20% se encuentra en forma de materia ordinaria o en esas partículas extrañas, el resto está en el vacío, esa sería la contribución de la densidad de la energía del vacío a un universo cerrado. La densidad de la energía del vacío es la que hace que la densidad del Universo alcance el valor crítico de 1; y esta densidad de la energía del vacío aparece en las ecuaciones de gravedad de Einstein

PERFIL

ROBERT H. SANDERS se doctoró en la Universidad de Princeton (EEUU) en 1970. Trabajó en la Universidad de Columbia, en el National Radio Astronomy Observatory y en la Universidad de Pittsburgh. Desde 1979 es Profesor del Instituto Kapteyn de la Universidad de Groningen (Países Bajos). Entre sus intereses se cuenta el estudio de los núcleos activos de galaxias, del centro de la Vía Láctea, la estructura y dinámica de las galaxias, las teorías de la gravedad y la cosmología. Sus trabajos sobre los bulbos y las barras de las galaxias le llevaron a plantear modificaciones en la física clásica para ajustarse a las observaciones. En un principio sus postulados no coincidían con la mecánica newtoniana modificada de Milgrom pero, como él mismo admite, tuvo que rendirse a la evidencia de que la MOND propuesta por el astrónomo israelita es la mejor manera de calcular las curvas de rotación de las galaxias. Renocce lo heterodoxo de sus planteamientos lo que, según confiesa, no deja de tener sus consecuencias sociales. No está solo en su empeño y en su equipo hay astrofísicos tanto teóricos como observacionales. El éxito de la MOND en la física de galaxias hace pensar a Sanders en el desafío de su aplicación relativista.



Resultados de la aplicación de MOND al estudio de diversas galaxias espirales. En cada panel se representa la curva de rotación del hidrógeno de una galaxia (puntos con barras de error), la predicción de MOND (línea continua), y las predicciones de la dinámica newtoniana derivadas de la distribución de estrellas (línea de puntos, usando la misma relación masa-luminosidad que en el ajuste de MOND) y de la distribución de gas (línea de trazos y puntos).

como una constante cosmológica. Quizá por eso en cierto sentido la constante cosmológica se está poniendo ahora de moda. Por otro lado, la observación reciente de supernovas muy distantes ha permitido medir su brillo, considerado una especie de "vela estándar", y correlacionarlo con el corrimiento al rojo; los resultados indican que el Universo se expande de forma exponencial, tal y como cabría esperar con una constante cosmológica distinta de cero. Todo esto es parte de la cosmología estándar. En cuanto a la masa del Universo, quizá un 0,5% se encuentre en forma de estrellas visibles, en total la materia bariónica ocuparía el 2% ó 3%, luego en esta extraña forma de materia oscura habría un 20-30%, y el resto es la constante cosmológica."

"Entre los cosmólogos a veces hay corrientes o 'modas', y lo que está de moda ahora es un panorama como el que acabo de esbozar, en el que la mayor parte de la densidad de energía del Universo está en forma, por así decirlo, cosmológica, en la energía del vacío. El resto se comparte entre la materia oscura, es decir, partículas masivas de interacción débil, que estarían en segundo lugar, y el material bariónico que puede encontrarse en el gas intergaláctico, enanas marrones y materia invisible. Esa es la visión estándar que está de moda ahora. Hace cinco años la moda era otra. La mayoría de los cosmólogos pensaban que el valor Ω debía ser igual a 1, que debía ser igual a la densidad crítica y que debía encontrarse en estas partículas masivas, la constante cosmológica sólo ha adquirido cierta importancia desde hace un año o así, con las observaciones de estas supernovas lejanas."

¿Cuenta esta teoría de la mecánica newtoniana modificada con algún apoyo observacional?

"Sí. La sistemática de la curva de rotación de las galaxias espirales es el mayor apoyo observacional con el que contamos. Existe una relación velocidad-luminosidad en las galaxias espirales de modo que la luminosidad es proporcional a la cuarta potencia de la velocidad de rotación. Es una relación muy concreta, llamada la relación Tully-Fischer por los astrónomos que la descubrieron hace veinte o veinticinco años. Es muy buena, una de las mejores relaciones observables en astronomía extragaláctica. Uno podría pensar que tiene que haber una razón muy buena para que exista una relación así, y lo que dice la MOND propuesta por Milgrom es que esta relación no es de hecho más que la ley de Kepler para las galaxias cuando se trata de aceleraciones muy bajas. Es una relación absoluta, la aplicación directa de una ley física, por eso es tan estrecha, tan exacta. Los que quieren formar galaxias en un contexto de materia oscura tienen proble-

mas al establecer una relación tan estrecha; aunque, en general, cabe esperar que las galaxias más luminosas y más masivas tengan una velocidad de rotación mayor, hay que sintonizar muy bien las cosas para conseguir una relación tan exacta.

Uno de los puntos más importantes de la MOND es que la existencia de una relación luminosidad-velocidad sumamente estrecha, que debe traducirse finalmente en una relación masa-velocidad, surge de una forma completamente natural, es un resultado de una ley física, del modo en que funciona la gravedad o la dinámica a escalas astronómicas. Otro punto importante es que esta especie de 'prescripción matemática' que Milgrom sugirió en 1983 puede usarse para calcular cuál debería ser el período de rotación de las galaxias partiendo de la distribución observada de la materia y, en la mayoría de los casos, la curva de rotación teórica coincide perfectamente con la observada. Y eso es algo extraordinario, es para lo que realmente debería servir la teoría de la gravedad: para observar la distribución de materia y calcular a partir de ahí la velocidad de rotación, la forma en que actúa la fuerza, etc. Esta fórmula matemática tan simple permite hacerlo con gran precisión, esa es la gran virtud de esta idea de Milgrom. Hay un único parámetro indeterminado a la hora de ajustar el modelo de curva de rotación con las observaciones, y es la razón masa-luz de la galaxia observable; su valor es muy razonable, 1 ó 2, con muy poco margen de amplitud. Es un logro que no han conseguido las teorías de la materia oscura hasta ahora, en las que siempre aparecen varios parámetros ajustables; en un sentido amplio, si la materia es oscura, puedes distribuirla como quieras, con lo que se puede explicar cualquier curva de rotación:

El punto débil de la MOND es el hecho de que sea una sugerencia fenomenológica, hecha *ad hoc*. Se ha modificado la ley de la gravedad de Newton o la ley de la dinámica de Newton para predecir las curvas de rotación de las galaxias, o la magnitud de la discrepancia en la masa de los cúmulos de galaxias, sin tener fundamentos teóricos más sólidos. No existe actualmente ninguna teoría física de base que sustente este tipo de fenomenología en un universo a baja aceleración. Podemos decir que es una crítica justificada pero es que, al mismo tiempo, funciona muy bien. Es necesario buscar alguna física de base que pueda explicar este tipo de fenómenos. Es un trabajo de teóricos y, probablemente, más de físicos que de astrofísicos, pues el trabajo de un astrofísico consiste en explicar los fenómenos celestes partiendo de leyes físicas conocidas. Son los físicos los que se sienten más cómodos trabajando en el límite de la Física, cambiando sus leyes."

EL IAC, MIEMBRO DE LA ASOCIACIÓN EUROPEA PARA LA INVESTIGACIÓN EN ASTRONOMÍA (EARA)

El 15 de enero de este año, el IAC firmó un acuerdo por el que se adhería a la Asociación Europea para la Investigación en Astronomía (European Association for Research in Astronomy, EARA), sumándose al grupo formado por el Instituto de Astronomía de Cambridge (Reino Unido), el Instituto de Astrofísica de París (Francia), el Observatorio de Leiden (Países Bajos) y el Instituto Max-Planck de Ciencias Extraterrestres de Garching (Alemania), cuatro importantes centros de la astronomía europea. Al acto de la firma asistieron los directores de todos estos centros de investigación.

EARA se formó para fomentar y facilitar la colaboración en investigación astrofísica entre los centros que la integran. Para ello promueve el intercambio de investigadores, las visitas de estudiantes y profesores entre sus centros, la realización de tesis doctorales en diversos centros y la celebración de reuniones científicas. Estas reuniones, los *EARA Workshops*, crean un entorno especialmente pensado para que doctorandos y postdocs debatan sobre los temas en los que investigan, siendo con frecuencia cauce para establecer colaboraciones y proyectos conjuntos.

EARA está organizada por un Consejo Rector, del que forman parte los directores y responsables de investigación de cada instituto. El Consejo se reúne aproximadamente una vez al año para discutir líneas de actuación. Además, cada centro designa un Delegado, generalmente un postdoc senior, que actúa como punto de contacto para doctorandos y demás investigadores de cara a organizar las reuniones y a facilitar el intercambio de investigadores.

Los institutos de EARA han colaborado frecuentemente en Redes Europeas, siendo en la actualidad tres las redes financiadas por el programa TMR (*Training and Mobility of Researchers*) de la Unión Europea en las que participa más de un centro de EARA.

"ESTA ESPECIE DE 'PRESCRIPCIÓN MATEMÁTICA' QUE MILGROM SUGIRIÓ EN 1983 PUEDE USARSE PARA CALCULAR CUÁL DEBERÍA SER EL PERÍODO DE ROTACIÓN DE LAS GALAXIAS PARTIENDO DE LA DISTRIBUCIÓN OBSERVADA DE LA MATERIA Y, EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, LA CURVA DE ROTACIÓN TEÓRICA COINCIDE PERFECTAMENTE CON LA OBSERVADA."

CONVENIO DE COLABORACIÓN CON LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

El Rector de la Universidad de La Laguna, José S. Gómez Soliño, y el Director del IAC, Francisco Sánchez, firmaron el pasado 9 de julio un convenio de colaboración por el que se ampara tanto la mejora y formación profesional de los alumnos de la Facultad de Ciencias de la Información de la Universidad de La Laguna como el desarrollo de proyectos de investigación y la promoción de la mutua y permanente colaboración entre la Universidad de La Laguna y el IAC.

En virtud de este acuerdo, cada curso académico y, preferentemente, en los períodos no lectivos, el IAC acogerá a un determinado número de estudiantes de Ciencias de la Información de la Universidad de La Laguna que se acordará por ambas partes cada año, con objeto de que realicen las prácticas adecuadas a la formación profesional de los futuros periodistas.

ACUERDO DE COOPERACIÓN ENTRE IBERIA Y EL IAC

El Director del IAC, Francisco Sánchez, el Director de Ventas España de la Compañía Iberia, Javier Alonso Pérez-Guzmán, y el Delegado de dicha empresa en Canarias Occidental, Manuel Hernández Sigut, firmaron, el miércoles 9 de junio, un acuerdo por el cual Iberia concede al IAC descuentos del 40% sobre tarifas completas y del 20% sobre tarifas promocionales publicadas hasta un importe de 10 millones de pesetas, así como facilidades especiales para congresos en los que participe el Instituto.

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



De izquierda a derecha, Javier Alonso Pérez-Guzmán y Francisco Sánchez, en el momento de la firma.

La dirección de EARA en Internet es:
<http://www.iap.fr/eara/>

Asesor científico

Desde mayo de este año, el astrofísico *Luis Cuesta Crespo* es el Asesor Científico permanente del Gabinete de Dirección del IAC y, en particular, de *IAC Noticias*.

Agradecemos la colaboración de los anteriores supervisores científicos de esta publicación: *Fernando Moreno Insertis*, *José Manuel Vilchez*, *Antonio Aparicio* y *César Esteban*.



Esta fotografía corresponde a la fase central del eclipse total de Sol del 26 de febrero de 1998 observado desde Maracaibo (Venezuela). Se trataba del último eclipse total del milenio visible desde el Hemisferio Sur. Facilitada por su autor para IAC Noticias, *Victor Rodríguez*, Director del Observatorio "Humberto Fernández Morán", esta imagen fue tomada a las 18h 04m 45s (UT) a través de un telescopio refractor ecuatorial "Zeiss" de 102mm de O (F.12) y película Kodak Gold 400 ASA color con 1 segundo de exposición.

VISITAS ORGANIZADAS A LAS INSTALACIONES DEL IAC

En el primer semestre del año, entre alumnos de diferentes centros de enseñanza (media y superiores), así como participantes en congresos, equipos de filmación y particulares, 190 personas visitaron el Instituto de Astrofísica, 2.038 subieron al Observatorio del Teide y 1.416 al Observatorio del Roque de los Muchachos.

CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN

MANUEL VÁZQUEZ dio la charla "La historia del Sol y el cambio climático", el 3 de marzo, en la Universidad de Vigo, organizada por el Club Faro de Vigo. El 4 de marzo, dio la charla "El cambio climático", en la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Santiago. El 30 de marzo dio las charlas "La vida en el Sistema Solar" y "¿Estamos solos en el Universo?", en el Aula Unamuno de la Universidad de Salamanca, dentro del curso "La vida en la historia del Universo". También participó en el Congreso de la Sección de Humanidades, Naturaleza, Filosofía y Sociedad, celebrado en el Ateneo de La Laguna (Tenerife), con la charla "El cambio climático: naturaleza y acción humana", el día 20 de abril.

ANTONIO FERRIZ dio la charla titulada "El interior de las estrellas; el origen de los elementos químicos", el 20 de abril, en el IV Ciclo de Conferencias de Astronomía, Astrofísica y Ciencias del Espacio, celebrado en Valladolid por la Sociedad Astronómica Syrma. También participó en el debate coloquio sobre "Investigación, Universidad y Juventud", organizado el 3 de junio por l'Associació Catalana de Comunicació Científica (ACCC) y el Museo de la Ciencia de la Fundación "La Caixa".

INÉS RODRÍGUEZ HIDALGO dio la charla "Todo lo que usted quería saber sobre el Sol pero nunca se atrevió a preguntar", el 27 de abril, a 300 alumnas de ESO y bachillerato del Colegio MM. Dominicas de Vistabella, Santa Cruz de Tenerife. También presentó el pasado 8 de julio, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, el proyecto científico de la Expedición Shelios 99 para ver el último eclipse total de Sol del milenio.

JAVIER DÍAZ CASTRO dio la charla titulada "Introducción a la contaminación lumínica", el día 5 de mayo, dentro de la Semana del Medioambiente del Ayuntamiento de Telde, Gran Canaria. También participó en una mesa redonda titulada "Contaminación lumínica", el día 20 de mayo, dentro del XV Simposio Nacional de Alumbrado celebrado en Lugo, y en el simposio de la IAU celebrado en Viena (Austria) sobre "Environmental Impact on Astronomy", con la charla titulada "Controll of light pollution in the Canary Islands", el 12 de julio.

JESÚS BURGOS dio las charlas "OTRIs de Canarias. El papel de OTRIs en la Innovación", el 23 de abril, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife, dentro de la Jornada de Presentación del V Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Unión Europea, y "Canarias en el sistema de Ciencia, Tecnología e Industria", el 2 de junio, dentro de las Jornadas Nacionales de Ila Red OTRI'99, celebradas en el Centro de Congresos del Puerto de la Cruz, Tenerife. JESÚS BURGOS y MERCEDES NÚÑEZ dieron una charla orientativa a alumnos de la especialidad de Astrofísica de la Universidad de la Laguna "Salidas profesionales para Astrofísica", el día 5 de mayo, en la Facultad de Física de esta universidad.

FRANCISCO SÁNCHEZ participó en la mesa redonda "El Hoy y el Mañana en el Espacio", el 17 de mayo, en Madrid, organizada por la Fundación BBV, donde dio la charla "El Conocimiento del Cosmos". Además, dio la charla titulada "Los miedos del Milenio: el año 2000", en el Hotel Botánico de Puerto de la Cruz (Tenerife), el 24 de junio, y participó en la presentación del curso de la Fundación Santa María "El Universo y Yo", el 27 de junio, en Puerto de la Cruz (Tenerife).

LUIS MARTÍNEZ, CARMEN DEL PUERTO Y ANTONIO MAMPASO dieron las charlas tituladas "¿Por qué es necesario divulgar la Ciencia?", "Apaga la luz y enciende una estrella. Campañas de divulgación científica del Instituto de Astrofísica de Canarias" y "La Astrofísica en primera plana", respectivamente, el 18 de mayo, en la Facultad de Comunicación de la Universidad de Navarra.

JOSÉ ALFONSO LÓPEZ AGUERRI dio la charla "La Astrofísica desde los cielos canarios", el día 27 de mayo, en el IES "José de Anchieta", en La Laguna, Tenerife.

M. ROSA ZAPATERO OSORIO dio la charla "Enanas marrones y planetas extrasolares", el día 28 de junio, en el CEP del Puerto de la Cruz, Tenerife.

FEDERICO DE LA PAZ dio la charla "Contaminación lumínica. Adaptaciones", el 29 de junio, en el Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Santa Cruz de Tenerife.

MARK KIDGER dio la charla titulada "Investigación sobre Asteroides en el IAC", en los actos de conmemoración en España del 30º Aniversario del Primer Alunizaje, en la sede del CSIC (Madrid), el día 20 de julio.

VIII EDICIÓN DEL CURSO DE LA FUNDACIÓN SANTA MARÍA "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 relación con este tema, y dado el éxito conseguido en cursos anteriores, la Fundación Santa María y el IAC organizaron la VIII edición del Curso de Introducción a la Astrofísica para el Profesorado, "El Universo y Yo". El curso, impartido por miembros del IAC, se celebró del 27 de junio al 2 de julio en el Hotel San Felipe, en el Puerto la Cruz, y en él participaron unos 20 profesores de Enseñanza Secundaria.

CHARLAS:

- "Misterios Cósmicos: Cuestiones pendientes en la Astrofísica Actual". A. OSCOZ
- "La Astronomía ante las Seudociencias: Apuntes para el Profesorado". M. TOHARIA
- "Los Gamma Ray Bursts: Del espionaje a las mayores explosiones del Universo". M. KIDGER
- "Enanas Marrones y Planetas Extrasolares". M.R. ZAPATERO OSORIO
- "Cosmología: Evidencias Observacionales para la validación del Big-Bang". M. SERRA-RICART
- "El Cambio Climático: Gases, Aerosoles y el Sol en Acción". M. VÁZQUEZ
- "Nacimiento, Vida y Muerte de las Estrellas". I. RODRÍGUEZ HIDALGO
- "Cuerpos Menores del Sistema Solar". R. CASAS

CURSO "ASTRONOMÍA Y CULTURA"

Del 30 de junio al 2 de julio se celebró en la sala SICCA, en Arrecife (Lanzarote), el curso "Astronomía y Cultura", como continuación del congreso "VI Oxford Conference on Astronomy in Culture", que tuvo lugar en Tenerife del 21 al 29 de junio.

CHARLAS:

- "Templos, tumbas y orientaciones en el Mediterráneo". M. HOSKIN
- "Tradiciones etnoastronómicas de la vieja Europa". R. FRANK
- "Astronomía en la América antigua". J. GALINDO
- "Tiempo y simbolismo". S. IWANIZEWSKI
- "La cultura de los Majos. Elementos arqueoastronómicos". A. PERERA
- "Astronomía y Cultura en Canarias". J.A. BELMONTE

UNIVERSIDAD DE VERANO DE LA GOMERA

El programa de cursos organizado por la Fundación Universidad de Verano de La Gomera incluyó este año el titulado "Introducción a la Astrofísica: hacia una comprensión racional del Universo". El curso, celebrado del 19 al 23 de julio en Hermigua (La Gomera), consistió en clases teóricas y sesiones de observación y fue impartido por investigadores del IAC.

CHARLAS:

- "La historia del pensamiento astronómico" J.A. BELMONTE
- "El mensaje de la luz". C. RÉGULO
- "El taller del astrónomo". C. RÉGULO
- "Nacimiento, vida y muerte de las estrellas (I). Primeros estados evolutivos". I. RODRÍGUEZ HIDALGO
- "Nuestro Sol, ese gran desconocido". L.R. BELLOT
- "Nacimiento, vida y muerte de las estrellas (II). Últimos estados evolutivos". I. RODRÍGUEZ HIDALGO
- "El Sistema Solar y otros sistemas planetarios". L.R. BELLOT
- "El Universo a gran escala: las galaxias y más allá". I. GARCÍA DE LA ROSA
- "Reflexiones sobre la vida extraterrestre". M. VÁZQUEZ
- "Cosmología: origen y destino del Universo". J. GARCÍA DE LA ROSA

Las sesiones de observación estuvieron a cargo de D. MARTÍNEZ y P. RODRÍGUEZ.



Los eclipses de Sol tienen múltiples usos astronómicos, que han ido variando a lo largo del tiempo, y son numerosas las expediciones astronómicas que se desplazan siempre a estudiar el Sol desde la línea de totalidad. El investigador del IAC Miquel Serra-Ricart, que ya organizó la expedición Shelios'98 (ver IAC Noticias 1998, Págs. 62-63), ha estado al frente de la expedición Shelios'99, como la anterior patrocinada por Banesto y en esta ocasión para ver desde Turquía el eclipse total de Sol del 11 de agosto, el último del milenio. El principal objetivo de Shelios'99 era llegar a las cercanías de la ciudad de Kastamonu, en Anatolia Central, a unos 175km al noroeste de la capital turca, Ankara, desde donde un equipo de astrónomos del IAC, dirigidos por la astrofísica Inés Rodríguez Hidalgo, ha llevado a cabo observaciones de la corona solar, dentro del proyecto de ámbito europeo TECONet 99: a Trans-European Coronal Observing Network. El objetivo era determinar parámetros de la estructura y dinámica de la corona que, sin lugar a dudas, constituirán datos muy valiosos para avanzar en el campo de las relaciones Sol-Tierra. Pero parte importante de la expedición era la divulgación. Como apartado más novedoso de la página web dedicada a la expedición, en junio se lanzó la denominada Ruta del Sol, un concurso dirigido principalmente a escolares de la ESO y basado en un mapa interactivo en el que, a través de preguntas que se han actualizado cada semana, los participantes aprendían sobre el Sol, los eclipses, la astronomía y la ciencia en general. Dirección en Internet: <http://www.iac.es/general/sh99/intro.html> Información especial sobre Shelios'99, en el próximo número de IAC Noticias.

EXPOSICIONES

Presentación del V Programa Marco Europeo de Apoyo a la Investigación, el Desarrollo Tecnológico (I+D) y la Innovación

El Instituto de Astrofísica de Canarias participó en el Congreso para la presentación y lanzamiento del V Programa Marco Europeo de Apoyo a la Investigación, el Desarrollo Tecnológico (I+D) y la Innovación, celebrado en Essen (Alemania), del 25 al 26 de febrero, con una participación de 4.500 personas y una exposición con 90 stands europeos. Estos 90 stands, organizados por bloques temáticos, eran una muestra seleccionada de los numerosos proyectos e instituciones financiados por el anterior Programa Marco, que han destacado por sus resultados o peculiaridades dentro de su entorno científico-tecnológico. Sólo 3 de los 90 representaban a España, correspondiendo al IAC uno de ellos.

La Comisión Europea quiso mostrar en esta exposición tres ejemplos de Grandes Instalaciones Científicas de prestigio entre más de 100 financiadas bajo el anterior Programa Marco, siendo una de ellas el "Observatorio Norte Europeo", integrado por los Observatorios del Teide (Tenerife) y del Roque de los Muchachos (La Palma), pertenecientes al Instituto de Astrofísica de Canarias. Este centro de investigación mostró proyecciones audiovisuales, páginas en Internet y seis paneles sobre sus observatorios y sus actividades, así como sobre el último contrato TMR (*Training and Mobility of Researchers*)-Access to Large-Scale Facilities Programme (Programa de Acceso a Grandes Instalaciones Europeas) y el proyecto del Gran Telescopio Canarias (GTC).

PERIODISTAS EN FORMACIÓN

Como resultado de los encuentros mantenidos entre el Gabinete de Dirección del IAC y la Facultad de Comunicación de la Universidad de Navarra, y tras un proceso de selección, dos estudiantes de Periodismo, *Nohelia Udías Fernández* y *Belén González Morales*, están realizando prácticas de periodismo, durante los meses de verano, en el Instituto de Astrofísica, en La Laguna.

PREMIOS

El IAC, Premio Medio Ambiente Isla de Tenerife 1998 del Cabildo Insular de Tenerife

El Pleno del Cabildo Insular de Tenerife, en sesión celebrada el día 5 de febrero de 1999, acordó otorgar el Premio Medio Ambiente Isla de Tenerife 1998 en su modalidad "A", dirigida a Corporaciones públicas de la Isla, al Instituto de Astrofísica de Canarias. La entrega del Premio tuvo lugar el 13 de abril, en el Salón Noble del Cabildo de Tenerife. Al acto asistieron los miembros del Comité de Dirección del IAC, el Administrador del Observatorio del Teide y los responsables de la Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo del IAC.

John Beckman, *Doctor of Science* por la Universidad de Oxford

El astrofísico del IAC y Profesor de Investigación del CSIC John Beckman fue investido, el pasado 6 de marzo, *Doctor of Science* por la Universidad de Oxford, la máxima distinción que concede esta institución y que por primera vez se otorga a un astrónomo.

Luis Bellot, Premio "Día de Canarias de Jóvenes Investigadores"

Luis Bellot, investigador del IAC en Física Solar, ha recibido el Premio "Día de Canarias de Jóvenes Investigadores" en su VI edición, galardón que concede el Gobierno Autónomo de Canarias.

IN MEMORIAM

La Astronomía ha perdido recientemente a dos astrofísicas de prestigio internacional y vinculadas al IAC. **Rebecca A. W. Elson**, del Instituto de Astronomía de Cambridge y experta en Cúmulos Globulares, fue profesora de la X Canary Islands Winter School del IAC celebrada en noviembre de 1998 (ver entrevista en Especial IAC Noticias Escuela de Invierno 1998, Págs. 14-15). **Paris Pismis**, del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México, fue la primera mujer astrónomo de Turquía, estudió en Harvard con Shapley, ha sido maestra de todos los astrónomos mexicanos y desde 1984 mantenía estrechas colaboraciones con investigadores del IAC (ver entrevista en IAC Noticias N. 3-1994. Págs. 30-33).

TORNEO DE AJEDREZ "VERANO 99"

El pasado 22 de junio se disputó en el IAC el Torneo de Ajedrez "Verano 99", organizado por José Manuel Ramos Aguilar. La clasificación fue la siguiente:

1. *Jacobo Sánchez*
2. *Carlos Hernández*
3. *Reinhold Kroll*
4. *Lucio Crivellari*
5. *Rafael Arnay*
6. *Carlos del Burgo*
7. *Lester Fox*

EDICIONES

Memoria 1998

Se ha publicado la Memoria del IAC correspondiente al año 1998, donde se recoge la actividad anual del Consorcio Público IAC en todas sus áreas (Investigación, Instrumentación, Enseñanza y Administración, así como la labor realizada en el campo de la divulgación).

Informe Anual del CCI

La Secretaría del Comité Científico Internacional (CCI) de los Observatorios de Canarias, radicada en el IAC, ha publicado el Informe Anual correspondiente al año 1998, sobre las actividades desarrolladas en estos Observatorios, cumpliendo así una de las funciones establecidas en el Protocolo del Acuerdo de Cooperación en Materia de Astrofísica, firmado en 1979.

Folleto OTRIS

La Oficina de Tránsito de Resultados de Investigación (OTRI) del IAC ha editado los folletos "Al servicio de la empresa" y "Al servicio de la I+D y la Innovación".

Folleto Gran Telescopio Canarias

GRANTECAN, S.A. ha editado un pequeño folleto gráfico sobre el proyecto del Gran Telescopio Canarias, que será instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma.

Las leyes del cielo

Juan Antonio Belmonte, investigador del IAC, director del Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife y experto en Arqueoastronomía, acaba de publicar el libro *Las leyes del cielo. Astronomía y civilizaciones antiguas*, dentro de la colección "Tanto por saber", de Ediciones Temas de Hoy.

Este libro trata sobre los orígenes de la obsesión humana por el tiempo y en él se recorren las culturas de la prehistoria y la antigüedad clásica analizando cómo la observación del cielo ha dado lugar a festividades, religiones o sistemas de poder. Desde tiempos remotos, los hombres han mirado a las estrellas buscando las leyes que gobiernan el mundo, entre ellas las leyes del calendario que controlan el ciclo de las estaciones y las cosechas. Los hombres prehistóricos se entregaron a descubrir los secretos ciclos del tiempo grabados en el firmamento y como huella de este interés han quedado imponentes construcciones megalíticas; de los misterios del cielo, los sumerios y los egipcios extrajeron muchos de los dioses de sus panteones; y griegos y romanos construyeron sus mitos intentando explicarse las enigmáticas señales de las estrellas.

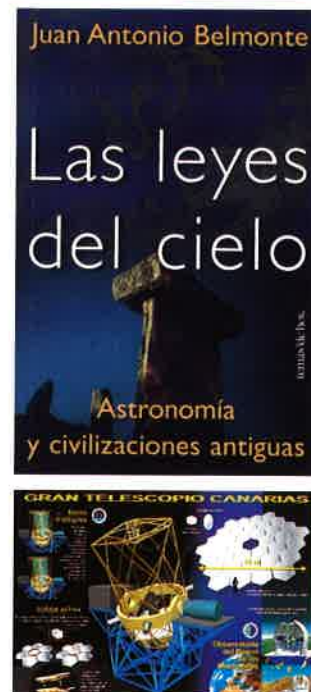
Nuevos carteles

El IAC ha editado los siguientes nuevos carteles:

- "Últimos cometas del siglo XX".
- XI Canary Islands Winter School of Astrophysics "Galaxies at High Redshift".
- IAC. Contorno de las Islas en forma de constelaciones (reedición modificada).
- Convocatoria anual de Formación de Personal Investigador.

CD-Rom de cometas

El Gabinete de Dirección, en cumplimiento del compromiso adquirido con las agrupaciones de astrónomos aficionados que colaboraron en el seguimiento de los cometas *Hyakutake* y *Hale Bopp*, ha producido una edición limitada en CD-Rom con las imágenes de las galerías de fotos de estos cometas contenidas en las páginas web del IAC. Este material será distribuido entre las agrupaciones de astrónomos aficionados mencionadas.



ÚLTIMOS CARTELES



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC)

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA (La Laguna, TENERIFE)

C/ Vía Láctea, s/n
E38200 LA LAGUNA (TENERIFE). ESPAÑA
Teléfono: 34 - 922 605200
Fax: 34 - 922 605210
E-mail: cpv@iac.es
WWW Home Page: <http://www.iac.es/home.html>
Ftp: iac.es

Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)

Teléfono: 34 - 922 605219 y 922 605336
E-mail: otri@iac.es
WWW Home Page: <http://www.iac.es/otri/otri.htm>

Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC)

Teléfono: 34 - 922 605365
E-mail: fdc@iac.es
WWW Home Page: <http://www.iac.es/galeria/fpaz/otpc.html>

OBSERVATORIO DEL TEIDE (TENERIFE)

Teléfono: 34 - 922 329100
Fax: 34 - 922 329117
E-mail: teide@ot.iac.es
WWW Home Page: <http://www.iac.es/ot/indice.html>

OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (LA PALMA)

Apartado de Correos 303
E38700 SANTA CRUZ DE LA PALMA
Teléfono: 34 - 922 405500
Fax: 34 - 922 405501

