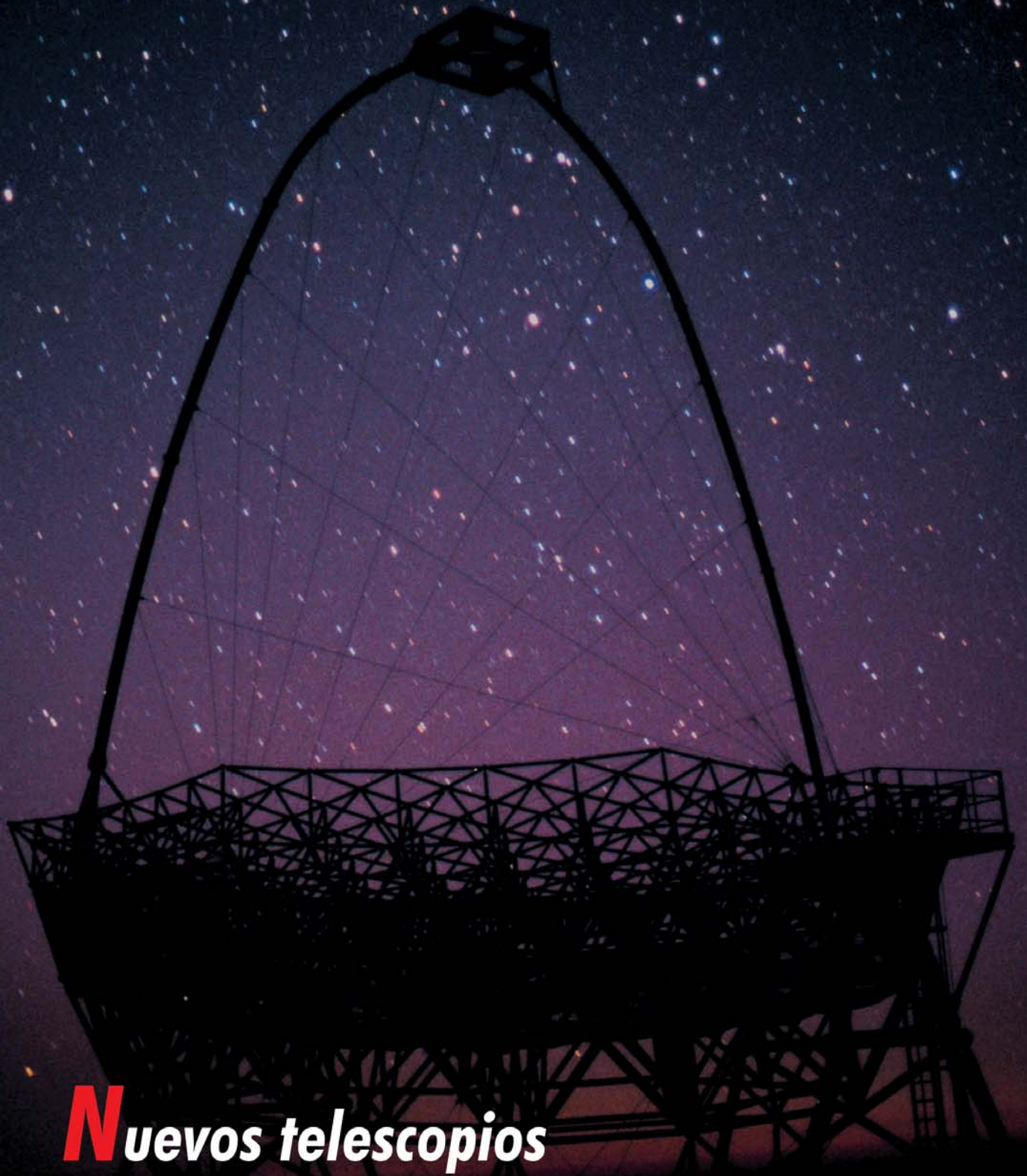




# IAC NOTICIAS

Revista del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) **N. 2-2003**



**N**uevos telescopios

# Última hora

Miembros de la CAI  
en un momento de la reunión.  
Foto: Miguel Briganti (SMM/IAC).



## REUNIÓN DE LA CAI

**D**el 2 al 5 de diciembre se reunió en la Sede Central IAC, en La Laguna (Tenerife), la **Comisión Asesora de Investigación (CAI)**. Esta Comisión es el órgano superior consultivo y de asesoramiento del IAC para la orientación de su política en materia de investigación científica y técnica y para la programación de sus actividades, de manera coordinada con las revisiones del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. Componen esta Comisión: Francisco Sánchez, Director del IAC; Vittorio Castellani, del Observatorio de Roma (Italia); Jack Harvey, del NOAO (Estados Unidos); Félix Mirabel, del CEA-Centro de Estudios de Saclay (Francia); Guy Monnet, de ESO (Múnich, Alemania); Henk Spruit, del Instituto Max-Planck de Múnich (Alemania); Simon White, también del Instituto Max-Planck de Múnich (Alemania); y Artemio Herrero Davó, Coordinador de Investigación del IAC y Catedrático de la Universidad de La Laguna.

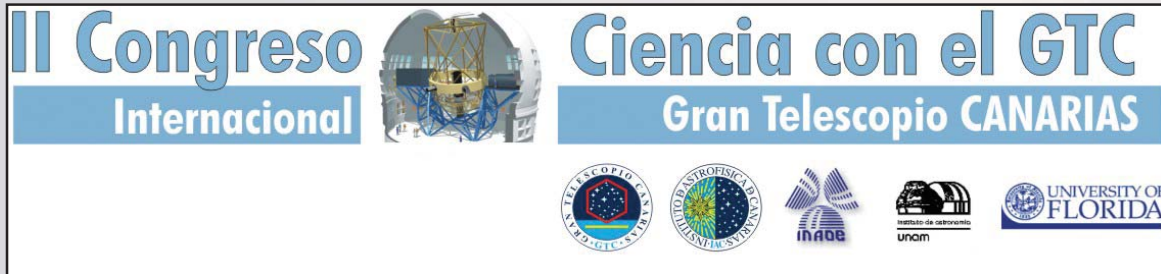


Director del IAC: Francisco Sánchez  
Jefe del Gabinete de Dirección: Luis A. Martínez Sáez  
Jefa de Ediciones: Carmen del Puerto  
Redacción y confección: Carmen del Puerto  
Colaboraciones: Natalia Zelman, Bibiana Bonmatí, Karin Ranero y Elvira Lozano  
Asesoramiento científico: Luis Cuesta  
Asesoramiento técnico: Carlos Martínez Roger  
Directorio y distribución: Ana M. Quevedo  
Diseño original y maquetación: Gotzon Cañada y Carmen del Puerto  
Edición digital: Inés Bonet y M.C. Anguita  
Dirección web: <http://www.iac.es/gabinete/iacnoticias/digital.htm>  
Fotografías: Servicio Multimedia del IAC (SMM), Gabinete de Dirección y otros  
Tratamiento digital de imágenes: Gotzon Cañada, Inés Bonet y SMM del IAC  
Biblia: Gabinete de Dirección del IAC  
Preimpresión e Impresión: Producciones Gráficas  
Depósito Legal: TF-335/87 ISSN: 0213/893X. Núm. 53.

Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en esta revista, citando como fuente al autor y al Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC).

FOTO DE PORTADA: Imagen nocturna del telescopio MAGIC, obtenida por Jan Taus (cortesía del autor).

Clausurado el II Congreso Internacional de Ciencia con el GTC”,  
celebrado en México, del 16 al 19 de febrero de 2004



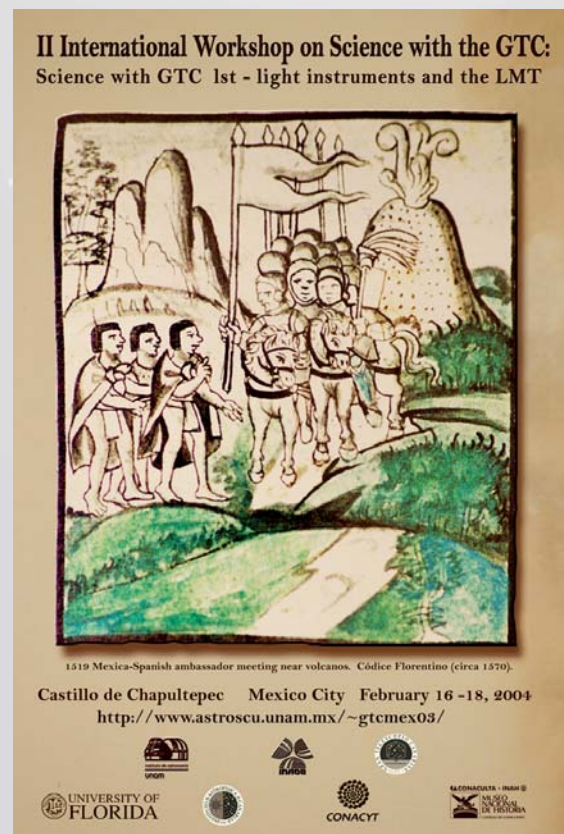
## PREPARANDO LA CIENCIA DE VANGUARDIA QUE HARÁ EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)

Representantes de México, España y Florida (EEUU) subrayan la importancia de la colaboración entre los países implicados

**D**urante tres días, del 16 al 18 de febrero de 2004, 160 astrónomos se han reunido en el Castillo de Chapultepec, en Ciudad de México, donde se ha celebrado el «II Congreso Internacional sobre Ciencia con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC): Ciencia con los instrumentos de Primera Luz y con el Gran Telescopio Milimétrico (GTM)», organizado por el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM) y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de México (INAOE), con la participación del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y GRANTECAN, la empresa pública española que gestiona la construcción del GTC, en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio de Garafía (La Palma).

Ésta fue la segunda ocasión en la que los científicos pusieron en común sus intereses y programas frente a la futura explotación del GTC, ya que la primera reunión, albergada por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), tuvo lugar en febrero de 2002 en la ciudad de Granada.

Al acto de inauguración del congreso asistieron los doctores Luciano Cedillo, Director del Museo Nacional de Historia-Castillo de Chapultepec (México); Stanley Dermott, Director del Departamento de Astronomía de la Universidad de Florida (EEUU); José Franco, Director del IA-UNAM; Jorge Gil, Secretario Académico de



Cartel del Congreso.

Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM; José Guichard, Director del INAOE; Manuel Méndez Nonell, Director Adjunto de Ciencia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT); y Francisco Sánchez, Director del IAC.

«El GTC y sus instrumentos de Primera Luz están en su fase final de construcción y puesta a punto, con una Primera Luz prevista para el próximo año 2005», informó José Franco en su presentación. «Eso supone –añadió– que la comunidad científica del GTC debe prepararse para el primer año de operación del telescopio, de ahí que la meta principal de este encuentro sea conocer el estado actual del telescopio y sus instrumentos científicos de Primera Luz (OSIRIS y CanariCam) y abordar la ciencia que se podrá hacer cuando el GTC esté en funcionamiento».

También se habló de las sinergias entre el GTC y el GTM (el Gran Telescopio Milimétrico que se está construyendo en México), ya que en el acuerdo alcanzado entre México y España se incluye una pequeña fracción de tiempo de GTM que estará a disposición de la comunidad española. Es necesario conocer de antemano la ciencia que se hará con ambos instrumentos, «sobre todo ahora –dijo este investigador– que el Telescopio Espacial Hubble ya no tiene financiación por parte del Gobierno de los Estados Unidos, lo que convertirá a nuestros instrumentos terrestres en elementos clave para el estudio del Universo».

Por su parte, José Guichard, señaló que la Astronomía en México avanza de forma rápida; de ahí el hecho de estar involucrados en varios proyectos importantes, como el GTC y el GTM. La colaboración con España y con Estados Unidos a través de la Universidad de Florida «es muy importante para el avance común; la Ciencia que podrá hacerse con los telescopios GTC y GTM será complementaria y primordial para las jóvenes generaciones de astrónomos y astrofísicos».

El GTM es un esfuerzo conjunto del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), en Tonantzintla (México), y la Universidad de Massachusetts (UMass), en Amherst (Estados Unidos).

Se trata de una antena de 50 m de diámetro diseñada para captar ondas electromagnéticas con una longitud de onda entre 1 mm y 4 mm, llamadas microondas u ondas milimétricas. El telescopio se está construyendo en la cima del volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla (México). La construcción en el sitio, junto con la fabricación de la mayor parte de

los componentes de la antena, se halla en un estado muy avanzado, estimándose que el telescopio estará terminado en este año 2004.

Manuel Méndez, en su intervención, recordó que la Astronomía es una de las grandes herencias culturales de México, y destacó los avances que se han desarrollado en esta área científica en los últimos años y el papel que ha jugado y sigue jugando en el impulso dado a las demás ciencias.

Francisco Sánchez subrayó la importancia de tener como socios a México y a Florida, dada la tradición existente en el estudio de la Astronomía y la Astrofísica en ambos lugares. Destacó el impulso que supondrá el GTC en las nuevas generaciones de científicos, tanto de astrónomos como de tecnólogos, y la importancia que en España tiene

hoy la Astronomía, la cual se encuentra a la cabeza de la producción científica del país. También dio singular relevancia al cielo de Canarias, que ha supuesto uno de los principales pilares de este impulso en la Astronomía española, así como a la necesidad de contar con un instrumento como el GTC para seguir en la vanguardia de la Astrofísica.

A lo largo del Congreso hubo sesiones dedicadas

a diversas áreas de investigación astronómica, que contaron con la participación de conferenciantes invitados, como José Alberto López (IA-UNAM, México), Luis Colina (IEM-CSIC, España), Rafael Guzmán (U. Florida, EEUU), David Hughes (INAOE, México), Margarita Rosado Solís (IA-UNAM, México), Stephen S. Eikenberry (U. Florida, EEUU), Alexandre Vazdekis (IAC, España) y Sylvain Veilleux (U. Maryland, EEUU).

#### **PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL**

La sesión de cierre del «II Congreso Internacional de Ciencia con el GTC», subrayó la importancia de la colaboración entre los países implicados.

Francisco Sánchez, encargado de presentar el resumen de las sesiones, tras felicitar a la organización por el trabajo realizado, destacó la importancia que supone el tándem científico entre el GTC y el GTM, una doble facilidad que debe ser explotada al máximo por los grupos científicos, en



De izquierda a derecha, Stanley Dermott (U. Florida), Francisco Sánchez (IAC), José Guichard (INAOE), José Franco (IA-UNAM) y Rafael Guzmán (U. Florida), en el acto de presentación del Congreso. Foto: Luis Cuesta (IAC).

especial para los estudios de formación estelar y el universo primigenio.

«Es destacable la concentración de ideas observacionales en torno a los objetos de alto desplazamiento al rojo, -señaló-, pero es necesario seguir trabajando con los objetos del entorno cercano, sobre los cuales se ha construido el núcleo de conocimiento de la Astrofísica. Es necesario, por tanto, que un gran telescopio se aplique también al estudio de los innumerables objetos débiles cercanos, los cuales pueden esconder secretos clave para entender lo muy lejano.»



Participantes en el Congreso. Foto: Luis Cuesta (IAC).

Sánchez afirmó también que la potencialidad del instrumento de primera luz OSIRIS «ha quedado patente, especialmente para estudios de objetos con líneas de emisión, tanto en el entorno local como en distancias cosmológicas». Además, destacó cómo el GTC ha profundizado en la cooperación tecnológica. Señaló que, en el proyecto OSIRIS, la óptica se ha diseñado y construido en México, y la mecánica, la electrónica y el «software», en España. También ha colaborado el INAOE en la óptica de ELMER. Por otro lado, en el IA-UNAM se ha construido la Cámara de Verificación, que ya se encuentra en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

Asimismo, el Director del IAC subrayó el notorio interés suscitado entre la comunidad científica por los instrumentos de primera generación (OSIRIS, CanariCam y ELMER), por los de segunda generación (EMIR) y por los que se construirán en adelante, así como por aquellos instrumentos visitantes, procedentes de otros telescopios, como pueden ser CIRCE, UES o CIRPASS.

Para terminar, Francisco Sánchez recordó que el GTC tiene sus puertas abiertas a ideas y esfuerzos procedentes de otros países, por lo que invitó a toda la comunidad científica internacional a participar en las próximas reuniones sobre Ciencia con el GTC.

Stanley Dermott recordó que la Universidad de Florida está construyendo el instrumento de Primera Luz CanariCam, y dio un repaso a los proyectos anteriores desarrollados por equipos del Departamento de Astronomía de esta Universidad que, en definitiva, han hecho crecer la experiencia en la construcción de instrumentos infrarrojos.

Asimismo, señaló que el GTC tiene varios retos: en primer lugar, establecer unos «Proyectos Clave» (*Key Projects*) que hagan que la Ciencia con el GTC desde un primer momento sea de vanguardia y, en segundo lugar, desarrollar una buena instrumentación de segunda generación que sea competitiva una vez que entren en funcionamiento otros proyectos espaciales, como el James Webb Space Telescope (JWST).

Finalmente, José Franco, tras agradecer la presencia de los asistentes al congreso, insistió en la importancia de la colaboración entre los tres países y en la necesidad de seguir estrechando lazos entre las comunidades científicas para lograr,

con el trabajo en común, nuevos descubrimientos y provechosos resultados en el estudio del Universo.

## EL PROYECTO

Impulsado por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) es el primer proyecto de esta envergadura liderado por España y ubicado en su territorio. Su construcción se está llevando a cabo por la empresa pública «GRANTECAN», creada con el fin de ganar eficacia en los trámites y realización del proyecto del telescopio y de otras actuaciones e inversiones preparatorias previas a su explotación, cuyo coste total se acerca a los 112 millones de euros.

En esta empresa participan como socios la Comunidad Autónoma de Canarias y la Administración General del Estado. Además, el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM), el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), participan en el uso y explotación del GTC con un 5%, al igual que la Universidad de Florida (Estados Unidos), que participa con el mismo porcentaje. Ambos países obtendrán, a cambio, tiempo de observación y están, por tanto, integrados en la Comisión de Seguimiento y Utilización del GTC, que también celebró una reunión el día 18 de febrero, en el propio Castillo de Chapultepec.

(Más información en el *Suplemento especial GTC*)

# Premio Prisma Especial «Casa de las Ciencias»

**E**l Jurado de la XVI Convocatoria de los Premios Prismas «Casa de las Ciencias» a la Divulgación Científica 2003, que premia a personas e instituciones que se han distinguido por su esfuerzo para divulgar la ciencia y la tecnología, decidió el 27 de septiembre otorgar por unanimidad el Premio Especial del Jurado al IAC. En la resolución del Jurado se señala que tal premio se le concede «por significar un modelo de cómo puede hacerse ciencia sin perder de vista los intereses de la ciudadanía, su preocupación por la divulgación y su interés por comunicarse con la sociedad a través de exposiciones, revistas digitales, programas de radio y muchas otras actividades». El premio, consistente en un prisma de bronce, fue entregado por el Ayuntamiento de La Coruña.

Al acto de entrega de premios, el pasado 15 de noviembre, celebrado en el Museo «Casa de las Ciencias» de La Coruña, asistió por parte del IAC Luis A. Martínez Sáez, Jefe del Gabinete de Dirección de este Instituto, quien en las palabras de agradecimiento en nombre de los galardonados expresó su deseo de que estos Premios Prismas sirvan «para aumentar el compromiso de la ciencia con la sociedad y de los investigadores y de los tecnólogos con sus conciudadanos» y acabar con «el prolongado divorcio de las dos culturas». También subrayó que «el primer eslabón, la primera responsabilidad para con la divulgación científica, arranca o debería partir de la orilla de la investigación, de los centros de ciencia y de tecnología, de las universidades y de sus grupos de investigadores y tecnólogos», «porque es allí –añadió– donde se encuentra la fuente del conocimiento y de los nuevos hallazgos, y es allí donde se deben articular instrumentos eficaces para explicar a los medios de comunicación y a sus lectores y audiencias lo que significan esos avances y el valor que tienen para la sociedad entera». Por último, señaló que «deberíamos ser capaces de entender que la investigación, y muy



Arriba, miembros del Jurado y galardonados con los Premios Prismas «Casa de las Ciencias». A la izquierda, el prisma de bronce concedido al IAC, y a la derecha, Luis A. Martínez Sáez, Jefe del Gabinete de Dirección del IAC, recogiendo el premio en nombre del Instituto.

particularmente la investigación pública, tiene un cliente que es la sociedad, puesto que es esa sociedad la que paga sus facturas, y que, precisamente por ello, los contribuyentes tienen derecho a unos retornos a los que bien podemos llamar 'los retornos sociales de la ciencia'».

#### OTROS PREMIOS CONCEDIDOS EN ESTA EDICIÓN:

- Prisma al mejor texto original e inédito de divulgación científica al trabajo titulado «El genoma humano», original de **Josep M. Casacuberta**.
- Prisma al mejor artículo periodístico de divulgación científica publicado durante el año 2002 al trabajo titulado «Una mirada al cosmos», presentado por el **Instituto de Astrofísica de Andalucía** y publicado en el diario *El Ideal* de Granada.
- Prisma al mejor libro de divulgación científica editado en España en 2002 al trabajo titulado *1001 datos sobre el cuerpo humano*, publicado por **Editorial Molino**.
- Prisma al mejor trabajo multimedia destinado a la divulgación científica al CDROM titulado *Anuario «El Observatorio 2002»*, de **Canal Sur**.
- Mención honorífica al vídeo titulado «Pitágoras. Mucho más que un teorema», original de **Televisión Española**.

#### COMPONENTES DEL JURADO:

- **Francisco José Rubia Vila**, Catedrático de Fisiología de la Universidad Complutense de Madrid, por delegación del Alcalde de La Coruña.
- **Abraham Alonso**, periodista científico de la revista *Muy Interesante*.
- **Antonio Calvo Roy**, periodista científico de «Divulga, S.L.»
- **Enrique Montero Vila**, Presidente de la Asociación de Amigos de la Casa de las Ciencias.
- **Alfonso Navas**, Director del Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- **María Pilar Perla Mateo**, coordinadora del suplemento «Tercer Milenio» del *Heraldo de Aragón*.
- **Rogelio Sánchez Verdasco**, Secretario de la Asociación Española de Cine Científico.
- **Ramón Núñez**, Director de la Casa de las Ciencias.

## Supervientos galácticos

El 31 de diciembre de 1774, el astrónomo alemán Johannes Elert Bode descubrió la galaxia espiral M 82, cerca de la constelación de la Osa Mayor. Pero fue el astrónomo francés Charles Messier quien en 1781 la añadió a su catálogo, de ahí su nombre. Esta galaxia relativamente cercana, a unos 12 millones de años luz, interesa a los astrónomos por varias razones. Una de ellas es el ritmo frenético de formación de estrellas masivas en su interior y sus subsiguientes explosiones de supernova, que desencadenan los llamados «supervientos galácticos». La galaxia M 82 permite averiguar qué condiciones son necesarias para que se produzca este fenómeno, que libera material de estrellas a gran velocidad y con enorme energía, como sucedió con frecuencia en el universo primitivo.



Casiana Muñoz  
Tuñón  
(IAC)



Guillermo Tenorio  
- Tagle  
(INAOE (Puebla-  
México))



M82 es una de las galaxias más interesantes en el universo vecino; a tan sólo 3,63 Mpc es también la más brillante en el rango infrarrojo del espectro electromagnético, con una luminosidad de  $3 \times 10^{10}$  veces la luminosidad del Sol. Contiene más de mil millones de masas solares en estrellas y gas, con una fracción de este último del 30-40%, inusualmente alto. El valor típico en otras galaxias es del 5-15%. La gran masa de gas

La imagen de M82 obtenida con el telescopio japonés SUBARU, con su espejo primario de 8,2 m de diámetro, la ha hecho aún más famosa, convirtiéndola en la galaxia prototipo de un superviento galáctico (SVG). Los SVG surgieron con la necesidad de explicar el elevado contenido en metales del gas intergaláctico. Son las estrellas las únicas capaces de convertir el hidrógeno, del que inicialmente se formaron, en helio,

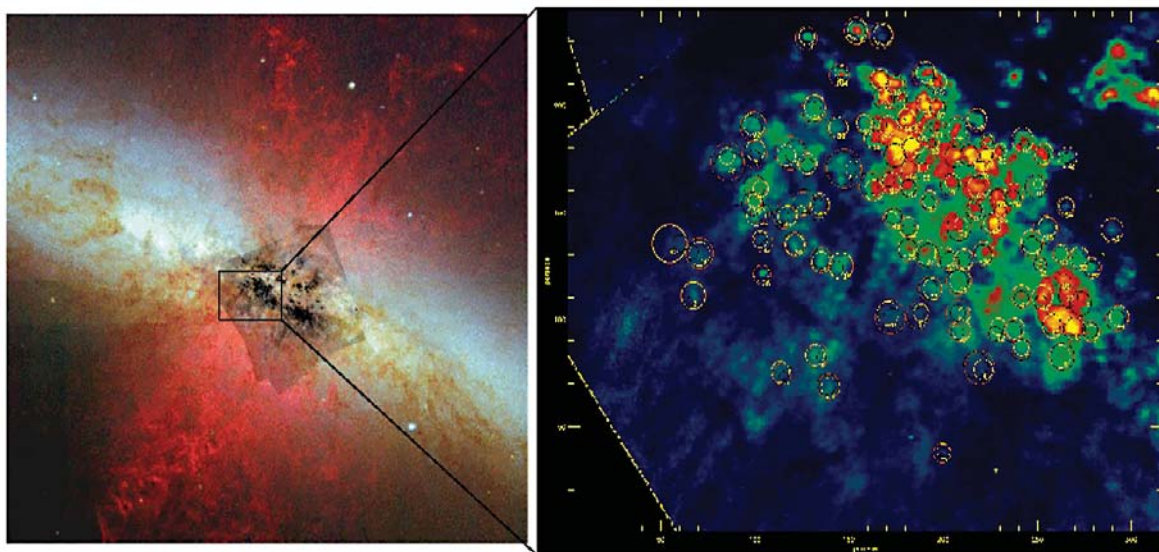


Imagen de la galaxia M82 (estructura azulada con forma de puro) y la superposición en rojo de los filamentos (supervientos galácticos) obtenidos con un filtro que mide al gas ionizado, por el telescopio de 8,2 m Subaru. El cuadrado superpuesto en la parte central es el campo observado con el Telescopio Espacial Hubble (HST). En la imagen de la izquierda presentamos parte de ese campo del HST con los supercúmulos que hemos identificado y catalogado, del análisis de las imágenes disponibles en el archivo. En un área de  $250 \times 250$  pc identificamos 199 supercúmulos estelares. (Melo et al., en preparación).

que oculta a la mayoría de las estrellas convierte a la galaxia en un enigma. También la gran densidad del material interestelar fuerza la física galáctica y desencadena procesos, como el de los supervientos galácticos, que pensábamos sucedían únicamente en galaxias primigenias, durante la época de formación de las galaxias.

oxígeno, hierro...; y de ellas, las más masivas ( $> 5-8$  masas solares), acaban su vida devolviendo al medio en el que se formaron todo el material procesado, de un modo más o menos violento. Así se puede imaginar que, en galaxias con un ritmo de formación estelar muy alto, la energía cinética proporcionada por los vientos estelares y

«En galaxias con un ritmo de formación estelar muy alto, la energía cinética proporcionada por los vientos estelares y las explosiones de supernovas podría vencer el potencial gravitatorio de la galaxia progenitora, y lanzar el material enriquecido fuera de la galaxia.»



las explosiones de supernovas podría vencer el potencial gravitatorio de la galaxia progenitora, y lanzar el material enriquecido fuera de la galaxia.

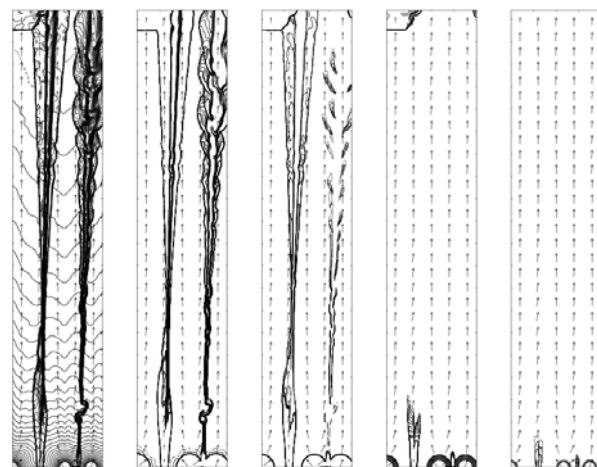
El concepto de superviento galáctico se hizo muy popular a partir de la década de los 90 y son numerosos los casos que, en la literatura especializada, hacen referencia a ellos. No obstante, sólo en M82 se han visto los canales por los que parece fluir el material hasta distancias comparables al tamaño de la galaxia. Tampoco, hasta muy recientemente, los modelos teóricos han podido explicar la física que resulta del análisis de M82, el único superviento galáctico medido.

Son muchas las incógnitas que surgen al analizar la apariencia de M82 y hace falta revisar y establecer el paradigma de los supervientos galácticos para entender las medidas que proporcionan las cada vez más proliferas observaciones de la galaxia. La complejidad de la estructura de los filamentos ha supuesto un enigma que poco a poco vamos resolviendo. La emisión extendida de gas caliente en rayos X, más de  $10^{41}$  ergs/s que se extiende hasta los dieciocho mil años-luz, también necesita explicación. Otro problema surge del confinamiento circunscrito a una zona muy pequeña en el núcleo de la galaxia donde a su vez se deposita tanta energía como para lanzar el material fuera de la galaxia. El alto grado de colimación que alcanzan los supervientos es otra incógnita a resolver.

**Los causantes:  
supercúmulos de estrellas**

El Telescopio Espacial Hubble, con una resolución espacial sin precedentes, ha revelado un nuevo elemento en galaxias con violentos brotes de formación estelar, los supercúmulos estelares (SCE): grupos de estrellas con una masa total entre  $10^3$  y  $10^7$  masas solares concentrados en áreas extremadamente pequeñas de entre 9 y 18 años-luz de radio. Este descubrimiento tan im-

portante parece mostrar además que los brotes masivos de estrellas, como M82, son en realidad una plétora de supercúmulos estelares con hasta varios millones de estrellas cada uno, y que siguen una distribución, una función inicial de masa, que podría ser universal. A partir del análisis de la imagen del gas ionizado (emisión de hidrógeno a 6563 Å) del archivo del Telescopio Espacial Hubble, hemos catalogado 200 supercúmulos estelares en M82, que aunados definen la magnitud del brote estelar en el núcleo de la galaxia.



Resultados hidrodinámicos de la interacción de tres supercúmulos estelares (base de los paneles). El cuadro de la izquierda es un mapa 2D de la densidad. La escala vertical cubre 1kpc. Se puede ver claramente la estructura filamentososa que resulta. Los otros cuatro paneles muestran imágenes del gas a cuatro temperaturas diferentes. Los dos primeros son a 104K, y 105K (H $\alpha$  y rayos X blandos) que muestran una distribución muy parecida (como se observa en M82). Los dos paneles últimos son rayos X a dos temperaturas extremas.

Hasta la fecha y con la excepción única de nuestro reciente artículo en *Astrophysical Journal* (diciembre 2003), todos los cálculos en la literatura han supuesto que la inyección de energía mecánica que genera un superviento galáctico emana de un solo cúmulo de estrellas central, que se extiende sobre unas decenas de años-luz de diámetro, tamaño asociado al brote estelar. Sin embargo, las nuevas observaciones en frecuencias ópticas, en radio continuo,

infrarrojas y en el ultravioleta, han revelado la existencia de un buen número de SCEs en los núcleos de galaxias con estallidos de formación estelar. Su tamaño típico y luminosidad muestran el alto grado de concentración de estrellas que se alcanza en estos sistemas.

La existencia de estos masivos y compactos grupos de formación estelar tiene implicaciones múltiples. Un millón de masas solares en estrellas implica la coexistencia de varias decenas de miles de estrellas masivas (con masas superiores a ocho veces la masa del Sol) y por lo mismo una continuada deposición de energía, producto de sus explosiones como supernovas por más de cincuenta millones de años. El impacto de tan violenta y continuada deposición de energía en el medio circundante es devastador; lleva a la reestructuración del medio interestelar de la galaxia, redistribuye los metales producidos en las estrellas y también puede desencadenar la expulsión de todo el material en forma de supernova hacia el medio intergaláctico, lanzándolo a través de los supervientos galácticos.

### **La fuente de energía**

La enorme cantidad de energía mecánica depositada por violentos estallidos de formación estelar es claramente y en primer lugar la responsable más obvia de la reestructuración del medio interestelar. Los vientos estelares y las explosiones de supernovas son los «culpables» de la producción de superburbujas, supercascarones, de la fase más caliente del medio interestelar y,

en particular, de los supervientos galácticos. ¿De dónde surge toda esta energía?, es una pregunta que nos hemos planteado muchas veces. Surge sin lugar a duda de la energética estelar, de la evolución de las estrellas y, en concreto, de las estrellas de alta masa que evolucionan rápidamente mientras que por radiación se desprenden de sus capas más externas arrojándolas continuamente, con altas velocidades, al medio circundante. Más aún, al final de sus días, las estrellas masivas terminan explotando como supernovas, depositando en el evento más energía que la que han podido generar durante toda su vida. Toda esta energía procedente de la evolución y

muerte de las estrellas masivas, sumada sobre todas las estrellas de un brote estelar a lo largo del tiempo de vida de todas y cada una de ellas, representa la más poderosa e importante fuente de energía que despierta y mantiene el carácter dinámico del medio interestelar.

«las nuevas observaciones en frecuencias ópticas, en radio continuo, infrarrojas y en el ultravioleta, han revelado la existencia de un buen número de supercúmulos estelares en los núcleos de galaxias con estallidos de formación estelar.»

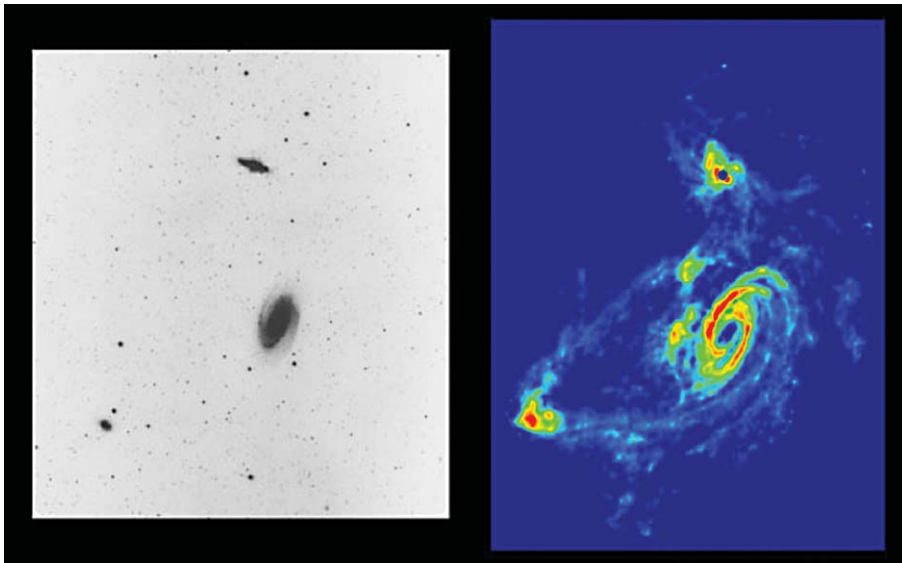
«La interacción de los vientos producidos por múltiples supercúmulos estelares lleva al establecimiento y estructuración de los masivos flujos de material procesado conocidos como supervientos galácticos.»

Basados en la indiscutible evidencia observacional, que apunta a la existencia de decenas de supercúmulos estelares en el núcleo de M82, recientemente

hemos calculado la hidrodinámica que resulta de la interacción de los vientos producidos por una colección de supercúmulos estelares en un núcleo galáctico. Son varios los aspectos que hemos considerado en esta primera aproximación, en dos dimensiones, a la interacción tridimensional de múltiples vientos. Uno de ellos es la metalicidad del material inyectado por los supercúmulos, que resulta de la evolución estelar y en particular de la evolución de estrellas masivas y de su explosión final

como supernovas, y que a lo largo de la evolución del supercúmulo alcanza, como hemos demostrado, valores de hasta más de diez veces la metalicidad solar. Estos valores aceleran el enfriamiento por radiación y causan un impacto enorme en las estructuras resultantes (ver también nuestros resultados en *Astrophysical Journal*, junio 2003).

De nuestros modelos queda claro que una intrincada estructura, observable tanto en rayos X como en el óptico, y que en proyección parece ocupar el mismo volumen, se origina como resultado de la interacción de múltiples vientos. La interacción del material lanzado por supercúmulos próximos da lugar a ondas de choque cruzadas capaces de colimar y canalizar los vientos que salen de cada supercúmulo generando cho-



El grupo M81 visto en el rango visible (izquierda) y en HI (derecha). En la figura mostramos el Grupo de M81, uno de los grupos más próximos al Grupo Local que está a una distancia de 12 millones de años-luz. Este grupo contiene dos galaxias del catálogo de Messier, M81 y M82, una pareja muy próxima y llamativa. Además, el grupo tiene otros miembros que incluyen NGC 3077 y NGC 2976. Se trata de una composición de la imagen en frecuencias de radio (HI) de NRAO (National Radio Astronomical Observatory) y la tomada con luz visible del POSS (Palomar Observatory Sky Survey). En la imagen en radio que se muestra (derecha) se ve cómo también NGC 3077 está interaccionando con M81 y M82 y quizás también con otras pequeñas galaxias, todas ellas empaquetadas en un envoltorio de gas común. M81 es la galaxia espiral que se ve justo en el centro de la imagen; M82, la condensación que apreciamos por encima en la parte central; y NGC 3077, la que está abajo a la izquierda de la imagen. Veros al menos dos galaxias enanas justo a la izquierda de M81 en la estela que va hacia M82. Además de las que aparecen en el campo de la imagen que mostramos, el grupo de M81 tiene otras galaxias importantes por su tamaño y brillo, la galaxia irregular NGC 2366 y la espiral Sc, NGC 2403, ambas en la constelación de Camelopardalis, IC 2574, irregular pero con indicios de incipientes brazos espirales y las dos grandes irregulares, Holmberg I y Holmberg II.

ros perpendiculares al plano de la galaxia. Esta autocolimación es muy diferente a la idealizada con anterioridad al explicar los supervientos galácticos, que requería de toros, conos o densas paredes colimadoras generadas en el disco galáctico, para confinar al flujo supernóvico. Las estructuras calculadas crecen para medir varios miles de años-luz en tiempos de evolución del orden del millón de años y así se desplazan, perfectamente colimadas, con velocidades de varios cientos de kilómetros por segundo, velocidades que exceden la velocidad de escape aun de las más masivas galaxias conocidas. Resumiendo, la interacción de los vientos producidos por múltiples supercúmulos estelares lleva al establecimiento y estructuración de los masivos flujos de material procesado conocidos como supervientos galácticos.

Nuestros cálculos añaden una serie de nuevos parámetros a ser considerados en busca de toda la gama de posibilidades: el número de supercúmulos presente en un brote masivo de formación estelar; la posición o distribución espacial de supercúmulos; la intensidad de la formación estelar en cada supercúmulo, que define la energética; y la

edad de los supercúmulos considerados, que impacta en la metalicidad de sus vientos. Todos estos son parámetros clave, que definen una multitud de condiciones iniciales en el estudio del medio interestelar de las diferentes galaxias; parámetros nuevos que determinan la estructura interna del medio interestelar, de los filamentos, de los cascarones, de las burbujas y superburbujas y la posibilidad o no de que se generen supervientos galácticos.

### **Formación estelar en M82: los ingredientes**

¿Cómo se disparó el masivo y múltiple brote de formación estelar en el núcleo de M82? Entre los requerimientos básicos para dar lugar a un estallido de formación estelar se encuentra ante todo la gran cantidad de gas que ha de transformarse en estrellas. También, la rapidez con la que el gas tiene que hacerse disponible, para así auto-escudarse y evitar ser dispersado por la acción o energética de las estrellas en formación. Todo ello ha de ocurrir en un volumen de unas cuantas decenas de años-luz de radio, insignificante comparado con las dimensiones de la galaxia anfitriona. Los caminos más sencillos para cumplir con estas condiciones básicas de tamaño, masa y tiempo, apuntan a una alteración brusca del potencial gravitatorio de la galaxia anfitriona. Ello puede ocurrir ya sea por una interacción directa o por un pasaje cercano con otras galaxias. Dichas interacciones suponen una rápida transferencia de momento angular hacia las partes más externas, lo cual permite que material del disco se desplome hacia el núcleo galáctico. También se ha pensado en una inyección repentina y sustancial de gas procedente de otras galaxias. Ambas posibilidades parecen estar contribuyendo al desmesurado episodio de formación estelar en el núcleo de M82.

### **El destino de los metales**

¿A dónde van los supervientos galácticos? El superviento galáctico de M82, ahora constatado por las más detalladas observaciones en una multiplicidad de frecuencias, resulta, como predicen los cálculos numéricos, de la proximidad entre los múltiples y masivos brotes de formación estelar presentes en su núcleo. Tal proximidad permite que los vientos se estrellen entre sí, dando lugar al acoplamiento que promueve la estructura y el alto grado de colimación,

que a su vez ocasiona el que con gran velocidad pueda alejarse, como un todo, de su galaxia progenitora. No cabe la menor duda de que el material recién procesado por las estrellas de M82 se ha librado del potencial gravitatorio de

su galaxia y escapa hoy libre hacia el medio intergaláctico. Ignoramos aún si el superviento de M82 tiene suficiente poder como para escapar también de la atracción gravitatoria que ejerce como un todo el grupo de galaxias que lo originó y llegue a contaminar el espacio entre otros grupos y cúmulos de galaxias. De no ser así, quedará atrapado causando únicamente la contaminación local dentro del grupo de galaxias de M81. Esta última posibilidad es insalvable en el caso de grandes grupos o cúmulos de galaxias, que pueden llegar a contar con hasta varios miles de miembros. En estos casos, los supervientos galácticos tipo M82, justificarían, por lo menos parcialmente, el alto contenido en metales presente en el medio intra-cúmulo.

**Investigadores:** Guillermo Tenorio Tagle, Casiana Muñoz Tuñón, Verónica Melo y Sergiy Silich. IAC (Tenerife)+ INAOE (Puebla-México).

**LIRIS:**

## **E**spectrografía infrarroja

Un equipo interdisciplinar formado por investigadores, ingenieros y técnicos del IAC realizó con éxito, en febrero de 2003, las primeras pruebas del espectrógrafo LIRIS (*Long-Slit Intermediate Resolution Infrared Spectrograph*), que ha sido construido en el IAC e instalado en el telescopio «William Herschel» (WHT), del Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma). LIRIS es un instrumento que permite obtener imágenes y espectros de más de un objeto simultáneamente, todo ello en el infrarrojo. Concretamente, puede observar hasta 24 fuentes de un mismo campo a la vez. Existen otros instrumentos similares, pero LIRIS es el único de estas características situado en el Hemisferio Norte.

Con este instrumento, el IAC ha demostrado su capacidad para desarrollar instrumentación astronómica competitiva. Cuando finalice el periodo de pruebas, en agosto de este año, LIRIS pasará a ser uno de los instrumentos de uso común en el WHT para la comunidad científica.



Arturo Manchado  
(IAC/CSIC)



Mary Barreto  
(IAC)



José Acosta  
(IAC)



FOCO	Cassegrain
DETECTOR	Hawaii 1024x1024 HgCdTe (Rockwell)
ESCALA EN DETECTOR	0.25 segundos de arco / pixel
MODOS OBSERVACIÓN	Imagen, Espectroscopía con rendija larga, Espectroscopía multi-objeto, Coronografía y Polarimetría.
<b>Modo IMAGEN</b>	
CAMPO DE VISIÓN	4.2 x 4.2 minutos de arco
SENSIBILIDAD	K=21.4, H=22.9, J=24.0, Z=24.4 para t=1h, S/N=3 y un "seeing" de 0".5
<b>Modo ESPECTROSCOPÍA</b>	
RENDIJAS	<b>Rendija Larga:</b> (0.5, 0.75, 1, 2.5, and 5) arcsec x 4.2 armin <b>Multi-objeto:</b> 6 máscaras multirendija (hasta 24 rendijas por mascara).
RANGO ESPECTRAL Y SENSIBILIDAD*	<b>R=1000</b> Bandas Z y J (0.887 - 1.531 $\mu$ m). Magnitudes límite J=21.3, Z=22.0 Bandas H y K (1.388 - 2.419 $\mu$ m). Magnitudes límite K=18.6, H=19.9 <b>R=2500</b> (No disponible todavía) Banda H (1.500 to 1.788 $\mu$ m). Magnitud límite H=19.5 * En todos los casos para el continuo y t=1hr, S/N=3, FWHM=0.5" .

Tabla 1: Características de LIRIS.

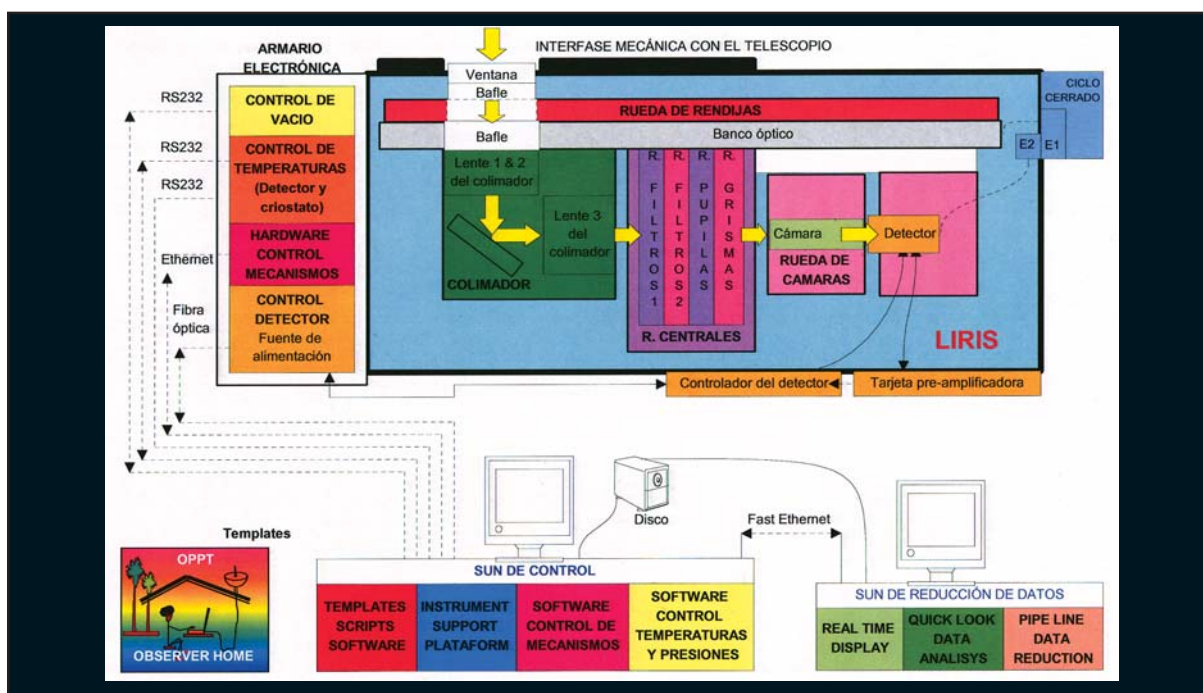


Diagrama funcional de LIRIS.

Filtro	J	H	K <sub>s</sub>
Punto cero	24.83	25.17	24.55
Eficiencia	0.34	0.53	0.52
Magnitud límite	23.4	22.4	21.8
Emisión del cielo Mag/arcsec <sup>2</sup>	15.4	14.2	13.0

Tabla 2: Medidas obtenidas para magnitudes límite, brillo de cielo y eficiencia (óptica + detector)

A finales de los años 90 aparecieron detectores infrarrojos de gran formato, 1024 x 1024 píxeles, con bajo ruido de lectura y baja corriente de oscuridad. Este hecho, junto con la inexistencia, en aquella época, de instrumentación infrarroja competitiva en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma), hizo que el IAC decidiese construir un espectrógrafo infrarrojo para el telescopio de mayor diámetro en aquel momento, el «Telescopio William Herschel» (WHT), de 4,2 m.

A pesar de que en la fecha de comienzo del proyecto, marzo de 1998, sólo había en el mundo 3 espectrógrafos infrarrojos similares a LIRIS (*Long slit Intermediate Resolution Spectrograph*), se preveía que diferentes grupos construirían instrumentos similares, por lo que se decidió dotar a LIRIS de capacidades únicas para hacer de él un instrumento muy competitivo. Para ello se incorporaron los modos de coronografía, (que permitirá poder ver planetas gigantes orbitando en torno a estrellas), polarimetría y espectroscopía multiobjeto. Este último modo permite obtener el espectro de hasta 24 objetos simultáneamente con el consecuente ahorro de tiempo, lo que lo hace más competitivo que otros instrumentos similares en telescopios de 8 y 10 metros. Uno de los grandes problemas que plantea observar en el infrarrojo es que la emisión del cielo puede ser varios órdenes de magnitud superior al flujo del objeto que queremos observar. Esto hace que muchas veces sea muy difícil poder situar el objeto en la rendija, por lo que para facilitar la adquisición de los objetos se ha incluido también un

modo imagen que, a su vez, lo hace un instrumento más versátil.

Disponer de diferentes modos de observación garantiza que se podrá utilizar en una amplia gama de programas científicos, desde el Sistema Solar (por ejemplo, el estudio de la atmósfera rica en metano de Titán), búsqueda de planetas extrasolares, regiones de formación estelar, últimas fases de la evolución estelar (por ejemplo, las estrellas en la Rama Asintótica de Gigantes), galaxias con núcleos activos y cosmología (como galaxias con alto desplazamiento hacia el rojo).

La filosofía principal del proyecto ha sido garantizar el éxito dentro de una escala de tiempo y presupuesto razonable a pesar de las dificultades. Para ello se partió de un diseño óptico sencillo, basado en lentes esféricas, garantizándose que se podrían fabricar e integrar y que proporcionarían una muy buena calidad de imagen y una alta eficiencia.



Vista general del WHT con LIRIS integrado.



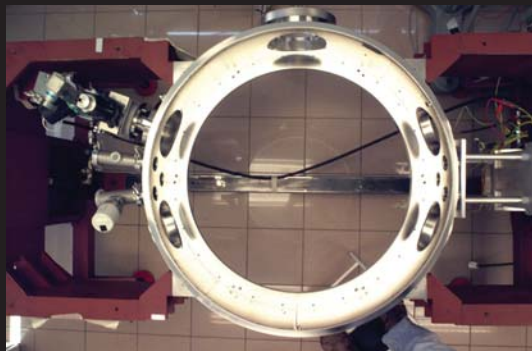
LIRIS, integrado en el Foco Cassegrain del WHT.

## Descripción general

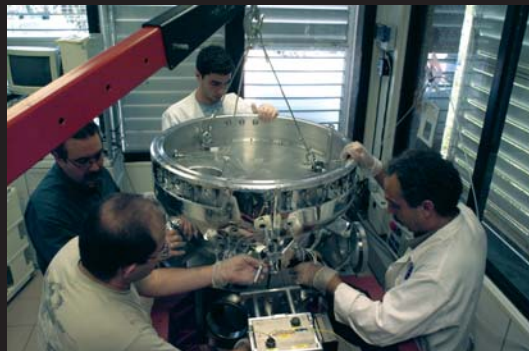
El diseño óptico de LIRIS está basado en un diseño clásico colimador/cámara, donde los filtros y elementos dispersores (grismas) están situados en el haz colimado.

La escala de placa está escogida para aprovechar el «seeing» promedio en el Observatorio del Roque de los Muchachos (0,5 segundos de arco en la banda K). La calidad de imagen es tal que el 80 % de la energía está en menos de un píxel, es

«Después de cinco años de trabajo de un gran número de personas, en febrero del 2003 LIRIS vio la primera luz en el WHT con resultados altamente satisfactorios».



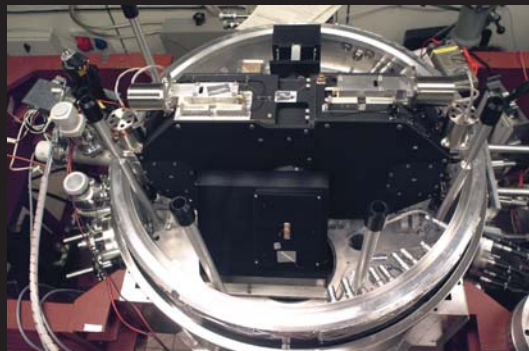
Anillo central del tanque de vacío o criostato.



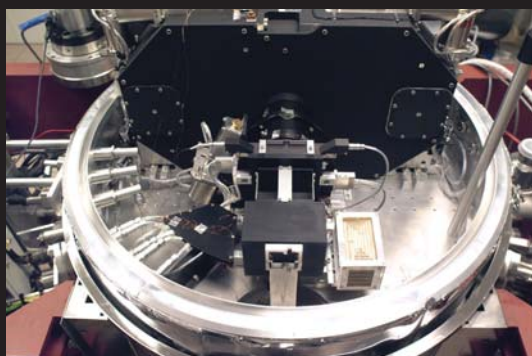
Integración del banco óptico en el anillo central del tanque de vacío.



Banco óptico integrado en el anillo central del tanque de vacío.



Colimador, módulo de ruedas centrales (Ruedas de filtros, pupilas y grismas) integrados en el banco óptico.



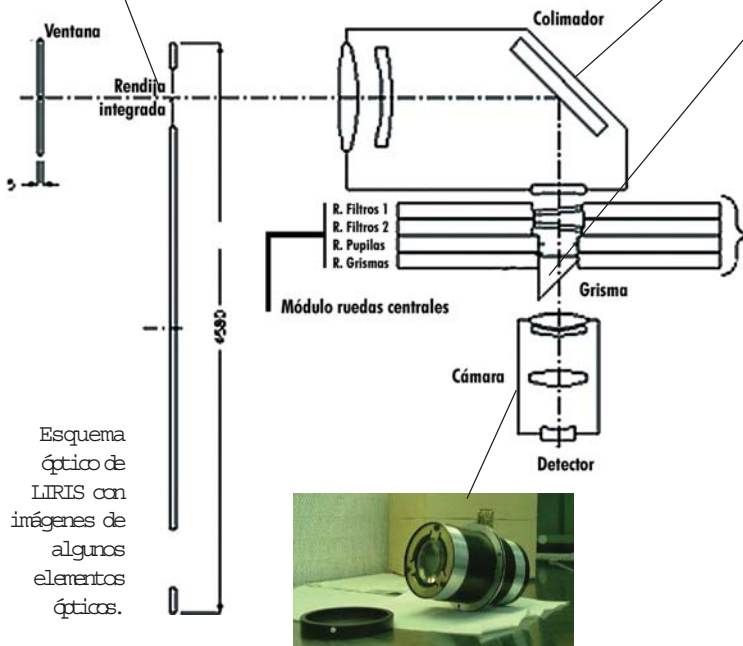
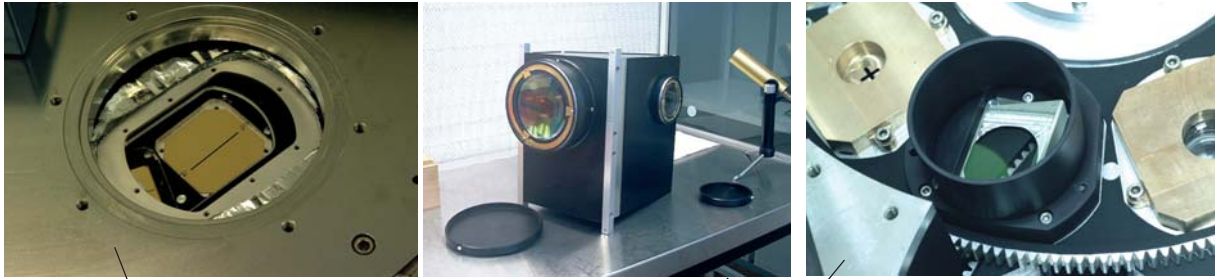
Módulo del detector de la cámara y de las ruedas centrales.



Integración de la tapa trasera del tanque de vacío.

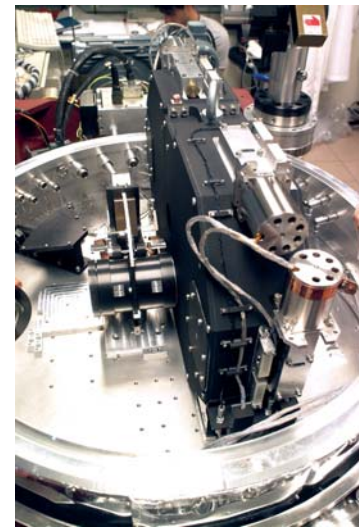
Fotos: Miguel Briganti (SM/IAC)





Esquema óptico de LIRIS con imágenes de algunos elementos ópticos.

Cámara y módulo de ruedas centrales integradas



decir, la anchura equivalente (FWHM) no se degrada más que un 10% (para un «seeing» de 0,5) en todo el campo de visión (4,2 x 4,2 minutos de arco). Se ha buscado una alta eficiencia del sistema óptico + detector, obteniéndose valores del 50% en el modo imagen. La cámara y el colimador fueron fabricados por la empresa JANOS (EEUU) y el detector por la empresa Rockwell (EEUU). LIRIS cuenta con filtros anchos (Z, J, H, Ks) y estrechos (Br-gamma, K continuo, H continuo, [FeII], H<sub>2</sub> (v=1-0), H<sub>2</sub> (v=2-1), CH<sub>4</sub> y HeI). Las curvas de transmisión están disponibles en [www.iac.es/project/LIRIS](http://www.iac.es/project/LIRIS).

El diseño detallado de la óptica y el diseño conceptual de la mecánica de LIRIS se subcontrataron al UK Astronomy Technology Center (Reino Unido). El diseño detallado de la

mecánica se realizó íntegramente en el IAC, así como gran parte de la fabricación.

El tanque de vacío constituye el cerramiento exterior del instrumento y permite la obtención y mantenimiento de un alto vacío en su interior, y de las condiciones criogénicas necesarias para la

«El tanque de vacío constituye el cerramiento exterior del instrumento y permite la obtención y mantenimiento de un alto vacío en su interior, y de las condiciones criogénicas necesarias para la operación del detector (-200°C), la óptica y los mecanismos del instrumento.»

operación del detector (-200°C), la óptica y los mecanismos del instrumento. El tanque de vacío fue fabricado por la empresa

INGOVI (Valencia-España), en acero inoxidable, con unas dimensiones de 1,3 m x 0,9 m. Dentro de dicho tanque se sitúa el banco óptico construido en aluminio, que es el mayor y más pesado de los componentes fríos de LIRIS y que sirve de mesa óptica, para anclar el colimador, los mecanismos y el detector. A su vez, el banco óptico internamente es un tanque de nitrógeno líquido

(LN<sub>2</sub>) que sirve para pre-enfriar el instrumento, y por los laterales, de anclaje a todo el cableado interno. La masa fría aproximada de LIRIS es superior a los 200 kg por lo que se utiliza, como segundo sistema de enfriamiento, un refrigerador de ciclo cerrado de dos etapas. La primera etapa enfría todos los elementos del instrumento que están fijados al banco óptico, pantallas de radiación, bafles, mecanismos y el sistema óptico, excepto el detector y su montura, que son enfriados por la segunda etapa.

Los mecanismos de LIRIS son seis: una rueda de rendijas (con un diámetro de 60 cm y 16 posiciones), dos ruedas de filtros (12 posiciones cada una), una rueda para máscaras de pupila (12 posiciones), una rueda de grismas (9 posiciones) y una rueda de cámaras (con la Cámara y una lente de reimaginación). Todos los mecanismos utilizan transmisiones husillo-corona, utilizando motores criogénicos paso-paso Phytron. La puesta en funcionamiento y caracterización de dichos motores ha sido compleja por la falta de información sobre su uso en mecanismos criogénicos y la dificultad de su verificación en las condiciones finales de trabajo. El equipo de LIRIS ha adquirido una experiencia muy valiosa en el uso de estos motores, que se utilizará en próximos instrumentos criogénicos del IAC.

La fabricación de las máscaras de rendijas largas y multi-objeto ha sido compleja dados los exigentes requerimientos científicos. Las ranuras tienen una anchura de 140 micras y una precisión de posicionado y de rugosidad mejor que 2 micras. Se contactaron diferentes proveedores y se realizaron pruebas con diferentes técnicas. El que mejores resultados ha dado ha sido la empresa Mecanizados Gines S.A. (Burgos - España) utilizando una técnica novedosa basada en descargas eléctricas (electroerosión), obteniéndose, sobre láminas de acero inoxidable, unos resultados de

rugosidad  $1,15 \pm 0,15$  micras, un paralelismo en la rendija de  $7 \times 10^{-5}$  y un error de posición rendija-rendija  $< 3.2$  micras. El desarrollo y realización del tratamiento superficial de la máscara, dorado por su cara anterior y ennegrecido por la posterior, se subcontrató a INASMET (San Sebastián-España).



Verificación dimensional de la rueda de rendijas.

«Dentro de los acuerdos IAC-ING, LIRIS será un instrumento de uso común para el WHT durante tres años, una vez finalicen las pruebas en telescopio».

el sistema de control de mecanismos en VME y EPICS.

El software de LIRIS se ha diseñado para estar integrado en el entorno del WHT. Dicho software está dividido en diferentes paquetes: Control de Mecanismos, Real Time Display, Instrument Support Platform User Interface, Quick Look Data

Analysis y Pipeline Data Reduction.

El proceso de integración y verificación de LIRIS ha sido exhaustivo, realizándose primero la integración y

verificación en criostatos de pruebas de los diferentes subsistemas (colimador, cámara, diferentes mecanismos y detector) y, finalmente, la integración de todos los subsistemas para obtener como conjunto LIRIS. El proceso de integración, alineado, verificación y caracterización final de subsistemas ha supuesto un año de trabajo dada la complejidad de alinear todos los sistemas y garantizar la óptima posición del detector.

### Primeras pruebas

En febrero de 2003 se llevaron a cabo las primeras pruebas (commissioning) de LIRIS en el WHT, con el detector de ingeniería. Las pruebas se rea-

lizaron durante cuatro noches, de las cuales tres y media fueron fotométricas y en dos de ellas la calidad de imagen fue muy buena («seeing» en  $K_s$  de  $0''{,}5$ ). La calidad de imagen se midió en el cúmulo M5 en la banda J donde la FWHM fue de  $0''{,}5$  con variaciones de  $\pm 0''{,}1$  a lo largo de todo el campo. Se midieron las magnitudes límite, brillo

telescopio, puesto que ello haría muy difícil la correcta substracción del cielo, que puede ser varios órdenes de magnitud superior a la del objeto. Para garantizar esto, en la fase de diseño se realizaron simulaciones por elementos finitos y durante las pruebas en telescopio se comprobó que, para LIRIS, la flexión máxima entre una ele-

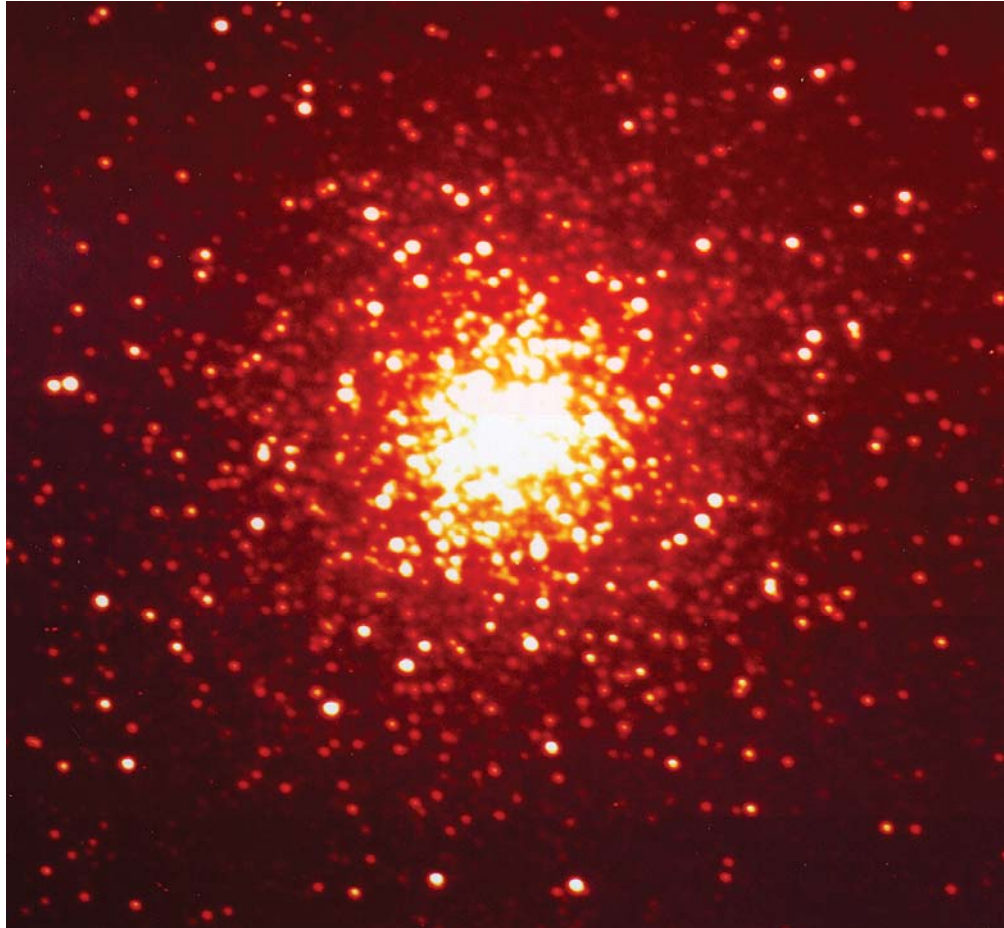


Imagen del cúmulo globular M5 en la banda J. La FWHM de las estrellas es de 2 píxeles ( $0''{,}5$ ). La calidad de imagen es muy buena, con variaciones de  $\pm 0''{,}1$ , a lo largo de todo el campo ( $4,2 \times 4,2$  minutos de arco).

de cielo y eficiencia (óptica + detector), estando esta última entre las más altas dentro de los instrumentos similares. A pesar de que el WHT no es un telescopio optimizado para el IR, la emisión en la banda  $K_s$  está entre las más pequeñas obtenidas en telescopios optimizados para el IR. Esto demuestra que el WHT es perfectamente válido para trabajar en la banda  $K_s$ . La magnitud límite se calculó para una detección de 3s en una hora de integración.

El ruido de lectura del detector es de  $24 e^-$ , por lo que siempre estamos limitados por ruido de fondo para integraciones superiores a 50s.

Una de los requerimientos críticos ha sido que LIRIS no presente grandes flexiones al moverse el

vación de 75 y 0 grados es de 1 píxel (ó 18 micras). El desplazamiento en la dirección espectral no excede 0,5 píxeles para diferencias de elevación de  $45^\circ$ , llegando a ser de 0,8 para una diferencia de  $60^\circ$ .

Durantes las pruebas se observaron algunos objetos de interés astronómico como la nebulosa planetaria NGC 2436 (Nebulosa de la Bailarina) y la galaxia Seyfert NGC 4388. Uno de los resultados más importantes fue la detección de la línea de C IV (144,5 nm), en el cuásar más lejano detectado hasta la fecha (SDSS J1148+5251) con un desplazamiento al rojo de  $z = 6,41$ . Debido a dicho desplazamiento al rojo la línea de C IV a 144,5 nm, en el ultravioleta, aparece en el espectro a 1070,7 nm, en el infrarrojo.

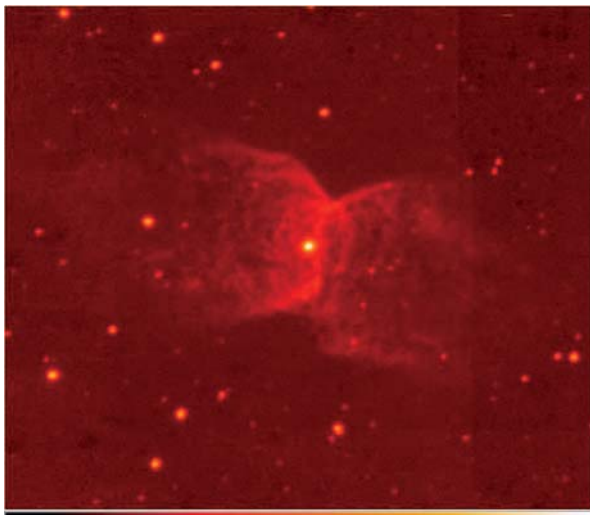


Imagen de la nebulosa planetaria NGC 2436 en la línea de hidrógeno molecular  $H_2$   $n=1-0S(1)$  en 2,122 micras. El tamaño de la imagen es de 3,2 x 2,8 minutos de arco. La estructura en forma de grumos y la estrella central sólo son visibles en infrarrojo. El Norte está a la derecha y el Este arriba.



Imagen de la galaxia Seyfert NGC 4388 en la banda J. El campo de visión es de 2,5 x 2 minutos de arco. El Norte está arriba y el Este a la izquierda. Destaca el núcleo brillante y los brazos espirales.

## Segundas pruebas y utilización como instrumento de uso común

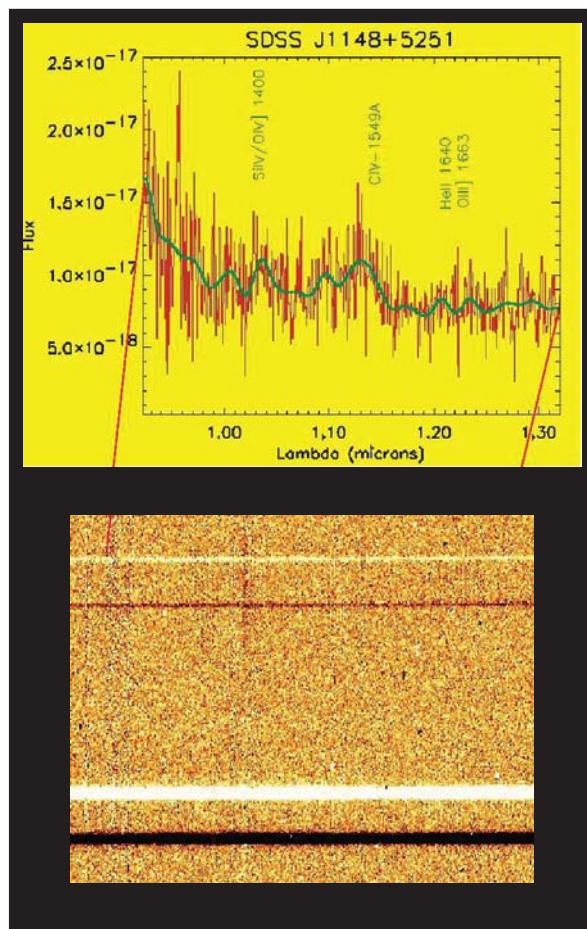
En marzo del 2004 se realizará el segundo periodo de pruebas en el WHT, esta vez con el detector científico.

LIRIS se podrá utilizar como instrumento de «astrónomo visitante» a partir de agosto del 2004. Desde aquí invitamos a la comunidad española a ir preparando propuestas de observación con LIRIS para el próximo semestre de 2004.

### Agradecimientos

A todo el personal del IAC y del ING, que han contribuido con su profesionalidad y dedicación a que hoy LIRIS pueda ser una realidad en el WHT.

**Equipo:** A. Manchado, M. Barreto, J. Acosta-Pulido, E. Ballesteros, R. Barreto, E. Cadavid, J. Carrillo, M. Charcos, S. Correa, J.M. Delgado, C. Domínguez-Tagle, O. González, E. Hernández, R. López, A. Manescau, H. Moreno, J. Olives, L. Peraza, F. Prada, P. Redondo, V. Sánchez, N. Sosa, E. Tenegi, M.J. Vidal y C. Militello.



Espectro del cuásar más lejano (SDSS J1148+5251) a  $z=6,41$ . Destaca la línea de CIV, detectada con una relación señal ruido de 10. El tiempo de exposición fue de 70 minutos.

# SATÉLITE DE COMUNICACIONES

La excelente calidad de la atmósfera en el Observatorio del Teide ha permitido a la Agencia Espacial Japonesa (NASDA) probar con éxito un nuevo satélite de comunicaciones ópticas en el espacio (OICETS), que se lanzará en el año 2005. Las pruebas con el prototipo se realizaron del 8 al 19 de septiembre, en la Estación Óptica Terrestre (OGS), propiedad de la Agencia Espacial Europea (ESA) e instalada en el Observatorio del Teide.

Una vez en el espacio, el satélite hará uso de nuevas tecnologías de adquisición y seguimiento, así como del sistema de comunicación láser para establecer enlaces entre satélites situados en órbitas distintas y transmitir información

entre ellos en el espacio y a estaciones terrestres. Para ello, se comunicará con el satélite ARTEMIS, de la ESA, el primero que desde el mes de febrero de 2003 se utiliza de forma rutinaria en el espacio para comunicaciones ópticas.

Con el objetivo de reducir los riesgos de la misión OICETS, se planearon experimentos de adquisición, seguimiento y comunicaciones láser instalando en la OGS del Observatorio del Teide el modelo de ingeniería del terminal de comunicaciones ópticas que irá a bordo de OICETS. Aunque el terminal está diseñado sólo para trabajar en el espacio, las condiciones del Observatorio del Teide y la contribución de la OGS han permitido que establezca el enlace láser con ARTEMIS.



La Estación Óptica Terrestre (OGS), del Observatorio del Teide, desde donde se realizaron las pruebas con prototipo del satélite japonés.



El equipo japonés, en el momento de mayor expectación durante el primer experimento.

LA AGENCIA ESPACIAL JAPONESA (NASDA) PRUEBA CON ÉXITO UN NUEVO SATÉLITE DE COMUNICACIONES ÓPTICAS (OICETS) EN LA ESTACIÓN ÓPTICA TERRESTRE (OGS), DEL OBSERVATORIO DEL TEIDE.

EL PRÓXIMO EXPERIMENTO EN ESTE CAMPO SE REALIZARÁ ENTRE LA OGS Y EL SATÉLITE DE LA ESA SMART-1 DURANTE SU VIAJE A LA LUNA.



Prototipo del satélite de comunicaciones ópticas en el espacio (OICEIS), que se lanzará en el año 2005 .

GESTIÓN EN INGENIERÍA  
DEL IAC:  
Ángel Alonso y Marcos Reyes

### Presencia internacional

La OGS está integrada por un telescopio de 1 m de diámetro y la instrumentación necesaria, desarrollada por el IAC, para establecer y caracterizar las comunicaciones bidireccionales mediante láser con satélites situados en cualquier órbita. Un equipo de 12 ingenieros de la NASA, la ESA y el IAC estuvo trabajando en la instalación del modelo de ingeniería de OICEIS en el interior de la cúpula de la OGS. Por el interés de las pruebas, asistió a ellas un representante del grupo de comunicaciones ópticas en el espacio de la agencia espacial estadounidense (NASA) .

En las pruebas que se realizaron se verificó la compatibilidad entre el terminal en órbita de comunicaciones láser del satélite A RTEMIS y el terminal de OICEIS, y se hizo una caracterización completa del

sistema. La OGS ha servido para establecer de forma preliminar el enlace bidireccional con A RTEMIS para, posteriormente en simultáneo, poner en funcionamiento el terminal de OICEIS y determinar en qué condiciones se establecerá el enlace entre los dos satélites a través de la turbulencia atmosférica.

Las comunicaciones ópticas en el espacio presentan grandes ventajas respecto a las comunicaciones por microondas actuales, como son la mayor capacidad de los enlaces (mayor ancho de banda) y el uso de sistemas más ligeros, de menor tamaño y consumo. El próximo experimento en este campo se realizará entre la OGS y el satélite de la ESA SMART-1 durante su viaje a la Luna. La implantación de estos sistemas en los satélites será la clave para la comunicación con futuras misiones a otros planetas.



El equipo de ingenieros de la NASA, la ESA y el IAC, celebrando el éxito de las pruebas.

# EL SOL, UN LABORATORIO DE FÍSICA ÚNICO

**R**ecientemente, los astrofísicos han observado que una parte de la luz solar del calcio ionizado está linealmente polarizada. Tras estudiar este fenómeno, los investigadores del IAC Rafael Manso Sainz y Javier Trujillo Bueno (Investigador Científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas) publicaron en septiembre en la revista *Physical Review Letters* sus resultados sobre la existencia de un nuevo efecto físico, hasta ahora desconocido, que se produce en la cromosfera del Sol (una de las partes más externas de su atmósfera).

Este descubrimiento se produjo al intentar explicar, con la ayuda de la Física Atómica, observaciones de la polarización de la luz solar consideradas «enigmáticas». Este tipo de observaciones, que son factibles en Física Solar dada la cercanía del Sol a la Tierra, comenzarán pronto a poder realizarse en otros objetos astronómicos mediante la utilización de los grandes telescopios de la nueva generación, como el Gran Telescopio CANARIAS.

## Polarización

La polarización es, junto al color, una de las propiedades

fundamentales de la luz. Si bien algunos tipos de abejas y mariposas tienen los ojos «diseñados» para poder ver la polarización de la luz, nosotros carecemos de esta capacidad, pero podemos medirla con un tipo de instrumento llamado «polarímetro». En principio, en regiones débilmente magnetizadas de la atmósfera solar —explica Rafael Manso—, la luz del calcio ionizado no debería estar polarizada porque la estructura interna de dicho átomo no lo permite. Sin embargo, observaciones polarimétricas de la cromosfera solar revelan la existencia de «enigmáticos» picos de polarización lineal en líneas espectrales del calcio ionizado.

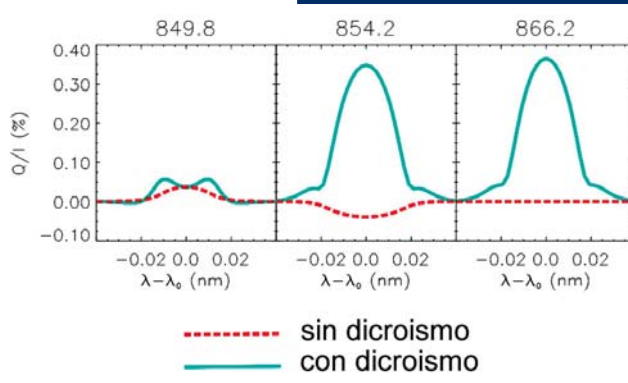
Los resultados presentados por estos investigadores revelan un nuevo efecto (designado por ellos con el nombre de «dicroísmo a campo cero») por el que en algunos casos, como éste del calcio, se puede producir polarización por absorción. Tal como describe Javier Trujillo Bueno, «hemos demostrado que el calcio ionizado es capaz de absorber preferentemente ciertas componentes de la polarización; así, la luz emergente del Sol una vez se ha propagado por su atmósfera resulta estar linealmente polarizada, tal y



Protuberancia activa observada por el telescopio espacial SOHO (SOHO es un proyecto internacional de colaboración entre la ESA y la NASA).

INVESTIGADORES DEL IAC DESCUBREN UN NUEVO EFECTO FÍSICO, HASTA AHORA DESCONOCIDO, QUE PERMITE INFERIR LA PRESENCIA DE CAMPOS MAGNÉTICOS EXTREMADAMENTE DÉBILES EN PLASMAS ASTROFÍSICOS.

LA REVISTA *PHYSICAL REVIEW LETTERS* PUBLICÓ EN SEPTIEMBRE ESTOS RESULTADOS.



DICROISMO  
A CAMPO CERO  
EN LA CROMOSFERA SOLAR

Las líneas azules muestran la polarización lineal del triplete infrarrojo del calcio ionizado calculada en un modelo de la atmósfera solar teniendo en cuenta el mecanismo físico descubierto (dicroísmo a campo cero). Los perfiles de polarización calculados y sus amplitudes relativas están de acuerdo con las observaciones espectro-polarimétricas. Las líneas en color rojo indican los perfiles de polarización lineal que resultan cuando se ignora el dicroísmo a campo cero, tal y como se hacía previamente. Estas señales de polarización lineal en líneas espectrales son extremadamente sensibles a campos magnéticos de baja intensidad. (Véase Manso Sainz y Trujillo Bueno 2003; *Physical Review Letters*, Vol. 91, No. 11).

como se observa, sin la necesidad de campos magnéticos». Haciendo una analogía

con el color, la luz de un objeto puede ser de un color determinado, bien porque el objeto emite en ese color, bien porque absorbe los otros. En este caso la polarización se produce porque el calcio absorbe preferentemente la luz que llega con cierta orientación, y sólo deja pasar la que se encuentra polarizada en la otra dirección.

**Aplicaciones astrofísicas**

Este mismo fenómeno ocurre en otras líneas del espectro solar y se ha comenzado a investigar también en el espectro polarizado de supernovas y en el de los núcleos activos de galaxias. Curiosamente, la

polarización resultante es, además, muy sensible a la presencia de campos magnéticos extremadamente débiles, y ofrece la posibilidad de investigar tanto la geometría como la presencia de tales campos magnéticos en una gran variedad de objetos astrofísicos. Los avances en el estudio del magnetismo es uno de los aspectos actualmente más relevantes en Astrofísica.

«Si el análisis del color de las estrellas y de otros objetos astronómicos nos ha permitido conocer su composición química, su temperatura, su densidad y otras características físicas, el análisis del estado de polarización de la luz podría darnos pruebas fundamentales sobre los campos magnéticos en el Universo, incluyendo aquellos que son responsables de la actividad magnética en el Sol y en otras estrellas. Además, radiación no polarizada sólo puede esperarse de un objeto perfectamente simétrico; por lo tanto, la luz polarizada también podría ayudarnos a descubrir la geometría del objeto astrofísico en estudio, aunque no sea posible resolverlo espacialmente con los grandes telescopios actuales', concluye Javier Trujillo Bueno.



# EL UNIVERSO ESCONDIDO

Los investigadores Antonio Marín Franch y Antonio Aparicio Juan, miembros del Grupo de Poblaciones Estelares del IAC, han detectado la presencia de 6.000 galaxias extremadamente débiles en la imagen de Campo Profundo del Hubble (Hubble Deep Field o HDF), la imagen más profunda del cielo obtenida con el telescopio espacial Hubble. Estas 6.000 galaxias son tan débiles, que resultan invisibles incluso en esta imagen. Sin embargo, un análisis basado en la técnica de fluctuaciones de brillo superficial revela su presencia, más allá del límite de detección del telescopio espacial. Estos resultados se publicaron en septiembre, en la revista *Astrophysical Journal*.

El Telescopio Espacial Hubble ha proporcionado una visión del Universo sin precedentes. Sería capaz de ver separados los faros de un coche que se encontrara a 6.000 km de distancia. Uno de los grandes proyectos desarrollados con el Telescopio Espacial ha sido el llamado Hubble Deep Field o HDF. En diciembre de 1995, el telescopio fue apuntado a una región cercana al polo norte galáctico, donde no hay estrellas ni galaxias próximas a nosotros. Es decir, una región completamente vacía de objetos brillantes. El objetivo era estudiar en detalle los objetos muy débiles, y, por tanto, probablemente

te muy lejanos, que se pudieran encontrar en esa región. Se observó ininterrumpidamente durante 10 días y los datos obtenidos pasaron a disposición de la comunidad científica internacional. Este ambicioso proyecto proporcionó la visión más profunda del Universo jamás obtenida: las imágenes HDF, en las que aparecen unas 2.500 galaxias. Se trata de las galaxias más débiles que hemos sido capaces de observar hasta la fecha. La mayoría se encuentra a miles de millones de años luz de nosotros. Son tan lejanas que la luz que ahora nos llega de ellas fue emitida en las primeras fases de sus vidas, poco después de su formación, cuando el Universo era aún bastante joven. Precisamente, han sido analizadas por muchos grupos de investigadores con el objetivo de estudiar las propiedades de las galaxias en las primeras fases de su evolución.

## Técnica de análisis

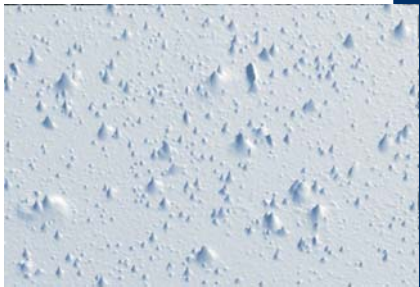
«Se puede tener una idea de la enorme densidad de galaxias en el HDF si se tiene en cuenta que el área del cielo cubierta por el Telescopio Espacial es parecida a un cuadrado de sólo 2,5 minutos de arco de lado», comenta Antonio Aparicio. «Eso es equivalente al tamaño con el que se ve una moneda de un céntimo a 20 m de distancia o una pelota de tenis a 90 m. En un área



Imagen del Campo Profundo del Hubble (HST).

INVESTIGADORES  
DEL IAC  
DESCUBREN LA  
PRESENCIA DE  
6.000 GALAXIAS  
INVISIBLES QUE  
HABÍAN PASADO  
INADVERTIDAS EN  
LAS IMÁGENES  
MÁS PROFUNDAS  
DEL TELESCOPIO  
ESPACIAL HUBBLE.

ESTOS  
RESULTADOS SE  
PUBLICARON EN  
SEPTIEMBRE EN LA  
REVISTA  
ESPECIALIZADA  
*ASTROPHYSICAL  
JOURNAL*.



Simulación del proceso de recuperación.  
Autor: Gabriel Pérez (SVM/IAC).

tan reducida, en la imagen HDF del Hubble son visibles 2.500 galaxias. Sin embargo, lo que aporta nuestro estudio es que, en realidad, son muchas más: 6.000 galaxias adicionales, que no son detectables con las técnicas de análisis habituales, pero cuya presencia se pone de manifiesto si se hace un análisis de las fluctuaciones de brillo superficial de las imágenes». Este hallazgo, resultado de la tesis doctoral presentada en el 2003 por Antonio Marín y dirigida por Antonio Aparicio, supone extender el límite de detección hasta galaxias 10 veces más débiles que las más débiles detectadas hasta ahora.

La técnica de las fluctuaciones de brillo superficial fue introducida hace 15 años por John Tonry y Donald Schneider, investigadores del Massachusetts Institute of Technology (Cambridge) y del Institute for Advanced Studies (Princeton), con el objetivo de medir distancias a

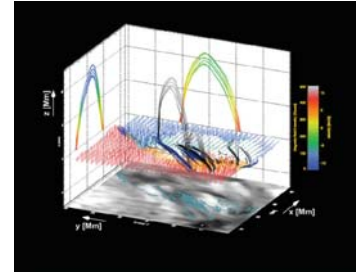
galaxias. Sin embargo, la técnica se ha revelado más flexible de lo que, en un principio, cabía esperar. La propuesta de los investigadores del IAC es su aplicación, con algunas modificaciones, al análisis de regiones del cielo que, tal como las muestran los telescopios más potentes, están vacías aparentemente. Sin embargo, estas regiones contienen la traza de objetos extremadamente débiles, tanto que no pueden ser resueltos con los métodos habituales. «En esencia -explica Antonio Marín-, la técnica de las fluctuaciones de brillo superficial no es muy diferente del filtrado de sonidos que se realiza sobre una cinta de audio, en la que se escuchan multitud de señales y ruidos de diferente origen superpuestos, con el fin de aislar uno concreto. La diferencia, fundamental por otra parte, es que, en lugar de sonidos, la señal consiste en la superposición de fotones emitidos por multitud de diferentes fuentes».

# “ARCOS” EN EL SOL

**H**asta hace menos de 50 años se creía que la corona, por ser la capa más externa del Sol, debía ser la más fría. Esta suposición es totalmente lógica, dado que la energía solar es generada en su núcleo, y todos sabemos que, mientras más lejos estamos de una fuente de calor, menos calor sentiremos. Sin embargo, esto no es así, como saben los científicos. El investigador Manuel Collados, del IAC y de la Universidad de La Laguna, junto con Sami K. Solanki, Andreas Lagg, Joachim Wöhl y Norbert Krupp, del Instituto Max-Planck de Astronomía de Lindau (Alemania), publicaron en octubre, en la revista *Nature*, los resultados obtenidos tras medir el campo magnético de los arcos, bucles o lazos solares (loops, en inglés), utilizando la técnica de espectropolarimetría aplicada en el infrarrojo. A través de esta técnica será posible estudiar los procesos por los cuales las capas externas (corona y cromosfera) del Sol se calientan.

## Temperaturas en contradicción

Las imágenes obtenidas con el satélite TRACE mostraron la existencia de estos arcos, tan notorios en la corona solar, pero hasta ahora nadie había realizado medidas del campo magnético en ellos. No todos los arcos solares se encuentran a la misma temperatura, ni ninguno posee la misma en toda su superficie: la temperatura aumenta conforme a su distancia a la corona. Se sabe que el material fluye por los arcos, pero se ignora qué inicia el proceso y cómo la temperatura de este gas aumenta a medida que se va alejando de la superficie solar. Los arcos se encuentran alrededor de manchas solares y zonas activas. Estas estructuras están asociadas con las líneas del campo magnético, que conectan zonas de polaridad magnética opuesta. Muchos arcos coronales pueden durar días o semanas, pero la mayoría cambian con más ra-



Reconstrucción gráfica de los arcos magnéticos.



Arcos magnéticos en el Sol (TRACE/NASA).

UN EQUIPO DE FÍSICOS SOLARES OBTIENE LA ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL Y DINÁMICA DE COMPONENTES MAGNÉTICAS EN LA CORONA SOLAR.

ESTOS RESULTADOS SE PUBLICARON EN OCTUBRE, EN LA REVISTA *NATURE*.



Telescopio solar alemán VTT, del Observatorio del Teide, donde se encuentra instalado el polarímetro infrarrojo TIP.

Este estudio ha contado con la financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología.  
Artículo en *Letters to Nature*: «Three-dimensional magnetic field topology in a region of solar coronal heating» S. K. Solanki, A. Legg, J. Woch, N. Krupp & M. Collados. *Nature*, Vol 425 16 Oct 2003.  
[www.nature.com/nature](http://www.nature.com/nature)

pidez. Sin embargo, algunos arcos están asociados con erupciones solares, y son visibles por temporadas mucho más cortas. Estos arcos contienen un material más denso que el de su alrededor.

A pesar de que, al principio, la idea de una corona tan caliente dio lugar a mucha crítica, finalmente fue aceptada, y el siguiente objetivo fue determinar cómo podía ocurrir. No ha sido fácil, y todavía no se ha encontrado una explicación satisfactoria. No puede haber un flujo de calor de la fotosfera, que se encuentra a 5.600 grados, hacia la cromosfera y corona solares, que se encuentran entre los 10.000 hasta varios millones de grados; el calor siempre fluye de una región caliente a una fría, y si ésta fuera la explicación, tendríamos una corona igual de caliente que la fotosfera. Como no es así, deben existir otros mecanismos que calienten la corona a tan enormes temperaturas. En la actualidad existen dos teorías: una defiende que el calentamiento se produce por ondas, generadas en los gránulos, que viajan hacia arriba, y la otra explica que esto sucede debido a corrientes generadas en el material coronal.

«Con la técnica desarrollada se abre la puerta que permitirá estudiar los mecanismos mediante los cuales estas capas externas se calientan como consecuencia de las corrientes inducidas por el campo magnético,» explica

Manuel Collados. «Además -añade este investigador- se podrán estudiar con detalle los mecanismos que dan lugar a la generación de fulguraciones, de gran importancia en el denominado 'clima del espacio'».

Las fulguraciones emiten gran cantidad de partículas muy energéticas hacia el espacio interplanetario que interactúan con el campo magnético terrestre dando lugar a diversidad de fenómenos de gran interés.

### Polarímetro infrarrojo

La gran dificultad de estas observaciones se debe a las limitaciones tecnológicas que ha habido hasta ahora. Por un lado, los estudios de la polarización solar son muy recientes. Por otro, hasta hace diez años el acceso a la región infrarroja no era posible, y existen pocos instrumentos que se puedan usar de forma rutinaria, como es el caso del TIP (Tenerife Infrared Polarimeter). Este polarímetro infrarrojo, que ha sido diseñado y construido en el IAC, se encuentra desde 1999 instalado en el telescopio solar alemán VTT (Vakuum Turm Teleskop), del Instituto Kiepenhauer de Física Solar de Friburgo (Alemania), en el Observatorio del Teide (Tenerife). «TIP se creó -señala Collados- con el fin de obtener medidas cuantitativas del estado de polarización de la radiación solar, recogida en longitudes de onda infrarrojas».

# VIAJE AL CENTRO DE LAS GALAXIAS

La mayor parte de las galaxias tienen en su núcleo un agujero negro que absorbe la materia que se encuentra a su alrededor. Hasta ahora, los estudios sobre galaxias indicaban que debía existir un mecanismo que «alimentara» el agujero negro llevando hasta él material galáctico de las zonas exteriores. Este mecanismo es el que ha confirmado un equipo internacional de científicos, del que forma parte el investigador del IAC, Alfonso López Aguerra, además de Enrico Maria Corsini, de la Universidad de Padua (Italia) y Victor Debattista, del Instituto Tecnológico de Zurich (Suiza), al medir por vez primera la dinámica de una barra nuclear en la galaxia NGC 2950. Esta estructura es la que permitiría acercar el material hasta el radio de acción del agujero negro. Los resultados de este estudio se publicaron en diciembre, en la revista especializada *Astrophysical Journal Letters*.

La investigación ha sido realizada utilizando datos del Telescopio «Jacobus Kapteyn» y del Telescopio Nacional «Galileo», ambos instalados en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio de Garafía (La Palma). «Estas medidas -explica Alfonso López Aguerra- han demostrado que la barra nuclear de NGC 2950 rota con una velocidad mayor que su barra principal, confirmando así el comportamiento cinemático predicho por las teorías que proponían este tipo de estructuras galácticas como mecanismos eficientes para «alimentar» a los agujeros negros centrales que poseen algunas galaxias espirales».

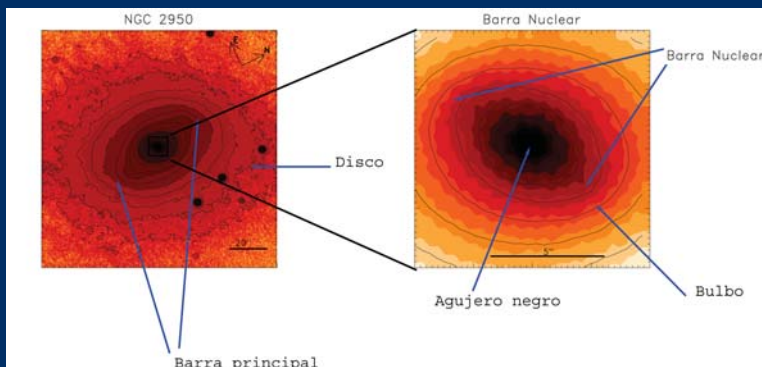
Durante la década pasada se descubrió que las barras grandes, observadas en los discos de las galaxias espirales brillantes, no eran suficientes para transportar material galáctico hasta las proximidades del agujero negro central. Por tanto, debían existir otros mecanismos para «alimentar» a



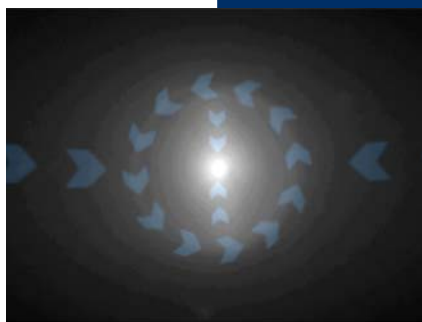
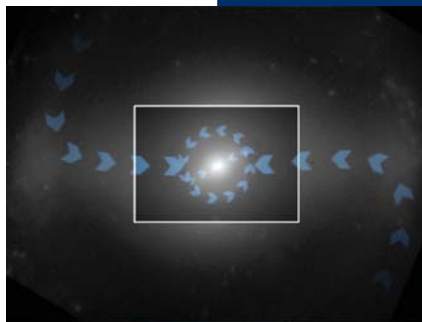
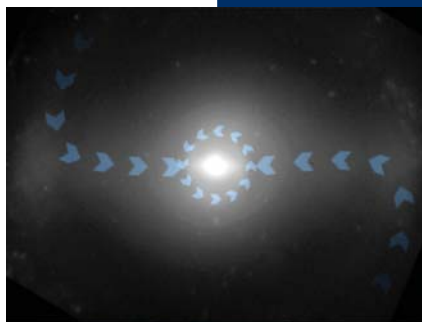
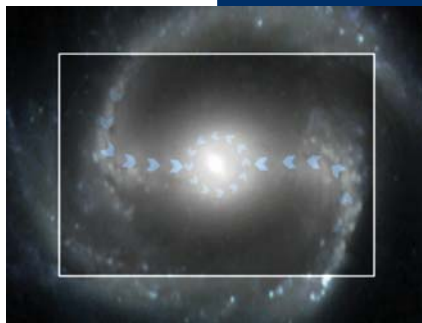
Simulación de un agujero negro.  
Autor: Gabriel Pérez (SMM/IAC)

UN CIENTÍFICO DEL IAC CONFIRMA UN MECANISMO PARA «ALIMENTAR» A LOS AGUJEROS NEGROS DE LOS CENTROS GALÁCTICOS.

LOS RESULTADOS DE ESTE ESTUDIO SE PUBLICARON EN DICIEMBRE, EN LA REVISTA ESPECIALIZADA *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*.



Galaxia barrada NGC 2950. A la izquierda, toda la galaxia, y a la derecha, ampliación de la región de la barra nuclear.



Simulación del mecanismo de transporte de material hacia el centro de la galaxia. Autores: G. Pérez (SMM/IAC) y A. López Aguerri (IAC).

tales agujeros negros. Una de las teorías propuestas para explicar este flujo de material hasta el centro de las galaxias fue la presencia en la región central de una segunda barra (llamada «barra nuclear») que transportaría el material desde donde lo depositaría la barra principal hasta las inmediaciones del agujero negro central. Estas barras nucleares son unas 10 veces más pequeñas que las barras principales, por lo que son necesarias imágenes de muy alta resolución espacial para su detección en galaxias cercanas a la nuestra. La teoría también predice que la barra nuclear debería de rotar con igual o mayor velocidad angular que la principal. Cuanto mayor sea esta diferencia de velocidades de rotación, mayor será la eficacia para depositar material galáctico en la proximidad del agujero negro. Durante los últimos años se han descubierto este tipo de barras nucleares en imágenes de varias galaxias cercanas a la nuestra.

### Galaxias espirales

Las galaxias espirales están definidas principalmente por tres estructuras diferenciadas en forma y composición: bulbo, disco y halo de materia oscura. El bulbo es una estructura esférica localizada en la parte central de la galaxia y que contiene la población de estrellas más vieja. El disco es aplanado, en forma de lente, y rodea al bulbo. «Englobando a ambas estructuras – señala Alfonso López Aguerri – se encuentra un halo esférico de materia que no brilla (llamada «materia oscura»), pero que sabemos que existe porque las estructuras visibles (bulbo y disco) no son suficientes para explicar la masa total de las galaxias».

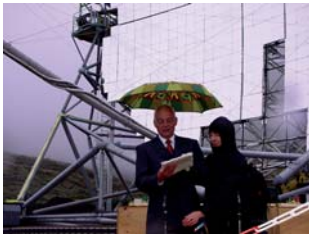
Los discos de las galaxias espirales tienen un gran número de patrones diferentes, tales como brazos espirales o barras. Las barras son formas alargadas que aparecen en la mayoría de los discos de las galaxias espirales brillantes. Dos de cada tres de estos discos presentan una barra. Cuando una de ellas se forma en un disco galáctico, cambia drásticamente su dinámica. En particular, las barras son mecanismos muy eficientes para transportar material galáctico (estrellas y gas) desde las partes externas hacia el centro de las galaxias. Por esta razón se pensó que estas barras podrían transportar material hasta el centro galáctico, donde todas las galaxias (al menos las más masivas) albergan un agujero negro.

## NUEVOS TELESCOPIOS

### INAUGURACIÓN DE MAGIC Y MERCATOR en el Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma)



Reunión científica previa a la inauguración de MAGIC.



Inauguración de MAGIC.



Inauguración de Mercator.



Participantes en la rueda de prensa.



Fotos: Iñis Cuesta (IAC)

El pasado 10 de octubre tuvo lugar el acto inaugural de dos nuevos telescopios, MAGIC y MERCATOR, en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma. El acto, al que asistieron unos doscientos invitados, fue organizado por la Universidad Católica de Leuven (Bélgica), propietaria del telescopio MERCATOR, y los responsables del consorcio internacional que gestiona MAGIC, en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). A la inauguración asistieron autoridades del Ministerio de Ciencia y Tecnología, del Gobierno de Canarias y de los países que participan en ambos proyectos (Alemania, Suiza, Italia, Bélgica...), además de autoridades locales y destacados científicos.

En la rueda de prensa con motivo de las inauguraciones intervinieron, por este orden, el Alcalde de Garafía (La Palma), Vicente Peñate, el Secretario General de Política Científica del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Gonzalo León, la Ministra de Educación y Formación de la Comunidad Flamenca del Reino de Bélgica, Marlen van der Porten, el Director del Departamento Ministerial Federal de Ciencia y Tecnología de Alemania, Hermann Schunck, y el Consejero de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias, José Miguel Ruano, quien presidió la rueda de prensa, en nombre del Presidente de Canarias.

Vicente Peñate, tras dar la bienvenida a la Villa de Garafía, señaló que este municipio «siempre estará a la entera disposición de la comunidad científica» para alcanzar un mayor conocimiento del Universo, esperando que la generosidad y solidaridad científica, de la mano de la cultura, «ayuden a este pueblo en el camino del progreso y el bienestar social».

Gonzalo León, en nombre del Ministro de Ciencia y Tecnología, destacó el Observatorio del Roque de los Muchachos, no sólo como lugar donde se desarrolla «una de las áreas de investigación más apasionantes», sino como ejemplo de «la necesidad de la cooperación internacional en el avance del conocimiento». Y añadió que la Astronomía y la Astrofísica constituirán una prioridad en el nuevo Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007.

Hermann Schunck comentó durante su intervención los avatares en su país para el reparto de los fondos, en especial cuando se trata de disciplinas de ciencia nueva y que suelen caer en la zona interdisciplinar, como es el caso de la Física de Altas Energías. Y señaló que, en el caso de MAGIC, si bien es un proyecto que ha nacido en el seno del Instituto Max-Planck de Múnich, también ha contado con participación de otras instituciones, entre ellas el Ministerio de Ciencia y Tecnología alemán.

«Al mismo tiempo que los científicos están estirando las fronteras de investigación, tanto en lo más pequeño como en lo extremadamente grande, se requiere la creación de estructuras de investigación cada vez más complejas, que a su vez son más costosas, como también lo es su mantenimiento e instrumentación», señaló la ministra Marlen van der Porten. «Como consecuencia de este coste -añadió-, ni siquiera los países más grandes pueden afrontar los presupuestos sin la colaboración internacional, tanto en aceleradores de partículas como en satélites astronómicos. De ahí que el Gobierno de Flandes se haya esforzado por establecer buenas relaciones de colaboración para participar en proyectos internacionales». Recordó que Bélgica, consciente precisamente de las ventajas de participar en las instalaciones de los Observatorios de Canarias, se ha adherido a los Acuerdos Internacionales de Astrofísica. Y expresó su esperanza de que Mercator sirva para atraer investigadores jóvenes no sólo de Bélgica, sino también de otros países.

José Miguel Ruano, tras rememorar otras inauguraciones, las de 1985, que contaron con la presencia de numerosos jefes de Estado y de gobiernos de Europa, destacó «las condiciones del cielo de Canarias y el esfuerzo de las instituciones y de los ciudadanos de la Palma para evitar la contaminación», de acuerdo con la Ley de Protección de la Calidad del



Participantes en la rueda de prensa.



## NUEVOS TELESCOPIOS

Cielo de los Observatorios del IAC, «y para hacer de este espacio un lugar idóneo para la Astrofísica y, por tanto, para la Ciencia». Agradeció a los responsables de MAGIC y Mercator que hubieran elegido el Observatorio del Roque de los Muchachos para instalar sus telescopios, convencido de que «tal elección contribuirá al reconocimiento formal de este observatorio y el del Teide como Observatorio Norte Europeo». Y expresó su alegría por la marcha y por la esperanza que representa para las Islas y para España el Gran Telescopio CANARIAS.

Los invitados a las inauguraciones pudieron visitar algunas de las instalaciones del Observatorio del Roque de los Muchachos, como el Telescopio "William Herschel", del Grupo de Telescopios Isaac Newton, y el Telescopio Nacional italiano "Galileo", así como el GTC.

Pese a que se inauguraron el mismo día, cada uno de los dos telescopios presenta características técnicas y finalidades científicas muy diferentes. MAGIC tiene un colector «gigante» de 17 m de diámetro, destinado a la detección de rayos cósmicos de alta energía. Mientras que MERCATOR, es un telescopio óptico de 1,2 m. MAGIC es el acrónimo de *Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov* y MERCATOR debe su nombre al gran astrónomo y cartógrafo belga del siglo XVI.

### MAGIC :

Ciencia de altas energías



Foto: Gotzon Cañada

El telescopio MAGIC es el resultado de la colaboración de diversas universidades e institutos de investigación de todo el mundo, con una fuerte presencia española. El detector principal ha sido construido por el Instituto de Física de Altas Energías (IFAE), de Barcelona, que trabaja en colaboración con la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).

MAGIC es un telescopio Cherenkov, el mayor del mundo en detección de rayos gamma. Este tipo de radiación de muy alta energía no se puede detectar

directamente desde la Tierra puesto que es absorbida por la atmósfera. En este proceso se genera una cascada de partículas que emiten luz en el rango del azul al ultravioleta, en un intervalo de tiempo muy corto. Este destello se conoce como «radiación Cherenkov», que es la que detectará MAGIC.

Este telescopio permitirá explorar un rango de energías al que hasta ahora no se había podido llegar. Para ello, incorpora importantes

mejoras técnicas respecto a la generación de telescopios Cherenkov anterior: mayor precisión, mayor eficiencia y un fácil manejo al ser su estructura muy ligera. Algunos de los proyectos científicos que se van a llevar a cabo están relacionados con explosiones de rayos gamma (GRBs), galaxias de núcleo activo y materia oscura, esta última vinculada a la teoría Supersimétrica de la Física de Partículas.

### MERCATOR :

Un telescopio versátil

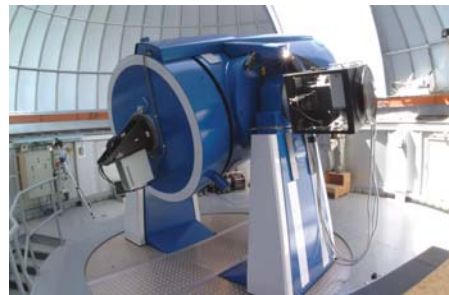


Foto: Miguel Briganti (IAC)

Este telescopio incorpora la tecnología desarrollada para los telescopios de última generación, de forma que está equipado con detectores que permitirán hacer investigación al mismo nivel que hace años sólo se podía hacer con grandes telescopios.

Una de las finalidades de este instrumento será la ejecución de aquellos proyectos que requieran observaciones prolongadas, como en Astrosismología (estudio de las oscilaciones de estrellas). Otra aplicación relacionada con la emisión de altas energías es el estudio de episodios explosivos de fuentes vinculadas con objetos compactos (por ejemplo, estrellas de neutrones o agujeros negros), fenómenos que requieren un rápido seguimiento desde la Tierra.

También se estudiarán el efecto de lente gravitatoria, por el que un objeto astronómico, debido a su masa, provoca la desviación de la luz de otro objeto más lejano; este tipo de estudios permiten, además, detectar planetas alrededor del objeto que desvía la luz.



MANEL MARTÍNEZ  
IFAE, Barcelona (España)

El telescopio MAGIC (Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov) es un instrumento de nueva generación para astronomía de rayos gamma desde el suelo. Su objetivo es observar rayos gamma de alta energía de origen galáctico o extragaláctico. Sin embargo, como la atmósfera terrestre es opaca a los rayos gamma de energías en el rango de los multi-GeV, la detección debe realizarse de forma indirecta. Cuando los rayos gamma de alta energía son absorbidos en la atmósfera, producen una cascada de partículas secundarias con velocidades cercanas a la de la luz. Son los destellos de radiación Cherenkov emitidos por las partículas cargadas de dichas cascadas atmosféricas lo que el telescopio mide.

MAGIC es el mayor y más sensible telescopio Cherenkov construido hasta el presente, con un espejo segmentado de 17 m de diámetro y un umbral de energía de unos 30 GeV (en la fase 2, este umbral será reducido a unos 15 GeV). Estas características posibilitan la investigación de una región en energía aún inexplorada entre los rangos estudiados por detectores en satélites y experimentos anteriores en el suelo. El programa de observación de este nuevo instrumento abrirá

## MAGIC: UNA VENTANA DE OBSERVACIÓN EN EL CIELO DE RAYOS GAMMA

una ventana completamente nueva, no sólo en astronomía de rayos gamma (lo que comprende, por ejemplo, el estudio de núcleos galácticos activos, agujeros negros, púlsares, remanentes de supernovas,...), sino también en física fundamental (por ejemplo, medidas cosmológicas, búsqueda de materia oscura, búsqueda de efectos de gravedad cuántica,...).

Las altas prestaciones del telescopio MAGIC se fundamentan en múltiples innovaciones tecnológicas. Su extremadamente rápido tiempo de reposicionamiento, de menos de 20 segundos, por ejemplo, es el resultado de la estrategia de realizar todas las partes móviles tan ligeras como ha sido posible -una cualidad muy importante para la observación de fenómenos transitorios como las explosiones de rayos gamma (GRB)-. Entre los retos más importantes del diseño del telescopio se encuentran la realización de una estructura de soporte de los espejos en fibra de carbono reforzada, unos 250 m<sup>2</sup> de espejos de aluminio con un sistema de control activo y una cámara ligera de 577 fotomultiplicadores con transmisión de las señales analógicas utilizando fibra óptica.



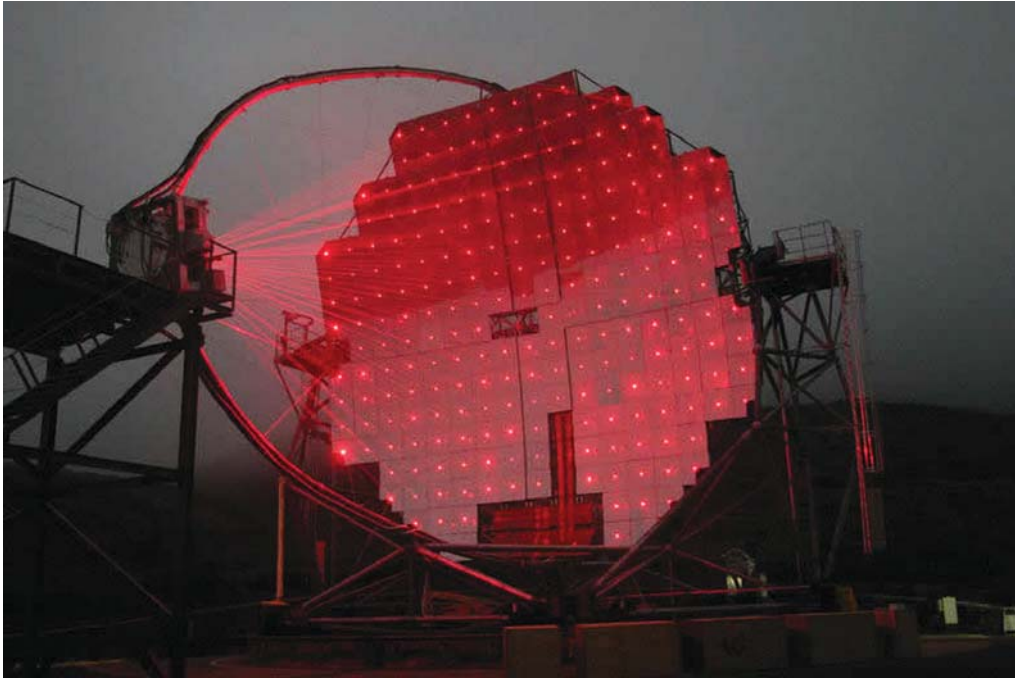
El estudio de los rayos gamma de alta energía, para los que se esperan bajos flujos, es una tarea que a menudo requiere largos tiempos de observación. Adicionalmente, con este nuevo instrumento se espera poder descubrir un número muy elevado de fuentes nuevas. Es por esto que MAGIC está pensado como el primer instrumento del Observatorio Europeo de Rayos Gamma (ECO) planeado para La Palma. Dentro de los siguientes dos años, MAGIC debería estar ya acompañado por un segundo telescopio de igual tamaño, que nos debería permitir tanto la observación concurrente de las cascadas atmosféricas de una fuente dada como la observación independiente de diferentes fuentes. A largo plazo, un tercer telescopio con un espejo de 34 m de diámetro podría completar la instalación.

El telescopio MAGIC forma parte de una red mundial de nuevas instalaciones en el suelo y nuevos satélites que están comenzando a explorar en profundidad esta fascinante nueva ventana que nos muestra la cara más energética y violenta del universo.



El telescopio MAGIC, en el Observatorio del Roque de los Muchachos, mostrando la mayor parte de los 934 espejos que forman el reflector de 17 m de diámetro.

## NUEVOS TELESCOPIOS



Una vista de los láseres del sistema activo de control de los espejos apuntando al centro de la cámara de MAGIC en una neblina oscura.

### REUNIÓN CIENTÍFICA SOBRE FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS EN LA PALMA

**E**l 9 de octubre se celebró en el Hotel "H10 Taburiente Playa", en los Cancajos (La Palma), una jornada de conferencias sobre la astronomía de rayos gamma, bajo el título «Ground-based - Gamma Ray Astronomy on La Palma and some new projects for Cosmic Ray Physics at other places», con motivo de la inauguración oficial del telescopio MAGIC.



Entre otros temas, se presentaron los resultados obtenidos con el experimento HEGRA que ha estado operativo en el Observatorio del Roque de los Muchachos hasta finales del año 2002. Manel Martínez, del Instituto de Física de Altas Energías (IFAE) de Barcelona y co-portavoz del telescopio MAGIC, habló del futuro próximo de este telescopio. Por parte del IAC intervino Rafael Rebolo, quien hizo una exposición sobre la Astronomía Óptica en las Islas Canarias.

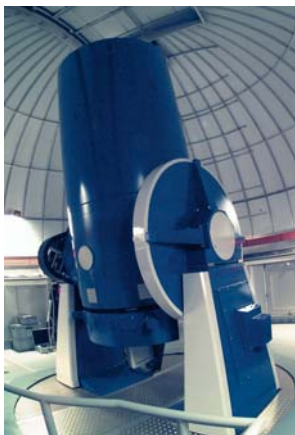


Vista frontal de los 577 píxeles de la cámara de MAGIC.

## MERCATOR: UN TELESCOPIO PARA TOMAR EL PULSO A LAS ESTRELLAS



CHRISTOFFEL  
WAELEKENS  
Instituto de Astronomía  
Uni. v. Lovaina (Países Bajos)



Cúpula y telescopio Mercator.

El campo de investigación de la astronomía, desde el Sistema Solar hasta el Universo lejano, es inmenso y muy diverso. Entre ambos límites, la tendencia actual son proyectos cada vez más ambiciosos. Ahora, cuando el planeta Marte recibe tanta atención del público, las agencias espaciales se preparan para invertir sumas importantes para desarrollar aún más la exploración del Sistema Solar. Por otro lado, los observatorios siguen construyendo una armada de grandes telescopios cada vez más capaces de investigar el Universo profundo. Mercator no es nada de eso, pero no por ello es menos interesante. Se trata de un telescopio de tamaño mediano (un espejo de 1,2 m de diámetro), dedicado en particular a la astrofísica estelar. La originalidad del proyecto reside en el hecho de que el telescopio y su instrumentación se dedicarán a problemas astrofísicos en los que no faltan fotones que se puedan detectar (por eso no es necesario un gran telescopio colector); pero sí que necesitan una atención continua. Un campo mayor de investigación es el de la variabilidad de las estrellas, que ahora se denomina con la palabra 'astrosismología'. Igual que la sismología terrestre ha sido la llave para investigar la estructura interna de nuestro planeta, el estudio de las oscilaciones estelares abre posibilidades importantes para estudiar la estructura del interior de las estrellas, que determina su evolución, pero que no es accesible a la observación directa. Ocurre que las oscilaciones de muchas estrellas son muy complejas, y, por tanto, ricas en informaciones diversas, pero se necesitan observaciones durante largos periodos, desde semanas hasta varios años en ciertos casos. Resulta casi imposible hacer este tipo de investigaciones con telescopios grandes, donde el aspecto multi-usuario complica la posibilidad de prever proyectos de largo plazo. Y los resultados esperados son bastante interesantes como para desarrollar un telescopio moderno que permita aprovechar los avances tecnológicos que mejoran significativamente la eficiencia en comparación con los telescopios existentes. El telescopio Mercator ya está operativo desde hace un par de años, aunque los proyectos se han visto afectados por los daños en la cúpula durante el temporal de diciembre de 2002. Hasta ahora, la instrumentación ha consistido en un fotómetro con el sistema de Ginebra de siete colores. Durante el verano de 2004 se instalará una cámara CCD. Con este instrumento se multiplicará el campo de aplicaciones, incluyendo por ejemplo la posibilidad de beneficiarse de la flexibilidad de la operación del telescopio para seguir la evolución de objetos extragalácticos como las explosiones de rayos gamma. Por el momento, estamos también trabajando en un proyecto de un espectrógrafo de alta resolución que deberá completar nuestra instrumentación, y nos alegra el interés que demuestra el IAC por contribuir a este proyecto con su experiencia técnica en la materia.

El telescopio Mercator tiene un hermano gemelo, que es el telescopio 'Leonhard Euler', en el Observatorio de La Silla, en Chile. Ambos telescopios son explotados como una colaboración entre el Observatorio de Ginebra (Suiza) y el Instituto de Astronomía de la Universidad de Lovaina (Bélgica). La utilidad de este tipo de instrumentación ha sido probada de manera espectacular por nuestros colegas suizos, pues casi la mitad de los planetas extrasolares conocidos han sido descubiertas precisamente con el telescopio 'Leonhard Euler'. Las investigaciones que hemos podido hacer con el espectrógrafo Coralie en Chile nos han convencido aún más de las posibilidades de este tipo de instrumentación para la astrosismología. En la ceremonia de inauguración de Mercator aludimos a la presencia histórica de la cultura flamenca en la isla de La Palma. Después de muchos siglos de ausencia, estamos muy satisfechos de volver a la isla con un nuevo proyecto de larga duración, que esperamos recordarán los historiadores palmeros.

## REUNIÓN DEL CCI

Coincidiendo con las inauguraciones de los telescopios MAGIC y Mercator, el sábado 11 de octubre, se celebró en el Hotel H10 Taburiente Playa, en Los Cancajos (La Palma) la reunión semestral del Comité Científico Internacional (CCI) de los Observatorios del IAC, en la que se trató la situación de los telescopios instalados actualmente en estos observatorios y se informó de los nuevos proyectos (GTC, GREGOR, STELLA y OTA). También se abordaron otros temas, como el Centro Astronómico Común de Astrofísica de La Palma (sede del IAC en la Isla) y la red ENO-net, además de la presentación de los informes correspondientes a la operación de los Observatorios. También se aprobaron los proyectos que recibirán tiempo en los telescopios solares, dentro del Programa de Tiempo Internacional: «High-resolution Observation of G-band Bright Points and their Center-to-Limb Variation».



Miembros del CCI, en un momento de la reunión.  
Foto: Miguel Briganti (SMM/IAC).

## ACUERDOS

- Acuerdo con la Sociedad del Telescopio (ST), de Delaware (EEUU), para el establecimiento y explotación de una red de telescopios ópticos en el Observatorio del Teide (OTA). La misión de la ST es captar el interés mundial hacia la astronomía, poniendo al alcance del público en general una oportunidad cómoda y asequible de dirigir por control remoto telescopios de alta potencia y calidad. 01/07/03



Michael P. Reolucci, Presidente de ST, y Francisco Sánchez, Director del IAC, en un momento de la firma. Foto: Luis Cuesta (IAC)

- Acuerdo de colaboración con la Facultad de Física de la Universidad de La Laguna para proyectos de fin de carrera de Ingeniería Superior (en Electrónica). 22/07/03



- Declaración de participación en el Proyecto PRINCE (Project Reviews Integrated Network of Centres) de la ESA. Este Proyecto tiene como objetivo fomentar la calidad en los programas espaciales europeos a través de la cooperación y una mayor competencia técnica en forma de revisiones de programas. 14/10/03





**Chandra Wickramasinghe**

ENYCE

# CHANDRA WICKRAMASINGHE



Universidad de Cardiff, Cambridge (Reino Unido)

Mediante la aplicación de la espectroscopía a la observación del cielo se pudo descubrir que los mismos elementos que forman la Tierra también forman el Cosmos. Con el tiempo se han encontrado, además, moléculas orgánicas complejas que en nuestro planeta están estrechamente ligadas a la biología. La posibilidad de que el Universo esté «lleno» de microorganismos supondría la ruptura del último reducto del geocentrismo: la vida. A esta conclusión llega Chandra Wickramasinghe, actualmente profesor de Matemática Aplicada y Astronomía en la Universidad de Cardiff, en Cambridge, y principal colaborador del ya fallecido Fred Hoyle. En 1974 propuso que el polvo interestelar estaba compuesto por partículas orgánicas. Sobre esta base y con estudios posteriores sostiene que la vida en la Tierra se formó a partir de microorganismos de origen extraterrestre, principio de la teoría llamada Panespermia. En julio, este científico, visitó el IAC, donde se han obtenido resultados que podrían apoyar sus teorías. Quizá la vida no tenga partida de nacimiento.

## EL ORIGEN DE LA VIDA La teoría de la Panespermia

## EL ORIGEN DE LA VIDA

### La teoría de la

ENTREVISTA  
CON CHANDRA WICKRAMASINGHE



«No somos el  
centro de la  
vida»

¿Qué información aporta el estudio de los meteoritos a la Biología?

«Los meteoritos han caído desde siempre en nuestro planeta, y son portadores de información de otros lugares del Sistema Solar, e incluso de su formación. La primera vez que se propuso que los meteoritos tenían un origen extraterrestre fue en 1794 por mediación de Chiandí. Por esta idea fue apartado de los círculos científicos y sociales de su época, e incluso el famoso químico Lavoisier criticó duramente su teoría afirmando que «la caída de piedras del cielo es físicamente imposible».

¿Cuáles fueron las primeras evidencias que se encontraron a favor de la teoría de la Panspermia?

«Hace 25 años, la idea de que la vida pudiera venir del espacio, era cosa de locos. Fred Hoyle, mis estudiantes y yo encontramos evidencias de la existencia de moléculas orgánicas en el polvo interestelar en los años 70, y también en el polvo cometario.

Hasta ese momento, los astrónomos pensaban que la materia orgánica no podría mantenerse en el espacio. Ahora se sabe que el polvo interestelar y cometario es orgánico en una proporción bastante alta. Se han encontrado polímeros aromáticos muy complejos y polímeros de carbono. Esta parte de la historia ya está acabada, ya que en general, se ha aceptado la idea de que el polvo es orgánico.

La pregunta es: ¿cómo es que las partículas formadas en el espacio tienen las mismas propiedades que las bacterias? Éste ha sido el mayor problema por resolver y aunque se han sugerido muchos mecanismos para la formación del polvo orgánico, comparados con la biología, son mucho menos eficientes. Por tanto, mi opinión es que la existencia de este polvo orgánico es el primer indicador de que la vida está presente en gran parte de la galaxia.»

¿Por qué la presencia de materia orgánica implica la existencia de formas de vida?

«Aunque en sí misma la materia orgánica no es un indicador de vida, hay que tener en cuenta que el 99,999 % del material orgánico en la Tierra es biogénico, es decir, está producido por procesos biológicos.

Pero actualmente existen otros argumentos que apoyan la idea de que la vida procede del exterior. La principal fuerza de la teoría de la Panspermia es que los microorganismos, como las bacterias o sus esporas, son increíblemente resistentes a los procesos de destrucción que se dan en el espacio. Pueden sobrevivir al frío más intenso, a casi 0 K.

Desde el principio ha habido críticas sobre la Panspermia. Uno de los argumentos es que la radiación del espacio mataría cualquier microorganismo. Por ejemplo, se piensa que un grupo de bacterias en el espacio o en el Sistema Solar se «questrarían» debido a la luz ultravioleta (UV). Pero este proceso estaría limitado debido a que, alrededor de la bacteria, se forma una «piel» de grafito que protege el interior de esta radiación.

El otro peligro sobre el que se ha especulado son los rayos cósmicos pero experimentalmente se ha puesto en duda que puedan ser destruidas en condiciones interestelares.

Por otro lado, para algunos tipos de microorganismos, las condiciones en el espacio son diferentes de las que se pueden reproducir en el laboratorio. Una bacteria puede estar en el espacio congelada a una temperatura tan baja (20 ó 30 K), que el agua escaparía de la pared celular y los rayos cósmicos, muy débiles y difusos, actuarían sobre ella durante millones de años. Sin embargo, existen experimentos naturales, como una bacteria que se ha encontrado en el interior de un cristal de sal y que tiene del orden de 250 millones de años. Esta bacteria se recuperó en una mina de sal en Nuevo México (Estados Unidos). La exposición a la radiactividad natural, debido a que siempre existe un fondo de radiación en la Tierra, supone una cantidad mucho mayor que la que ninguna bacteria podría tolerar, pero aún así se pudo «reactivar». Éste es uno de los resultados que apoya la Panspermia, ya que hasta el momento no hay evidencias de que la radiación sea un factor limitante a la supervivencia de algunos microorganismos»



¿Se han detectado espectros de ADN en el espacio?

«Las evidencias espectroscópicas del ADN en sí mismo son difíciles de encontrar ya que, de hecho, lo que se detecta es una resultante de todas las moléculas orgánicas que forman el microorganismo. Si se tiene una bacteria en el espacio, lo que se espera en el espectro de absorción es una integral de absorción, la suma de todas las moléculas orgánicas: ADN, lípidos, enzimas, proteínas, etc. Este espectro fue predicho en 1979 y descubierto un año después en la fuente astronómica GCIRS7, en un momento en que nadie pensaba que pudiera existir polvo orgánico en el espacio. La correspondencia entre el espectro total infrarrojo del polvo interestelar y el espectro del material bacteriano es muy buena.

También en el espectro UV existe un descubrimiento remarkable realizado a mediados de 1960, cuando los astrónomos encontraron una línea de absorción con centro a 2.175 Å en la mayoría de las estrellas de nuestra galaxia. Desde el principio se pensó que debía ser algún tipo de material formado por anillos carbónicos.

La primera hipótesis fue pensar que era grafito, porque tiene anillos hexagonales de carbono y una banda a 2.175 Å, pero las partículas debían ser muy pequeñas y con forma esférica. Pensamos que no era razonable y que no estábamos buscando en el sistema correcto. Otro de los posibles sistemas que están actualmente en discusión son las moléculas poliaromáticas, que tienen una línea de absorción en esta misma banda y, de nuevo, es una gran coincidencia que las moléculas aromáticas de la biología, las cuales se pueden obtener en el laboratorio a partir de una célula viva tengan este espectro»

¿Cómo se relacionan sus trabajos con el IAC?

«La razón por la que vine al IAC es que en el último año, en Cambridge, se celebraron unas conferencias para conmemorar la vida de Fred Hoyle, que murió en el 2001. En una de ellas yo hablé de las contribuciones del polvo interestelar, y me referí al pico de 2.175 Å. Margaret Burbidge vino a decirme que debería ponerme en contacto con un astrónomo del IAC en Tenerife que había hecho una interesante observación en la banda de los 2.175 Å en una galaxia con un desplazamiento al rojo de 0,83 y esta observación es realmente muy prometedora. Lo que el Dr. Evencio Mediavilla (IAC) y sus colaboradores habían encontrado es que el mismo pico que nosotros encontramos en nuestra galaxia hace cerca de 25 años está ahora presente en galaxias que tienen aproximadamente la mitad de la edad del Universo, si es debido a algún tipo de biomaterial, lo cual es una posibilidad muy probable, esto significa que existe vida en galaxias de alto desplazamiento al rojo, por tanto, más antiguas que la nuestra»

Hace 25 años nadie se planteaba que la Panspermia pudiera ser cierta, pero actualmente está más aceptada y hay más gente que trabaja en esta línea. Antes, su equipo estaba considerado como heterodoxo y ahora parece que las posibilidades se han igualado.

¿Cómo ha vivido este cambio?

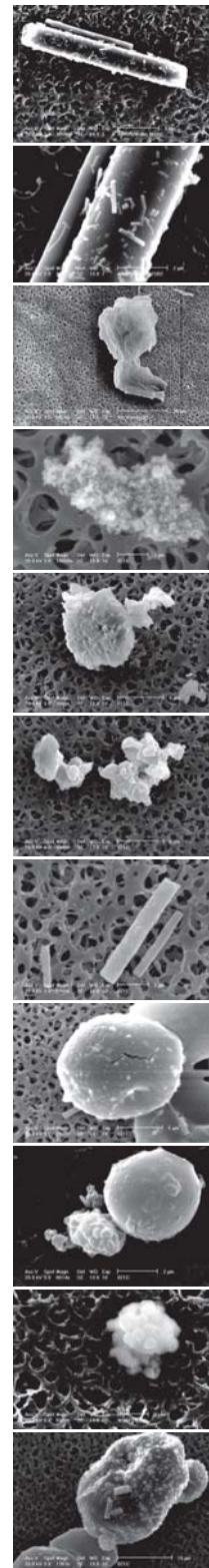
«Me he dado cuenta de este cambio, porque cuando empezamos con estas ideas hubo mucha hostilidad. Algunas veces no podíamos

«Galileo reubicó la tierra, sacándola del centro físico del Universo, y lo que estamos viendo ahora es la reubicación de la tierra del centro biológico del Universo»

dar charlas en los congresos ni publicar, y creo que es verdad que, aunque la Panspermia sigue siendo minoritaria, es un punto de vista que se está mostrando como una de las posibles teorías sobre el origen de la vida en la Tierra.

Lo que está sucediendo ahora es muy similar a lo que pasó en tiempos de Galileo, cuando cambió la posición de la Tierra en relación al Cosmos. Galileo reubicó la Tierra, sacándola del centro físico del Universo, y lo que estamos viendo ahora es la reubicación de la Tierra del centro biológico del Universo: no somos el centro de la vida.

Otro hecho es que la Astrobiología se está poniendo de moda, de hecho en España existe un centro de investigación en este campo relativamente nuevo. El problema es que los desarrollos no llevarán a ningún lado siguiendo el punto de vista de la NASA, según el cual la vida surge en



Imágenes realizadas con microscopía electrónica de barrido (SEM) de partículas estratosféricas de origen no terrestre (Wallis et al.)

## EL ORIGEN DE LA VIDA

### La teoría de la

ENTREVISTA  
CON CHANDRA WICKRAMASINGHE



más de un lugar y no existen argumentos que lo apoyen. En esencia sería como revivir la época de la generación espontánea, y es un camino científicamente peligroso»

En su opinión, el origen de la vida ¿es consecuencia de un proceso muy lento o se inició al azar?

«Si el paso de moléculas orgánicas a vida fuera un proceso fácil deberíamos observar evidencias de esta transformación en los experimentos del laboratorio que se han estado realizando desde hace 50 años. Otra posibilidad es que 50 años sea un tiempo muy corto para crear vida de la nada; pero, en la actualidad, no se observa ningún tipo de tendencia de las moléculas orgánicas a convertirse en estructuras reproductivas que se asimilen a la vida.

Bajo cualquier argumento razonable que se quiera hacer sobre el origen de la vida, está implícito

un proceso improbable, de modo que si éste hubiera ocurrido aquí en la Tierra, de manera independiente y por primera vez, creo que no podría haber ocurrido en otros lugares, y así nos vemos a nosotros mismos siendo extremadamente privilegiados por poder ser el centro biológico del Universo. Pero si pensamos que un evento tan improbable podría haberse dado en cualquier otro lugar del Cosmos, opino que este centrismo es una postura muy difícil de mantener en el siglo XXI. Tal vez en el siglo XIII podía ser más comprensible, ya que se tenía una visión geocéntrica, pero ahora esta visión del mundo es totalmente diferente y somos más conscientes de que no estamos en el centro de todo.

La vida necesita muchísimos pasos para formarse, tanto si se dan en la Tierra como si no. Desde un punto de vista filosófico es una postura válida situar el origen de la vida en la Tierra: si tenemos vida en la Tierra, ¿por qué no creer que la vida se originó aquí? Respeto esta postura, aunque la considero pre-copernicana. Con lo que no estoy de acuerdo es con la postura alternativa de la vida

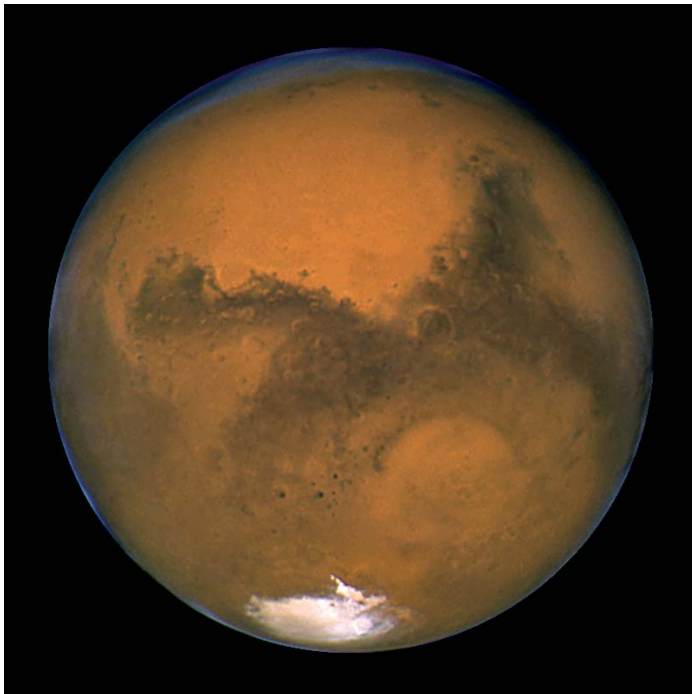


Imagen de Marte, en su máximo acercamiento a la Tierra, tomada por el Telescopio Espacial Hubble. © HST/NASA.

que surge en todos lados por que se han observado moléculas orgánicas en Titán, en Europa o en satélites, por que estaríamos observando la «sopa primordial» trabajando en estos lugares, y esto no es cierto»

¿Por qué no podría existir vida no basada en el carbono?

«La única vida que conocemos es la basada en el carbono, y ya es suficientemente complicada, intrincada y maravillosa. Además es la única vida que nosotros podemos comprender. Podríamos pensar en una vida basada en otros átomos como el silicio, que es similar al carbono y puede tener muchos compuestos, pero sigo pensando que el carbono «gana» al silicio en términos de cantidad de componentes, enzimas, catalizadores, etc., que puede formar.

También existen formas de vida que incluyen silicio y esto es interesante. Hace alrededor de 65 millones de años, toda la vida que existía en la Tierra estaba basada únicamente en el carbono y, de repente, después de la extinción de los dinosaurios aparecieron un tipo de algas diatómicas con silicio, aunque el carbono seguía estando en los sistemas principales como el ADN, pero

«Quizá la biología tiene un papel que desempeñar en el control de los procesos astrofísicos»

tenían estructuras que dependían de polímeros del silicio. Esto nos lleva a la cuestión de por qué sucedió de repente, justo después de la extinción de los dinosaurios. Sabemos ahora que esta extinción está conectada con la llegada de un gran cometa y, probablemente, con el cometa que llegó esta nueva vida.»

Entonces, ¿la vida siguió un camino diferente después del cometa?

«En cada nueva interacción de nuestro planeta con los cometas es de esperar que se produzcan cambios en la vida terrestre. Ahora hay evidencias de ello porque sabemos que, en este punto, la aparición repentina de especies parece estar relacionada con el impacto en la Tierra de cometas.»

Por tanto, los cometas ¿tendrían una relación muy directa con la vida en la Tierra?

«Según la teoría que desarrollamos Fred Hoyle y yo, los cometas son los contenedores y los transportadores de la vida y es el lugar donde crece la vida microscópica. Cuando un cometa se acerca a la Tierra deja un rastro de polvo que, al estudiar su espectro, parece ser orgánico, similar al de una bacteria. De hecho, sobre la Tierra llega del orden de 1 tonelada por día de material biológico procedente de cometas.

En este sentido se realizó un estudio en la estratosfera mediante un globo que ha tomado muestras, a aproximadamente 40 km de altura, en las que se encontraron microorganismos. A esta altura el aire está limpio y apenas llega polvo de la superficie terrestre, excepto en cantidades muy pequeñas, o sea que la mayor parte de lo que se encuentra proviene del exterior de la Tierra.»

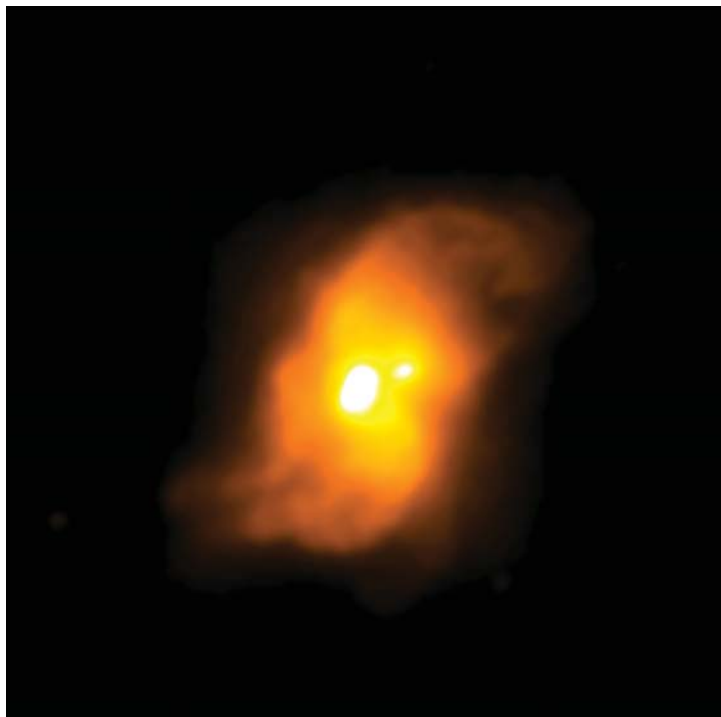
Actualmente hay varias misiones en camino hacia Marte, y uno de los proyectos está dirigido a la búsqueda de vida en este planeta. ¿Cree que confirmarán la existencia de vida?

«No tengo ninguna duda de que la encontrarán. En cualquier caso, así como en la Tierra hay un ambiente habitable que ha sido colonizado por microorganismos, lo mismo ha ocurrido en otros planetas y satélites del Sistema Solar, sin excepción. Cada planeta es un «nido» para la vida microbiana y pienso que quizá la biología

tiene un papel que desempeñar en el control de los procesos astrofísicos y está ligada a la formación estelar, de los cometas y los satélites; es posible que el componente que falta sea la biología. Esto es sólo una conjetura, una extrapolación de lo que conocemos de la vida a pequeña escala en la Tierra.

La idea de que todo el Universo está controlado sólo por unos pocos procesos físicos, debe ser revisada. Si encontramos que la biología está en todo el Cosmos, la idea de que el Universo a gran escala está gobernado solamente por el movimiento y las ecuaciones de Einstein, podría ser difícil de mantener, la razón es que la biología, por lo que conocemos en la Tierra, modifica el entorno físico y en cualquier otro sistema encontraríamos lo mismo ya que ésta es una de las dos características importantes; la otra sería su capacidad de reproducción.

En mi opinión, en el futuro se encontrará vida en todo el Sistema Solar, en los cometas, en Marte, etc. En cualquier lugar en el que la vida pueda sobrevivir habrá vida, como mínimo microbiana.»



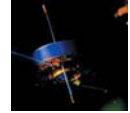
Distribución del polvo circunestelar en la protonebulosa planetaria Roberts 22. Fotografía tomada por el Telescopio Espacial Hubble y tratada por Anibal García (IAC).

BIBIANA BONMATÍ (IAC)



**André Balogh**

# ANDRÉ BALOGH



Departamento de Física del Imperial College, The Blackett Laboratory  
(Londres, Reino Unido)

André Balogh nació en Hungría, que abandonó en 1956 para seguir estudiando en Francia y en el Reino Unido. Experto en Ciencias del Espacio, ha diseñado y dirigido instrumentos a bordo de varios proyectos espaciales. También ha participado en otras misiones magnetosféricas y planetarias, como CLUSTER, que investiga los efectos del viento solar en la Tierra. Actualmente es Profesor de Ciencias Espaciales en el Departamento de Física del Imperial College, en The Blackett Laboratory, en Londres, enseñando a estudiantes de varios niveles. Fue uno de los profesores invitados a la XV Canary Islands Winter School of Astrophysics, sobre «Misiones y cargas útiles en las Ciencias del Espacio». En esta entrevista, realizada al término de una conferencia de divulgación sobre tormentas espaciales, André Balogh comparte un poco de su sabiduría, al igual que reflexiona sobre algunos aspectos de nuestra sociedad y su evolución.

## MISIONES ESPACIALES ¿El fin de la utopía?

## MISIONES ESPACIALES ¿El fin de la utopía?

### ENTREVISTA CON ANDRÉ BALOGH



En el inicio de la conferencia que dio en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife, usted fue presentado como uno de los pioneros de las ciencias espaciales en Europa. ¿Cuándo se dio cuenta de que quería dedicarse al estudio de las ciencias espaciales?

«Cuando estaba en la Universidad, en los años 60 y la exploración espacial estaba en sus comienzos. Los americanos y yo pensamos que tenía futuro. Sonaba muy emocionante y, por lo tanto, decidí entrar en este campo»

¿Qué invenciones consideraría usted como las más importantes que se han llevado a cabo a lo largo de su vida? ¿En las ciencias espaciales?

«En el Espacio, el logro más importante fue el programa Apollo. Nunca se ha podido igualar. En otros campos, seguramente sería el de la medicina. No me viene ninguno en particular a la mente, pero ha habido grandes avances, seguramente más importantes para la Humanidad.»

Si tuviese que proponer una misión, sin restricciones físicas ni presupuestarias, ¿qué tipo de misión sería y por qué?

«Creo que sería sobre el Sol, lo que yo llamaría un Orbitador Polar Solar, que orbitaría al Sol. Como la misión Ulysses, pero más adelantada, a un tercio de la distancia Sol-Tierra, por tanto, una misión orbitando los polos solares desde muy cerca. Nos han dicho que esto no es posible sin navegación solar, por lo que no puedo esperar por ella.»

En este momento, ¿qué misión considera clave para la comprensión fundamental del Universo?

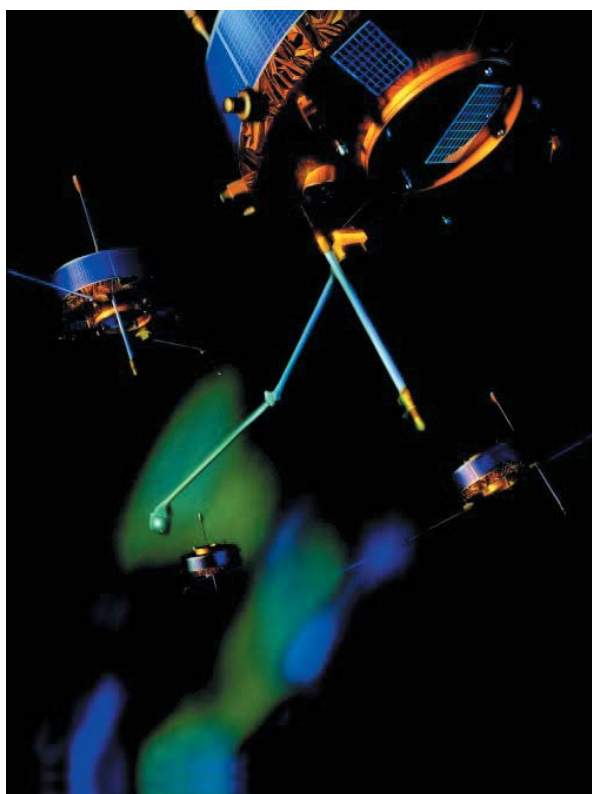
«La misión CLUSTER, que seguramente nos enseñará una gran cantidad de cosas sobre lo que hay en el Espacio. La razón es que es realmente una tercera generación. Hoy en día, ya no intentamos descubrir lo que hay alrededor de la Tierra, porque ya lo sabemos, aunque no siempre lo comprendamos. Realmente necesitamos entenderlo, y CLUSTER tendrá esa función».

¿Cuáles cree que son los mayores problemas a los que se enfrenta el mundo hoy en día?

«El problema de mayor magnitud en el mundo de hoy serían las enormes desigualdades existentes en innumerables aspectos: en la educación, la sanidad y la atención médica. A pesar de que también hay igualdades, la paz es difícil de conseguir.»

¿Cuál es su opinión sobre la comunicación de la ciencia hoy en día?

«En general, me gustaría enseñarle a todos los fundamentos de la ciencia y las humanidades, que las personas tuvieran una buena base en las obs. La ciencia y las matemáticas suelen desmotivar a un gran número de jóvenes, a una edad temprana, por razones que yo no estoy seguro de poder comprender. Es algo cultural, algo inculcado por la familia. En la mayoría de los casos, los hijos de científicos pueden llegar a ser científicos, pero lo opuesto rara vez sucede. Si trabajan en las humanidades muy pocos de sus hijos pueden llegar a ser científicos. Creo que muchos se están dando cuenta de que es un problema que no puede ser resuelto en una sola



Impresión artística de los satélites CLUSTER, llamados Rumba, Salsa, Samba y Tango. ESA

generación. Yo, probablemente, intentaré educar a las personas en el área científica y animar los a que sigan aprendiendo, aun cuando sean adultos»

En su charla habló sobre el Mínimo de Maunder. Mencionó la existencia de un período en el que el número de manchas solares se encontraba en un mínimo y la Tierra pasó por un momento frío, ¡una pequeña edad glacial! ¿Cuál, si la hubiera, sería la relación entre las manchas solares y la actividad solar, y la temperatura terrestre?

«Hay algunas ideas. En este momento son algo controvertidas. Los profesionales de estudios meteorológicos sienten que los cambios en el clima de los últimos 100-150 años se deben al incremento de la contaminación atmosférica, por lo que no está claro que lleguen a aceptar que el Sol pueda tener algo de culpa a este respecto. De hecho, ésta es una conocida controversia científica. Hubo un estudio interesante, que luego se continuó: por ejemplo, la duración de un ciclo solar, que suele ser de once años, pero no siempre, parece estar relacionado con la temperatura media terrestre, y otro factor es que este tiempo está relacionado con, lo que llamamos, la modulación de rayos cósmicos. Los rayos cósmicos, provenientes de todas partes del Universo, en un gráfico cambian en dirección opuesta a las manchas solares: cuando el número de manchas es alto, la cantidad de rayos cósmicos es menor, y es posible que éstos contribuyan a la nucleación de la formación de nubes. Ésta es la hipótesis de algunos científicos, que establecería una relación directa entre el clima y la actividad solar, y aportaría una explicación de lo que pasó durante el 'Mínimo de Maunder'. Pero, como ya he dicho, es un tema controvertido porque los expertos en estudios climáticos no logran aceptar esta teoría.»

¿Por qué es importante la predicción del ciclo solar y las tormentas solares?

«Las misiones tripuladas están afectadas por las predicciones de tormentas solares, es uno de los factores que se tienen en cuenta cuando se planifican los lanzamientos. Los astronautas están bastante protegidos hoy en día, algo mejor de lo que lo estaban en los días de Apollo, por lo que las predicciones a corto plazo son importantes. Para estas predicciones a corto plazo, algunas naves necesitan ser colocadas en una posición segura si existe alguna posibilidad de que sean afectadas por una tormenta solar. La predicción del ciclo solar afecta a la atmósfera superior. Esta predicción es importante para saber cuán denso será el aire a unos cientos de kilómetros de altitud, por los satélites de órbitas bajas.»

¿Cómo cree que cambiarán las ciencias espaciales de aquí a cincuenta años?

«Las ciencias espaciales seguramente no serán reconocibles de la forma en la que las vemos ahora, lo que quiere decir que habrá misiones estudiando fenómenos que no han sido descubiertos todavía, y las misiones espaciales que conocemos hoy en día, como las sondas en órbita, o los telescopios que apuntan hacia el Sol, ya no serán necesarias.»

He pensado sobre esto antes, pero sólo veinte o treinta años hacia el futuro, y entiendo que las predicciones que se han hecho eran completamente erróneas. Solían ser muy optimistas en cuanto al desarrollo científico. Por ejemplo, si miramos a treinta o cuarenta años, se predijo que, hoy en día, todos tendríamos mochilas helicóptero, y no es así. Algunas de las leyes físicas en las que basamos nuestra ciencia hoy en día pueden ser afectadas en alguna medida, pero acontecimientos como viajar en el tiempo no pasarán en esa escala de tiempo»



Diseño: Inés Bonet (IAC)

KARIN RANERO (IAC)

## Mars Attacks!

Con motivo del mayor acercamiento del planeta Marte a la Tierra el pasado mes de agosto, el Museo de la Ciencia y el Cosmos, del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, y el IAC lanzaron la campaña de divulgación denominada "Martemanía". Durante las noches de los días 23, 24, 26 y 27 de agosto, tres telescopios apuntaron hacia nuestro vecino planeta desde la plaza del Museo. El día 27, coincidiendo con el máximo acercamiento, una conexión en directo permitió recibir en el Museo las imágenes captadas desde el Telescopio Mons, situado en el Observatorio del Teide.

Como acompañamiento a estas observaciones se ofreció, en el Museo, un abanico de actividades complementarias: un ciclo de Cine Marciano ("Desafío total", "Mars Attacks!", "Capricome One" y "Misión a Marte"), una sesión especial de Planetario, una conferencia sobre «Los Interrogantes de Marte» y la inauguración de la exhibición denominada «Turismo Cósmico», un viaje "casi real" a los confines del Sistema Solar con escala en el planeta Marte.

«AHORA O NUNCA»

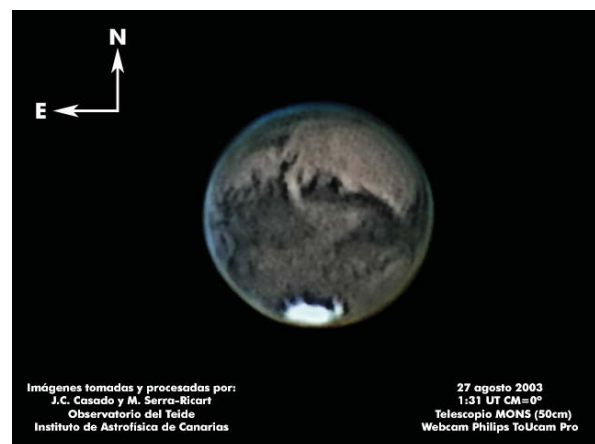
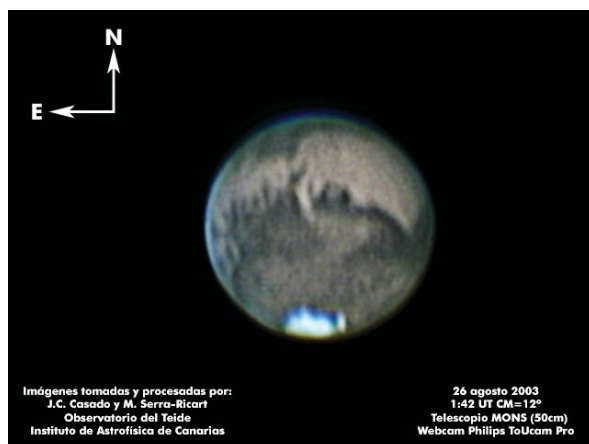
Marte apareció como un punto rojizo y brillante que dominaba el cielo del pasado verano. La excepcional cercanía a la Tierra lo convirtió en el objeto más brillante del cielo nocturno, excluida la Luna.

«Para los observadores se trataba de 'ahora o nunca'», advierte el astrofísico Ignacio García de la Rosa, director del Museo. «La última vez -añade- que Marte estuvo tan cerca, hace 60.000 años, todavía vivían Neandertales en Europa, y la próxima, el 29 de agosto del 2287, ya no estaremos aquí para contarlos».

¿Qué se esperaba ver de Marte? Para muchos pudo resultar decepcionante. Este planeta es pequeño y

nunca ha sido fácil de observar. Su diámetro es la mitad del de la Tierra y su distancia es enorme. Incluso en el momento de máximo acercamiento, Marte estuvo 140 veces más alejado de nosotros que la Luna. Por ello, en el mejor de los casos, sólo se alcanzó a ver Marte como un disco brillante, 70 veces menor que la Luna. Eso significaba que incluso unos buenos prismáticos eran insuficientes para captar los detalles de la superficie del planeta rojo. Y se hizo necesaria la ayuda de un telescopio.

Sin embargo, todo esfuerzo tiene su premio: «Marte -explica García de la Rosa- es el único planeta en el que podemos apreciar detalles de su superficie. En él destacan sus casquetes polares, similares a los terrestres, sus nubes blancas, que desaparecen al mediodía, las gigantescas tormentas de polvo y las curiosas zonas oscuras, que cambian de color y forma a lo largo del año marciano. Estos cambios indujeron a los primeros observadores a pensar que se trataba de lagos, océanos o manchas de vegetación. Hasta final de septiembre, fue primavera en el hemisferio sur de Marte, el más visible desde la Tierra y asistimos a una continua disminución de tamaño de su casquete polar»



Imágenes obtenidas durante el acercamiento de agosto de 2003 (J. C. Casado y Miquel Serra-Ricart con el Telescopio Mons del Observatorio del Teide, Tenerife).



**TIERRA Y MARTE EN "OPOSICIÓN"**

En Astronomía, cuando el Sol, la Tierra y un planeta exterior se alinean hablamos de que el planeta se encuentra en "oposición". Como los planetas recorren sus órbitas con períodos diferentes, no todos los años se producen oposiciones. En el caso de Marte, dado que su período orbital es de algo menos de 2 años, ocurren oposiciones aproximadamente cada 2 años y 2 meses. A finales de agosto de 2003 tuvo lugar la oposición de Marte y, por tanto, se encontraron en la misma línea el Sol, la Tierra y Marte. La anterior fue el 21 de junio de 2001 y la siguiente será el 30 de octubre de 2005.

Sin embargo, aunque las oposiciones dan lugar a la menor distancia Tierra-Marte, durante esos poco más de 2 años, no todas ocurren en condiciones tan excepcionales como la de 2003. A la diferencia de períodos entre ambos planetas hay que unir el hecho de que las órbitas no son circulares, sino elípticas. Por ello tienen puntos de máxima (afelio) y mínima (perihelio) distancia al Sol.

La peculiaridad del feliz encuentro de 2003 es que casi coincidió la oposición con el perihelio marciano y el afelio terrestre. Por eso se llegó a la menor distancia Tierra-Marte desde hacía 59.619 años, exactamente 55.758.000 km.

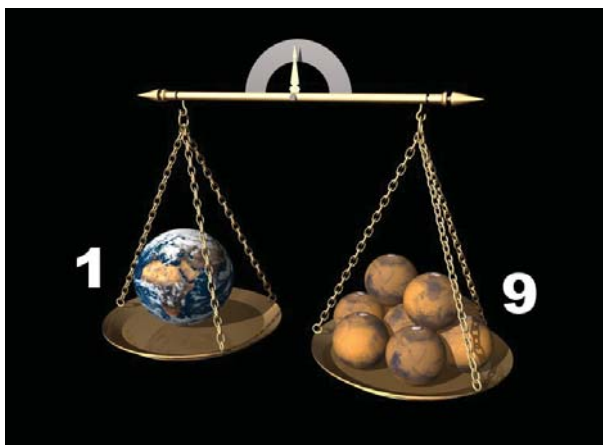
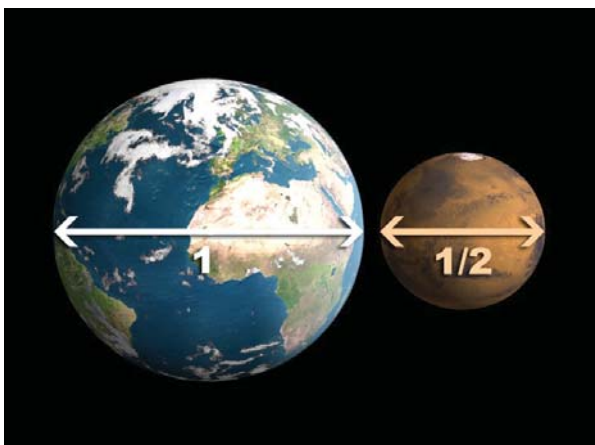
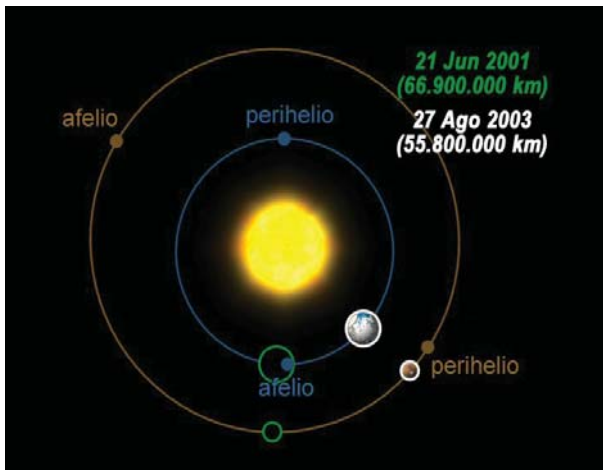
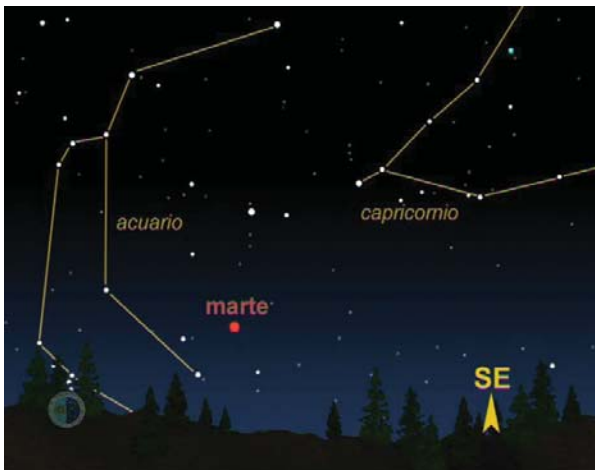
La Tierra pasó por su afelio el 4 de julio; Marte alcanzó el perihelio el 30 de agosto y la oposición tuvo lugar el 28 de agosto. Por la combinación de estas tres fechas, el máximo acercamiento fue el 27 de agosto a las 9:51h UT (1

hora más en Canarias y 2 horas más en la Península).

Marte se convirtió en el objeto más brillante del cielo vespertino después de la Luna con una magnitud de -2,9 (la estrella más brillante, Sirio, tiene una magnitud de -1), llegando a un tamaño máximo de 25,1 arcosegundos.

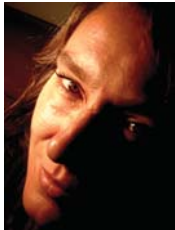
**E F E M É R I D E S**

Hasta el 28 de agosto de 2287 no tendrá lugar un acercamiento tan próximo entre la Tierra y Marte, en el que la distancia será de 55.688.000 km, unos 70.000 km menos. Sin embargo, el mínimo del milenio se producirá el 8 de septiembre de 2729 a una distancia de 55.650.000 km, unos 108.000 km menos que en el 2003.



De izquierda a derecha y de arriba abajo: zona de cielo donde era visible Marte en su acercamiento de agosto de 2003; órbitas de la Tierra y Marte; comparación de tamaño y masa entre Marte y la Tierra; comparación de masa entre Marte y la Tierra. Imágenes: Gabriel Pérez (SMM/IAC).

## De martemanía y otras obsesiones, mecanismos y leyendas



María José Alemán Bastarrica  
Museo de la Ciencia y el Cosmos

Al nombrar una cosa, la defines. La definición de «Martemanía», con motivo de las actividades programadas en el Museo de la Ciencia y el Cosmos para alcanzar al planeta rojo, demostró una vez más esta teoría.

*Manía:* Especie de locura, caracterizada por delirio general, agitación y tendencia al furor.

*Martemanía:* Especie de locura, caracterizada por el delirio hacia Marte, agitación multitudinaria y propensión al entusiasmo. Una fórmula perfecta que se materializó por arte de Marte, y es que ya hemos aprendido a nombrar las cosas por su nombre.

Era de esperar que el planeta rojo, al pasar tan cerca de nosotros como no lo hacía desde hace tantos siglos, despertara muchísima curiosidad. Había que estar preparado. Para ello, incluso, quisimos adelantarnos a los que siempre están por delante y avanzamos la información del seguimiento, ganando la «carrera». Esto nos ha servido entre otras muchas cosas, para abultar nuestro dossier de prensa sobremañera, y para que los medios de comunicación internacionales llamen a La Laguna antes que a Madrid. Incluso, para que el gran día de Marte se pasaran por el Museo de la Ciencia y el Cosmos tantas personas como por CosmoCaixa, todo un récord teniendo en cuenta la población de cada ciudad.

### MARTE Y LA IMAGEN DE MARTE

Al imaginar un planeta orbitando en el espacio somos capaces hasta de «escucharle». Cuando vemos una imagen en los libros de Astronomía, nuestro sentimiento se materializa en plano, la imaginación se delimita en los márgenes de la página, pero aún podemos volar. Mas, cuando vemos la imagen de un planeta aún sin procesar, se nos va el alma a los pies. Pero ¿no es en color?

Sabemos que la Astronomía, el Espacio, y todo lo que está detrás, ha despertado siempre un entusiasmo que nos conmueve. Las personas de todas las edades son capaces de fascinarse con lo que intuye más allá de los límites de nuestro planeta, y cada vez más. Creo que algo parecido tuvo que ocurrir cuando se fueron ampliando los límites de la Tierra conocida. Al principio habría reticencias, miedos y desconocimiento, pero a medida que los seres humanos iban comprendiendo, más querían saber y sorprender. Y también me imagino que al principio habría muchas leyendas y mentiras que desmontar, lo mismo que ocurre actualmente con el espacio y los fenómenos astronómicos.

Y es que es curioso que tantas personas coincidan en creer que las imágenes que proyectamos en el Planetario, en este caso sobre Marte, son captadas directamente por el telescopio dirigido hacia el planeta rojo, como si por una suerte de gran ojo y potentes instrumentos pudiéramos

visualizar la superficie marciana a golpe de capricho. Ésta es la gran causa por la que nos debemos a los fenómenos astronómicos y de la ciencia en general, la causa de colaborar con la gente para salir de la «oscuridad» y ampliar sus conocimientos, tanto científicos y técnicos, como humanos.

Si la curiosidad que nos permite investigar el origen de la vida es la misma que nos hace mirar hacia arriba, al cielo. Y la grandeza que nos impide abarcar el conocimiento es la misma que nos hace insignificantes. ¡Qué responsabilidad la nuestra, la de interconectar lo que es, con lo que la gente desea que fuera o quiere creer que es!

### MARTE HASTA EL MARTES Y MAÑANA MÁS

Marte estaba acercándose y la actividad en el Museo se hacía cada vez más frenética, si cabe. La finalización de la atracción Turismo Cósmico, nuestro homenaje particular al gigante rojo, junto con la preparación de los actos para acompañar la visita del astro, sumió al Museo en un trajín más propio de un trasatlántico a punto de zarpar. Ajustes de última hora, pruebas de sincronización, todo parecía vibrar.

Hacer compatibles cuatro o cinco actividades al mismo tiempo, dentro del mismo recinto, requiere de cierta coordinación y organización y, más que nada, de mucha paciencia y ganas de comunicar la ciencia. A lo largo de «Martemanía» realizamos, simultáneamente, proyecciones de películas, observaciones astronómicas, visitas a Turismo Cósmico y sesiones especiales de planetario, además de atender a tanto público que movido por la curiosidad se acercó al Museo por primera vez.

Aún no sabemos cómo salió tan bien. Casi por simpatía, la gente se colocó donde su apetito le indicaba y durante esos cuatro días seguidos, que culminaron el gran día de Marte, el 27 de agosto de 2003. Teníamos instalados cuatro telescopios

apuntando hacia Marte, y a las 2 de la mañana aún había una cola de personas deseosas de grabar en su retina este acontecimiento.

Para el evento nos pusimos en contacto con nuestros apreciados colaboradores astronómicos, un grupo de jóvenes astrónomos idóneos para apuntar hacia el inmenso espacio y crear, entre el frío y la espera, un ambiente de alegría y hasta de humor, donde la gente era capaz de esperar largo rato.

#### MARTE Y LAS HORMIGAS

Ahora me doy cuenta de lo importante que es dejar que los acontecimientos se desarrollen solos, es decir sin presionar por ningún lado. Organizas un montón de actividades simultáneas pero nunca sabes, siquiera, cuánta gente vendrá. «Martemania» nos demostró, una vez más, que en la naturaleza humana existe un apetito genuino por conocer y que las personas, gregariamente, buscan este alimento, dentro de un orden y una coherencia parecida a un ejército de hormigas buscando, inteligentemente, provisiones para el largo invierno.

#### MARTE Y LA ESCALERA

La tendencia que nos lleva a subir y a bajar una escalera por el lado derecho es la misma que nos orienta en la acera, en la carretera. Si estuviéramos en Tokio, subiríamos y bajaríamos por el lado izquierdo, por una cuestión de tendencias. Nunca pensé que algo tan obvio fuera tan necesario, a la vez que interesante. La baranda de la escalera que permite el acceso a la sala del Museo, fue instalada unos meses antes del gran día de Marte. Alrededor de dos mil personas se acercaron a conocer algo más del planeta rojo. Esa cantidad de gente a lo largo de todo un día, entrando y saliendo a la plaza, recorriendo módulos, buscando a sus amigos, o un

bolso que se había perdido, subían y bajaban por la escalera utilizando el lado derecho de la misma, tanto para bajar como para subir. Cuando observaba este detalle, sobre la marcha, notaba que algo llamaba mi atención, no entendía qué. Fue unos días más tarde cuando me di cuenta que habría sido un caos circulatorio sin la baranda.

Algo parecido ocurrió en la plaza que corona al Museo. Al fondo teníamos instalada una pantalla para que, mientras se esperaba por el turno de los telescopios, la gente fuera abriendo su apetito con una imagen de Marte que venía a través de la red desde el Observatorio del Teide. Pero ocurrió que algo tan sencillo como un puntero láser, del tamaño de un bolígrafo, pero con un rayo de luz más propio de un espectáculo multimedia, llamara más la atención del público, pues con este pequeño juguete éramos capaces hasta de mover el cielo.

#### MARTE Y EL AVIÓN

En una de las observaciones, mucha gente esperaba pacientemente a que se oscureciera el horizonte. Marte aparecía por la playa de Las Canteras y aún la luz del atardecer dificultaba su observación.

Delante de uno de los telescopios, unos jóvenes mantenían la mirada fija en un objeto que aparecía al lado del recién estrenado Marte, algunos gritaron. ¡¡Ese es Venus!! Uno de los astrónomos que amparaba la observación aclaró que ese sí era Marte, pero que el otro era un avión. Hubo un momento de silencio seguido de una gran carcajada, por parte incluso de los atrevidos descubridores del avión.

#### MARTE Y HOY

Las agencias espaciales también aprovecharon el acercamiento del gigante rojo para enviar sondas espaciales más o menos en las fechas en que nosotros estábamos maniáticos de Marte. En estos días ya se están recibiendo las imágenes de las sondas y por supuesto nosotros seguimos obsesionados y «martirizados».

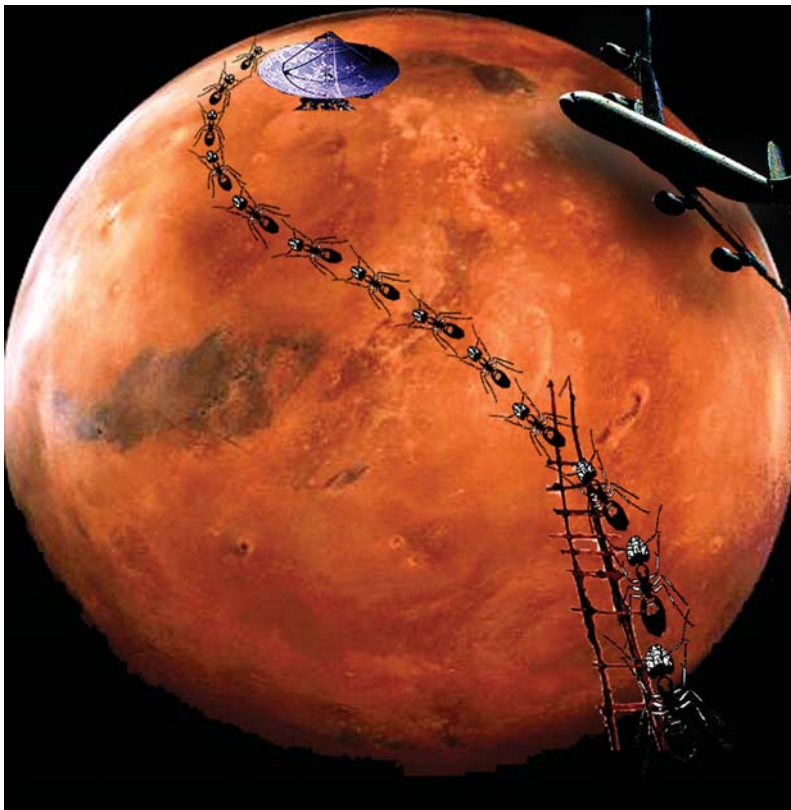


Ilustración: Enrique Alenán.

## La nueva cara de Marte



Mark Kidger  
(IAC)

Durante los últimos meses, Marte ha estado en el punto de mira de todos. El verano pasado se producía su máxima aproximación a la Tierra en 60.000 años. Ahora, en el momento de escribir este artículo, a finales de 2003 y principios de 2004, la llegada de una flota de sondas al planeta ha acaparado la atención de los medios de comunicación. Sin embargo, aunque la nueva flota podrá potencialmente contestar a algunas de las dudas fundamentales acerca de este planeta, la mayor parte de las incógnitas –como la de la posible existencia, actual o pasada, de vida en Marte– tendrán que esperar hasta más adelante.

El año 2003 fue el año de Marte. La aproximación del planeta a la Tierra y su resultante dominio del cielo de verano hizo que el público en todo el mundo mirara al cielo como no lo había hecho en muchos años. Sin embargo, la etapa de las observaciones visuales de Marte, aunque no haya finalizado del todo, se encuentra ya muy en segundo plano. Aun así, todas las personas que «pegaron su ojo» al telescopio en las observaciones han podido sentirse partícipes en las misiones al Planeta Rojo.

Desde que el Mariner IV iniciara, en 1964, la exploración de Marte, nuestras ideas sobre el planeta han dado varios vuelcos fundamentales. Ha desaparecido la idea de que Marte es una especie de «Luna grande», debida a las imágenes procedentes de las sondas Mariner IV, VI y VII, que reflejaban una superficie profundamente «craterizada». Ahora vemos, cada vez más, un mundo que resulta ser una «Tierra pequeña». Las distintas sondas enviadas al planeta desde 1971 han mostrado mayor evidencia de la actividad de enormes cantidades de agua en la superficie. Resultados de sondas como Mars Global Surveyor han revisado al alza las estimaciones históricas de la cantidad de agua que fluía en la superficie, ya que algunos de los barrancos presuntamente esculpidos por agua son más profundos y con mayor pendiente (y, por tanto, mayor velocidad de flujo de líquido) que lo sospechado anteriormente. Al mismo tiempo, se ha descubierto que los casquetes polares tienen un gran espesor, cuando hace 40 años se creía que no eran más que una capa delgada de escarcha.

Los científicos se están volcando en dos problemas fundamentales que dominan las misiones actuales al planeta. En primer lugar, si Marte tenía en el pasado enormes cantidades de agua líquida, ¿a dónde han ido a parar? Y segundo, ¿llegó a desarrollarse la vida en el planeta? Y, si lo hizo, ¿sobrevive hoy vida en Marte?

Marte es un destino difícil para las sondas. A lo largo de la historia de su exploración, de una treintena de sondas lanzadas al planeta escasamente la tercera parte han tenido éxito. Una vez en la superficie, la sonda se enfrenta a variaciones extremas de temperatura. Spirit, al aterrizar, anticipaba variaciones de temperatura del aire en su base cerca del ecuador desde un mínimo de  $-75^{\circ}\text{C}$  al amanecer, hasta máximos en torno a  $-10^{\circ}\text{C}$ , pero el rango

diario de temperatura llegará a ser dentro de 3 meses de  $-30^{\circ}$  a  $-90^{\circ}\text{C}$ . Esto, junto con las condiciones de casi vacío, supone una dura prueba para su diseño mecánico y electrónico.

Llegar a posar una sonda en la superficie requiere suerte y habilidad. Aunque funcionen los paracaídas, la tenue atmósfera marciana hace que sin el frenado por cohetes la velocidad de aterrizaje sea demasiado alta para la supervivencia de las sondas, y la superficie rocosa es sumamente peligrosa para las naves delicadas. Por eso, en las últimas misiones se ha empezado a usar la tecnología de los airbag para amortiguar el aterrizaje. Aunque es prematuro especular demasiado, las sospechas deben apuntar a que un fallo de los airbag ha sido una de las



El brazo robot del Viking 1 recoge una muestra del suelo marciano.  
© NASA

causas más probables de la pérdida del Beagle 2.

Con el Beagle 2 se perdió la primera oportunidad que hemos tenido de revisar los resultados de las Viking. Casi 30 años después de estas misiones, los resultados de sus experimentos para buscar vida en la superficie siguen generando polémica. Algunos científicos apuntan a que los resultados de uno de los tres experimentos pueden entenderse mejor si se interpretan como detección de actividad biológica –aunque con un nivel muy bajo de organismos por centímetro cúbico (sólo unos centenares), tal vez

el 1% del nivel que se encuentra en el suelo de la Antártida-, en vez de reacciones químicas en el suelo marciano. El pequeño laboratorio a bordo del Beagle incluía un espectrómetro de masas de alta sensibilidad, capaz de distinguir entre los compuestos de carbono orgánicos y no orgánicos. Además, podía recoger muestras de debajo de la superficie, de lugares protegidos de la radiación solar ionizante que destruye los compuestos orgánicos.

En ausencia de novedades sobre la posible existencia de vida, la investigación de la historia del agua en la superficie adquiere una gran importancia. Tanto Spirit como Opportunity han aterrizado en lugares donde se sospecha que ha habido agua líquida en el pasado.

El cráter Gusev, lugar de aterrizaje del Spirit, presenta evidencias de haber sido un lago. Las paredes del cráter muestran una brecha en el sur que conduce a un barranco típico de los supuestos cauces secos observados en tantos lugares de Marte. Existe, por tanto, la creencia de que Gusev estaba lleno de agua hasta que algún suceso tumbó la pared del cráter y permitió la fuga del agua embalsada. Si es así, la geología de Gusev debería mostrar evidencia de la presencia de minerales formados en la presencia de agua. En estos momentos, los resultados de la sonda son algo contradictorios, aunque provisionales. El suelo es mucho menos rocoso que en los lugares de aterrizaje de las Viking o Pathfinder, compatible con ser el fondo de un lago seco. Se revela por primera vez la presencia de minerales hidratados y de agua de cristalización, pero también la presencia de olivina, un mineral volcánico que suele descomponerse en presencia de agua.

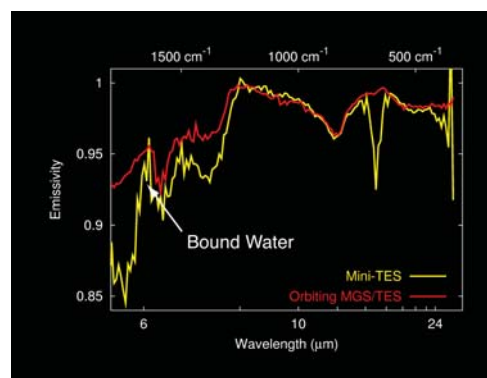
El lugar de aterrizaje del Opportunity (Meridiani Planum, o la Llanura del Meridiano) se ha elegido a causa de la presencia de hematita, un óxido de hierro que suele formarse en presencia de agua, aunque también puede ser consecuencia de la actividad volcánica. Meridiani muestra la mayor concentración de hematita de toda la superficie de Marte y, por tanto, la posibilidad de haber sido modificado geológicamente por agua, pese a ser una zona relativamente montañosa comparada con los puntos de aterrizaje de otras sondas anteriores. Los primeros resultados de Opportunity han mostrado la presencia de hematita en el suelo, y se espera que un análisis detallado revelará si es la variedad volcánica o la asociada con agua. Sin embargo, la misión de Opportunity se ha complicado, ya que ha caído dentro de un cráter de unos 22 metros de diámetro y 3 metros de profundidad. Aunque esto ofrece una oportunidad única para estudiar las rocas del subsuelo, los ingenieros aún tienen que encontrar un camino que permita al Opportunity salir del cráter y empezar a investigar su entorno.

Mientras tanto, la sonda matriz del Beagle 2, Mars Express -la primera sonda planetaria de la ESA- está buscando agua desde una órbita polar. Entre sus instrumentos cuenta con un radar de gran longitud de onda. Mientras que el radar habitual en la Tierra usa una longitud de onda de unos centímetros, el radar de Mars Express está en la banda de las decenas de metros. Aunque la mayor parte de su energía se refleja en la superficie, un componente penetra y se refleja, en las capas del subsuelo. Esto permitiría detectar las bolsas de agua líquida que podrían existir en el subsuelo. Mars Express alcanzó su órbita final el 28 de enero y, por tanto, no se pueden esperar resultados hasta dentro de varios meses. La detección de agua líquida en el subsuelo sería de enorme importancia para la posibilidad de hallar vida en el planeta. Con su órbita polar, Mars Express será capaz de estudiar detalladamente toda la superficie del planeta, en vez de tener que limitarse a las regiones más ecuatoriales.

Otro instrumento de Mars Express que ha recibido mucha atención es el espectrógrafo del infrarrojo medio. Este instrumento ha detectado tanto

hielo de agua como dióxido de carbono sólido en el casquete sur de Marte. Estas observaciones han confirmado lo que se creía desde hace muchos años: el casquete sur de Marte, el que tiene las variaciones más extremas de condiciones entre verano e invierno, posee un residuo espeso de hielo de agua, en parte enterrado bajo una capa de polvo. Sin embargo, encima del casquete permanente de hielo hay una cobertura estacional de dióxido de carbono congelado.

El futuro de la exploración de Marte depende en gran medida de los éxitos de las sondas actuales. El descubrimiento de la presencia reciente de agua daría un enorme impulso a la exploración del planeta. Hasta ahora, las tentativas de confirmar su presencia en la superficie no han dado fruto. Viking 1 y Mars Pathfinder aterrizaron en



Espectro de una muestra del suelo realizado por Spirit mostrando, por primera vez, la presencia de agua atrapada en los minerales. Spirit también ha detectado la presencia de carbonatos presuntamente formados en agua.

© NASA

zonas aparentemente barridas por riadas de agua en el pasado. Del famoso «suelo blanco» se decía que podría ser el resultado de la acción química del agua. Sin embargo, no mostró diferencia alguna en su análisis de composición con otras áreas del suelo de color normal. No obstante, la flota de sondas que está investigando Marte en la actualidad tiene la seguridad de dar resultados de enorme importancia sobre el planeta.

## Charles Darwin y los marcianos



Elvira Lozano  
(IAC)

El 27 de diciembre de 1831, un barco muy especial zarpó del puerto de Plymouth, en Inglaterra. Su misión era realizar cartas hidrográficas y geográficas de las costas de América del Sur. A bordo, un naturalista de 22 años gestó una teoría que iba a revolucionar la biología y la forma de entender la evolución de la vida. Su nombre era Charles Darwin. El nombre del barco, *Beagle*.

172 años más tarde, en diciembre de 2003 -esta vez un 25-, otro *Beagle*, *Beagle-2*, comenzó una misión muy diferente: rastrear el planeta Marte en busca de restos de vida. Ese día, la nave *Mars Express*, pionera en la exploración interplanetaria europea, llegó a la órbita de Marte. Su pasajero, el robot *Beagle-2*, puso entonces rumbo a la superficie marciana. Desde el «cielo», la *Mars Express* esperaba buscar y fotografiar lugares donde podría haber agua o hielo. El robot explorador -con el que nunca se llegó a establecer contacto- pretendía estudiar, *in situ*, la composición de las rocas marcianas. Ambos con el mismo propósito, pues la existencia de vida está ligada indefectiblemente a la presencia de agua líquida.

Además de la *Mars Express* -que fue lanzada a principios de junio- otras tres sondas espaciales se dirigían a finales del pasado año al Planeta Rojo: la japonesa *Nozomi* y las estadounidenses *Mars Exploration Rover A y B*. Estas dos últimas alcanzaron con éxito la órbita de Marte, y han conseguido que sus robots *Spirit* y *Opportunity* aterricen en la superficie marciana. Teniendo en cuenta que hay otras dos naves activas orbitando alrededor del planeta, la *Mars Global Surveyor* y la *Mars Odyssey*, se puede decir que Marte está experimentando el momento de mayor exploración robótica en toda su historia. Pero no es casual que tantas naves coincidan en este destino. Como la órbita de la Tierra es casi circular y la de Marte es más elíptica, la distancia entre ambos planetas se hace mínima cada cierto intervalo de tiempo: aproximadamente cada dos años. El verano pasado, además, esta distancia fue la más pequeña de los últimos ¡58.000 años! El día 27 de agosto, exactamente, se produjo el máximo acercamiento.

Esta cercanía entre la Tierra y Marte se aprovecha desde hace muchos años para lanzar naves espaciales. Sin embargo, también es el momento en que Marte está más cerca del Sol, lo que produce un aumento en la energía de la atmósfera y que se generen las mayores tormentas de polvo, verdadero obstáculo para la observación de la superficie. Por eso, las naves han llegado un poco después de este periodo. La *Mars Express* es la única de las misiones que busca directamente restos biológicos, aunque las dos naves americanas están realizando sus investigaciones en lugares donde es más probable que hubiera agua en el pasado. También *Mars Odyssey* lleva desde el año 2001 -de ahí le viene el nombre de «Odisea»- proporcionando informaciones sobre el agua subterránea.

Marte es el planeta más similar a la Tierra, y desde siempre ha sido la diana preferida para situar posibles alienígenas. Tanto la literatura como la ciencia, han elucubrado con la posibilidad de que hubiera vida en Marte. Un astrónomo italiano, Giuseppe Schiaparelli, estudió la superficie

y la climatología del planeta, y fue el primero en describir casquetes polares, sistemas de nubes, tormentas de arena, tierras y mares. Schiaparelli creyó ver una red de cauces que conectaban los diferentes mares, y los llamó *canali*. Al traducir al inglés su obra, que tuvo una gran difusión en todo el mundo, se utilizó el término *canals*, en vez de *channels*. *Canals* es la palabra que designa los canales de origen artificial, lo que implicaba la existencia de vida inteligente. Conría el año 1877, y hasta *The New York Times* se preguntaba en un editorial de la época: «¿Está Marte habitado?».

Con el paso de los años se multiplicaron las observaciones, los telescopios se perfeccionaron y se llegó a la conclusión de que los canales vistos por Schiaparelli -y por otros científicos como Lowell o Flammarion, acérrimos defensores de la existencia de marcianos- eran ilusiones ópticas. La polémica sobre los canales de Marte fue zanjada definitivamente en 1965, gracias a las imágenes proporcionadas por la sonda *Mariner IV*. Las primeras fotografías tomadas desde cerca del planeta recordaban más a un paisaje lunar, árido y seco, que a la Tierra. La posibilidad de la existencia de vida parecía esfumarse...

Algunos años más tarde, en 1971, un satélite artificial se colocó, por primera vez, en la órbita de Marte. Era la sonda *Mariner IX*, y las imágenes que recogió mostraban un planeta que, si bien no poseía agua líquida, no estaba en absoluto muerto. La superficie de Marte poseía diferentes estructuras que eran el resultado de una intensa actividad geológica. Volcanes gigantescos, profundos cañones y estrechos y largos canales que podrían ser la huella de la presencia de agua

en el pasado. Además, la hipótesis de la existencia de capas de hielo bajo la superficie del planeta...

Desde luego, no serán marcianos verdes con antenas, pero la posibilidad de encontrar vida en Marte no está en absoluto descartada. En 1996, un nuevo hallazgo estuvo a punto de revolucionar a la comunidad científica y a la sociedad en pleno. El estudio del meteorito de origen marciano ALH84001, recogido en la Antártida en 1984, reveló que podía contener restos de actividad biológica. La NASA divulgó el descubrimiento en una rueda de prensa, de la que se hizo eco el propio presidente Bill Clinton. La noticia ya ocupaba las portadas de los periódicos de todo el mundo, pero bajo un titular equívoco: «Hallado el primer indicio de vida extraterrestre». Evidentemente, la posible existencia de vida en Marte –pasada o presente– se limita a formas elementales, como bacterias, pero los medios de comunicación del momento no lo entendieron así. El sensacionalismo y otros intereses más oscuros –la necesidad de impulsar el programa espacial de la NASA– sobredimensionaron la importancia del descubrimiento: unas simples bacterias sabían a poco. Pero ahí está precisamente la clave. Estos organismos microscópicos han demostrado

entrevista en este número), continuador junto con Fred Hoyle de la teoría de la panspermia: «Si se consigue confirmar un solo dato, tendremos que concluir que tenemos primos, vida, allí fuera en el ancho cosmos. Y que nuestros ancestros genéticos todavía viven entre las estrellas».

Charles Darwin explicó, con su teoría de la selección natural –todavía vigente– la evolución de los organismos simples hacia los seres más complejos, como nosotros. La panspermia intenta desvelar de dónde surgieron los primeros. Pero el proceso por el que apareció la vida sigue siendo un misterio. Quizá la



Traducción del chiste aparecido en el International Herald Tribune el 21 de agosto de 1996, con motivo del revelo causado por el meteorito ALH84001 (publicado en el n. 5 de la revista Quark)

ser las formas de vida capaces de vivir en situaciones más extremas. «Si existen los extraterrestres, lo más probable es que sean bacterias», afirma el investigador del IAC Manuel Vázquez.

La teoría de la panspermia, formulada por primera vez a principios del siglo XX por el Nobel sueco Svante Arrhenius, sostiene que la vida se originó fuera de la Tierra, que se encuentra diseminada por todo el Universo –en su forma más primitiva– y que llegó a la Tierra a bordo de meteoritos o cometas. El ALH84001 es una de las pruebas, no definitivas, que apoyan esta teoría. Diversos experimentos han confirmado la presencia de materia orgánica en meteoritos, cometas, alrededor de las estrellas y en el vacío interestelar. Pero falta por encontrar la evidencia, la firma incuestionable de que una bacteria «estuvo allí». Y que sigue estando. Como afirmó recientemente en Tenerife Chandra Wickramasinghe (ver

Mars Express y sus «compañeras» consigan aportar datos que nos ayuden poco a poco a desvelarlo... Los científicos viven en la actualidad los momentos más apasionantes en la investigación astrobiológica. No obstante, los medios de comunicación tienen la responsabilidad de ser rigurosos. No hay que olvidar que los periódicos siguen publicando el horóscopo: flaco favor a la Astronomía. Ya lo advertía Carl Sagan, «los grandes descubrimientos requieren grandes evidencias».

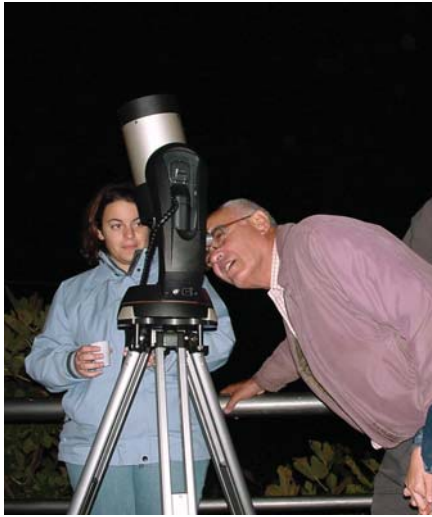
**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003 - La Palma**



Fotos: Ivis Cuesta (IAC)



**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003 - La Palma**



Fotos: Iván Cuesta (IAC)

**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003 - La Palma**

# EL TAMAÑO DE LA LUNA

Percibir, observar, descubrir...

## PERCIBIR

¿Sabías que nuestras percepciones no siempre coinciden con la realidad?  
¿Te has fijado alguna vez en la Luna cuando está cerca del horizonte?  
¿Te parece más grande que cuando está alta en el cielo?  
¿Cuánto más grande?

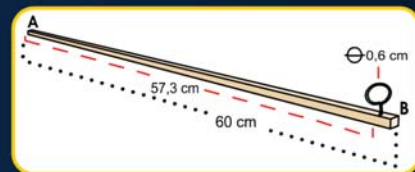


## OBSERVAR

Te proponemos una manera muy sencilla de comprobar tu percepción.

### MATERIALES QUE NECESITAS

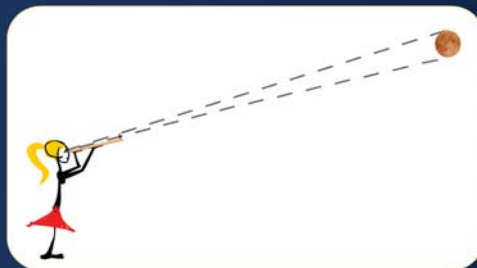
- Una varilla de madera de 60 cm de largo y 1 cm de grosor. Se puede conseguir en ferreterías o tiendas de bricolaje.
- Una hembra o cáncamo de 0,6 cm de diámetro interior.
- Un lápiz, un metro y una pequeña barrena.



1. Mide desde un extremo de la varilla 57,3 cm y marca con un lápiz.
2. Haz un agujero en el centro de la marca con la barrena.
3. Introduce la hembra en el agujero tal y como se indica en el dibujo.

### ¿CÓMO USAR TU "INSTRUMENTO"?

Vas a utilizar el instrumento que has fabricado para comparar el diámetro de la hembra con el diámetro de la Luna.



- \* Apoya el extremo A de la varilla en la cara, cerca de tu ojo.
- \* Apunta hacia la Luna hasta centrarla en el interior de la hembra.

Las medidas están calculadas para que puedas encajar la Luna en la hembra sin dificultad. Como la órbita de la Luna no es circular, en los días en que la Luna está más lejos de la Tierra la anchura que apreciarás entre la hembra y la Luna será mayor.



Actividad para comprobar cómo nuestros sentidos nos engañan al observar la Luna, elaborada con motivo de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003.

## **Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003 - La Palma**

### **LAS OBSERVACIONES**

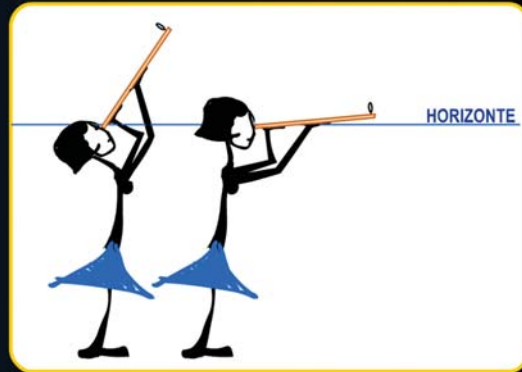
Elige un día de Luna Llena y haz las dos observaciones en el mismo día: una con la Luna alta en el cielo y la otra con la Luna cerca del horizonte.

1. **Luna cerca del horizonte:** Compara el diámetro de la Luna con el de la hembrilla.
2. **Luna alta en el cielo:** Vuelve a comparar el diámetro de la Luna con el de la hembrilla.
3. ¿Sigues pensando que la Luna en el horizonte es tan grande como te parecía antes de hacer esta actividad?
4. Si aún así crees que a veces se ve más grande en el horizonte, ten tu instrumento a mano y cuando creas verla más grande vuelve a comprobarlo.

### **PREPARA TUS OBSERVACIONES**

La Luna está cerca del horizonte cuando sale (orto) y cuando se pone (ocaso), en esta actividad te proponemos que observes después de su salida, que en Luna Llena es por la tarde, casi a la misma hora que la puesta del Sol.

- Averigua cuándo va a ser Luna Llena.
- **Luna cerca del horizonte:** observa cuando se quite la claridad del atardecer. Elige un lugar de observación desde el que se vea el horizonte Este. Te puedes orientar teniendo en cuenta que la puesta del Sol tiene lugar en el Oeste.
- **Luna alta en el cielo:** observa en cualquier momento a lo largo de la noche.
- Comprueba que no esté nublado antes de salir. Si la Luna tiene una ligera niebla, no podrás apreciar sus límites correctamente.



## **DESCUBRIR**

Habrás comprobado que aunque en el horizonte percibimos la Luna como si fuera enorme, cuando la miramos a través de nuestro instrumento "pasa por el aro" sin dificultad.

La percepción de que la Luna es más grande en el horizonte es conocida como la "ilusión de la Luna" y ya en la antigüedad intrigaba a los astrónomos...

# ¿Nos engañan los sentidos?



Edita: Gabinete de Dirección del IAC  
Autora: María C. Anguita (IAC)  
Diseño: Inés Bonet (IAC)  
Imagen de la Luna: Miguel Briganti (IAC)

Depósito Legal : TF - 1794/2003 más información en [www.iac.es/semanaciencia03](http://www.iac.es/semanaciencia03) y [www.fecyt.es/semanadelaciencia2003](http://www.fecyt.es/semanadelaciencia2003)

**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003 - La Palma**



Cartel anunciador de las actividades con motivo de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003 .

El Instituto de Astrofísica de Canarias centró en la isla de La Palma la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003.

Con motivo de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003, durante la semana del 4 al 9 de noviembre se celebraron en tres municipios de la isla de La Palma (Santa Cruz de La Palma, Los Llanos de Aridane y Garafía) distintas actividades para el público, bajo el lema «¡Busca en la Palma la belleza del Universo!». Estas actividades fueron organizadas por el IAC, en colaboración con el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife y la Agrupación Astronómica «Isla de La Palma» (AAP), con financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) .

SEMANA ASTRONÓMICA

El año 2003, en España, la *Semana de la Ciencia y la Tecnología* (SCYT03) tuvo como tema central la Astronomía, al cumplirse 250 años del nacimiento de la «Astronomía moderna» en nuestro país con la creación del Observatorio de Marina en Cádiz (1753), y dado el destacado nivel alcanzado por la Astrofísica española. Este avance ha sido posible gracias al desarrollo de sus observatorios internacionales y su tecnología asociada, que está permitiendo, entre otras acciones, la construcción del mayor y más avanzado telescopio del mundo: el Gran Telescopio CANARIAS .

Ya en el mes de mayo, el IAC presentó al Programa Nacional de Difusión y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, la propuesta de actividades en el ámbito local, que en el 2003 se quisieron centrar en la isla de La Palma, por albergar el Observatorio del Roque de los Muchachos .

En el ámbito nacional, el IAC también colaboró con la Fundación Española de Ciencia y Tecnología en la propuesta y organización de actividades de difusión para esa semana, entre ellas una exposición virtual de eclipses ([www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/ExposicionEclipse.htm](http://www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/ExposicionEclipse.htm)), una unidad didáctica sobre eclipses ([www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/UnidadDidactica.htm](http://www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/UnidadDidactica.htm)), una actividad sobre el tamaño aparente de la Luna ([www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/medidaluna.htm](http://www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/medidaluna.htm)) (ver en páginas anteriores), instrucciones para la medida del tiempo de paso de la sombra terrestre sobre los cráteres lunares ([www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/sombra-act.htm](http://www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/sombra-act.htm)) y la retransmisión en directo del eclipse desde Garafía.

En La Palma, con motivo de la SCYT 2003 se desarrollaron diferentes actividades para la difusión y divulgación de la Astronomía, destinadas especialmente a la población palmera y, en gran parte, orientadas a la comunidad escolar. El programa incluyó la exposición «¡Busca en La Palma la belleza del Universo!», sesiones de planetario, experimentos, observaciones con telescopio y charlas de divulgación.

## Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003 - La Palma

### ECLIPSE DE LUNA

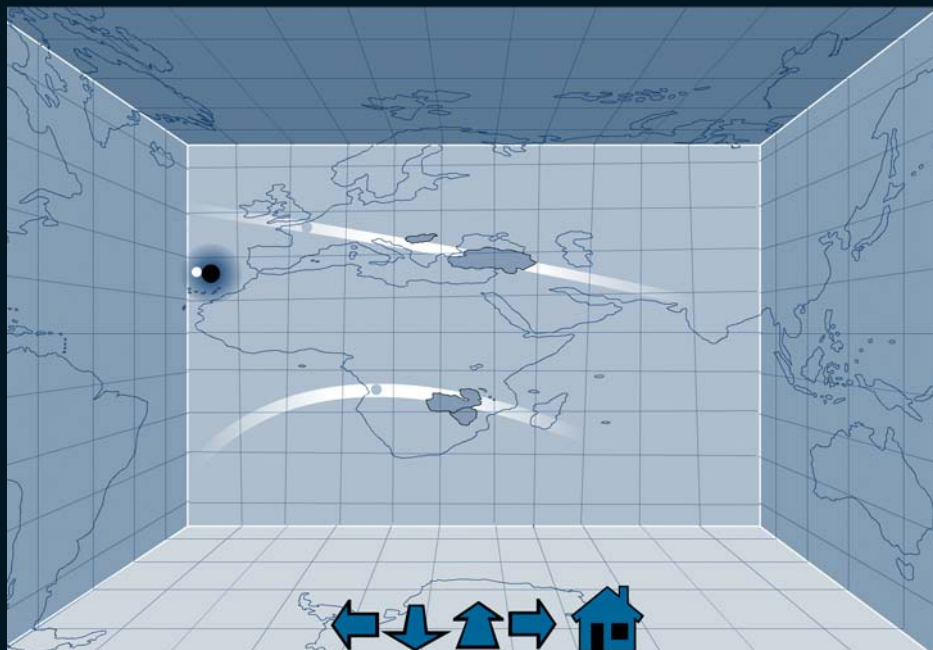
Durante la noche del 8 al 9 de noviembre se produjo un eclipse total de Luna que se siguió en directo desde Garafía, en conexión con los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos. Con este motivo se editó una unidad didáctica sobre eclipses que se distribuyó entre los distintos centros escolares de la isla de La Palma.

Este eclipse se pudo observar desde Canarias, a diferencia de otros puntos de España en los que las condiciones meteorológicas no acompañaron. Esta circunstancia provocó un alud de conexiones a la página que había preparado el IAC, con la financiación de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), al objeto de seguir el fenómeno en conexión con el Observatorio del Teide (Tenerife), el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma) y el Observatorio Hotel Meliá Tamarindos (Gran Canaria). Se estima que hubo más de 17.000 accesos durante la noche para poder seguir el fenómeno, lo que causó algunos problemas de conexión a la web y dificultó la actualización de las imágenes.



El eclipse de Luna en la noche del 8 al 9 de noviembre se siguió en directo desde el municipio palmero de Garafía, en conexión con los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos.

Página de entrada de la exposición virtual de eclipses



[www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/ExposicionEclipse.htm](http://www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/eclipse/ExposicionEclipse.htm)

**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003 - La Palma**



Presentación de la exposición realizada con motivo de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003.

Más información en: [www.iac.es/semanaciencia03/](http://www.iac.es/semanaciencia03/)  
[www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/](http://www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/)

**Colegios que asistieron a la Semana de la Ciencia en La Palma (en total 776 escolares):**

- CEO BARLOVENTO
- JOSÉ PÉREZ VIDAL
- SANTO DOMINGO GUZMÁN
- I.E.S. BREÑA BAJA
- I.E.S. LUIS COBIELLA CUEVAS
- I.F.P. VIRGEN DE LAS NIEVES

El acto que se vivió en el municipio palmero de Garafía, que culminaba la SCYT 2003, se celebró con éxito y gran afluencia de público en todas las actividades organizadas para esta ocasión. Pese a las dificultades de conexión a la página web, se pudo observar el eclipse en directo gracias a los telescopios del Museo de la Ciencia y el Cosmos y del IAC que se instalaron en el exterior, en colaboración con la Agrupación Astronómica Isla de La Palma. Los participantes pudieron disfrutar además de los dulces palmeros y el chocolate con los que obsequió el Ayuntamiento de Garafía.



El Convento de San Francisco (Santa Cruz), la Casa Massieu (Los Llanos de Aridane) y la Casa de Cultura del Ayuntamiento de Garafía fueron los espacios que albergaron las exposiciones y actos en La Palma.

## “Cosmoeduca”

El IAC ha puesto en marcha la web de la experiencia piloto Cosmoeduca con materiales didácticos sobre la Gravitación. El resto de los temas tratados en este proyecto -Relatividad, Marte en el Sistema Solar, Óptica y Astronomía, Origen y Evolución del Universo- se irán incorporando a la web en los próximos meses.

Este proyecto educativo, coordinado y gestionado desde el IAC y subvencionado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, pretende ayudar al profesorado de la ESO (Enseñanza Secundaria Obligatoria) y Bachillerato en el desarrollo de contenidos curriculares que puedan tratarse desde el ámbito de la Astronomía proporcionando, a su vez, un enfoque científico-cultural-humano de los mismos.

Al inicio del proyecto se realizaron unas encuestas al profesorado para conocer sus necesidades y se detectó que la Astronomía surgía en el aula en asignaturas tales como Física y Química, Biología y Geología, Técnicas de Laboratorio, Sociedad, Cultura y Religión, Informática, Lengua y Literatura, Lengua y Literatura Griegas, Mitología Clásica, Arte, Ciencias Sociales y Matemáticas. Aunque en la primera fase de este proyecto se han seleccionado sólo temas relacionados con asignaturas de ciencias, para una segunda fase se tendrán en cuenta las propuestas hechas por profesores de otras asignaturas.

Cada uno de los cinco temas ha sido desarrollado por un equipo formado por un investigador/divulgador y un profesor. Posteriormente ha sido puesto a prueba con alumnos de Secundaria y Bachillerato de las Islas Canarias. Ahora se pretende que los resultados de esta experiencia puedan ser usados por otros profesores. En esta ocasión no podrán contar con la presencia del investigador/divulgador en el aula, pero se espera que esto sea compensado con la calidad de los materiales facilitados, que además no serán estáticos, sino que podrán seguir enriqueciéndose con la participación y sugerencias de la comunidad educativa.

### PORTAL ASTRONÓMICO

En la siguiente fase del proyecto Cosmoeduca se creará un portal astronómico, desde el que se atenderá a través de un consultorio *on-line* al profesorado de Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional de todas las asignaturas en relación con la enseñanza y divulgación de contenidos y conceptos del ámbito de la Astronomía. Además se ofrecerá mensualmente una guía práctica de observación del cielo, así como una sección de prensa astronómica para ayudar al profesorado a llevar al aula noticias de interés actual.

El IAC anunciará, en su momento, la apertura de este portal a los Centros de Profesores de toda España (aquellos profesores que quieran recibir por correo electrónico este tipo de información pueden inscribirse en la lista «iac-edu» creada para este fin: [www.iac.es/educa/lista.html](http://www.iac.es/educa/lista.html)).



Profesores y alumnos de Secundaria y Bachillerato de las Islas Canarias participantes en el proyecto COSMOEDUCA.

Materiales didácticos sobre Gravitación:  
[www.iac.es/cosmoeduca/gravedad](http://www.iac.es/cosmoeduca/gravedad)

Más información:  
[www.iac.es/cosmoeduca](http://www.iac.es/cosmoeduca)

Coordinación del proyecto:  
[ianguita@iac.es](mailto:ianguita@iac.es)

**Conferencias**

JUAN ANTONIO BELMONTE

- «El Roque Bentayga y la astronomía en la Gran Canaria aborigen» (enero). Día de la Astronomía, en el Centro Cultural de Tejeda (Gran Canaria). (omitida en el número anterior)
- «Megalitismo y astronomía: mitos y realidades» (febrero). VIII Jornadas sobre Misterios de la Ciencia, en el Centro de Servicios Sociales de La Matanza de Acentejo (Tenerife). (omitida en el número anterior)
- «Arqueoastronomía en el Mediterráneo antiguo» (junio). Campus de la Universidad de Lima (Perú). (omitida en el número anterior)
- «El IAC: una ventana abierta al Universo» (junio). Campus de la Universidad de Lima (Perú). (omitida en el número anterior)
- «Torres, dólmenes y pirámides: astronomía y cultura en el Mediterráneo antiguo» (julio). Ciclo de Conferencias Magistrales en la Academia de Ciencias de Bolivia (La Paz, Bolivia).
- «Astronomía y Cultura en Canarias antes de los telescopios» (noviembre). Actos conmemorativos de la rebelión de los gomeros, en el Salón de plenos del Ayuntamiento de San Sebastián (La Gomera).
- «El Cielo de los Magos» (diciembre). Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de La Laguna.

ANTONIA M. VARELA

- «Pico Teide y Montes de Tenerife en la Luna» (08/05). X Aniversario del Museo de la Ciencia y el Cosmos, en La Laguna. (omitida en el número anterior)

SUSANA IGLESIAS

- . «Avances en la física del medio interestelar» (julio). Curso «Avances recientes en Astrofísica y Cosmología: su encuadre histórico teórico» en VIII Cursos Universitarios de Verano en Lanzarote.

GERMÁN PESCADOR

- «Proyecto GTC. Proceso de construcción del edificio y la cúpula del GTC» (julio). Auditorio de Cajacanarias de Santa Cruz de la Palma.
- «Aspectos constructivos del GTC» (septiembre). Escuela de Arquitectura Técnica de la Diversidad de La Laguna.

ÁNGEL R. LÓPEZ SÁNCHEZ

- «Las nebulosas desde el IAC» (03/08). ASTROMARTOS 2003. Martos (Jaén).
- «Las estrellas de verano desde «El Valle»» (04/08). Observatorio Astronómico del complejo rural «El Valle», en Dúrcal (Granada).

MARK KIDGER

- «Deep impact: próximos encuentros cometarios» (octubre). Universidad de Valladolid.

- «Explotación científica de CanariCam en el GTC» (noviembre). Gran Canaria.
- «La Estrella de Belén» (diciembre). Huesca.

MIQUEL SERRA RICART

- «Grandes espectáculos celestes» (10/10). X Encuentro Astronómico Canario en La Palma, organizado por la Agrupación Astronómica Isla de La Palma (AAP), Cajacanarias y el Cabildo de La Palma.

MARIA LUISA GARCÍA VARGAS (GTC)

- «El telescopio GTC y su instrumentación científica» (08-09/11). Reunión IV Jornadas Estrellas en el Pirineo», organizada por la Agrupación Astronómica de Huesca, en Ainsa.

JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ

ESPINOSA

- «Retos para la Astronomía del s. XXI» (20/11). Organizada por el Club de Rotarios en el Restaurante Los Limoneros, en Tenerife.

GUIDO CEPPEATELLI

- «Dalla Astronomia alla Fisica» (16/12). Organizada por la Embajada italiana en el Liceo italiano de Madrid.

A. CÉSAR GONZÁLEZ GARCÍA

- «La vida de una estrella» (19/12). AA.VV. «Sa Capelletta». Ibiza (Islas Baleares)

**«Historia del zodiaco»**

JORGE GARCIA ROJAS (IAC)

Fecha: 18/12/2003

Lugar: I.E.S. San Benito (La Laguna)

En una charla sobre las constelaciones del zodiaco siempre hay un interés intrínseco debido al bombardeo «astrológico» al que nos vemos sometidos todos por parte de prensa, TV, internet e, incluso, familia y amigos. La intención de esta charla era sencilla: informar al público sobre el origen y la historia de las constelaciones que pertenecen al Zodiaco -es decir, a la franja del cielo alrededor del ecuador celeste por la que se mueve el Sol a lo largo del año-, y mostrar, entre otras cosas, que las constelaciones del zodiaco como conjunto datan de los tiempos de la antigua Mesopotamia y han variado a lo largo de los siglos varias veces en número y nombre hasta llegar a su configuración actual. Y podemos ver, con ayuda de un planetario informático, que el Sol se desliza sobre el zodiaco de un año a otro, haciendo que en la actualidad no se correspondan constelaciones con signos zodiacales.

Un "Kudurnu" era una estela que se usaba sobre todo en el período Cassita (15530-1160 a.C, aprox) para certificar donaciones de tierras. En este se puede ver una representación de Sin (la luna), Ishtar (Venus), Shamash (el Sol) y el escorpión.



Tablas de Mul-Apin, primer catálogo escrito de estrellas, que data del período asirio (aproximadamente del 883-612 a.C.).



**DIVULGACIÓN**

**«Tormentas espaciales»**



Diseño: Ramón Castro (SMM/IAC).

**ANDRÉ BALOGH**

(Imperial College, The Blackett Laboratory (Londres, Reino Unido).

Profesor invitado a la XV Escuela de Invierno de Astrofísica del IAC

Fecha: 18/11/03

Lugar: Museo de la Ciencia y el Cosmos (La Laguna)

En esta conferencia se explicó la interacción entre las explosiones solares y la magnetosfera e ionosfera terrestres. Estas interacciones afectan a sistemas tecnológicos en tierra y en órbita y dan lugar a la formación de las auroras.

**«Los interrogantes de Marte»**

**MARK R. KIDGER (IAC)**

Fecha: 27/08/03

Lugar: Museo de la Ciencia y el Cosmos (La Laguna)

En esta charla se hizo un repaso por la historia y los enigmas de Marte, pues en efecto, desde que en 1659 el astrónomo Christian Huygens detectara accidentes en su superficie, el planeta ha fascinado a la humanidad y a los astrónomos especialmente. No sólo los escritores de ciencia-ficción han poblado el planeta de todo tipo de seres increíbles. También los astrónomos han creído ver canales e inmensas llanuras cubiertas de vegetación y hasta los años sesenta del siglo pasado estaban convencidos de que el planeta tenía una amplia biosfera. Sin embargo, ya con la sonda Mariner IV en 1964 se vio que en realidad el planeta se parecía mucho a la Luna, y estaba salpicado de inmensos cráteres en gran parte de su superficie además de tener los mayores volcanes de todo el Sistema Solar.

**Cursos**

• PROGRAMA UNIVERSITARIO PARA PERSONAS MAYORES

ANTONIA M. VARELA PÉREZ

- «El Cielo de Canarias: un recurso natural para las observaciones astronómicas» (7 charlas). Enero. Programa Universitario para Personas Mayores de la ULL (segundo ciclo), bajo el Proyecto "La Conservación del Patrimonio Natural y Cultural en Canarias". (omitido en el número anterior).
- Curso de "Iniciación a la Astronomía" (15 charlas). De octubre 2003 a enero 2004. Programa Universitario para Personas Mayores (primer ciclo) de la Universidad de La Laguna.

• VII SEMANA ASTRONÓMICA DE GRAN CANARIA

Organizada por la Agrupación Astronómica de Gran Canaria, del 3 al 7 de noviembre, en el Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología (Las Palmas de Gran Canaria):

- «La Astrofísica del siglo XXI», LUIS CUESTA CRESPO (IAC), en nombre de FRANCISCO SÁNCHEZ.
- «La Ley del Cielo de Canarias». JAVIER DÍAZ CASTRO (IAC).
- «Formación estelar en galaxias», ÁNGEL R. LÓPEZ SÁNCHEZ (IAC).
- «Astronomía 'amateur' en Gran Canaria», JUAN CARLOS ALCÁZAR FERNÁNDEZ (AAGC).
- «'Deep impact': próximos encuentros con cometas», MARK R. KIDGER (IAC).
- «Grupo Saros: Expediciones científicas», FRANCISCO RODRÍGUEZ RAMÍREZ Y ANTÓN FERNÁNDEZ VILLANUEVA (GRUPO SAROS).
- «Arqueoastronomía en el Mediterráneo y más allá», JUAN ANTONIO BELMONTE AVILÉS (IAC).
- «Búsqueda de planetas extrasolares», JOSÉ LUIS DORESTE CABALLERO (AAGC).
- «La exploración de Marte: La ciencia en la frontera», FRANCISCO ANGUITA VIRELLA (CSIC).

• SEMANA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA PALMA

Organizada del 4 al 9 de noviembre en La Palma por el IAC en colaboración con el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife y la Agrupación Astronómica Isla de La Palma (AAP), con financiación del MCYT y la FECYT.

- «Los planteas interiores». ANTONIO GONZÁLEZ (AAP). Santa Cruz de La Palma.
- «La búsqueda de vida en Marte». MANUEL VÁZQUEZ (IAC). Santa Cruz de La Palma.
- «De las estrellas a los hombres». ROMANO CORRADI (ING). Los Llanos de Aridane.
- «Por qué la Ciencia se escribe con mayúscula». INÉS RODRÍGUEZ (IAC). Los Llanos de Aridane.
- «El futuro de la Astrofísica pasa por Garafía (la astronomía que viene)». FRANCISCO SÁNCHEZ (IAC). Santo Domingo de Garafía.

• ASTROBIOLOGÍA: DEL MITO A LA CIENCIA

Organizado por el Museo de la Ciencia y el Cosmos, por Ricardo Campo, del 24 al 28 de noviembre.

- «Exoplanetas». RAFAEL REBOLO (IAC/CSIC).
- «Condiciones de habitabilidad de un planeta». MANUEL VÁZQUEZ (IAC).
- «¿Dónde están? La búsqueda de seres inteligentes en el Universo». CÉSAR ESTEBAN (IAC/ULL).
- «Extraterrestres: de los antiguos griegos a los platillos volantes». RICARDO CAMPO (Filosofía, ULL).
- Mesa redonda «¿Y si el contacto se produce?», con la participación de todos los ponentes del curso.



Diseño: MiriamCruz.

## «Kdams para ciencias?»



El programa radiofónico de divulgación científica CANARIAS INNOVA, del IAC y Radio Nacional de España (RNE), lanza un singular concurso escolar para alumnos de Enseñanza Primaria y Secundaria de Canarias. Con el concurso «KDAMS PARA CIENCIAS?» («¿Quedamos para ciencias?»), el equipo del programa CANARIAS INNOVA pretende fomentar entre los escolares de Enseñanza Primaria y Secundaria de las islas Canarias el interés por la ciencia y la tecnología, por la investigación y por la divulgación científica. Para ello, quiere invitarles a producir su propio programa de radio sobre cualquiera de los temas científicos abordados por CANARIAS INNOVA.

El tema que los alumnos elijan puede basarse tanto en el contenido central de esos programas emitidos, como en los campos abordados en cualquiera de sus secciones, reportajes y entrevistas emitidos por CANARIAS INNOVA desde sus inicios (julio 2000).

«KDAMS PARA CIENCIAS?» consistirá básicamente en la realización de un guión de radio junto con todos aquellos contenidos que deseen añadir, como entrevistas, reportajes, secciones, etc. De todos los trabajos recibidos hasta el 28 de febrero del próximo año, un jurado elegirá uno de cada nivel educativo. Los seleccionados podrán hacer realidad su proyecto: emitir el programa a través de RNE en Canarias. Como se informa en las bases, disponibles en [www.canariasinnova.com](http://www.canariasinnova.com), el jurado tendrá en cuenta la originalidad y la imaginación de los participantes.

El programa CANARIAS INNOVA es fruto de una colaboración, iniciada en julio del año 2000, entre el IAC y RNE. Son ya más de 150 programas emitidos sobre ciencia y tecnología, para todos los públicos, abarcando prácticamente todas las disciplinas científicas. Más de 300 expertos han pasado por los micrófonos del programa con el objetivo de tratar de hacer más comprensible la ciencia y la tecnología a la sociedad canaria. CANARIAS INNOVA se emite todos los domingos de 12:10h a 13:00h a través de las frecuencias de Radio Nacional de España en el Archipiélago.



Equipo que realiza el programa CANARIAS INNOVA, en el estudio de RNE en Canarias. Abajo, el equipo que participó en el programa en directo desde el Teide.

## Congresos

Personal del Gabinete de Dirección del IAC y algunos investigadores del IAC participaron en los siguientes congresos de comunicación científica:

«Comunicando Astronomía en Hispanoamérica», Arecibo (Puerto Rico). 24-26/09/03.

«Communicating Astronomy to the Public», Washington (Estados Unidos). 1-3/10/03.

## Colaboraciones

- Colaboración con la Editorial Planeta para el asesoramiento técnico en la Gran Enciclopedia Planeta.

- Colaboración con la FECYT para la celebración de la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2003.

## DIVULGACIÓN

### Jornada de puertas abiertas

El pasado 15 de agosto, se celebró con gran éxito de asistencia la Jornada de Puertas Abiertas correspondiente al año 2003 en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma. En esta jornada se pudieron visitar cinco instalaciones distintas: el Telescopio «William Herschel», el Telescopio Mercator, el Telescopio Nacional «Galileo», el Telescopio Óptico Nórdico y el Telescopio Magic. La organización contó con la colaboración de 54 personas entre astrónomos de las distintas instituciones usuarias del Observatorio, personal propio de apoyo (administrativo, sanitario y de mantenimiento) y diversas entidades, como la agrupación de astrónomos aficionados Isla de La Palma, AEA, Guardia Civil, Cruz Roja, GIE y el dispositivo contra-incendio del Cabildo de La Palma, que realizaron un gran esfuerzo para poder acercar el Observatorio al ciudadano, sin que se registrasen incidentes dignos de mención.



Las visitas se realizaron en tres idiomas: español, inglés y alemán, contabilizándose un total de 2.935 visitantes divididos en 77 grupos distintos, entre las 9:30 y las 16:00 h. (en la Jornada de agosto del año pasado fueron 2.583 visitantes divididos en 70 grupos). El porcentaje estimado de visitantes españoles fue del 65%, mientras que el 35% correspondió a visitantes de otros países. La instalación más visitada fue el Telescopio «William Herschel», con 1.100, seguido del Telescopio Magic, con 864, y el Telescopio Nacional «Galileo», con 562 visitantes respectivamente.

Resumen de visitantes por instalación:

Instalación	N. grupos	N. visitantes
W H T	27	1.100
Magic	12	864
T N G	13	562
Mercator	12	255
N O T	13	154
Total	77	2.935

### Periodistas en formación

Como continuación del programa de becas para periodistas en formación que ofrece el Gabinete de Dirección del IAC, iniciado en 1999, y tras un proceso de selección, este año realizó prácticas de periodismo en el IAC Oliver Expósito Molina, de la Universidad de La Laguna. También realizaron prácticas de periodismo Ángeles Bravo Villegas, Elvira Lozano Martín y Karin Ranero Celius.

## PREMIOS

### «Asinte de Oro»

La Asociación de Empresarios de Informática y Telecomunicaciones ha otorgado al IAC el Premio «ASINTE de Oro» «como reconocimiento a sus trabajos de prestigio internacional en materia de tecnología y los éxitos en la aplicación de los conocimientos astrofísicos a la vida cotidiana en beneficio de toda la Humanidad, en la persona de su Director, Sr. D. Francisco Sánchez Martínez». El 16 de diciembre, el Director, con el Subdirector, Carlos Martínez y el Jefe del SIC (Servicios Informáticos Comunes), Antonio Jiménez, asistieron a la recogida del Premio.



### «Jóvenes científicos»

La XIV edición de los premios para jóvenes científicos convocados por la Comisión Europea (EU Contest for Young Scientists) como parte de su programa de potencial humano (Improving Human Potential Programme), celebrada en Viena (Austria) en septiembre de 2002, recayó sobre Elisabeth Krause, Sebastian Bürgel y David M. O'Doherty. Estos tres estudiantes recibieron el premio especial del jurado para participar en proyectos organizados por el ENO (European Northern Observatory), por lo que disfrutaron de una semana de estancia en el IAC en el mes de agosto.

(ver artículo en las siguientes páginas)

## Jóvenes y ciencia: un binomio en apuros

Cada vez menos estudiantes optan por carreras científicas en España. Mientras, el desconocimiento en cuestiones de ciencia y tecnología por parte de los europeos es preocupante. La Unión Europea convoca cada año un concurso para jóvenes investigadores, que incluye entre sus premios una estancia en el Instituto de Astrofísica de Canarias

Ser «de ciencias» o «de letras», esa distinción tan arraigada en nuestro vocabulario, debería pasar a la historia. La ciencia es una parte esencial de la cultura y debe estar presente desde la educación primaria. «No es necesario saber leer y escribir para preguntarse por qué caen los objetos y, sin embargo, no caen la luna y las estrellas», señalaba en el Senado Gerardo Delgado, presidente de la Real Sociedad Española de Física, en la Ponencia de mayo de 2003 sobre las enseñanzas científicas en la educación secundaria. La situación de la enseñanza de las ciencias en España, y en el resto de Europa, está llevando a los Gobiernos a la implantación de políticas que despierten el interés de los jóvenes por las carreras científicas. Como dice Salvador Giner, catedrático de Sociología de la Universidad de Barcelona, «si España desea estar dentro de los países desarrollados es esencial que apoye la investigación científica y, como condición indispensable, la educación científica a todos los niveles».

Aquella ponencia del Senado se hacía eco de «un alarmante descenso en el nivel de los conocimientos científicos de los alumnos que terminan la enseñanza secundaria en España y en el número de estudiantes que siguen la vía científica en su formación». El caso de las ciencias fundamentales -Física, Química y Matemáticas- deja bastante que desear, según confirman numerosos profesores de secundaria e incluso universitarios. Como muestra un botón: la nota media de Matemáticas entre los alumnos que han aprobado este año la selectividad ha sido de 3,85, la más baja desde que se implantaron estas pruebas para los alumnos de la ESO. Pero tampoco en Física o Química han llegado al aprobado. «La educación secundaria es vital no solo para el desarrollo científico sino también para el desarrollo de unos ciudadanos con capacidad de análisis auténticamente libres», recalca Gerardo Delgado. El panorama no es lo que se dice alentador.

El Eurobarómetro de 2001 sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad también apuntaba la indiferencia de los jóvenes europeos por la ciencia: un 42,4% declaraba no tener ningún interés en ella. ¿Las causas? Que son «estudios poco interesantes», la «dificultad de estas asignaturas» o las «perspectivas de carrera insuficientes», según la encuesta. Los datos sobre el grado de conocimiento en ciencia y tecnología por parte de la sociedad apenas han variado desde el anterior sondeo, que se realizó en 1992. Está claro que

hay que ponerse manos a la obra. «Los jóvenes científicos tienen un papel fundamental en la investigación europea en los años venideros. Nuestro desarrollo científico y económico está en peligro cuando combinamos dos importantes tendencias de los países europeos: la disminución del interés de los jóvenes en los estudios científicos y el envejecimiento de la población». Son palabras de Rainer Gerold, director de Ciencia y Sociedad de la Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.

Desde Bruselas se reconoce la necesidad de implicar a los jóvenes en la ciencia, y por eso se llevan a cabo diversas acciones, como la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología, que tiene lugar en noviembre de cada año. También, desde 1989, se celebra el Concurso para Jóvenes Científicos de la Unión Europea, en el que se premian las investigaciones de estudiantes con edades comprendidas entre los 15 y los 20 años. Sólo pueden presentarse los proyectos que han ganado en sus respectivos concursos nacionales, a los que en total concurren 30.000 jóvenes científicos. España tiene un cierto protagonismo en el Concurso de la UE, pero no precisamente por la cantidad de premios que ganan nuestros investigadores. Además de la recompensa monetaria -hasta 5.000 euros por proyecto-, el jurado premia cada año a varios jóvenes con la oportunidad de representar a la UE en diferentes foros internacionales, o de unirse por unos días a prestigiosos centros de investigación. Uno de ellos es el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), centro de operaciones del Observatorio Norte Europeo: uno de los mejores observatorios astronómicos del mundo.



Los tres ganadores del Concurso para Jóvenes Científicos de la Unión Europea 2003.

Foto: Elvira Lozano (IAC)

## Jóvenes y ciencia: un binomio en apuros



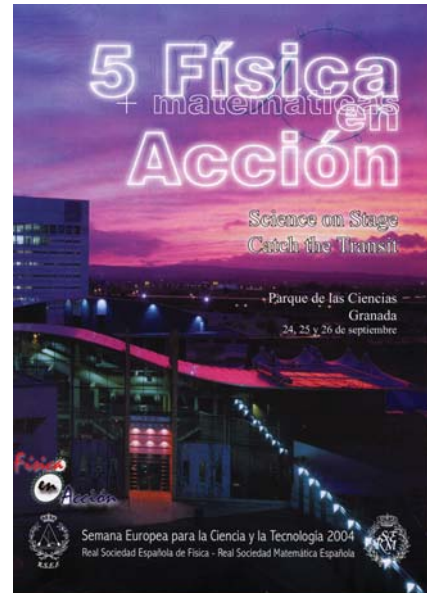
Elisabeth Krause, Sebastian Bürgel y David M. O'Doherty son tres jóvenes europeos, los tres de 18 años. Elisabeth y Sebastian coincidieron en un campo de trabajo de Astronomía en Hannover (Alemania) en 2001. Allí comenzaron a diseñar un programa informático, para PC, que simulaba colisiones entre galaxias. Durante un año más de trabajo lo terminaron, y fue su carta de presentación para el concurso de jóvenes científicos. David es de Dublín, le apasionan las Matemáticas y la Física, y va a estudiarlas en Cambridge. Su proyecto lleva por título: «La distribución de los números primos y el orden subyacente al caos». Los tres llegaron a principios de agosto a Tenerife. Sus «vacaciones», conseguidas en la última edición del Concurso -celebrada en Viena en 2002-, consisten en una estancia de tres semanas en el IAC. Allí pueden conocer de primera mano las últimas investigaciones en Astrofísica y visitar los dos observatorios: el del Teide, en Tenerife, y el del Roque de los Muchachos, en La Palma. En este último se pondrá en funcionamiento en 2005 el Gran Telescopio CANARIAS, que contará con un espejo de 10,4 metros de diámetro.

Elisabeth, Sebastian y David son sólo un ejemplo de lo que se puede conseguir proporcionando a nuestros jóvenes las herramientas y los incentivos adecuados. Quizá, en el futuro, no terminen dedicando sus vidas a la investigación. Pero es evidente que, en su caso, la enorme brecha entre ciencia y sociedad ya está franqueada.

ELVIRA LOZANO MARTÍN (IAC)

## «Física en acción»

El IAC, a través del asesor científico del Gabinete de Dirección del IAC, Luis Cuesta, colabora en el certamen «Física en Acción», una iniciativa de la Real Sociedad Española de Física, en coordinación con la Real Sociedad Matemática Española, que organizan la fase nacional del certamen europeo «Physics on Stage», organizado por entidades de investigación científica europeas como son la ESA (Agencia Espacial Europea), el ESO (Observatorio Austral Europeo) y el CERN (Laboratorio Europeo de Investigación en Física de Partículas). *Physics on Stage* y *Física en Acción* son actividades dirigidas principalmente a profesores y divulgadores de ciencia, en las que compiten demostraciones de experimentos, materiales didácticos e informáticos, ingenios tecnológicos, e iniciativas de divulgación, aunque en una de las modalidades se presentan también trabajos de grupos de alumnos. En esta modalidad, este año los promotores de un concurso llamado «Adopta una Estrella», de Ciudad Real, han ganado un viaje a Tenerife, auspiciado por el Instituto de Astrofísica de Canarias, donde tendrán ocasión de visitar el Observatorio del Teide.



### PREMIO AL MUSEO DE LA CIENCIA Y EL COSMOS

La sección semanal de ciencia del programa de Televisión Española en Canarias (TVE) «La tarde joven», realizado en colaboración con el Museo de la Ciencia y el Cosmos, del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, ha recibido el segundo premio en la modalidad de divulgación dentro del certamen «Física en Acción 4», celebrado del 26 al 28 de septiembre en Tarrasa. El contenido de este programa, con noticias científicas, experimentos en directo, entrevistas y reportajes, fue coordinado por Erik Stengler (ver imagen), responsable del Departamento de Didáctica y Actividades del Museo.



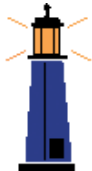
Foto: Luis Cuesta (IAC)

Los púlsares



Carmen del Puerto (IAC)

1967 fue el año de la llamada «guerra de los seis días» o «tercera guerra árabe-israelí», el año de la muerte en Bolivia de Che Guevara, el año del Golpe de los Coroneles en Grecia y, en medicina, el año del primer trasplante de corazón humano. También se firmó el acuerdo internacional sobre la utilización del espacio para fines pacíficos y se estrelló en los Urales la nave espacial rusa Soyuz-I, con el cosmonauta Vladimir Kamarov a bordo. Pero aquí nos interesa 1967 por la detección de los púlsares, que los astrónomos confundieron inicialmente con señales de seres extraterrestres o Little Green Men.



ESTRELLA DE NEUTRONES

Un púlsar es una estrella de neutrones que rota a gran velocidad con un intenso campo magnético. La radiación que liberan estas estrellas de neutrones procede de sus polos magnéticos, manifestándose como haces de ondas de radio. Debido a la inclinación del eje magnético con respecto al eje de rotación, los dos haces forman un cono que barre el cielo una vez por cada rotación estelar, igual que las señales luminosas de un faro. Cada vez que uno de ellos se proyecta en dirección a la Tierra podemos registrar un pulso de radio. Esto quiere decir que sólo vemos los púlsares cuyos haces se dirigen hacia nosotros y que hay muchos más que no vemos. Las señales del primer púlsar llegaban a la Tierra con un intervalo exacto de tiempo de 1,337 segundos. El más rápido actualmente pulsa 642 veces por segundo y marca el tiempo con la exactitud y fiabilidad de los mejores relojes atómicos. Pensar que una estrella pueda girar con tal rapidez escapa a la imaginación de cualquiera.

Los púlsares tuvieron gran interés periodístico cuando se descubrieron a finales de los años sesenta, aunque no tanto por tratarse de un nuevo tipo de objetos astronómicos, identificados con la metáfora de los faros cósmicos, como por el excitante supuesto inicial de que las señales recibidas en radio procedían de seres extraterrestres.

SERENDIPIA

La primera detección de los púlsares es un conocido caso de descubrimiento científico accidental o serendipia. Jocelyn Bell (n. 1943) y Antony Hewish

NUEVE MESES DE PARTO

- Cronología desde el descubrimiento del primer púlsar hasta la acuñación y, simultáneamente, la aparición del término en un medio de comunicación.
- Julio 1967: entra en operación el radiotelescopio de Antony Hewish a cargo de Jocelyn Bell.
- 6 agosto 1967: fecha del descubrimiento, según el periódico británico *The Daily Telegraph*.
- 13 agosto 1967: se produce el primer registro de la fuente, según el artículo de *Nature*.
- 28 noviembre 1967: se confirma el descubrimiento obteniendo la primera indicación de radiación pulsante y no de radiointerferencia, según la Enciclopedia Británica. Aún se referían a las nuevas fuentes con las siglas LGM, procedentes de *Little Green Men*.
- 24 febrero 1968: el descubrimiento se publica en *Nature* utilizando la expresión *pulsating radio source*.
- 5 marzo 1968: el término *púlsar*, con la grafía inglesa, aparece publicado por primera vez, en *The Daily Telegraph*, y así lo recoge el Diccionario de Oxford.



(n. 1924) no estaban buscando púlsares cuando en 1967 detectaron señales de radio de corta duración y de intervalos muy regulares. Trabajaban en el Laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge (Reino Unido), con un radiotelescopio de 3,2 m especialmente diseñado para registrar las rápidas variaciones de intensidad en las fuentes de radio.

Hewish, dispuesto a averiguar por qué las estrellas que emitían en radio centelleaban igual que las que lo hacían en el visible, había descubierto en 1964 el efecto que llamó *centelleo interplanetario*: demostró que las ondas de radio de una fuente de pequeño diámetro sufren *difracción* (ligera distorsión de la luz en el borde de un objeto) cuando cruzan las nubes de polvo en el espacio interplanetario, y que las variaciones en intensidad tenían lugar cada segundo.

En julio de 1967 entró en funcionamiento un gran radiotelescopio de alta resolución (una red de antenas sobre un área de 18.000 m<sup>2</sup> en Cambridge). Hewish lo había construido, con ayuda de jóvenes colaboradores, para el estudio de más de 1.000 radiogalaxias y caza de cuásares.

Un radiotelescopio capta señales de procedencias muy distintas, del entorno industrial, de los automóviles, de cualquier aparato eléctrico. Para los radioastrónomos es, por tanto, difícil distinguir lo que es una señal auténtica del exterior de lo que lo es de origen humano. Hewish y sus colaboradores sabían que el objeto de donde procedían las señales era muy pequeño, incluso menor que un planeta, por la gran precisión de las pulsaciones que sólo duraban varias milésimas de segundo, lo que significaba que el objeto emisor debía ser muy pequeño.

HOMBRECILLOS VERDES

Bell y Hewish pensaron al principio que podrían haber establecido contacto con una civilización extraterrestre de la

## LA JERGA DE LAS ESTRELLAS

galaxia dada la regularidad de la emisión. Hewish describe este período inicial, en el que fueron conscientes de la naturaleza extraterrestre y estelar de las señales, como el más excitante de su vida. ¿Eran esas señales en realidad algún tipo de mensaje de otra civilización?»



Stephen Hawking recuerda en su *Historia del Tiempo* que en el seminario en el que anunciaron el descubrimiento denominaron a las primeras cuatro fuentes encontradas LGM-1, LGM-2, LGM-3 y LGM-4. Las siglas LGM eran las iniciales de *Little Green Men* («pequeños hombres verdes»). Al final, sin embargo, llegaron a la conclusión menos romántica de que estos objetos eran de hecho estrellas de neutrones en rotación, que emitían pulsos de ondas de radio debido a una complicada interacción entre sus campos magnéticos y la materia de su alrededor. Si bien el hecho de descartar a los *hombrecillos verdes* fueron –según Hawking– «malas noticias para los escritores de westerns espaciales», también dieron esperanza a los que como él creían en agujeros negros: «fue la primera evidencia positiva de que las estrellas de neutrones existían».

### TÉRMINO PERIODÍSTICO

El término *púlsar* procede de acortar estrella pulsante en inglés: *pulsating star*, es decir puls(ating st)ar -haciendo referencia a los rápidos pulsos o impulsos de radio que emitían estos objetos-, de forma análoga a cómo se había hecho con *cuásar*, quas(i-stell)ar (radio sources). El hecho de que *cuásar* ya existiera hacía que *púlsar* resultara una abreviatura natural. La primera referencia escrita explicativa que recoge el Diccionario de Oxford data de 1968 y corresponde a un artículo del periódico inglés *The Daily Telegraph* del 5 de marzo. El término fue acuñado por un periodista científico de este diario llamado Anthony Michaelis. Actualmente, *púlsar* no tiene competencia como término genérico de este tipo de objetos astronómicos (científicamente se identifican por las iniciales de grupo PSR, de *Pulsating Source of Radio*, seguidas de las coordenadas).



### PREMIOS NOBEL

Hewish –hoy sir Anthony Hewish– recibió en 1974 el Premio Nobel de Física por este descubrimiento y por el desarrollo de su modelo teórico (compartió el premio con Martin Ryle, otro pionero en Radioastronomía). En cambio, no lo recibió Jocelyn Bell –injustamente, según se dice–, en principio por ser sólo una estudiante de doctorado, aunque fue ella quien advirtió la primera señal-interferencia de radio, al mes de empezar los registros regulares en julio de 1967.

En 1974 también se descubrieron los *púlsares binarios*, hecho que mereció otro Premio Nobel en 1993. Hoy en día interesan las *ondas gravitatorias*, cuya existencia, predicha por Einstein, parece haberse confirmado a partir del estudio de un *púlsar binario*. Su detección desde observatorios terrestres especiales podría revolucionar la Astronomía. Y la prensa, como si intuyera esta futura revolución, dedica amplios reportajes a los gigantescos detectores de *ondas gravitatorias* que actualmente se hallan en construcción.



© IAC



© HST



© VLT

### EL PÚLSAR DEL CANGREJO

· En 1731, un físico inglés y astrónomo aficionado llamado John Bevis observó una nebulosa que ocupó la primera posición en el catálogo compilado por Charles Messier en 1758, donde apareció como la nebulosa *M1*.

· El nombre de *Nebulosa del Cangrejo* se le dio unos cien años después, cuando los telescopios ópticos cada vez mejores revelaron su estructura tentacular.

· *M1* alberga a *PSR 0531+21*, el *púlsar* más joven conocido, pues la explosión supernova que probablemente dio origen a la estrella de neutrones que emite el *púlsar* se produjo en 1054, hace sólo unos mil años.

· Este *púlsar* emite 33 pulsos cada segundo y se retrasa lentamente a un ritmo de una millonésima por día.

· El ritmo lento y decreciente tanto de este *púlsar* como el de *Vela* (*PSR 0833-45*), otro *púlsar* joven y ambos visibles con telescopios ópticos, es interrumpido de vez en cuando por los llamados *glitches* (espectaculares cambios temporales en el ritmo de rotación).



Los Premios Nobel Antony Hewish y Joseph Taylor, galardonados en 1974 y en 1993, respectivamente, por sus descubrimientos relacionados con los *púlsares*, fueron profesores invitados en la Escuela de Astrofísica «Cosmosmas, enanas marrones, exoplanetas, *púlsares binarios* y otros descubrimientos recientes», organizada por el IAC y la UIMP en Santander, del 26 al 30 de agosto de 1996. En la foto, acompañados del Director del IAC, Francisco Sánchez, y del astrofísico del IAC Antonio Mampaso.

## LA REALIDAD DE LA FICCIÓN



Héctor  
Castañeda  
(IAC)

### Viajes a Marte

No hay arte como el cinematográfico, capaz de crear nuevos mundos alternativos, sólo limitado por la imaginación de sus creadores. Pero, tal como dijo Pablo Picasso, «el arte es la mentira que nos hace comprender la verdad». La intención de esta sección es llamar la atención sobre aquellos momentos en que una buena recreación de la realidad nos provee, de manera inadvertida, de un mayor conocimiento científico.

En *Desafío Total* (Total Recall, 1990), Douglas Quaid, interpretado por Arnold Schwarzenegger, debe viajar urgentemente a Marte. La motivación del personaje tiene dos vertientes: encontrar la razón de sus recurrentes sueños, que incluyen a la montaña Pirámide y a una atractiva muchacha morena, y, la más acuciante, evitar a un grupo de asesinos que está tras su pista para matarle. Imaginemos que se dirige a la agencia de viajes más cercana para comprar un pasaje de clase turista a Marte. En el mundo real, la atenta empleada le indicaría algo en la línea de: *Lo siento señor Quaid, pero todos los pasajes de esta temporada están vendidos. ¿Le molestaría esperar dos años hasta el siguiente vuelo?* Una respuesta no muy atractiva cinematográficamente, pero que se ajusta a la cruda verdad.

El problema no es el viaje en sí mismo, sino la idea que el cine transmite al espectador: trasladarse a los planetas no entraña más dificultades que las de una travesía en avión. La realidad es que el viaje interplanetario es mucho más complejo. La catarata de arribos de sondas planetarias europeas (*Mars Express*) y norteamericanas a Marte (*Spirit* y *Opportunity*) a fines del 2003 y principios del 2004 nos dan pie para preguntarnos por qué todas esas sondas planetarias llegaron a nuestro vecino con pocas semanas de diferencia.

Cuando se viaja a un planeta asistimos a una compleja danza entre dos cuerpos celestes, pues ambos se están moviendo uno con respecto al otro, orbitando alrededor del Sol. En primer lugar, si queremos llegar a Marte de una manera económica, es necesario elegir la órbita que consuma menos combustible. Al comienzo de nuestro recorrido estamos en la órbita de la Tierra, el punto más cercano al Sol en nuestro viaje. La Tierra se mueve alrededor del Sol a unos 107.000 km/h, alrededor de unos 20.000 km/h más que Marte. La trayectoria de mínimo consumo de energía y combustible se llama *órbita de transferencia de Hohmann* (denominada así a partir del ingeniero alemán Walter Hohmann, que la describió en 1925). Esta órbita tiene la particularidad de que su trayectoria elíptica es tangente a las órbitas de los planetas de salida y llegada. Siguiendo la órbita de Hohmann, el viaje entre la Tierra y Marte requeriría alrededor de 260 días. En la práctica, las sondas interplanetarias utilizan órbitas más rápidas, pero que requieren más consumo de energía que una auténtica órbita de transferencia.

Tras las consideraciones sobre la trayectoria viene la elección de la llamada *ventana de lanzamiento*, que corresponde al momento óptimo donde se puede iniciar el viaje al planeta elegido. En el caso de Marte esta oportunidad ocurre cerca del momento en que el planeta está en oposición,

que ocurre cuando Marte se halla en dirección opuesta al Sol en el cielo, correspondiendo al momento en que la Tierra y Marte se encuentran más cercanos, aproximadamente cada 26 meses. La elección de ese instante de lanzamiento no es baladí, puesto que la distancia entre Marte y la Tierra puede oscilar entre 56 y 400 millones de km. La oposición del 2003 ocurrió la noche entre el 27 y 28 de agosto, pero los lanzamientos ocurrieron en junio de ese año. Esto ocurre porque en un viaje típico se lanza la nave con la velocidad suficiente para que ésta se escape de la atracción de la Tierra cuando Marte está más adelante de nosotros, a fin de que la nave alcance al planeta en su camino. Allí debemos frenar, para que nos capture la gravedad marciana, que es mucho más débil que la terrestre, igualando nuestra velocidad a la de Marte.

Una vez enviadas a su travesía, las naves se limitan a seguir su trayectoria bajo el control de las leyes de Newton, que sólo se ve afectada por la atracción gravitatoria del los diferentes planetas y el Sol y por cambios realizados por los mismos motores de la nave. Errores aparentemente triviales, como un error de un carácter en un programa de software (causa de la pérdida de la sonda *Martiner I* a Venus en 1962), o confusión entre el uso del sistema métrico inglés (que utiliza pies y pulgadas) y el sistema métrico internacional (metros y kilómetros), tal como ocurrió con la nave estadounidense *Mars Climate Orbiter* en 1999, pueden llevar a la completa pérdida de la misión. Es la combinación de los conocimientos de Física y Astronomía en su máxima expresión la que lleva a las misiones a un feliz término. Todo un tributo para los ingenieros y científicos que crean estas misiones de exploración.

¿Le habrán quedado ganas a Quaid de comprar su pasaje a Marte?





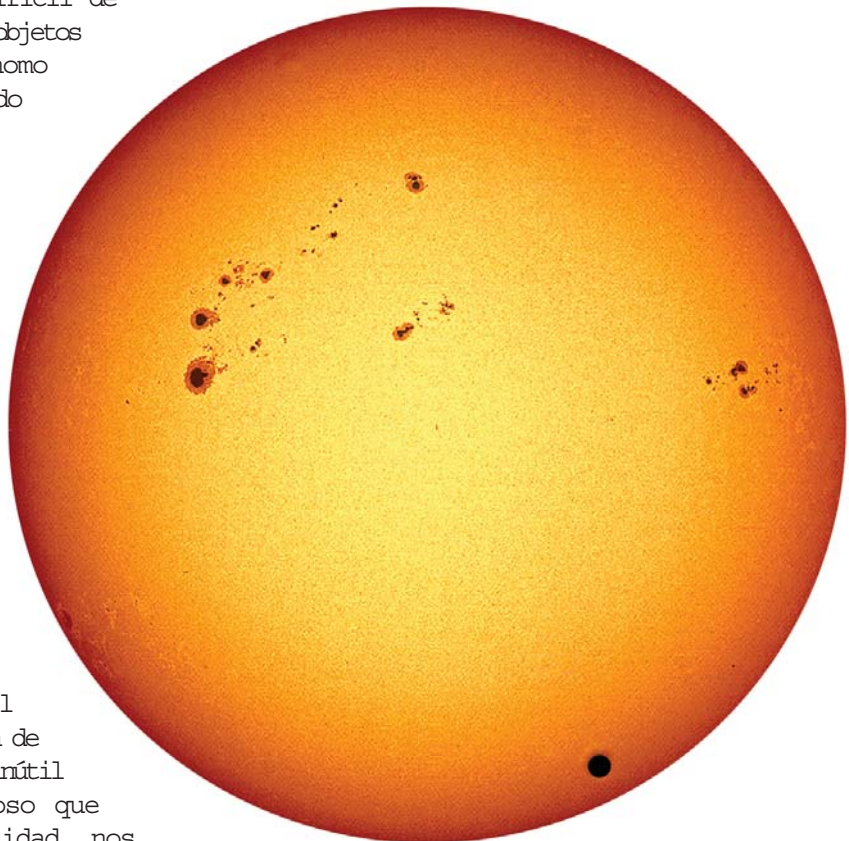
# Astro Cultura

## La aventura del tránsito



Antonio Aparicio  
(ULL/IAC)

Esta profesión de astrónomo siempre ha tenido una componente no despreciable de aventura. El astrónomo (o el astrofísico, que decimos ahora) tiene un particular *modus operandi* que, unido a la, a primera vista, intangibilidad de los objetivos perseguidos, contribuye a formar la idea que algunos tienen de él: un individuo que sabe o parece saber mucho de cosas cuya utilidad directa para el mundo social es, a menudo, tan difícil de visualizar como los propios objetos de su estudio. El astrónomo parece completamente decidido a emprender los más penosos viajes o a arriesgar su propia integridad física en busca de un conocimiento de difícil aplicación. Sirvan como ejemplos los viajes al otro lado de la Tierra para observar algún evento o las condiciones de verdadera acrobacia y de auténtica prueba de supervivencia en las que hace sólo unas pocas décadas se tomaban placas fotográficas en los focos primarios de los grandes telescopios. Los que piensan que la búsqueda del conocimiento en sí, al margen de aplicaciones, es una empresa inútil ignoran que lo más valioso que poseemos, lo que, en realidad, nos diferencia de, por ejemplo, las cabras, es la capacidad de pensamiento abstracto. Además, no se dan cuenta de que las aplicaciones más útiles suelen estar ocultas y no se manifiestan sino después de una gran cantidad de trabajo abstracto.





Yo creo que, a lo largo de la Historia, una de las personas que más claramente reflejan el espíritu de búsqueda, riesgo y aventura de la ciencia fue Guillaume Le Gentil de la Galaziere. En su caso, unido, además,



Observatorio de Le Gentil en Pondicherry, instalado sobre el polvorín de la fortaleza de la ciudad para observar el tránsito de Venus del 4 de junio de 1769. © H. Sawyer Hogg, "Out of old Books. Le Gentil and the Transit of Venus", /Journal of the Royal Astronomical Society of Canada/, 1951.

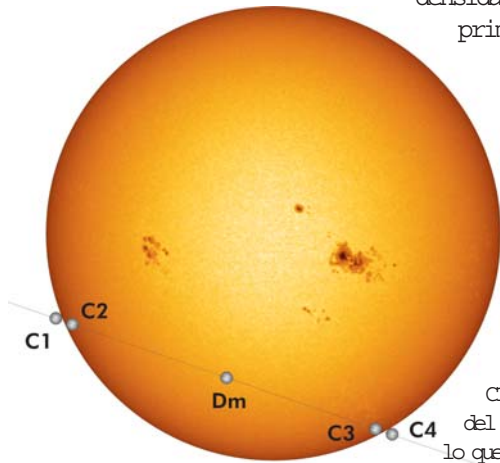
al amargo fracaso. Creo que sus desvelos merecen un recuerdo por nuestra parte en estas singulares fechas, en que un tránsito de Venus va a ofrecerse a nuestros ojos.

Le Gentil nació en Coutance (Francia) el 11 de septiembre de 1725. Era un buen ejemplo del científico ilustrado que dominaba varios campos del saber. A la edad de 24 años hizo el que quizá sea su descubrimiento más significativo: el de la galaxia enana, después denominada M32, compañera de la gran espiral de Andrómeda. Es de señalar que M32 fue, de este modo, la primera galaxia enana en ser descubierta, excepción hecha, claro está, de las Nubes de Magallanes. Observada a ojo con un telescopio (es decir, sin detector electrónico), esta galaxia es bellísima. Animo a los lectores a repetir la experiencia de nuestro protagonista. Pero tengan en cuenta que él, además del hecho de no saber dónde estaba la galaxia, disponía de telescopios realmente primitivos si se comparan incluso con un pequeño telescopio de hoy en día. Pero éste no es el tema que nos interesa ahora.

En aquella época hacía ya casi un siglo que Newton había publicado su obra magna, los Principia, en los que sentaba las bases de la mecánica celeste de una forma elegante y precisa. Tanto que sus ecuaciones siguen siendo las utilizadas hoy en día para la generalidad de los cálculos de órbitas planetarias,

incluyendo, por cierto, y ya que hablábamos de aplicaciones, a los satélites artificiales y naves interplanetarias. Las magnitudes clave son las masas, en particular la del Sol, y las distancias. Pero al empezar el siglo XVIII no se tenía ninguna referencia directa y mínimamente precisa de la distancia de la Tierra al Sol: la llamada unidad astronómica o UA. Desconocer la UA implicaba desconocer, en igual medida, toda la escala de masas y distancias del Sistema Solar (y, desde luego, de todo el Universo, aunque éste es otro capítulo de la Historia de la Astronomía). El período orbital de la Tierra permite fijar una relación entre la masa del Sol y la UA, pero no es suficiente para conocer ni la una ni la otra. Determinando la UA por un procedimiento independiente queda fijada la masa del Sol y, desde luego, su tamaño físico. Esto

permite, por ejemplo, averiguar su densidad, clave para tener una primera información sobre su naturaleza, y también la cantidad de energía que emite. El asunto, como vemos, no era baladí y Halley, en



Esquema del tránsito de Venus del 8 de junio de 2004. El primer contacto exterior e interior (puntos C1 y C2) se producirán antes del amanecer en Canarias, por lo que no serán observables desde

las Islas. El instante llamado de

mínima distancia angular, es decir, el momento en que Venus estará más cerca del centro del disco solar (punto Dm) tendrá lugar a las 9h 25m 5,7s (hora oficial), en Santa Cruz de Tenerife. Prácticamente, la misma predicción vale para el resto de Canarias, con una diferencia de unos pocos segundos arriba o abajo. Los fenómenos más interesantes de observar son los últimos contactos interior y exterior (puntos C3 y C4), sobre todo el interior. En Santa Cruz de Tenerife, el C3 se producirá a las 12h 7m 27,5s y el C4 a las 12h 26m 39,8s (hora oficial). Lo mismo que para el punto Dm, estos tiempos valen para el resto de Canarias, con diferencias de unos pocos segundos arriba o abajo.

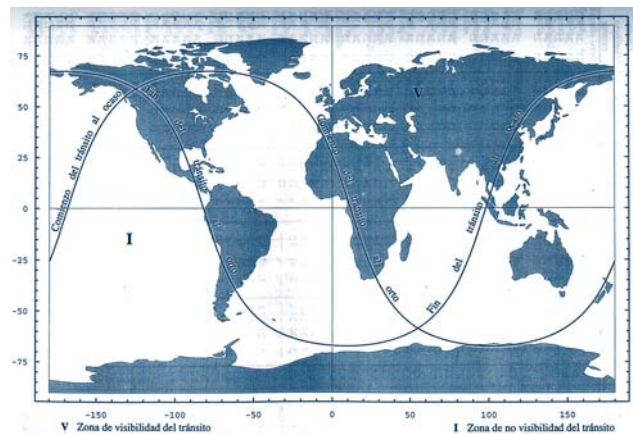
1616, mostró que sería posible una determinación precisa de dicha distancia a partir de la observación del tránsito de Venus desde distintos lugares de la Tierra alejados entre sí, mediante un método de triangulación.

Venus da una vuelta alrededor del Sol cada 224,7 días terrestres. Gira en el mismo sentido que la Tierra. Teniendo en cuenta los movimientos de ambos, resulta que Venus se sitúa entre la Tierra y el Sol cada 584





días, aproximadamente; o sea, algo más de año y medio. Si su órbita estuviera exactamente en el mismo plano que la de la Tierra, habría un tránsito de Venus cada 584 días. Sin embargo, Venus orbita alrededor del Sol en un plano inclinado 3,39 grados respecto al de la Tierra. Esta pequeña inclinación es suficiente como para que casi nunca se produzca una alineación tan precisa que Venus aparezca proyectado sobre el disco del Sol. En realidad, este raro suceso acontece



Fuente: Efemérides Astronómicas 2004.  
Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando.

Mapa de localización geográfica de las zonas en que serán visibles las distintas fases del tránsito. El evento será observable en su totalidad en la región V y no será visible en la I, para la que transcurrirá por completo durante la noche. En la región entre I y V, que incluye Canarias, el tránsito empieza antes de la salida del Sol mientras que en la comprendida entre V y I, correspondiente al Pacífico y Australasia, el tránsito concluye después de la puesta de Sol.

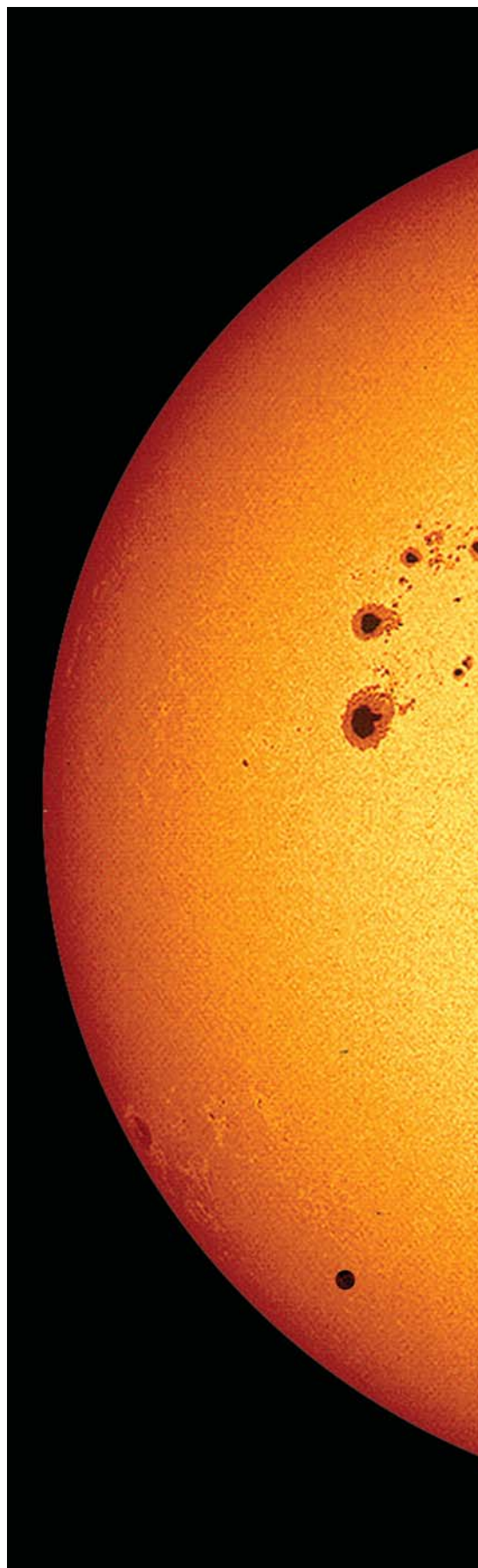
por pares y cada 120 ó 130 años aproximadamente, de forma que, una vez que se produce un tránsito de Venus, el siguiente tiene lugar alrededor de 8 años más tarde y, el siguiente, unos 110 ó 120 años después. Se da la circunstancia de que el próximo tránsito tendrá lugar el 7 de junio de 2004. El sucesivo ocurrirá el 5 de junio de 2012. Los dos anteriores ocurrieron en 1874 y 1882. Y los anteriores, en 1761 y 1769.

La aventura está servida. Los tránsitos de 1761 y 1769 sólo podían ser observados desde lugares remotos (y salvajes) desde el punto de vista europeo: Siberia, Norteamérica, Sudáfrica, el Índico, el Pacífico Sur y Centroamérica. Hemos dicho que la determinación de la UA implicaba la observación desde distintos puntos, por lo que fue necesario preparar expediciones a varios de esos remotos lugares. Le Gentil fue uno de los astrónomos implicados y el 26 de marzo de 1760 partió de Brest hacia Pondicherry, posesión francesa en el sudeste de la India. Téngase en cuenta, para empezar, que la observación del tránsito, para ser de utilidad, requiere una determinación precisa de la hora de su comienzo y de su final. Halley había calculado que, si

se determinaban esos momentos con una precisión de 2 segundos, se podría calcular la distancia al Sol con una precisión de una parte entre 500. Asombroso. Pero los relojes de la época podían atrasar o adelantar horas en el curso de un viaje transoceánico. Así que de nada servía que Le Gentil y los demás tomaran nota de la hora que marcaba su reloj si después necesitaban comparar sus medidas con las de otros colegas. Necesitaban determinar con precisión su posición de observación y la hora mediante efemérides astronómicas, por lo que era necesaria una larga campaña para emplazar y calibrar todo el instrumental.

Cuando Le Gentil partió hacia Pondicherry, Europa estaba en guerra. Se trataba de la Guerra de los Siete Años, una de esas en que la generalidad de los países europeos se estragaban entre sí, afectando, de paso, a medio mundo. Ni qué decir tiene que el dios Marte no permitió al mortal Le Gentil la observación de su amada Venus desde Pondicherry. Al llegar a la isla de Mauricio (francesa), Le Gentil fue informado de que los ingleses estaban sitiando Pondicherry por tierra y por mar, y en consecuencia los viajes a la zona se habían sido suspendido. El sitio empezó en mayo de 1760, un par de meses después de la partida de Le Gentil de Francia. Le Gentil, desolado, se acomodó en Mauricio. La observación del tránsito habría sido posible desde allí, pero un colega (Pingré) observaría desde la vecina isla de Rodrigues, por lo que las medidas serían prácticamente redundantes. Le Gentil estuvo incluso considerando la posibilidad de unirse a Pingré en sus observaciones. Pero en febrero de 1761 llegó a Mauricio una fragata procedente de Francia con noticias urgentes para Pondicherry, así que el gobernador de la isla decidió despachar otra fragata urgentemente hacia la India. Le Gentil, confiando en los salvoconductos que portaba, decidió embarcarse. Era el 11 de marzo de 1761, la época en que comienzan a soplar los monzones. Los barcos de entonces, incluso una ágil fragata de guerra, tenían serias dificultades para avanzar contra ellos y necesitaron dos meses y medio para alcanzar la costa malabar, al suroeste de la India, a donde llegaron a finales de mayo. Allí recibieron la noticia de que Pondicherry ya no estaba bajo control francés y, para desesperación de Le Gentil, regresaron a Mauricio. Llegaron el 23 de junio. El tránsito de Venus tuvo lugar durante el viaje de vuelta. Le Gentil pudo verlo, pero no pudo hacer observaciones de ningún valor científico.

Era el momento de la gran decisión. Intrépido, pero también pertinaz y paciente, Le Gentil no quiso arriesgarse a un nuevo fracaso y, sabiendo que el siguiente tránsito ocurriría en 1769, decidió quedarse los ocho años que faltaban en la zona. Se instaló en





un principio en Mauricio y aprovechó para realizar algunos estudios zoológicos, botánicos y antropológicos y para realizar con calma cálculos sobre el siguiente tránsito. Determinó que el mejor lugar de observación sería Filipinas, así que decidió trasladarse allí para las observaciones. La ocasión fue propicia cuando el Buen Consejo, un navío de guerra español que viajaba desde Cádiz hacia Manila hizo escala en Mauricio. Llegaron a su destino en agosto de 1766. Le Gentil entabló unas magníficas relaciones con el capitán y los oficiales del Buen Consejo y con varios personajes relevantes de Manila. Pero, para su desgracia, no con el gobernador, que llegó a considerar que las cartas de presentación que portaba nuestro protagonista eran falsas. Ante las dificultades y a la vista de una carta que había recibido de la Academia de Ciencias en la que le instaban a desplazarse a Pondicherry, decidió abandonar Manila y dirigirse, como ya lo había intentado años atrás, a la India. Ahora la guerra había terminado y Pondicherry era, de nuevo, francesa. Le Gentil se embarcó en un navío portugués y, finalmente llegó a su destino a finales de marzo de 1768.

Le Gentil fue recibido con gran hospitalidad por el gobernador. Se instaló a su gusto y montó un observatorio con todo lo necesario. Disponía de más de un año y dedicó su tiempo, como solía hacer, a una variedad de estudios naturalistas y astronómicos. Todo iba a pedir de boca. En los días anteriores al tránsito el tiempo era claro y los días soleados. Pero, designios del Olimpo, ahora fue Eolo el que, indispuerto por quién sabe qué, tuvo el capricho de hacerse notar.

El tránsito daba comienzo antes del amanecer del 4 de junio de 1769. Esto significaba que el Sol aparecería sobre el horizonte con Venus ya proyectado sobre su disco y que el momento del primer contacto no sería observable. La única observación útil sería la del instante en que Venus abandonaría el disco solar. Era el precio a pagar por haber tenido que abandonar Manila. El día 3 por la noche, Le Gentil observó Júpiter. El tiempo era claro y sereno y se fue a dormir. Pero, impaciente como es lógico, tenía el sueño inquieto. A las 2 de la madrugada se despertó. Oía el viento soplar con suavidad. Se levantó un momento y, horrorizado, pudo comprobar cómo el cielo estaba completamente cubierto de nubes. A las 5 se desencadenó una fuerte tempestad, que no hizo sino traer más nubes y formar una segunda capa de ellas a gran altura. A las 6, el viento se calmó pero las nubes se quedaron. A las 7, Le Gentil podía distinguir apenas dónde se encontraba el Sol, pero era imposible ver ningún detalle de su superficie. Era el momento en que Venus abandonaba el disco del Sol; el momento de la verdadera observación, a la que Le Gentil había dedicado tanto esfuerzo. A las 9 el viento volvió a cambiar y las nubes se disiparon para dar paso

a un día soleado y resplandeciente. Más adelante, Le Gentil recibió una carta de Don Esteban y Melo, uno de sus amigos de Manila, en la que le informaba de que el tiempo había sido estupendo. Habían realizado las observaciones y realizado los cálculos pertinentes y se las enviaban para su información y uso.

Le Gentil tardó un tiempo en recuperarse del revés, pero las desagradables sorpresas aún no habían terminado para él. Tras un año de espera, consiguió pasaje de vuelta a casa. Desde luego no un pasaje directo. Primera escala: Mauricio. De allí partió finalmente para Francia. Pero el tiempo se le había echado encima, el invierno se aproximaba y el barco encontró un fuerte huracán en el cabo de Buena Esperanza que casi lo hizo naufragar. Pudo escapar al paio, pero hubo de regresar a Mauricio una vez más. Le Gentil volvió a embarcarse, ahora, en una fragata de guerra española que, no sin grandes dificultades, dobló el famoso cabo y arribó a Cádiz en agosto de 1771. Cansado de la mar, Le Gentil siguió su viaje por tierra. Cuando el 8 de octubre cruzó los Pirineos habían pasado 11 años, 6 meses y 7 días desde que abandonó su «querida Francia». Pero, como en una buena novela de aventuras, su «querida Francia» le reservaba aún alguna sorpresa.

Con el paso del tiempo y el ir y venir de las gentes del mar, habían llegado rumores hasta París de que nuestro protagonista había muerto. Debieron ser suficientemente insistentes porque la Academia había dado su plaza a otro y sus hijos se habían repartido su herencia: Ulises, después de todo, tras sus 20 años de periplo, había sido mejor recibido por sus seres queridos. Pero, al fin y al cabo, la historia de Le Gentil también termina de forma tranquila. Por supuesto, fue readmitido en la Academia. Publicó su diario de viaje y adquirió fama, no sólo como astrónomo, sino como antropólogo y naturalista. Se casó con una rica heredera, tuvo una hija y murió tranquilamente el 22 de octubre de 1792, a la edad de 67 años.

Por otra parte, la empresa científica tuvo éxito. El tránsito fue observado desde varios lugares con la participación de 150 observadores. Los mejores datos fueron tomados desde Baja California, por una expedición franco-española, y desde Tahití, en el corazón del Pacífico, como parte de la expedición de vuelta al mundo del célebre James Cook en el Endeavour. La distancia al Sol resultó ser de 153 millones de km, dentro del 1% de la determinación actual. Cabe deducir para el Sol una masa de  $1,99 \times 10^{30}$  kg, un diámetro de 1,39 millones de km y una densidad media de  $1,4 \text{ g/cm}^3$ . Produce energía a un ritmo de  $3,85 \times 10^{23}$  kw que genera a partir de la fusión nuclear del hidrógeno. Pero también esto es otra historia.



## Unidad didáctica «Eclipses»



El IAC, junto con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), y el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT), en colaboración con la asociación «Shelios», ha editado en papel y en CD una unidad didáctica sobre «Eclipses».

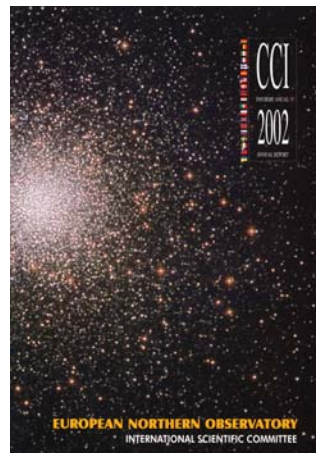
Con motivo de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología en La Palma, también se editaron carteles y folletos informativos sobre las actividades organizadas.

## Suplemento GTC



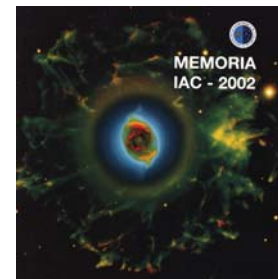
Se editó el Suplemento especial de IAC Noticias sobre el Gran Telescopio CANARIAS (GTC), uno de ellos sobre el Congreso Ciencia con el GTC. Se puede acceder a este suplemento desde [www.iac.es/gabinete/grante/separata/sep8.pdf](http://www.iac.es/gabinete/grante/separata/sep8.pdf) y [www.iac.es/gabinete/grante/separata/sep7.pdf](http://www.iac.es/gabinete/grante/separata/sep7.pdf)

## CCI Annual Report



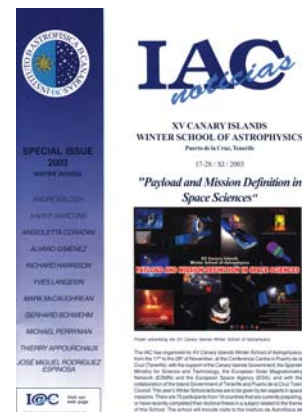
La Secretaría del Comité Científico Internacional (CCI) de los Observatorios de Canarias, radicada en el IAC, ha publicado el informe anual correspondiente al año 2002, cumpliendo así una de las funciones establecidas en el Protocolo de Acuerdo de Cooperación en Materia de Astrofísica, firmado en 1979. Se puede acceder a él desde [www.iac.es/gabinete/cci/annual.htm](http://www.iac.es/gabinete/cci/annual.htm)

## Memoria del IAC



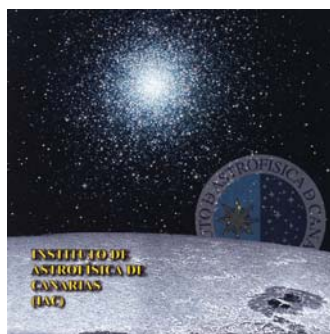
El IAC editó, en papel y en CD-Rom, la Memoria correspondiente al año 2002, donde se recoge la actividad anual del Consorcio Público IAC en todas sus áreas, así como la labor realizada en el campo de la divulgación. Se puede acceder a ella desde [www.iac.es/memoria](http://www.iac.es/memoria)

## Winter School



Como es habitual, se editó un especial de la XIV Canary Islands Winter School of Astrophysics, dedicada este año a «Misiones y cargas útiles en las Ciencias del Espacio». Este especial, editado en español y en inglés, recoge las entrevistas realizadas con cada uno de los profesores invitados e información adicional sobre esta Escuela y las anteriores. Se puede acceder a éste especial desde [www.iac.es/gabinete/iacnoticias/winter2003/index.html](http://www.iac.es/gabinete/iacnoticias/winter2003/index.html)

## Folleto institucional



El IAC también ha editado un pequeño folleto sobre el IAC, en el que se da información general sobre este Instituto y sus Observatorios astronómicos.



# XVI Canary Islands Winter School of Astrophysics "EXTRASOLAR PLANETS"

Instituto de Astrofísica de Canarias  
Tenerife. 22 noviembre - 3 diciembre 2004.  
<http://www.iac.es/winschool2004/info.html>

Comité Organizador:

H. J. Deeg, J. A. Belmonte, A. Aparicio y F. Sánchez

PRÓXIMAMENTE...



Diseño: Ramón Castro (SMM/IAC). Imagen: John Whatrough



## INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (La Laguna, TENERIFE)

C/ Vía Láctea, s/n  
E38200 - La Laguna (Tenerife)  
Islas Canarias - España  
Tel: 34 / 922 605 200  
Fax: 34 / 922 605 210  
E-mail: [cpv@iac.es](mailto:cpv@iac.es)  
Web: <http://www.iac.es>

## OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN (OTRI)

Tel: 34 / 922 605 186  
Fax: 34 / 922 605 192  
E-mail: [otri@iac.es](mailto:otri@iac.es)  
Web: <http://www.iac.es/otri>

## OFICINA TÉCNICA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL CIELO (OTPC)

Tel: 34 / 922 605 365  
Fax: 34 / 922 605 210  
E-mail: [fdc@iac.es](mailto:fdc@iac.es)  
Web: <http://www.iac.es/proyect/optc>

## OBSERVATORIO DEL TEIDE (TENERIFE)

Tel: 34 / 922 329 100  
Fax: 34 / 922 329 117  
E-mail: [teide@ot.iac.es](mailto:teide@ot.iac.es)  
Web: <http://www.iac.es/ot>

## OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (LA PALMA)

Apartado de Correos 303  
E38700 Santa Cruz de la Palma  
Islas Canarias - España  
Tel: 34 / 922 405 500  
Fax: 34 / 922 405 501  
E-mail: [adminorm@orm.iac.es](mailto:adminorm@orm.iac.es)  
Web: <http://www.iac.es/gabinete/orm/orm.htm>