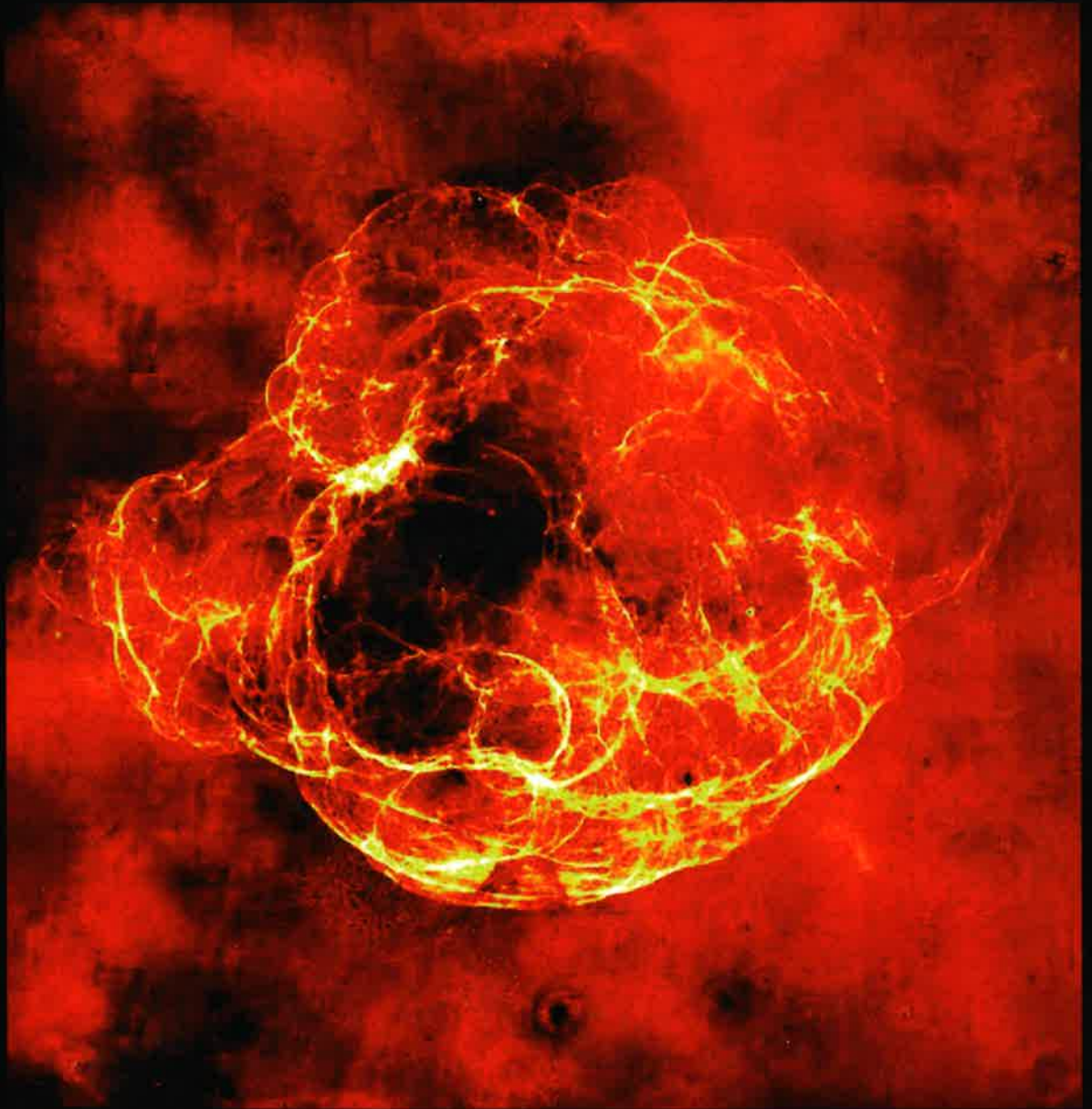





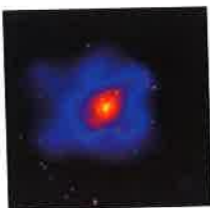

# IAC NOTICIAS

Revista del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) N. 2-2005



**S**ecretos de la Vía Láctea

# SUMARIO

	4	<b>100 AÑOS DE RELATIVIDAD</b>
	4	El año de Albert Einstein
	5	<b>ARTÍCULOS</b>
	5	Las fuentes de rayos X ultraluminosas Carlos M. Gutiérrez
	11	<b>NOTICIAS ASTRONÓMICAS</b>
	11	Conexión Moletai - Canarias
	13	Plasma en supercúmulos
	15	Secretos de la Vía Láctea
	17	Anatomía de un impacto
	19	El Universo en las estrellas
	21	<b>TESIS</b>
	21	Medio Interestelar
	22	Nebulosas planetarias
	23	Estrellas masivas
	24	Interacción estelar
	25	Estrellas Vega y Proción

# SUMARIO

	26	<b>ENTREVISTAS</b>
<i>JUAN MANUEL GARCÍA-RUIZ</i> Por Eva Rodríguez Zurita	26	
<i>LEONEL GUTIÉRREZ ALBORES</i> Por Daniel de la Torre	32	
	38	<b>ACUERDOS</b>
	41	<b>OTRAS NOTICIAS</b>
	44	<b>EDICIONES</b>
	45	<b>DIVULGACIÓN</b>
Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005 La Palma - Tenerife	45	
Jornadas de Puertas Abiertas en el Observatorio del Teide	54	
Visitas concertadas al Observatorio del Roque de los Muchachos	55	
Conferencias, cursos y congresos "Ciencia en Acción"	56	
	58	
	60	<b>PREMIOS</b>
<b>A TRAVÉS DEL PRISMA</b> <i>El nacimiento de la Radioastronomía</i> Carmen del Puerto	63	
<b>LA REALIDAD DE LA FICCIÓN</b> <i>La "neotenia" en ET</i> Héctor Castañeda	65	
<b>LA JERGA DE LAS ESTRELLAS</b> <i>La "serendipia" en Astronomía</i> Carmen del Puerto	66	
<b>ASTROCULTURA</b> <i>Antes de que anochezca</i> Iván Jiménez	67	





## 100 AÑOS DE RELATIVIDAD



Si no chocamos  
contra la razón  
nunca llegaremos a nada

### El año de Albert Einstein

2005 ha sido el año  
de la Relatividad al  
celebrarse el  
centenario de su  
formulación por  
Albert Einstein.



FOTO DE PORTADA:  
Nebulosa S147 en la constelación  
del Toro. Autor: Albert Zijlstra and  
Jonathan Irwin. IPHAS.

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 R. Zelman, Karin Ranero, Iván Jiménez, Eva Rodríguez Zurita y Daniel de la Torre*  
Asesoramiento científico: *Luis Cuesta y Alexandre Vazdekis*  
Asesoramiento técnico: *Carlos Martín*  
Directorio y distribución: *Ana M. Quevedo*  
Diseño original y maquetación: *Gotzon Cañada y Carmen del Puerto*  
Edición digital: *Inés Bonet y M.C. Anguila*  
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*  
Edita: *Gabinete de Dirección del IAC*  
Preimpresión e Impresión: *Producciones Gráficas*  
Depósito Legal: TF-335/87 ISSN: 0213/893X. Núm. 57.

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).

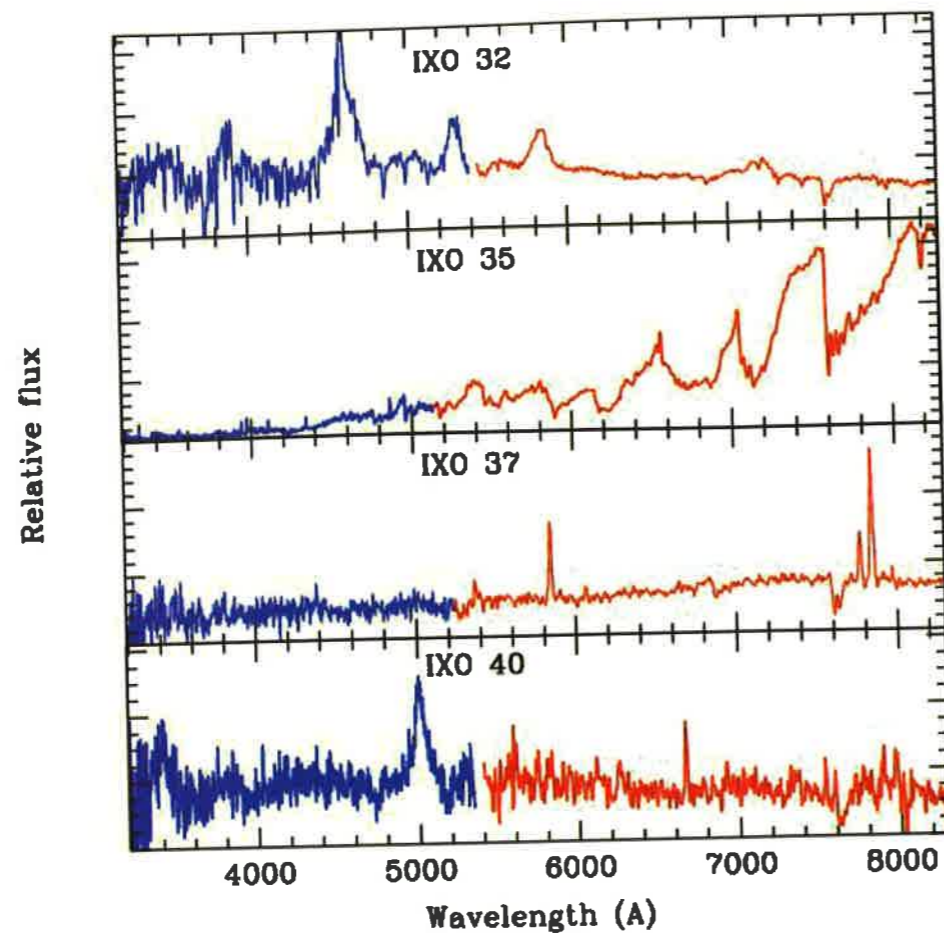
## Las fuentes de rayos X ultraluminosas

La Tierra es frecuentemente bombardeada, pero no por una legión de naves alienígenas salidas de una película de serie B. En realidad, nuestro planeta sufre el «ataque» constante de diversos tipos de radiación y partículas subatómicas que le llegan del espacio. Algunas no le alcanzan del todo, pues se quedan en el escudo protector que forma la atmósfera. Eso es lo que ocurre con los rayos X, un tipo de onda electromagnética, como la luz, con una pequeña longitud de onda y una gran cantidad de energía. Pero, ¿de donde vienen esos rayos? Algunos proceden de los agujeros negros. Hasta ahora se conocían dos tipos de estos objetos supermasivos: los remanentes de algunas estrellas tras su explosión como supernovas y otros mucho mayores que se han encontrado en el centro de algunas galaxias. Sin embargo, la sensibilidad de los últimos satélites detectores de rayos X ha permitido conocer la existencia de otro tipo de emisores de esta radiación en algunas galaxias cercanas, con una luminosidad en rayos X mucho mayor que la esperada en un agujero negro de carácter estelar. Se les conoce como *Fuentes de rayos X ultraluminosas (ULX)*. Investigadores del IAC están analizando catálogos de posibles candidatos a ULX tratando de dilucidar la naturaleza real de estos objetos.



Carlos M.  
Gutiérrez  
(IAC)





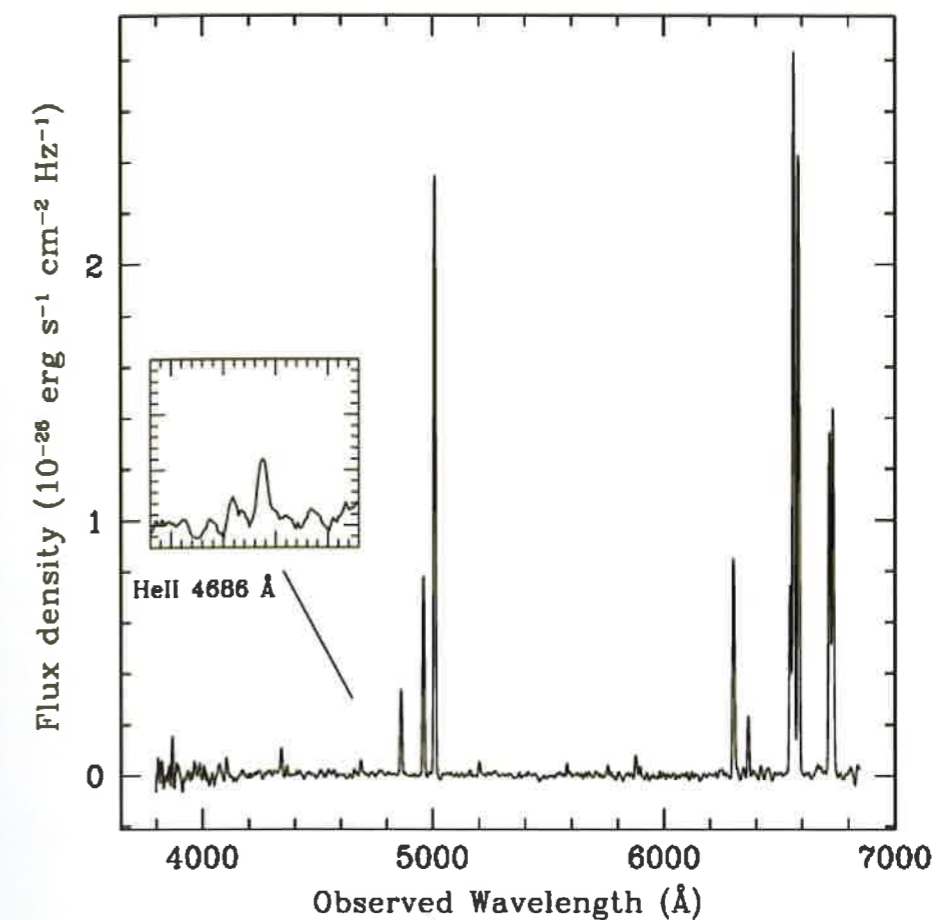
Espectros de 4 candidatos a ULX tomados con el WHT en febrero de 2004 y que finalmente resultaron ser objetos de fondo (IXO 32, 37 y 40 son galaxias activas e IXO35 es una estrella de tipo M en nuestra galaxia). (Gutiérrez 2006, ApJ, 640, L17)

Una posibilidad alternativa es que la emisión de las ULX no sea isotrópica, sino que ocurra únicamente en un cono relativamente estrecho de la misma forma que emite un faro. En ese caso, las luminosidades reales serían mucho menores que las estimadas. O que correspondan a estados especiales de agujeros negros de tipo estelar. En resumen, existe evidencia observacional clara de la existencia de las ULX, aunque el que puedan ser manifestaciones de agujeros negros de masa intermedia es sólo una de las alternativas consideradas (posiblemente la más razonable de acuerdo con los datos existentes).

#### Nuestro trabajo

En los últimos años, diversos grupos han realizado compilaciones de estas fuentes y elaborado catálogos de ULX que contienen varios centenares de objetos. Estrictamente, más que de catálogos de ULX cabe hablar de catálogos de posibles candidatos a ULX, ya que se sabe que los mismos incluyen también objetos que están proyectados en el cielo cerca de una determinada galaxia, pero que físicamente no están asociados con la misma. A estas falsas ULX solemos referirnos con el nombre de *contaminantes*. Por tanto, un primer

«Las observaciones de rayos X han tenido un papel esencial en el descubrimiento y estudio de las propiedades de los agujeros negros.»



Espectro tomado con el telescopio de 1,93 m, del Observatorio de Haute-Provence (Francia), de un candidato a ULX. Se aprecia la línea de emisión de HeII (4.686 Å) que posiblemente indica una fotoionización por rayos X (Gutiérrez et al. en preparación).

paso es averiguar qué objetos son reales ULX y cuáles *contaminantes*. Para ello son necesarios estudios detallados de cada objeto. Estos estudios se abordan desde diversos frentes, siendo uno de los más interesantes la búsqueda y caracterización de contrapartidas de las ULX en otros dominios espectrales. En particular, el estudio de estas posibles contrapartidas en el óptico puede darnos información acerca de la distancia física a dicho objeto y, por tanto, averiguar si ésta coincide con la de la supuesta galaxia padre. La forma más directa de medir la distancia a un objeto extragaláctico es determinando la posición de líneas espectrales características.

Es en este aspecto en el que Martín López-Corredoira y yo hemos centrado nuestro trabajo, analizando las imágenes de los grandes rastreos ópticos actualmente existentes, como el Palomar, el *Sloan Digital Sky Survey*, etc., y realizando una exploración de las posiciones del cielo en las que se encuentran los candidatos a ULX. A veces, las ULX se localizan en zonas de las galaxias en las que hay emisión difusa o una gran concentración de objetos, por lo que resulta prácticamente imposible averiguar cuál puede ser la posible contrapartida. En otros casos, no existen trazas de ninguna contrapartida óptica. Finalmente, aproximadamente para un 50 % de los objetos

«Las ULX podrían ser agujeros negros con masas entre 20 y 1.000 veces la masa del Sol.»



catalogados como ULX es posible establecer una contrapartida óptica clara.

Una vez identificada esta contrapartida, son necesarias observaciones más detalladas, fundamentalmente con espectroscopía, para determinar la naturaleza de dicho objeto. Hasta ahora hemos realizado observaciones espectroscópicas en el Telescopio William Herschel (WHT), de 4,2 m, del Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma), y en el de 1,93 m del Observatorio de Haute Provence (OHP), en Francia. Este esfuerzo observacional, aunque realizado con medios relativamente reducidos, es uno de los mayores realizados hasta ahora a escala mundial. En total hemos observado unos 30 objetos, y hemos determinado la naturaleza de unos 20 de ellos. El análisis de estos datos nos ha permitido identificar una gran variedad de objetos, desde estrellas en nuestra propia galaxia, hasta cuásares y otro tipo de AGN. Todos esos objetos, aunque interesantes en sí mismos, obviamente no son ULX verdaderas. Otros objetos, sin embargo, se localizan en regiones de formación estelar de la galaxia padre; en estos casos el espectro observado muestra las típicas líneas de emisión (serie de Balmer del Hidrógeno, líneas prohibidas de Oxígeno ionizado, etc.) de este tipo de regiones. Cabe sospechar que, en estos casos, la fuente de rayos X actúa como fuente ionizante de estas regiones. En estos casos, la mayor energía de los fotones

de rayos X en comparación con los producidos por estrellas de alta masa produce la aparición de rasgos espectrales específicos como la línea de HeII (4.686 Å). En nuestros análisis preliminares de las observaciones realizadas en el OHP

en marzo y octubre de 2005, hemos encontrado al menos uno de estos objetos, evidencia de que quizás finalmente tenemos una verdadera ULX. Esperamos que los análisis más elaborados que

estamos llevando a cabo en la actualidad nos permitan una confirmación definitiva.

#### Futuro

Las contrapartidas ópticas que podemos observar con los telescopios de 2 a 4 m son aquéllas relativamente brillantes (hasta magnitud ~22). Otros objetos, y entre ellos algunos de los más interesantes, tienen contrapartidas más débiles (hasta magnitud 24) y tomar un espectro de ellos requeriría el uso de telescopios muy grandes (8-10 m). Por ello planeamos continuar con nuestro estudio en el futuro fundamentalmente con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) e instrumentación como OSIRIS o ELMER. Igualmente hemos establecido una colaboración internacional con varios grupos de investigadores para coordinar esfuerzos tanto teóricos como observacionales en este fascinante camino para descubrir la naturaleza de las ULX.

«Planeamos continuar con nuestro estudio en el futuro fundamentalmente con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) e instrumentación como OSIRIS o ELMER.»

#### PUBLICACIONES:

«New optical spectra and general discussion on the nature of ULXs»  
Arp, H., Gutiérrez, C. M., & López-Corredoira, M. 2004, A&A, 418, 877

«The Nature of Ultraluminous X-Ray Sources»  
Gutiérrez, C. M., & López-Corredoira, M. 2005 ApJ, 622, L89

«Optical Counterparts of Ultraluminous X-Ray Sources»  
Gutiérrez, C. M. 2006, ApJ, 640, L17

«Toward a Clean Sample of Ultra-Luminous X-ray Sources»  
López-Corredoira, M. & Gutiérrez, C. 2006, astro-ph/0602537 (aceptado en A&A)



## CONEXIÓN MOLETAI-CANARIAS

Por primera vez, el telescopio IAC-80, instalado en el Observatorio del Teide (Tenerife), se ha utilizado para realizar observaciones astronómicas desde el Observatorio de Moletai (Lituania) de forma remota. Las observaciones, que tuvieron lugar las noches del 13 al 17 de agosto, dentro del programa "2005 Nordic-Baltic Research School", se hicieron empleando la cámara CCD-fotómetro "Tromsø CCD Photometer" (TCP), cuyo responsable es el investigador del IAC José Miguel González. Simultáneamente, las tres últimas noches también se utilizó el telescopio Nordic Optical Telescope (NOT), del Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma).

"2005 Nordic-Baltic Research School" es una

Escuela de verano para estudiantes de primer año de doctorado que se ha venido organizando bianualmente en el Observatorio de Moletai y que este año se ha orientado al estudio de métodos para observar las oscilaciones estelares. La idea principal ha sido, por un lado, demostrar cómo esas oscilaciones pueden utilizarse para investigar el interior de las estrellas, y por otro, comprobar modelos de evolución estelar.

La Escuela ha contado con la participación de especialistas de esta rama de la Astrofísica y con la posibilidad de utilizar 5 telescopios: los 3 telescopios del Observatorio de Moletai (Lituania) y, mediante acceso remoto, 2 telescopios de los Observatorios del IAC en Canarias: el telescopio IAC-80 y el telescopio NOT.



Telescopios utilizados remotamente desde el Observatorio de Moletai (Lituania) durante la Escuela de Verano «2005 Nordic-Baltic Research School». Arriba, telescopio IAC-80. Foto: Miguel Briganti (SMM/IAC). Abajo, Telescopio NOT. Foto: Magnus Gålfalk (NOT).



Participantes en el Observatorio de Moletai.

ESTUDIANTES  
LITUANOS REALIZAN  
OBSERVACIONES  
ASTRONÓMICAS  
CON LOS TELESCOPIOS  
IAC-80 Y NOT DE  
FORMA REMOTA.





Arriba, el instructor Rimvydas Janulis con la estudiante Astrid Fúza mostrándole uno de los telescopios locales del Observatorio de Moletai. En el centro, el profesor Jan-Erik Solheim, ayudando a dos alumnos durante las observaciones remotas utilizando el telescopio IAC-80. Abajo, Johannes Andersen, director del telescopio NOT, en un momento de la conexión con este telescopio. Fotos: Observatorio de Moletai.

Más información e imágenes en:  
<http://www.itpa.lt/mao/norfa2005/pradzia.html>

El acceso remoto se hizo de la siguiente forma: tras la apertura y apuntado del telescopio, operado localmente, los estudiantes tomaban el control del instrumento TCP y realizaban las observaciones desde Moletai. El proceso de obtención de imágenes se completó con la generación instantánea de las curvas de luz mostrando la variabilidad de los objetos estelares. Después de la última noche de observación, los estudiantes trabajaron durante varios días en la reducción de datos para la presentación de los proyectos que les habían sido asignados. También está prevista la publicación de estos resultados en el libro de la Escuela 2005 Nordic-Baltic Research School.

La cámara CCD-fotómetro "Tromsø CCD Photometer" es un instrumento de la Universidad de Tromsø (Noruega), que se ha instalado en el telescopio IAC-80 en varias ocasiones desde el año 2001 como instrumento invitado. A partir de septiembre de 2006, estará disponible como instrumento de uso común en este telescopio. Es una cámara CCD de lectura rápida

orientada a programas de variabilidad estelar (astro-sismología, variables cataclísmicas...).

#### Sismología estelar

Las estrellas son cuerpos gaseosos. No podemos observar directamente lo que hay dentro de una estrella, pero durante el pasado siglo se desarrollaron excelentes modelos teóricos de los interiores estelares. A partir de estos modelos podemos entender cómo las estrellas se desarrollan y cambian con el tiempo. Muchas estrellas oscilan, y estas oscilaciones crean ondas acústicas que viajan a través de la estrella. "Eseuchando" tales ondas, podemos conocer mejor el cuerpo estelar. "Con la consecución de este programa – señala **José Miguel González**– se abren interesantes posibilidades para el telescopio IAC-80 como complemento en el terreno educativo y en el avance de líneas de investigación relacionadas con variabilidad estelar utilizando el TCP. Además, el IAC ha sido invitado a participar en la organización de la próxima Escuela de verano."

## PLASMA EN SUPERCÚMULOS

Investigadores del IAC y de las universidades de Manchester y Cambridge han encontrado en el supercúmulo de galaxias de la Corona Boreal evidencia de grandes cantidades de materia en forma de un plasma difuso de elevada temperatura distribuido a gran escala. Este plasma podría ser equivalente a la cantidad de materia ordinaria –protones, neutrones y electrones– contenida en miles de galaxias. Los resultados, que se han obtenido con el interferómetro de microondas VSA (Very Small Array), instalado en el Observatorio del Teide (Tenerife), se publican en la revista científica Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

La presencia de este plasma se ha detectado por su efecto en la radiación del Fondo Cósmico de Microondas –la radiación originada en las etapas más primitivas del Universo– cuando ésta atraviesa el supercúmulo en su propagación hacia nosotros. "Los electrones del plasma –explica Rafael Rebolo, Profesor de Investigación del CSIC en el IAC y responsable del VSA por parte española– interactúan con el Fondo Cósmico de Microondas provocando una disminución en su intensidad a la frecuencia con que VSA observa (33 GHz). Esta disminución de la señal en dirección al centro del supercúmulo

no puede ser explicada fácilmente por ningún otro proceso conocido".

Según **Ricardo Génova Santos**, investigador del IAC, "en observaciones de comparable sensibilidad realizadas por el experimento VSA en múltiples regiones de cielo no asociadas con supercúmulos de galaxias nunca se había detectado una disminución de señal comparable". Ello ha llevado a los investigadores a proponer como explicación más plausible la existencia de un plasma tenue con temperatura entre cien mil y un millón de grados distribuido posiblemente en una estructura filamentosa que formaría parte del supercúmulo. Este plasma podría ser detectado por su emisión en rayos X, pero las observaciones existentes hasta la fecha en el supercúmulo carecen de la sensibilidad necesaria.

#### Estructuras del Universo

Los supercúmulos de galaxias son las estructuras más grandes que se conocen en el Universo. Están formados por varios cúmulos galácticos, posiblemente conectados entre sí por galaxias distribuidas en estructuras filamentosas. Los supercúmulos conocidos contienen varias decenas de miles de galaxias en donde reside la mayor parte de la materia bariónica, la materia ordinaria que conforma el gas, los pla-

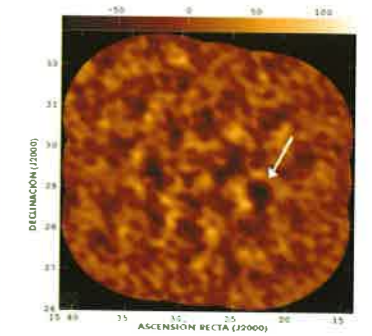


Imagen de la región del supercúmulo de la Corona Boreal obtenida por el interferómetro de microondas VSA, instalado en el Observatorio del Teide (Tenerife). La flecha señala la mancha oscura posiblemente provocada por un plasma de elevada temperatura distribuido a lo largo del supercúmulo y que podría contener una masa equivalente a miles de galaxias. Crédito: Ricardo Génova Santos y colaboradores. IAC/VSA.

**GRAN PARTE DE LA MATERIA NORMAL EN EL UNIVERSO PODRÍA ESTAR EN FORMA DE PLASMA DENTRO DE LOS SUPERCÚMULOS DE GALAXIAS, LAS ESTRUCTURAS MÁS GRANDES DEL UNIVERSO.**

**ESTOS RESULTADOS, OBTENIDOS A PARTIR DE OBSERVACIONES CON EL INSTRUMENTO VSA, DEL OBSERVATORIO DEL TEIDE, FUERON PUBLICADOS POR LA REVISTA CIENTÍFICA MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY.**





En primer plano, el interferómetro de microondas VSA, instalado en el Observatorio del Teide (Tenerife). Crédito: IAC/VSA.

netas y las estrellas. Estas observaciones apuntan a que una cantidad importante de la materia bariónica en forma de plasma -"el cuarto estado de la materia"- podría encontrarse distribuida en escalas mucho más grandes que los cúmulos de galaxias.

El interferómetro de microondas VSA consta de 14 pequeñas antenas equipadas con potentes receptores de microondas de muy alta sensibilidad. Las señales recibidas por todas las antenas son combinadas entre sí, utilizando la técnica denominada "interferometría", con el fin de extraer la máxima información astronómica y eliminar la contaminación que introduce la atmósfera terrestre. El VSA facilita imágenes de

alta definición de una radiación que es extraordinariamente débil como la del Fondo Cósmico de Microondas.

PARTICIPANTES:

Por parte del IAC: Ricardo Génova Santos, José Alberto Rubiño-Martín, Rafael Rebolo, Carlos M. Gutiérrez, Carmen P. Padilla-Torres, Robert A. Watson y Nelson Falcón. Por parte de las universidades de Manchester y Cambridge: Kieran Cleary, Rod D. Davies, Richard J. Davis, Clive Dickinson, Keith Grainge, Michael P. Hobson, Michael E. Jones, Rüdiger Kneissl, Katy Lancaster, Richard D.E. Saunders, Paul F. Scott y Angela C. Taylor.



## SECRETOS DE LA VÍA LÁCTEA

Un equipo internacional de científicos, entre los que se encuentran investigadores del Isaac Newton Group of Telescopes (ING) y del IAC, publicaron en septiembre, en la revista científica *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, los primeros resultados del nuevo mapa del plano galáctico Norte obtenido dentro del programa IPHAS (siglas en inglés de "The INT Photometric H-alpha Survey of the Northern Galactic Plane").

"Este mapa -explica **Romano Corradi**, investigador del ING- es decisivo para entender la evolución de las estrellas, especialmente en esas fases de su vida que son muy breves, pocos cientos o miles de años comparado con los miles de millones de años de vida de una estrella como el Sol. Por ser tan cortas, estas fases se observan raramente, pero en ellas ocurren procesos físicos fundamentales como la pérdida de masa, que determina la evolución futura de cada estrella, su destino final, y al mismo tiempo regula la diseminación en el Universo de los elementos químicos producidos por las estrellas".

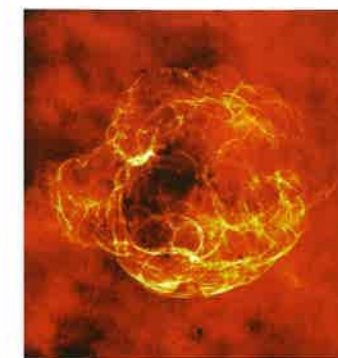
El nuevo mapa es tan profundo, que llega hasta los confines de la Vía Láctea, cerca de 90.000 años-luz, mucho más

allá de la órbita del Sol alrededor del centro de nuestra galaxia. "Estamos encontrando estrellas y nebulosas planetarias a distancias enormes. Su estudio permitirá entender la evolución química de la Vía Láctea y qué procesos regularon su formación e historia evolutiva", apunta **Antonio Mampaso**, astrofísico del IAC.

**La emisión de H-alfa**

El objetivo del programa IPHAS, iniciado en el año 2003, es hacer un mapa profundo de la Vía Láctea a través de la línea espectral H-alfa producida tanto por el gas interestelar como por las estrellas durante ciertas fases cruciales de su vida. El programa finalizará en el 2006 y se espera catalogar más de 80 millones de objetos, muchos de ellos hasta ahora desconocidos.

La emisión de H-alfa se origina en los átomos de hidrógeno excitados y aparece en longitudes de onda que corresponden al color rojo. "Es una herramienta muy poderosa -señala **Pablo Rodríguez Gil**, del IAC- para estudiar las regiones de nuestra galaxia donde se están formando nuevas estrellas y planetas, pero sirve también para estudiar estrellas que están a punto de terminar su evolución, originando explosiones muy energéticas y espectaculares



Nebulosa S147 en la constelación del Toro. Es lo que queda tras la explosión de una supernova que ocurrió hace unos cien mil años. La nebulosa es tan grande, que abarca un área del cielo como cincuenta veces la luna llena. La luz tarda más de tres mil años en recorrer esta nebulosa de un extremo al otro. Crédito: Albert Zijlstra and Jonathan Irwin, IPHAS.

**UN NUEVO MAPA DE NUESTRA GALAXIA DESCUBRE MILES DE NUEVAS ESTRELLAS, NEBULOSAS Y OTROS OBJETOS HASTA AHORA DESCONOCIDOS.**

**LOS PRIMEROS RESULTADOS, OBTENIDOS CON EL TELESCOPIO ISAAC NEWTON, DEL OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS, SE PUBLICARON EN SEPTIEMBRE EN LA REVISTA CIENTÍFICA MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY.**





Detalle de la nebulosa IC1396B, situada en la constelación de Cefeo. En rojo aparece la emisión en H-alfa. En negro se distinguen zonas oscurecidas por polvo interestelar. Crédito: Nick Wright. IPHAS

como las nebulosas planetarias y las supernovas”.

Además, la línea de H-alfa es característica de las atmósferas de estrellas muy activas, como por ejemplo las estrellas más masivas de la Vía Láctea, que juegan un papel fundamental en el enriquecimiento químico y la evolución dinámica de nuestra galaxia, así como en los sistemas binarios de estrellas cuya evolución depende de

la interacción gravitacional entre las dos componentes.

El mapa de la Vía Láctea se está realizando con el Telescopio Isaac Newton (INT), de 2,5 m de diámetro, perteneciente al ING e instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma). El último estudio similar de la Vía Láctea desde el hemisferio Norte tuvo lugar en los años 60 del siglo pasado con telescopios más pequeños y métodos de detección obsoletos hoy en día.

INVESTIGADORES:

- Janet E. Drew, Imperial College London
- R. Greimel, ING
- M. J. Irwin, Cambridge University
- A. Aungwerojwit, University of Warwick
- M. J. Barlow, University College London
- R. L. M. Corradi, ING
- J. J. Drake, Harvard Smithsonian Center for Astrophysics
- B. T. Gansicke, University of Warwick
- P. Groot, Radboud Universiteit Nijmegen
- A. Hales, University College London
- E. C. Hopewell, Imperial College London
- J. Irwin, Cambridge University
- C. Knigge, University of Southampton
- P. Leisy, IAC/ING
- D. J. Lennon, ING
- A. Mampaso, IAC
- M. R. W. Mashedi, Bristol University
- M. Matsuura, University of Manchester
- L. Morales-Rueda, Radboud Universiteit Nijmegen
- R. A. H. Morris, Bristol University
- Q. A. Parker, Macquarie University/Anglo-Australian Observatory
- S. Phillips, Bristol University
- P. Rodríguez-Gil, University of Warwick/IAC
- G. Rochefs, Radboud Universiteit Nijmegen
- I. Skillen, ING
- J. L. Sokolowski, Harvard Smithsonian Center for Astrophysics
- D. Stechfs, Harvard Smithsonian Center for Astrophysics
- Y. C. Unruh, Imperial College London
- K. Vironen, IAC
- J. S. Vink, Imperial College London
- N. A. Walton, Cambridge University
- A. Witham, University of Southampton
- N. Wright, University College London
- A. A. Zijlstra, University of Manchester
- A. Zurita, Universidad de Granada

Más información:  
<http://www.imperial.ac.uk/>



# ANATOMÍA DE UN IMPACTO

La página web de la revista *Science* publicó los resultados de la campaña internacional de seguimiento del impacto de la nave *Deep Impact* con el cometa *9P/Tempel 1*, el pasado 4 de julio, que coordinó el uso de 73 telescopios de 35 observatorios alrededor del mundo.

En el artículo se destacan especialmente los resultados obtenidos en el Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma), del IAC, por el grupo de astrónomos internacional liderado por **Javier Licandro**, investigador del Isaac Newton Group of Telescopes (ING) y del IAC. Las excelentes condiciones atmosféricas de este Observatorio permitieron obtener imágenes y espectros de gran calidad con los telescopios *William Herschel* (WHT), *Galileo* (TNG) y *Nórdico* (NOT).

“A partir de estos datos, se ha podido concluir que la corteza (manto) exterior del núcleo cometario está compuesta básicamente de polvo muy fino (microscópico) y tiene varias decenas de metros de espesor; el hielo, componente principal de los cometas, está debajo de este manto”, explica **Javier Licandro**. Los datos revelan que el impacto excavó la corteza, liberando instantáneamente una masa de polvo de aproximadamen-

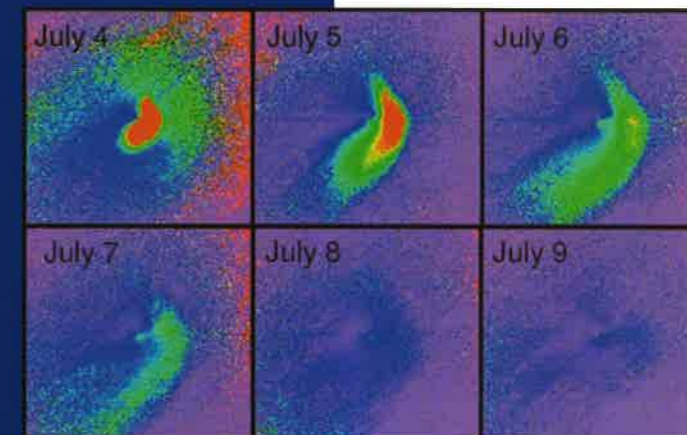


Imagen publicada en el artículo de la revista *Science* donde se muestra la secuencia de imágenes del cometa *Tempel 1* tomadas con el telescopio NOT después del impacto y procesadas de modo tal que se ve únicamente la nube de polvo producida por el impacto de la nave y su evolución posterior. Los colores indican la cantidad relativa de polvo respecto a la que había antes del impacto, donde violeta quiere decir que había igual cantidad y rojo, más del doble. El norte está arriba y el este a la izquierda, cada imagen tiene un tamaño equivalente a 120.000 km en el cometa. La primera fue tomada 16 horas después del impacto, la nube se expande hasta unos 11.800 km, lo que da una velocidad de expansión de 205 m/s. La secuencia de imágenes muestra claramente la evolución de la nube de polvo y como éste se disipó al cabo de 5 días.

**PRIMEROS RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO DEL IMPACTO DE LA DEEP IMPACT CON EL COMETA 9P/TEMPEL 1.**

**LOS DATOS REVELAN QUE LA CORTEZA EXTERIOR DEL NÚCLEO COMETARIO ESTÁ COMPUESTA DE POLVO MICROSCÓPICO DE VARIOS METROS DE ESPESOR, MAYOR DE LO QUE SE PENSABA.**

**EL PROYECTIL NO ALCANZÓ EL NÚCLEO DE HIELO, COMPONENTE PRINCIPAL DE LOS COMETAS.**





Los telescopios William Herschel (WHT), Galileo (TNG) y Nórdico (NOT), instalados en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma).

Más información:  
<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/1118978v1>

te un millón de kg y formó una nube de polvo que se expandió en la dirección suroeste a unos 200 km/h (ver figura). La evolución de esta nube evidenció que el polvo expulsado instantáneamente por el impacto, equivalente al que el cometa eyecta naturalmente durante 10 horas, se disipó en menos de 5 días.

Del mismo modo, las observaciones han mostrado que el manto de polvo debe tener un espesor de varias decenas de metros. El proyectil no penetró por debajo de este manto ni alcanzó el núcleo de hielo ya que no se detectó un incremento notable de la actividad del cometa más allá del polvo liberado durante el impacto. "De haberse alcanzado la capa de hielo —señala **Licandro**—, se debería haber generado una nueva región de sublimación de agua, que habría aumentado notablemente la cantidad de gas y polvo emitida los días posteriores. Sin embargo, a sólo 5 días del impacto, el cometa lucía casi exactamente como el día anterior al mismo.

Actualmente se sigue estudiando la gran cantidad de datos obtenidos. Los investigadores participantes en la campaña se reunirán el próximo año en Bruselas, en el congreso "Deep Impact as a World Observatory Event — Synergies in Space, Time and Wavelength". Este congreso, al que el investigador Javier

Licandro ha sido invitado a participar como miembro del Comité Científico, tiene como propósito principal el que los diferentes grupos asistentes pongan sus resultados y datos en común, de modo que el estudio coordinado de los mismos sirva para obtener el máximo resultado científico de esta campaña internacional sin precedentes.

Los cometas son cuerpos primitivos, residuos de la formación del Sistema Solar. Los materiales que los constituyen están entre los menos modificados desde que se formaron los planetas y tienen por tanto información básica sobre cómo era el Sistema Solar en sus comienzos. Se trata de objetos de gran interés para la Astrofísica, como lo demuestran las múltiples misiones espaciales dedicadas a su estudio. Los resultados obtenidos constituyen un salto cualitativo muy importante ya que han permitido por vez primera estudiar el material que se encuentra por debajo de su superficie.

El equipo científico que realizó las observaciones en el Observatorio del Roque de los Muchachos está formado por los astrofísicos Javier Licandro (ING-IAAC), Miquel Serra Ricart (IAC), Julia de León Cruz (IAC), Noemi Pinilla Alonso (TNG-IAAC), M. Teresa Capria (INAF, Italia), Rafael Barrera (IAC) y Mischea Schrimmer (ING).



## EL UNIVERSO EN LAS ESTRELLAS



Imagen de NGC3109 en color pseudocolor tomada con el telescopio LCO de 2,5 m. (Chile). Crédito: Hidalgo, Aparicio y Gallart, 2005.

La revista con mayor repercusión en el ámbito de la Astrofísica, *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics* (ARA&A), publicó en octubre un extenso artículo encargado a la investigadora del IAC, la Dra. **Carme Gallart**, y realizado en colaboración con la Dra. **Manuela Zoccali** (Universidad de Chile) y el Dr. **Antonio Aparicio** (Universidad de La Laguna e IAC). El artículo, "The Adequacy of Stellar Evolution Models for the Interpretation of the Color Magnitude Diagrams of Resolved Stellar Populations", analiza los diferentes aspectos que unen la teoría de la evolución estelar y el estudio de las poblaciones estelares a través del diagrama de Hertzsprung-Russell (HR) o color-magnitud (CM).

### La vida estelar

La teoría de la evolución estelar se refiere a la Física de los procesos que tienen lugar en el interior de las estrellas y que

regulan su funcionamiento, sus condiciones de luminosidad y temperatura, la producción de los elementos químicos y el desenlace del final de sus vidas. Pero trascendiendo a las propias estrellas y es fundamental para la comprensión de las propiedades de la generalidad de los objetos del Universo, incluidas las galaxias y los cúmulos estelares. "No puede ser de otro modo porque las propiedades de estos objetos se pueden caracterizar a través de los ritmos de formación de estrellas y las edades y distribuciones espaciales de las distintas poblaciones estelares", explica **Carme Gallart**.

El diagrama HR o CM desempeña un papel muy importante en estos estudios. En él se representan las luminosidades de las estrellas de una galaxia en función de sus temperaturas. La distribución de estrellas en el diagrama HR es un reflejo de la distribución de sus edades y "metallicidades" (fracción

**INVESTIGADORES DEL IAC PUBLICAN UN ARTÍCULO DE FONDO SOBRE LA EVOLUCIÓN ESTELAR Y SU APLICACIÓN AL ESTUDIO DE LAS GALAXIAS POR INVITACIÓN DE LA REVISTA CIENTÍFICA ANNUAL REVIEWS OF ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS.**



en masa de elementos químicos más pesados que el helio), que son las variables necesarias para el estudio de las propiedades de las galaxias en este contexto. Según **Carme Gallart**, "la teoría de evolución estelar constituye el importante nexo de unión que nos permite pasar de las posiciones sobre el diagrama HR a las edades y metalicidades de las estrellas, abriendo, por tanto, una importante vía para el estudio de la evolución de las galaxias y las condiciones de su formación".

#### Conexión con galaxias

El avance que ha tenido la teoría de la evolución estelar, unido al progreso de los medios observacionales, ha supuesto un considerable adelanto en el conocimiento de las propiedades de las galaxias de nuestro entorno y, por extensión, de las galaxias en general, mediante el estudio de sus

poblaciones estelares. "Como la precisión de nuestras conclusiones sobre las poblaciones estelares depende de la precisión de las predicciones de la teoría de la evolución estelar —señala **Antonio Aparicio**—, es necesario saber cuáles de estas predicciones son fiables y cuáles lo son menos: con qué seguridad podemos asumir cada una de ellas; cuáles proporcionan información precisa y cuáles sólo indicativa o, incluso, a veces, confusa".

La revista ARA&A edita un sólo número anual, en el que publica una quincena de artículos de revisión sobre algunos de los problemas de mayor interés en la investigación del momento. Por ello, se espera que este trabajo constituya una referencia clave para los investigadores que aborden estas cuestiones durante el próximo decenio.

## MEDIO INTERESTELAR

«Un modelo para el medio interestelar inhomogéneo»

CORRADO GIAMMANCO

Director: John E. Beckman (IAC)

Fecha: 15/07/2005

En los últimos años se han presentado numerosos trabajos sobre las propiedades del medio interestelar e intergaláctico ionizado, pero pocos han intentado resolver los problemas de la inhomogeneidad en densidad, por un lado, y de sus consecuencias sobre la propagación de los fotones Lyman, por otro. Estos dos temas han proporcionado el punto de partida del trabajo de esta tesis. En ella, en primer lugar, realizamos un modelo de tipo estadístico para las regiones HII inhomogéneas, donde la limitación en densidad, o pérdida de fotones Lyman, surge como consecuencia directa de la inhomogeneidad. Comparando las predicciones del modelo con los datos en diferentes planos de diagnóstico, averiguamos que estas dos hipótesis son compatibles con las observaciones. Además, encontramos que la morfología de la distribución de los datos en algunos de estos diagramas está mejor reproducida por los modelos inhomogéneos que llamamos "de grumo opaco". Por lo general, analizando los diagramas de diagnóstico se observa que el efecto global de la limitación en densidad se traduce en un incremento del parámetro de ionización. Incrementos de la misma magnitud se pueden obtener aumentando el número de fotones que ionizan la región, lo cual indica que los diagramas de diagnóstico están degenerados en el "factor de escape" y el número de fotones ionizantes. Esta degeneración se puede resolver por medio de un nuevo plano de diagnóstico, o bien evaluando directamente el factor de escape por medio de algunas razones entre las líneas de azufre, como se expone a lo largo de la tesis.

Una de las consecuencias directas del modelo de grumo opaco es la presencia de una fracción importante de gas neutro dentro de la región, fracción que es, por otro lado, necesaria para justificar el comportamiento dinámico de las regiones HII. Además, la masa neutra presente en las regiones HII es uno de los dos elementos necesarios para reproducir las fluctuaciones de temperatura con las amplitudes observadas en las mismas. En las regiones HII se puede definir una temperatura promedio y una desviación cuadrática con respecto al promedio, que por convención recibe el nombre de "fluctuación de temperatura". Los códigos de fotoionización (sin otros efectos) son capaces de predecir de forma satisfactoria la temperatura promedio de las regiones, pero fallan a la hora de predecir la desviación cuadrática. En este contexto proponemos una teoría mediante la cual se explican las fluctuaciones de temperatura por medio de un efecto combinado entre la presencia de masa neutra y de rayos cósmicos de baja energía producidos dentro de las propias regiones. El panorama que proponemos es el siguiente: los fotones Lyman consiguen ionizar una fracción limitada del gas presente en la región HII y, dado que por cada evento de ionización se destruye un fotón Lyman, el gas más expuesto a la radiación protege las zonas situadas tras este gas.

Dentro de una misma región HII coexisten entonces unas zonas ionizadas y otras neutras. En el caso particular de un modelo de grumo opaco los fotones consiguen ionizar solo la parte externa de los grumos expuesta directamente a la radiación, mientras las partes internas y posteriores quedan en el estado neutro. Sin embargo, las partículas de alta energía, producidas por los vientos

de las propias estrellas que fotoionizan las regiones, pueden atravesar el volumen completo de la región sin apenas variar su energía, dado que por cada evento de ionización ceden al medio sólo una parte pequeña de ella. Estas partículas son, por lo tanto, capaces de ionizar ligeramente el medio que no han ionizado previamente los fotones, y pueden calentarlo hasta temperaturas de alrededor de 100K. Dentro de la región HII se generan así dos fases, una caliente (gas fotoionizado), y otra fría (gas ionizado por los rayos cósmicos). Finalmente, la diferencia de temperatura entre las dos fases y las proporciones de ellas ionizadas determinan las fluctuaciones de temperatura que se observan. Los ritmos de ionización por rayos cósmicos, necesarios para obtener este efecto, son comparables con el estimado por el flujo de rayos cósmicos observado en Orión, y la fracción de masa neutra es comparable con la fracción observada en NGC 604. Tras un breve análisis sobre el origen de los rayos cósmicos dentro de las regiones HII, concluimos que este mecanismo es capaz de generar las fluctuaciones de temperatura observadas.



Detalle de la Nebulosa El Águila o M16. Imagen de una región HII obtenida con el Telescopio IAC-80, del Observatorio del Teide. Foto: Miquel Serra-Ricart (IAC).



## NEBULOSAS PLANETARIAS

«Determinación de distancias a nebulosas planetarias»

SILVANA G. NAVARRO JIMÉNEZ

Directores: Romano Corradi (ING) y Antonio Mampaso (IAC)

Fecha: 26/07/2005

La determinación de distancias a nebulosas planetarias (NP) es un problema no resuelto aún, en lo que a las planetarias de nuestra galaxia se refiere. Las determinaciones que se encuentran en la literatura llegan a diferir por factores de tres o más para un mismo objeto. Con los métodos individuales utilizados hasta la fecha, se obtienen precisiones del orden del 20 ó 30%; sin embargo, únicamente pueden ser aplicados a un número restringido de objetos. Por su parte, los métodos estadísticos, que pueden aplicarse a un gran número de objetos, no nos proporcionan determinaciones individuales precisas y sólo son válidos para estudiar propiedades estadísticas de las planetarias.

En este trabajo analizamos los diversos métodos de determinación de distancias a NP, y elegimos utilizar el método de extinción-distancia por tratarse del método que ofrece la posibilidad de ser aplicado a un mayor número de estas nebulosas y de proporcionar, a la vez, una precisión razonable.

El método de extinción-distancia se basa en la determinación de la extinción promedio en la dirección de cada NP. Para conseguir este objetivo es necesario determinar la extinción de un gran número de estrellas a lo largo de la línea de visión de cada planetaria y en la región que la rodea, para así garantizar una adecuada determinación estadística. Esto representó un gran esfuerzo tanto observacional como de análisis y reducción de datos. La determinación de la extinción de cada estrella exige el conocimiento, lo más preciso posible de su tipo espectral, el cual, unido a la fotometría en banda ancha de cada una de estas estrellas permite construir el diagrama enrojecimiento-distancia.

La necesidad de clasificar la gran cantidad de espectros estelares observados (2.100) nos impulsó a investigar e implementar métodos de clasificación espectral alternativos a los tradicionales, que nos permitieran realizar una clasificación precisa de forma más rápida y sistemática.

En esta tesis hemos desarrollado un sistema de clasificación automática basado en dos etapas de redes neuronales artificiales (RNA) que nos permite obtener una precisión superior a dos subtipos espectrales en espectros con relación señal a ruido considerada tradicionalmente insuficiente para la clasificación espectral. Por supuesto, la precisión mejora notoriamente al clasificar espectros con mayor señal a ruido.

El catálogo de entrenamiento de las redes neuronales es fundamental para lograr una clasificación espectral correcta. Para construirlo se realizó un análisis detallado de las líneas y parámetros espectrales que se utilizan tradicionalmente en la clasificación espectral, así como de algunas otras líneas que, aunque fuera de la región espectral utilizada tradicionalmente, son útiles para realizar la clasificación. Sobre la base de este análisis, se eligieron las líneas espectrales más adecuadas para la clasificación de nuestros espectros, tomando en cuenta sus características de resolución, intervalo espectral y cociente señal a ruido.

Los catálogos de entrenamiento y validación de las redes se construyeron, por tanto, con las medidas de este conjunto de índices realizadas, tanto en los espectros de referencia, como en una serie de espectros con cociente señal a ruido semejante a la de los espectros a clasificar.

En este trabajo se realizó el entrenamiento y validación de un importante número de redes neuronales con diversas arquitecturas y parámetros de entrada.

Los resultados obtenidos se evaluaron en cuanto a precisión en la clasificación, aplicando las redes ya entrenadas a los espectros de las estrellas de referencia observadas por nosotros y, finalmente, se eligieron las redes que minimizaran el error en la clasificación.

La clasificación espectral obtenida con las redes neuronales así elegidas se utilizó para construir los diagramas enrojecimiento-distancia y obtener con ellos la distancia a las planetarias. Presentamos la distancia a las primeras tres nebulosas planetarias: NGC 6781, NGC 7027 y NGC 6537 con una incertidumbre del orden o menor al 30% utilizando espectros con una relación señal a ruido tan baja como 20.

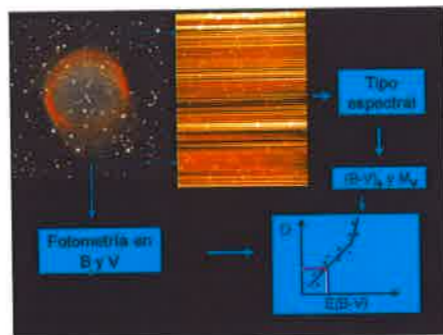


Diagrama sobre la aplicación del método de extinción-distancia.

## ESTRELLAS MASIVAS

«Estudio de estrellas masivas con espectros de alta resolución en el UV-lejano, UV y visible»

MIRIAM GARCÍA GARCÍA

Directores: Luciana Bianchi (JHU, EE.UU.) y Artemio Herrero (IAC)

Fecha: 15/12/05

Las estrellas masivas juegan un papel fundamental en la formación y evolución de estructuras en el Universo por su aporte de materia, energía y momento al medio interestelar y por su contribución a la nucleosíntesis galáctica y cósmica. Las estrellas masivas más calientes sufren vientos propulsados por radiación que pueden detectarse en los espectros de resolución media de estrellas individuales hasta el cúmulo de Virgo y que dominan la apariencia espectral de galaxias *starburst* aún más lejanas. Pueden encontrarse huellas del viento estelar en cualquier rango de longitudes de onda, pero los espectros ultravioleta (UV) y UV-lejano son especialmente prolíficos en líneas formadas en la atmósfera en expansión.

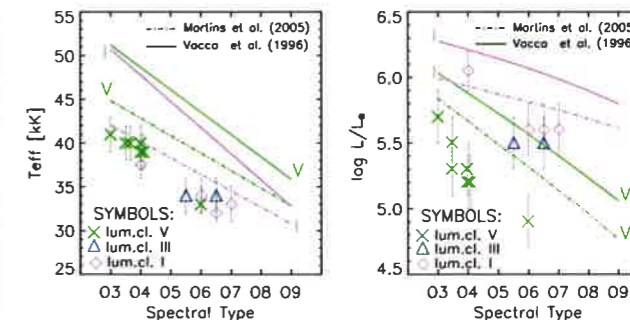
El trabajo de tesis que presentamos está dedicado al estudio de un grupo de estrellas masivas calientes con espectros del telescopio *Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer* (FUSE,  $\lambda 905-1.187\text{\AA}$ ) complementados con datos del archivo del *International Ultraviolet Explorer* (IUE) y del *Hubble Space Telescope* (HST) para el rango  $\sim \lambda 1150-1.800\text{\AA}$ . Los datos se han analizado con espectros sintéticos calculados con el código *WM-basic* (Pauldrach *et al.* 2001), que produce modelos unificados de simetría esférica de las atmósferas en expansión con un tratamiento preciso de los efectos de NETL y del bloqueo de líneas en las capas sub- y supersónicas. Como apoyo para el análisis construimos una red de modelos *WM-basic* que, por comparación con las observaciones, nos permite acotar los valores de los parámetros estelares. Con la ayuda de la red es posible estudiar también la variación de las líneas espectrales y del equilibrio de ionización en función de las diferentes propiedades de la estrella. Las posibles aplicaciones de la red van más allá de este trabajo de tesis e incluyen la comparación de *WM-basic* con otros códigos, el estudio de regiones HII y la determinación de la ley de extinción. Ampliaciones posteriores de la red podrán usarse también como librería de modelos estelares de entrada para códigos de síntesis de poblaciones.

La parte central de la tesis consiste en el análisis espectroscópico cuantitativo de una muestra de estrellas de la Vía Láctea con tipos espectrales O temprano y medio. Sus espectros FUSE e IUE fueron ajustados de forma conjunta con modelos *WM-basic*. El rango de FUSE es rico en líneas del viento insaturadas que, combinadas con las transiciones espectrales en el rango de IUE, permiten obtener una solución consistente de todos los parámetros estelares (temperatura efectiva, gravedad, radio, tasa de pérdida de masa, velocidad terminal y choques en el viento) y del equilibrio de ionización en el viento. El doblete de OVI  $\lambda\lambda 1.031,9, 1.037,6$ , contenido en el rango de FUSE, juega un papel decisivo en la caracterización de los choques en el viento y, en particular, en la cuantificación de la radiación que las zonas de enfriamiento emiten en los rangos UV-extremo y rayos X. Ésta es responsable de que se alcancen tan altos estados de ionización de oxígeno y

otros elementos en el viento, y se ha incluido de forma consistente en nuestro análisis.

Nuestro resultado principal es la obtención de una nueva escala de temperaturas para los subtipos espectrales que cubre la muestra, O3-O7. Los valores de temperatura derivados para las estrellas analizadas son menores que los determinados en trabajos previos en todos los casos y que los que las calibraciones de Vacca *et al.* (1996) y Martins *et al.* (2005) asignan a su tipo espectral.

Por último, hemos presentado los primeros espectros UV-lejano de estrellas en M31 y M33, a nuestro alcance gracias a la mayor sensibilidad de FUSE. Los espectros FUSE proporcionan información cualitativa importante acerca de los vientos de las estrellas de M31 y M33 y de su metalicidad. En una muestra reducida de estrellas de M33, los datos son consistentes con la existencia de un gradiente de metalicidad en esta galaxia. El estudio de la morfología de objetos en M31 y M33 en el rango UV-lejano es un primer paso indispensable para futuros trabajos cuantitativos.



Temperaturas efectivas (izquierda) y luminosidades (derecha) derivadas para la muestra de estrellas analizada durante la tesis, representadas en función de sus tipos espectrales. Los valores obtenidos están por debajo de las calibraciones para todos los tipos espectrales y clases de luminosidad.



## INTERACCIÓN ESTELAR

«Interacción de estrellas masivas con el medio interestelar en regiones HII galácticas»  
 SERGIO SIMÓN DÍAZ  
 Directores: Artemio Herrero y César Esteban (IAC)  
 Fecha: 19/12/2005

Esta tesis está enfocada hacia el estudio de la interacción de las estrellas masivas con el medio interestelar ionizado en dos regiones HII galácticas.

Se presentan dos estudios bien diferenciados. El primero trata de la comparación de abundancias químicas en la región de formación estelar asociada con la Nebulosa de Orión (M42), obtenidas a partir de métodos estelares y nebulares. El segundo se dirige hacia la construcción de un modelo de fotoionización detallado de la Nebulosa de Marian (M43) mediante la comparación de las predicciones de los modelos con un gran número de observables de distinto tipo.

Para los propósitos de esta tesis, se ha obtenido un conjunto de datos observacionales de varios tipos. Estos datos incluyen espectroscopia de rendija larga en el rango óptico de las estrellas masivas presentes en las nebulosas M42 y M43, e imagen en filtro estrecho de la nebulosa M43. Además, se han recuperado los datos espectroscópicos de M43 utilizados por M. Rodríguez en un estudio previo de esta nebulosa.

Se ha hecho uso del modelo de atmósfera estelar de última generación FASTWIND para establecer los parámetros estelares y las abundancias de oxígeno y silicio de las estrellas de Orión. La fiabilidad de las abundancias obtenidas se basa en un análisis detallado previo que se realiza para la estrella  $\tau$  Sco, una estrella B0.2V con líneas estrechas (debido a su baja velocidad proyectada). Se ha encontrado buen acuerdo entre la abundancia estelar de oxígeno obtenida para las estrellas de Orión y la estimada previamente por Esteban et al. (2004) para el contenido nebular en fase gaseosa. Este resultado sugiere un factor de deposición en polvo para el oxígeno nebular en M42 menor del que se venía considerando hasta ahora. Las abundancias estelares de silicio son mayores que las que se obtienen a partir del estudio del espectro FUV de M42. Este resultado permite confirmar el depósito de cierta cantidad de silicio nebular en granos de polvo.

La nebulosa M43 es una región HII aparentemente esférica ionizada por una sola estrella (HD37061, B1V). Los parámetros estelares de la estrella ionizante, obtenidos mediante el análisis de su espectro óptico con FASTWIND, se han utilizado como entrada del modelo de atmósfera estelar WM-basic para modelar su distribución de flujo ionizante. Esta distribución espectral de energía, junto con las abundancias nebulares obtenidas a partir

del análisis del espectro óptico de M43, y los parámetros morfológicos y fotométricos inferidos de las imágenes de la nebulosa en filtros estrechos, se han utilizado como entrada del código de fotoionización CLOUDY para construir modelos de la nebulosa «a medida». Se han considerado dos tipos de modelos esféricos: con densidad constante y con una ley de densidad obtenida a partir del ajuste del perfil de brillo superficial en H $\alpha$ . Finalmente, se han dado los primeros pasos en el modelado de la nebulosa mediante el código CLOUDY-3D, un código pseudo-3D que permite construir modelos con geometrías de tipo «ampolla».



Las regiones HII galácticas M42 (Orión) y M43 (Marian) han sido seleccionadas en esta tesis para realizar un estudio detallado de la coherencia de resultados obtenidos mediante técnicas estelares y nebulares. Crédito: NASA, ESA, M. Robberto (Space Telescope Science Institute/ESA) and the Hubble Space Telescope Orion Treasury Project Team.

## ESTRELLAS VEGA Y PROCIÓN

«Estudio óptico-UV de estrellas de tipo medio y tardío»  
 ALEJANDRO M. GARCÍA GIL  
 Director: Ramón J. García López (IAC)  
 Fecha: 20/12/2005

En esta tesis presentamos un análisis cuantitativo de los espectros ultravioleta (UV) cercano, óptico e infrarrojo (IR) cercano de las estrellas Vega y Proción, con el propósito de determinar sus propiedades físicas así como sus abundancias químicas superficiales.

Hemos comparado diferentes espectros observados con espectros sintéticos considerando en detalle las opacidades metálicas para escoger entre ellos. Este aspecto es especialmente importante en el ultravioleta, ya que hay una controversia sobre cuál es la mejor escala de flujo: la del Telescopio Espacial Hubble (HST) o la de INES, calibrada directamente a partir del satélite International Ultraviolet Explorer (IUE). La comparación de los flujos sintéticos del UV cercano, del visible y del IR cercano con los observados favorece la escala de flujo del HST sobre la escala de INES. También hemos obtenido nuevos espectros de resolución intermedia de Proción con STIS a bordo del HST y espectros de alta resolución de Vega desde el Observatorio McDonald.

Hemos derivado la temperatura efectiva y la metalicidad a partir de modelos de atmósfera en equilibrio termodinámico local (ETL), fijando la gravedad superficial, comparando flujos sintéticos con el observado en regiones donde



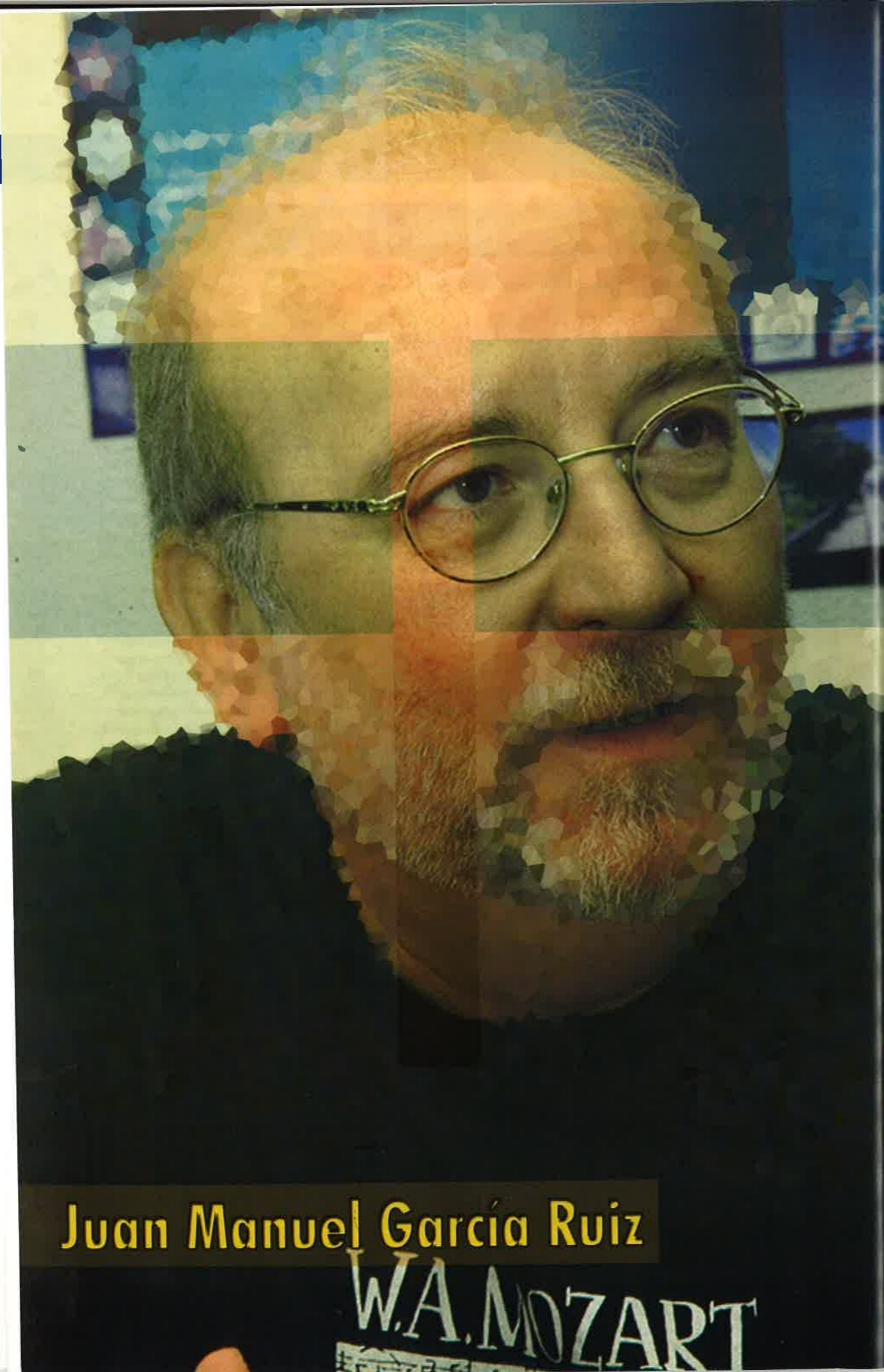
la opacidad del continuo de elementos distintos al hidrógeno no es importante, lo que suele ser válido en la región visible.

Utilizando los parámetros previamente derivados, hemos identificado los principales contribuyentes a la opacidad del continuo en Vega y Proción. Las abundancias químicas de estos principales contribuyentes han sido investigadas comparando flujos sintéticos con el observado en el ultravioleta en regiones donde la opacidad del continuo producido por estos elementos es importante. También hemos derivado abundancias químicas a partir de líneas espectrales del visible y comparado los resultados con los obtenidos usando la región ultravioleta.

Finalmente, hemos llevado a cabo un estudio del espectro de Vega usando modelos estelares con rotación rápida, comparando los flujos sintéticos con el observado. De esta manera hemos obtenido nuevos parámetros físicos (velocidad de rotación, inclinación del eje de rotación, temperatura efectiva y gravedad polar y ecuatorial, metalicidad y microturbulencia) y abundancias químicas fotosféricas. La alta velocidad de rotación y la baja inclinación obtenidas son consistentes con otros trabajos que tienen en cuenta la rotación, mientras que la microturbulencia y la velocidad ecuatorial proyectada obtenidas comparan bien con los resultados donde el efecto de la rotación rápida sobre la superficie estelar y sobre el flujo emitido no fue considerado. Se han obtenido diferentes valores de la gravedad, la temperatura efectiva y algunas abundancias al tener en cuenta el efecto de la velocidad de rotación en detalle.

A la izquierda, imagen combinada B (azul), R (verde), I (rojo) tomada del Digital Sky Survey centrada en Vega ( $\alpha$  Lyrae).





Juan Manuel García Ruiz

W.A. MOZART

## JUAN MANUEL GARCÍA-RUIZ



Laboratorio de Estudios Cristalográficos (LEC) del CSIC en Granada

Recoge un dicho popular que todo depende del cristal con que se mire. Pero, si en lugar de utilizarlos para ver a través de ellos, observamos lo que hay dentro, descubrimos que los cristales están formados por un apilamiento ordenado de moléculas. Nuestra comprensión del mundo aumenta si hallamos un cierto orden. Con las moléculas ocurre lo mismo. Si queremos entender su estructura y funcionamiento, lo mejor es hacer con ellas un cristal. Como demostró, Juan Manuel García-Ruiz, director del Laboratorio de Estudios Cristalográficos del CSIC, en Granada, en las dos charlas que dio el pasado mes de noviembre: la primera de ellas, en la facultad de Física y Matemáticas de la Universidad de La Laguna, sobre cristalización de proteínas en el espacio; y la segunda, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, sobre el origen de la vida en la Tierra. En ellas intentó dar algunas claves sobre dos cuestiones fundamentales de la bioquímica actual: conocer la estructura de las proteínas para actuar sobre muchas enfermedades y entender el salto de la materia inorgánica a los seres vivos.

### BIOQUÍMICA Los cristales y la vida



## BIOQUÍMICA

### Los cristales y la vida



¿Qué es la proteómica?

«La proteómica consiste en desvelar la estructura de las proteínas, éstas son moléculas enormes que juegan un papel esencial en el funcionamiento de los seres vivos. De la misma manera que la genómica estudia los genes y sus funciones, la proteómica estudia el conjunto completo de proteínas que se pueden obtener de un genoma o material genético de un individuo. Si queremos entender la vida a nivel molecular, si queremos actuar contra las enfermedades, la genómica es interesante pero mucho más interesante es lo que viene después, ya que las proteínas son las que realmente hacen el trabajo y muchas enfermedades están ligadas al mal funcionamiento de una proteína.»

¿Para qué sirve cristalizar proteínas?

«No podemos conocer directamente la estructura de una proteína, ya que no existen microscopios lo suficientemente potentes para "verla". La única forma de conocer exactamente cómo están dispuestos los átomos que forman una proteína determinada es cristalizándola.»

¿En qué consiste cristalizar una proteína?

«Se trata de hacer que las moléculas de proteínas en una disolución se agrupen de forma ordenada en el espacio, como cuando apilas ladrillos o cubitos de azúcar. Curiosamente, aquello a lo que llamamos cristal, como los de las ventanas o las botellas, son vidrios amorfos, es decir, sus moléculas no están ordenadas en el espacio.»

Pero parece algo artificial, las proteínas no se presentan como cristales en la naturaleza...

«Efectivamente, ésa fue una de las dudas que surgió cuando se empezaron a utilizar las técnicas de cristalización con las proteínas, ya que no se encuentran como cristales en el cuerpo. Sin embargo, una vez cristalizada, compruebas que la función biológica que cumple esa proteína, se mantiene. Eso es debido a que casi el 70% de un cristal de proteína es agua, o sea que el ambiente en el que está la proteína en un cristal es prácticamente el mismo que en el cuerpo humano.»

¿Cómo lo hacen, qué técnicas utilizan?

«Las moléculas están en el agua moviéndose con un movimiento browniano, un 'paseo de borracho' muy desordenado, lo que hacemos es introducir en la disolución un agente precipitante, como sales o polímeros, cuya labor es hacer que las moléculas de proteínas se acerquen unas a otras, tan cerca que en un momento determinado quedan enlazadas. Son técnicas muy delicadas y es muy difícil, de hecho sólo se tiene éxito en un 5% de las proteínas.»

En el Laboratorio de Estudios Cristalográficos de Granada (LEC) han ideado un procedimiento novedoso para la cristalización de proteínas, el Granada Crystallisation Box (GCB). ¿En qué consiste?

«Sí, es una técnica que facilita mucho la cristalización de proteínas y la obtención de cristales de mejor calidad. Utilizamos unas cajas de poliestireno donde metemos unos capilares muy finitos, similar al diámetro de un cabello humano, y un gel que permite que las moléculas se muevan lentamente por difusión. Metemos las proteínas en estos capilares y hacemos pasar el agente

precipitante (el compuesto que induce la unión de las moléculas de proteínas), muy lentamente a través del capilar. Al principio del tubo capilar, cuando la concentración del agente precipitante es muy alta, se forma una masa de cristales minúsculos de muy mala calidad. Pero a medida que el agente pasa a través del tubo y su concentración decae, se forman menos cristales pero mayores y de mejor calidad.»

Además, han utilizado la GCB para diseñar un experimento que cristaliza proteínas en el espacio. ¿Qué ventajas tiene el espacio sobre la Tierra para este experimento?

«Para la cristalización es conveniente evitar el movimiento turbulento. Esto se puede conseguir con el gel, del que hablamos antes, o en el espacio. La ventaja del espacio es que las moléculas se adhieren muy lentamente, por la falta de gravedad, con lo que mejoramos la calidad del cristal.»

¿Qué diferencia hay entre esta nueva técnica y las anteriores?

«Fundamentalmente que en las anteriores tienes que encontrar las condiciones óptimas de cristalización; qué agentes precipitantes se utilizan, a qué concentraciones, qué valor de pH, etc. Ahora, con la GCB, es la propia técnica la que busca las condiciones óptimas de cristalización. Además, al conseguir la mejor calidad posible de cristales, se economiza mucha proteína. Eso es muy importante porque hay muy pocas proteínas disponibles y son muy caras. Hablo de proteínas, pero también se puede cristalizar cualquier macromolécula biológica, como los ácidos nucleicos o los virus.»

¿También se cristalizan virus?

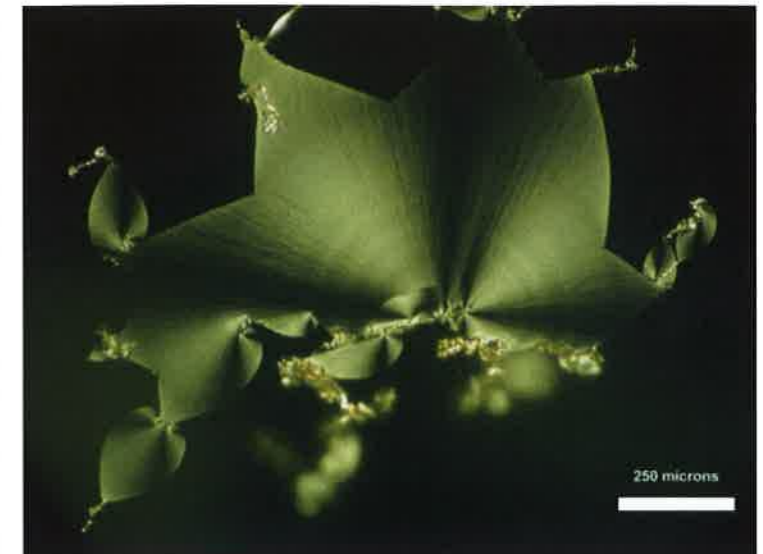
«Sí, no tienen ni más ni menos dificultad que una proteína.»

¿Qué aplicaciones tiene, en la práctica, cristalizar proteínas?

«Muchas, la más importante es el diseño de fármacos que actúen sobre las proteínas. Como ya dijimos, existen numerosas enfermedades que se deben a que las proteínas no funcionan bien. Si conocemos la estructura del centro activo de esa proteína, será más fácil diseñar el fármaco que se acopla a ese centro activo. Es como si el centro activo de la proteína fuera la cerradura y el fármaco la llave que se ajusta a esa cerradura. La cristalización de macromoléculas también tiene aplicaciones en cosmética: por ejemplo, el color de los polvos cosméticos depende del tamaño y la forma de los cristales. Y en la alimentación, para conseguir la textura del chocolate o para el azúcar que tomamos normalmente, que es en forma de cristales.»

¿Se pueden fabricar proteínas artificialmente?

«Hasta ahora no. No sabemos cómo la vida se las ingenió para crear moléculas tan complejas como las proteínas. Pero sería fascinante conocer cómo fabricarlas. La vida, nuestro organismo por ejemplo, funciona con un rendimiento energético bastante bueno, muy limpio, ya que no utiliza una energía que contamine, y tremendamente eficaz: mucho de todo eso funciona con proteínas. Hay una tendencia hoy en día a crear materiales que imitan a la vida: biomiméticos.»



Estructura auto-ensamblada de carbonato de bario y sílice con forma de cardioide. Éste es un ejemplo de sistema inorgánico que imita las formas de la vida. Crédito: J.M. García-Ruiz, S.T. Hyde, A. Carnerup, A.G. Christy, M.J. Van Kranendonk, N.J. Welham, Self-assembled silica - carbonate structures and detection of ancient microfossils. Science 302 (2003) 1194-1197.

«La Tierra es un laboratorio que lleva todo ese tiempo creando esos nuevos y maravillosos dispositivos.»



## BIOQUÍMICA Los cristales y la vida

ENTREVISTA  
CON JUAN MANUEL GARCÍA-RUIZ



«La vida es un proceso en el que la reproducción se realiza con errores para poder cambiar ajustándose al medio.»

Porque lo cierto es que la vida lleva al menos 600 millones de años haciendo nuevos materiales, nuevos procesos, creando nuevos dispositivos de adaptación, podemos decir que la Tierra es un laboratorio que lleva todo ese tiempo creando esos nuevos y maravillosos dispositivos.»

¿Dónde estaría la frontera entre el mundo inorgánico y el biológico?

«Desde el punto de vista del funcionamiento, la vida es un proceso en el que la reproducción se realiza con errores para poder cambiar ajustándose al medio. Es decir, que haya herederos con diferentes capacidades para enfrentarse al medio y que se produzca una selección natural darwiniana. Ésa es la vida que conocemos: un sistema de información capaz de reproducirse con fallos. Sin embargo, no conocemos ningún sistema inorgánico que tenga esa capacidad. Pero sí sabemos que existen sistemas inorgánicos que son capaces de emular la "morfología" de la vida primitiva. Nosotros lo estamos haciendo con sílice y carbonatos. Hacemos estructuras completamente abióticas y autoensambladas, pero que emulan la morfología de la vida. Entonces, a la hora de detectar restos de vida primitiva en este planeta o en otro, si nos encontramos con microestructuras con formas características de la vida, ¿hasta qué punto podemos estar seguros de ello? Pueden ser formas que hayan sido creadas «abióticamente» y nosotros por herencia cultural pensemos que son signos de vida.»

¿Se refiere a formas de vida primitiva?

«Sí, claro, eso sólo curre con formas de vida primitiva. Llega un momento en que la morfología se hace tan complicada, que no hay ningún sistema inorgánico capaz de autoensamblarse.»

¿Serían entonces organismos vivos?

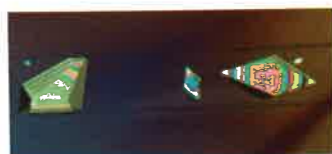
«No necesariamente. Sólo emulan las formas. Esto no quiere decir que estén vivos.»

¿Qué se consigue con eso?

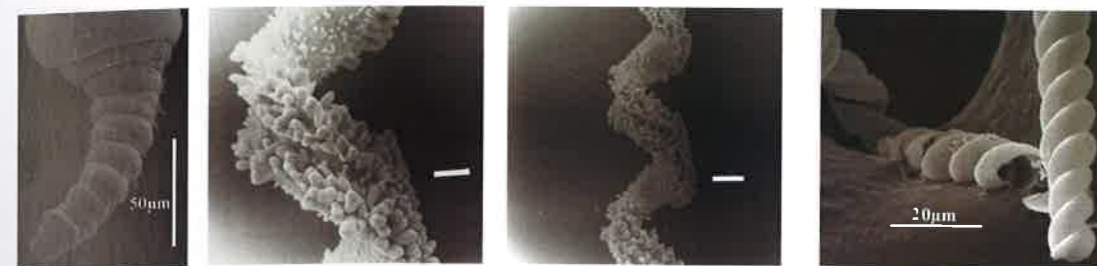
«Aparte de la aplicación a la detección de vida primitiva fósil, nos sirve para conocer mejor el mundo inorgánico, qué transición puede haber entre este mundo inorgánico y el orgánico, hasta qué punto hay una ligazón entre la química inorgánica y la química prebiótica, es decir, la que dio lugar a la vida.»

De los organismos que existen actualmente en la Tierra, ¿está clara la frontera entre el mundo inorgánico y la vida?

«No hemos conseguido hacer ningún sistema autoensamblado que sea capaz de manifestar propiedades complejas de los sistemas biológicos, excepto las morfológicas. El problema es que no sabemos cómo se originó la vida en la Tierra. Aunque se suele decir que estamos muy cerca, en realidad estamos muy lejos todavía. Desde los años sesenta, después del famoso experimento de Miller, se ha "vendido" la idea de que como se sintetizaron abióticamente aminoácidos en el laboratorio, ya es fácil el paso siguiente. Pero de un aminoácido a una proteína hay un paso enorme. Una proteína es una secuencia de aminoácidos que es capaz de realizar una función, y no sabemos cómo se sintetizaron las proteínas. Tenemos muy poca información sobre cómo se originó la vida en la Tierra, si fue un acontecimiento único, o si se está dando hoy en día.»



Cristales de proteínas obtenidos en la Estación Internacional del Espacio mediante la técnica de contradifusión usando la Granada Crystallisation Box. Crédito: En J.M. García-Ruiz, Counterdiffusion Methods for Macromolecular Crystallization. *Methods in Enzymology*, Vol. 368 (2003) 130-154.



Estructuras helicoides que se originan a partir de láminas planas. Están formadas por millones de cristallitos de carbonato de bario con un tamaño de unas pocas centésimas de micra. Créditos: imagen de la izquierda, en J.M. García-Ruiz, S.T. Hyde, A. Carnerup, A.G. Christy, M.J. Van Kranendonk, N.J. Welham. Self-assembled silica-carbonate structures and detection of ancient microfossils. *Science* 302 (2003) 1194-1197; imágenes centrales, en J.M. García-Ruiz. Inorganic self-organization in precambrian cherts. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 24 (1994) 451-467. Cuando se disuelve el carbonato, el helicoide se preserva como una piel delicada de sílice amorfa (imagen de la derecha). Crédito: A. Carnerup y S. Hyde.

¿En qué consiste el organismo vivo más sencillo?

«Es una pregunta sobre la que hay una enorme discusión, ¿a qué se considera el origen de la vida tal y como la conocemos? Hay quien piensa, yo entre ellos, que hubo dos orígenes de la vida. Primero, una simple membrana que encapsuló una serie de reacciones metabólicas, es decir, una célula capaz de metabolizarse y de replicarse o dividirse en dos, pero sin ningún tipo de código reproductor, sin ninguna molécula replicadora, como lo es el ADN. Ese metabolismo va evolucionando y llega a un momento en que se produce esa molécula que es capaz de reproducirse, no sólo dividirse por pura fisión, sino hacerlo a través de un código.»

¿Qué puede decir sobre la teoría de la Panspermia?

«Es una teoría plausible, pero lo único que hace es llevar el problema del origen de la vida más lejos, a otro lado, pero no lo soluciona.»

Si hubiera vida en otros planetas, ¿sería cómo la conocemos en la Tierra, desde el punto de vista molecular?

«No lo sabemos. Por eso es tan importante, aunque yo no tengo muchas esperanzas de encontrar indicios de vida en Marte. Así podríamos saber si esa vida estaría basada en el mismo tipo de reacciones bioquímicas que conocemos, es decir en la química del carbono. Hay otro aspecto interesante, y es que nuestra vida es quiral, es decir, todos los ácidos nucleicos, giran a la derecha y todas las proteínas a la izquierda. Esa característica de la vida es propia de nuestro planeta, por lo que sería muy interesante encontrar aminoácidos en Marte y ver si son de «izquierdas» o de «derechas.»

¿Sería por lo menos basada en la química del Carbono?

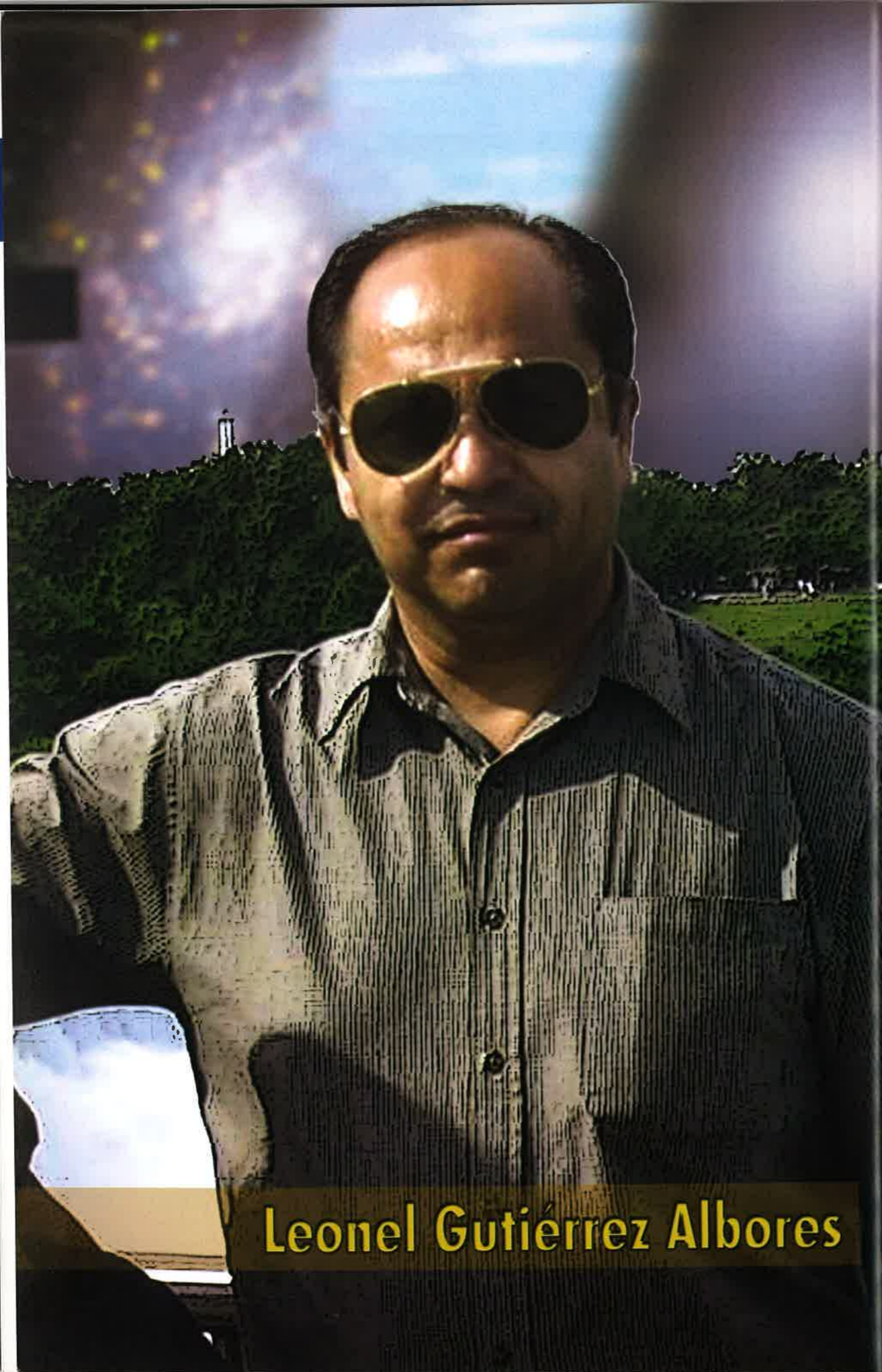
«No necesariamente. Es más, ni siquiera tendría que ser darwiniana, basada en un sistema de reproducción con fallos y que el medio ambiente seleccionara. Un sistema de replicación exacta podría ser capaz incluso de desarrollar una inteligencia por ese camino.»

Pero sería a través de moléculas, ¿no?

«El problema es que no sabríamos cómo detectar otro tipo de vida ahora mismo. Podríamos estar buscando en el sitio o de la forma equivocada. Sí, no tenemos otra forma de detectar otro tipo de vida. Nos tendrían que detectar ellos a nosotros.»

EVA RODRÍGUEZ ZURITA (IAC)





Leonel Gutiérrez Albores

## LEONEL GUTIÉRREZ ALBORES



Instituto de Astronomía de la UNAM-Ensenada/  
Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir (OAN-SPM)

«La parte más interesante de mi trabajo es tratar de resolver problemas, involucrarse en ellos hasta solucionarlos». Por eso, Leonel Gutiérrez Albores lleva más de 20 años enfrentándose a cuestiones de instrumentación astronómica y ya tiene en su currículum dos patentes y cerca de 40 desarrollos tecnológicos. Físico por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y, hasta finales de 2004, Jefe de Instrumentación del Instituto de Astronomía de la UNAM en Ensenada, este mexicano se encuentra desde enero de 2005 en el IAC como estudiante de Doctorado en Astrofísica, convencido de que un mayor conocimiento del problema astronómico le permitirá disponer de mejores herramientas para el diseño de nuevos equipos.

**INSTRUMENTACIÓN**  
**Creatividad**  
**tecnológica**



## INSTRUMENTACIÓN Creatividad tecnológica

ENTREVISTA  
CON LEONEL GUTIÉRREZ ALBORES



¿Qué hizo que un físico de la Ciudad de México acabara a 2.830 m de altura, en las montañas de la California mexicana, perfeccionando telescopios?

«Cuando terminé la carrera, tuve la suerte de encontrarme con el Dr. Elfege Ruiz, quien ha dedicado toda su vida a trabajar en instrumentación. Él me motivó a continuar por ese camino al brindarme mi primer trabajo con su equipo: el desarrollo de un pequeño sistema de control a partir de un microcontrolador para el telescopio de Tonanzintla. De allí fui *brincando* a equipos más complicados. Me involucré en la electrónica del proyecto Mepsicrón, un sistema con un detector muy avanzado en ese momento que colocó a México en la vanguardia. A mí me tocó hacer una buena parte de la electrónica del sistema y esa fue mi tesis de licenciatura.»

La Astrofísica se ha vuelto una ciencia altamente tecnificada, los astrónomos pasan más tiempo programando y manipulando artilugios que observando. ¿Es imprescindible la tecnología para esta ciencia?

«Yo creo que la tecnología es indispensable para la Astronomía, aunque no todos los astrónomos tienen que saber mucho de ella. Obviamente, un desarrollo tecnológico relacionado con un telescopio nuevo, con óptica activa, con óptica adaptativa, con nuevos detectores, es la vanguardia. La Astronomía, sin estos desarrollos, ahora se vería truncada. Además, muchas de sus innovaciones después se aplican a otros campos.»

Su experiencia incluye desarrollo de detectores, control, programación y óptica activa. ¿Cuál de estos proyectos considera más interesante?

«Cada proyecto en el que he participado ha tenido sus retos. Podría pensar ahora en el sistema de control que hicimos para la celda activa del telescopio de 2 m del OAN-SPM. Fue un proyecto muy interesante porque tocamos varios campos: óptica activa, sistemas de control, sistemas neumáticos, programación... Tuvimos que abordar varios aspectos tecnológicos para poder echarlo a andar. Este sistema está funcionando desde 1996 con resultados excelentes, pues se logró corregir gran parte del astigmatismo del espejo primario y hoy es una pieza fundamental del telescopio. Ahora es posible modificar los parámetros del sistema de control de forma interactiva, lo que permite observar en tiempo real la evolución del astigmatismo cuando se cambian los valores de la presión de sustento del espejo primario. Con este avance se ha vuelto igual de simple el proceso de eliminar el astigmatismo de una imagen que el proceso de enfocarla.»

Como «inventor», ¿qué valora más: una idea o las herramientas que su desarrollo implica?

«Yo no le daría una importancia mayor a una cosa que a la otra. Creo que las dos tienen que ir de la mano. Si tienes una buena idea, pero no dispones de la tecnología para desarrollarla, simplemente no puedes avanzar. Si dispones de la tecnología y sabes mucho de algún aspecto tecnológico, pero no tienes una buena idea, tampoco.»

Como miembro del Instituto de Astronomía de la UNAM ha seguido de cerca la cooperación mexicana en el GTC. ¿En su opinión, cuáles son los aprendizajes de esta vinculación?

«La disciplina y otra forma de gestión de proyectos. Por ejemplo, la Cámara de verificación, en la cual participaron varios colegas del Instituto de Astronomía de la UNAM. El proyecto se ajustó a rigurosos estándares y a una cuidadosa y perfecta documentación. Antes de este proyecto, estos

“Un desarrollo tecnológico relacionado con un telescopio nuevo, con óptica activa, con óptica adaptativa, con nuevos detectores, es la vanguardia. La Astronomía, sin estos desarrollos, ahora se vería truncada. Además, muchas de sus innovaciones después se aplican a otros campos.”



Exterior del Telescopio de 2 m de San Pedro Mártir, en México.

aspectos no se tenían muy claros en México. No había mucho rigor en el desarrollo de un instrumento como sí lo hubo en este caso. No quiere decir que los instrumentos anteriores no se hayan hecho con la calidad necesaria, pero con este proyecto hemos aprendido un diferente nivel de gestión.»

Como parte de sus actividades en el IAC, usted estará relacionado con el desarrollo del proyecto FRIDA para el GTC. ¿Cuál es su participación en este proyecto?

«FRIDA será un espectrógrafo 'tridimensional' que llevará una unidad integral de campo, a través de la cual aprovechará la óptica adaptativa del GTC. Es un proyecto todavía en una etapa temprana de desarrollo y, aunque participará la UNAM junto con el IAC y la Universidad de Florida, mi estancia en el IAC no tiene relación con mi posible participación en ese proyecto. A mí me gustaría trabajar en la parte del detector y en la integración del sistema, pero mi participación todavía no la tengo clara. En cuanto termine el Doctorado podremos hablar al respecto.»

Con el desarrollo de equipos para óptica adaptativa como FRIDA, los telescopios terrestres se equiparan a los espaciales. ¿Hacia dónde cree que se decantará el desarrollo tecnológico de los telescopios?

«Yo creo que los dos tienen que desarrollarse de manera simultánea porque, por más que se logre eliminar la perturbación atmosférica de los telescopios terrestres, no conseguirás eliminar la atmósfera. Y recordemos que la atmósfera absorbe mucha de la radiación que viene del espacio y que hay muchas bandas en el espectro electromagnético que no se pueden observar en tierra, como el infrarrojo y el ultravioleta. Aun cuando tengas la mejor tecnología, la atmósfera seguirá siendo un problema. Por otro lado, si únicamente tienes los telescopios espaciales, también te quedas corto. Necesitas telescopios terrestres, en los que tienes más flexibilidad para montar instrumentos y para abordar diferentes programas astronómicos. Pero, sobre todo, son equipos relativamente más baratos de instalar y de mantener y que puedes usar por más tiempo. Los telescopios espaciales son muy costosos y tienen un tiempo limitado de vida.»

Operación remota, telescopios inteligentes. ¿En su opinión, hacia dónde va la instrumentación astronómica?

«Yo creo que esta pregunta tiene varias vertientes. Ciertamente ahora no se concibe un telescopio moderno sin un proceso automático, tanto en la adquisición de los datos como en la planificación

“Ahora no se concibe un telescopio moderno sin un proceso automático, tanto en la adquisición de los datos como en la planificación de las observaciones.”



## INSTRUMENTACIÓN Creatividad tecnológica

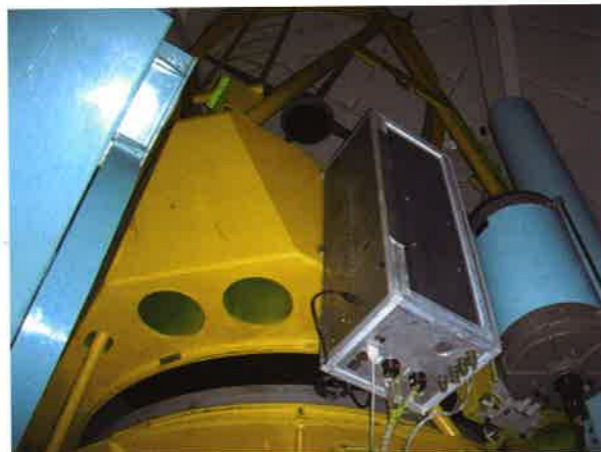
ENTREVISTA  
CON LEONEL GUTIÉRREZ ALBORES



de las observaciones. Los sistemas de automatización implican muchas cosas: no únicamente el sistema de control, sino la planificación de la observación misma. Todo ello está relacionado con los instrumentos y, también, con los sistemas informáticos, con los programas que te permitan predecir tiempos de observación y una serie de circunstancias en la observación astronómica. Otra vertiente está en la óptica adaptativa, en la óptica activa, en los microobturadores... Se están desarrollando una serie de tecnologías enfocadas a una mejor instrumentación astronómica.»

**En el futuro de la instrumentación, ¿qué camino es el de mayor interés: infrarrojo, radio, rayos X...?**

«La idea es cubrir en lo posible todo el espectro electromagnético. Si tienes la tecnología y los detectores para hacerlo, no puedes desperdiciar ninguna franja espectral que puedas aprovechar. Un futuro muy prometedor que ya nos está llegando en la instrumentación es el de la astronomía infrarroja, en el desarrollo de detectores infrarrojos. Y creo que hay mucho trabajo por hacer en radioastronomía. De hecho existe ahora un gran proyecto —ALMA—, desarrollado por la ESO, el IRAM y el NRAO, entre otros, donde se utilizarán 64 antenas de radio de 12 m para formar un interferómetro en las ondas milimétricas. Y existen otros proyectos que tienen que ver con ondas de radio, ondas milimétricas, ondas submilimétricas...»



*Imagen del Telescopio de San Pedro Mártir, con un instrumento infrarrojo llamado «Camaleón» (una combinación de Cámara y Espectrógrafo), en cuyo desarrollo participó Gutiérrez Albores entre 1994 y 1998, y que fue optimizado posteriormente.*

adquirir nuevos conocimientos. Y eso se aplica también a la tecnología. Yo elegí estudiar Física por un excelente maestro que tuve en la escuela Preparatoria. Este profesor realmente era, si no una lumbrera, sí una persona con una capacidad realmente extraordinaria de compartir sus conocimientos y de emocionar a sus alumnos. Mi otra opción era Medicina, pero me gustó más la idea de aprender Física, porque aquí, si algo falla, no se muere nadie. Claro que cuando empiezas con la Física quieres ser premio Nobel, sacar las mejores notas, sobresalir en cierto campo. Pero la Física es mucho más, hay mucho que aprender y mucho que entender.»

**Actualmente usted arma instrumentos y aparatos, ¿de niño los desarmaba?**

«De chico tenía ese 'defecto', desarmaba todo, aunque después no lo pudiera armar. Que mi padre nunca me llamara la atención cuando lo hacía también fue una motivación. Yo creo que algo que puede estar fallando para que menos jóvenes se matriculen en las carreras de ciencias



*El telescopio de 2 m de San Pedro Mártir, visto desde el sureste (a la izquierda) y con la primera caja de control que Gutiérrez Albores y sus colaboradores hicieron para el sistema de suspensión de la celda del telescopio (a la derecha).*

duras es, justamente, esa imagen que le presentan al niño de esas ciencias. La Física, a pesar de que es una ciencia exacta, tiene aspectos muy interesantes que no se transmiten al niño. Pienso que hay un problema educacional desde la escuela Primaria que desmotiva.»

**¿Qué hace un experto en instrumentación estudiando Astrofísica?**

«En primer lugar, es una meta de mi juventud. Cuando terminé Física en la Facultad de Ciencias quise seguir con un doctorado, pero una crisis económica nacional cortó los programas de becas y ya no tuve la oportunidad. Después, empecé a trabajar en México y ya no fue posible continuar con el doctorado. Por otro lado, quiero seguir trabajando en el desarrollo de instrumentación y estoy seguro de que puedo hacer mejores instrumentos si sé para qué se van a usar; si conozco exactamente el problema astronómico, creo que tendré mejores resultados.»

**DANIEL DE LA TORRE (IAC)**



## Colaboración entre el Centro Nacional de Supercomputación de Barcelona

El 12 de diciembre, en la Residencia del Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio de Garafía, en la isla de La Palma, una delegación del Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) y del IAC firmaron un Convenio de Colaboración. En nombre del BSC-CNS firmó su Director y Catedrático de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), Mateo Valero, mientras que por parte del IAC lo hizo el Subdirector de este Instituto, Carlos Martínez Roger, por delegación del Director, Francisco Sánchez. También estuvieron presentes varios miembros del BSC-CNS: Felipe Lozano, Business Development Manager, Jesús Labarta, Director del Área de IT y Catedrático de la UPC, y Sergi Girona, Director de Operaciones, todos ellos acompañados de Fernando Moreno Insertis, Catedrático de la Universidad de La Laguna e investigador del IAC, Rafael Rebolo, Profesor de Investigación del CSIC e investigador del IAC, y Juan Carlos Pérez Arencibia, Administrador del Observatorio del Roque de los Muchachos. Previamente al acto de la firma, los asistentes visitaron las instalaciones de este Observatorio.

### CAPACIDAD DE CÁLCULO

El BSC-CNS es un centro que tiene por objeto investigar, desarrollar y gestionar la tecnología para facilitar el progreso científico. Dispone de la mayor capacidad de cálculo de alto rendimiento de Europa y ha sido establecido por un consorcio formado por el Estado español, la Generalitat de Catalunya y la UPC para proporcionar un incremento cuantitativo y cualitativo en lo referente al uso de la simulación numérica. Por su parte, el IAC dispone del mayor conjunto de instalaciones telescópicas en el suelo europeo así como grupos de investigación puntera en muchos campos de la Astrofísica Computacional. De ahí el interés común por ambas partes en firmar este convenio de colaboración, que tendrá vigencia hasta el 31 de diciembre de 2007, siendo renovado automáticamente por períodos de dos años.

En virtud de este acuerdo, el IAC y el BSC-CNS, mediante jornadas conjuntas, darán a conocer a la comunidad científica las posibilidades de utilización de este Centro de Supercomputación. Como primera iniciativa en este sentido, el 13 de diciembre, la delegación del BSC-CNS, a la que se sumaron José María Cela y Guillaume Houzeaux, del Departamento de Matemática Aplicada del BSC-CNS, visitaron el Instituto de Astrofísica en La Laguna. Posteriormente, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, presentaron el Barcelona Supercomputing Center y las capacidades del



Supercomputador «Maremagnum». Foto: BSC-CNS.



Mateo Valero y Carlos Martínez, en el momento de la firma. Foto: BSC-CNS.

Supercomputador Mare Nostrum a los investigadores del IAC, con quienes mantuvieron reuniones a lo largo del día.

El IAC propondrá al BSC-CNS, mediante procedimientos establecidos previamente de mutuo de acuerdo, una relación de proyectos con requerimientos de cálculo que superen las posibilidades del IAC. Asimismo, este Instituto se constituirá como colaboradora de una o más de las líneas de e-ciencia que se van a desarrollar en el seno del BSC-CNS, particularmente en las áreas de Astrofísica Computacional, y científicos del IAC participarán en la estructura de investigación del BSC-CNS.

Como proyecto inicial de especial interés se establece la colaboración en el desarrollo y optimización de códigos de cálculo MHD (Magnetohidrodinámica) para supercomputación masivamente paralela con AMR (Adaptive Mesh Refinement), entre otros.

Para la planificación, coordinación y seguimiento de las actividades también se ha constituido esta mañana una Comisión de Seguimiento de la colaboración que se reunirá, al menos, una vez al año y que estará formada, por parte del IAC, por el Director y un Astrofísico Especialista, y por parte del BSC-CNS, por el Director y el Director de Operaciones.

Más información del BSC-CNS: <http://www.bsc.es/>

## Colaboración con el Cabildo de Tenerife para la Escuela de Invierno

Este acuerdo, para la financiación de la "Canary Islands Winter School of Astrophysics", se firmó el pasado 16 de diciembre, en el Cabildo de Tenerife

El pasado 16 de diciembre, en la Sala Borges de la sede del Cabildo en Santa Cruz, tuvo lugar la firma del Convenio de Colaboración del Cabildo Insular de Tenerife con el IAC para la financiación de la "Canary Islands Winter School of Astrophysics" (Escuela de Invierno de Astrofísica de Canarias). En nombre del Cabildo de Tenerife firmó su Presidente, Ricardo Melchior, mientras que por parte del IAC lo hizo el Director de este Instituto, Francisco Sánchez.

En virtud de este acuerdo, el Cabildo Insular de Tenerife contrae la obligación de aportar la cantidad de diez mil euros anualmente, para colaborar en la financiación de la celebración de los Congresos Científicos que forman parte de la serie anual de la Escuela de Invierno de Astrofísica de Canarias, en el Centro de Congresos del Cabildo Insular de Tenerife del Parque Taoro, en el Puerto de La Cruz. Por su parte el IAC se compromete a reconocer específicamente el patrocinio del Cabildo en cada Escuela de Invierno que se celebre mientras dure el acuerdo.

Desde 1989, el IAC organiza anualmente, en la isla de Tenerife, la "Canary Islands Winter School of Astrophysics", que reúne a estudiantes de doctorado, docentes e investigadores especialistas en la investigación astronómica de todos los países del mundo y sobre un tema diferente cada año (la última, celebrada del 21 de noviembre al 2 de diciembre, estuvo dedicada a la Espectroscopía 3D). El alto nivel científico y el prestigio de estas conferencias astronómicas hacen que el IAC precise instalaciones modernas -con los más avanzados sistemas de apoyo de conferencia, ordenadores con línea RDSI, vídeo multisistema, etc.- donde celebrar estas reuniones. Por otro lado, al tratarse de un acontecimiento internacional, recogido posteriormente en forma de libro por la editorial Cambridge University Press, el IAC también necesita financiación para costear los viajes de los participantes y la organización de los eventos. De ahí el Convenio del IAC con el Cabildo de Tenerife, al que pertenece el Centro de Congresos del Casino Taoro, un Centro vanguardista que ofrece las infraestructuras y medios necesarios para el desarrollo de estas Escuelas de Invierno del IAC.



Ricardo Melchior y Francisco Sánchez, en un momento de la firma. Foto: Cabildo de Tenerife.

**COLABORACIÓN CON CRUE**  
Fecha: 22/09/05  
El IAC y la Red de Bibliotecas Universitarias (CRUE) han firmado un Convenio de Colaboración para la integración y actualización de datos bibliográficos automatizados.

**COLABORACIÓN CON LA UNIVERSIDAD DE DEUSTO**  
Fecha: 07/10/05  
El IAC ha firmado un Convenio de Colaboración con la Universidad de Deusto para la implementación del Modelo de Innovación denominado MICAG.

**COLABORACIÓN CON LA FECYT**  
Fecha: 20/10/05  
El IAC y la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) han firmado un Convenio Específico de Colaboración para realizar actividades de divulgación y para la preparación de proyectos de carácter didáctico.

**COLABORACIÓN CON EL INTA**  
Fecha: 02/12/05  
El IAC ha firmado un Convenio Específico de Colaboración con el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), para el Desarrollo de Proyectos de Instrumentación Científica.

**CONVENIO CON EL MUSEO DE LA CIENCIA Y EL COSMOS**  
Fecha: 13/12/05  
El IAC ha firmado un convenio con el Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, para las Actividades Didácticas de la Cosmoneta del Museo de la Ciencia y el Cosmos.





ACUERDOS

**El Ayuntamiento de Garafía cede terrenos para el Parque Cultural del Roque de los Muchachos**



El pasado 11 de agosto, en los Llanos de Aridane y ante el notario Pablo Otero Afonso, tuvo lugar el acto de entrega de la parcela en el término municipal de Garafía (La Palma) para la construcción del "Parque Cultural del Roque de los Muchachos", proyecto que el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) lleva años tratando de sacar adelante.

Al acto asistieron por parte del Ayuntamiento de Garafía, su alcalde, Vicente Peñate García, y por parte del IAC, su director, Francisco Sánchez Martínez, el administrador del Observatorio del Roque de los Muchachos, Juan Carlos Pérez Arencibia, y el jefe del Gabinete de Dirección, Luis A. Martínez Sáez.

Con la entrega de estos terrenos se da un paso decisivo en el proyecto para la construcción y explotación de un Parque de divulgación basado en la Astronomía y abierto al público, en el término municipal de la Villa de Garafía, donde también se encuentra instalado el Observatorio del Roque de los Muchachos.

La parcela seleccionada para ubicar el Parque Cultural ocupa un área triangular de 50.000 m<sup>2</sup>, delimitada en dos de sus lados por la carretera LP-22 que conduce desde Mirca hasta Garafía, entre los puntos kilométricos PK 34.200 y PK 34.850. Corresponde a terreno rústico, en la zona denominada



Vicente Peñate y Francisco Sánchez, en el momento de la firma de la cesión. Foto: Juan Carlos Pérez Arencibia.

Lomo del Llano, situado al norte del barranco de Bristas. El terreno está comprendido entre las cotas 2.045 y 2.090 m sobre el nivel del mar.

LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

La divulgación de la Ciencia, como parte importante de la Cultura, ha sido una preocupación constante del IAC, que precisamente incluye entre sus fines la difusión de los conocimientos astronómicos. De ahí el anhelo de poner en marcha Centros de Visitantes en los Observatorios del Teide (Tenerife) y del Roque

Parcela cedida por Garafía para el Parque Cultural del Roque de los Muchachos.

ACUERDOS

de los Muchachos (La Palma), denominados "Estellarium" y "Parque Cultural del Roque de los Muchachos", respectivamente.

El Parque Cultural del Roque de los Muchachos pretende satisfacer, en primer lugar, la demanda turística diaria que surge de los visitantes que transcurren por la vía dorsal de la isla de La Palma, así como la de la población permanente de la isla y, de manera especial, la de los escolares palmeros. Alrededor de 80.000 visitantes llegan a la cima del Roque de los Muchachos cada año y muchos de ellos manifiestan su deseo de entrar en las instalaciones telescópicas del Observatorio palmero.

La Agrupación Astronómica Isla de La Palma podrá ubicar en el entorno del Parque sus telescopios para poder realizar sus propias observaciones y llevar a cabo su labor de divulgación.

El IAC realizará la obra mediante la forma de concesión de obra pública dentro de los límites de la parcela. El personal laboral del Parque estará formado de forma preponderante por ciudadanos residentes en el municipio de Garafía.

Por otra parte, se estimulará al empresariado para generar infraestructuras hoteleras que faciliten el hospedaje a los visitantes del Parque. Las construcciones se integrarán en el entorno natural, reduciendo al mínimo el impacto paisajístico y garantizando un adecuado sistema de vertidos y residuos. El centro también incorporará una sala temática relacionada con los recursos naturales y patrimonio de la Villa de Garafía.

OTRAS NOTICIAS

Reunión de la colaboración «MAGIC»

Los miembros de la colaboración internacional del telescopio MAGIC (Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov Telescope) se reunieron, del 14 al 17 de octubre, en el Hotel San Felipe del Puerto de la Cruz (Tenerife). Esta colaboración, en la que participan 18 institutos de 10 países (incluido el IAC), es la responsable de la construcción y operación científica del telescopio MAGIC, instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma). Este telescopio, con un espejo segmentado de 17 m de diámetro y dedicado a la detección de "radiación Cherenkov", se verá complementado en breve por un segundo telescopio de iguales características.

Durante esta reunión, organizada por Ramón J. García López y Artemio Herrero Davó, investigadores del IAC y de la Universidad de La Laguna, y que contó con más de 80 participantes, se pasó revista a la operación actual del telescopio y su explotación científica, así como a la construcción de MAGIC II. El martes 18, los participantes visitaron la sede central del IAC, en La Laguna, y el Observatorio del Teide (Tenerife).

ALTAS ENERGÍAS

MAGIC es el mayor telescopio del mundo de su clase para la detección de rayos gamma de origen galáctico o extragaláctico. Se trata de un tipo de radiación de muy alta energía que no se puede detectar directamente desde la Tierra al ser 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 -la llamada "radiación Cherenkov"-destello que precisamente mide este telescopio.

Información sobre MAGIC:

<http://www.magic.mppmu.mpg.de>

<http://www.iac.es/gabinete/oro/magic/magic.htm>



Imagen nocturna del telescopio MAGIC. Foto: cortesía de Jon Tous



## Dinamarca cede a España el liderazgo europeo en Astronomía de Posición

El pasado 8 de septiembre, en el Centro de Astrofísica en La Palma (CALP) del IAC, en Breña Baja, tuvo lugar la reunión de clausura del Comité de Dirección del telescopio Círculo de Tránsitos Automático (ATC, siglas en inglés de *Automatic Transit Circle*), comité que desde 1984 ha dirigido y dictado las líneas de investigación de este instrumento.

Danés en su origen y en la actualidad propiedad del IAC, este telescopio será operado por el Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA), de San Fernando (Cádiz).

A esta reunión asistieron los componentes del Comité: por parte de Dinamarca, los Drs. Henning Jorgensen y Leif Helmer; por parte del Reino Unido, los Drs. Mike Irwin y Dafydd Evans; y por la de España, el Capitán de Navío Juan Carlos Coma, director del ROA, y el Jefe del Servicio de Astrometría Meridiana del mismo, José Luis Muiños. También asistió el Dr. Carlos Martínez, en representación del IAC.

Otros invitados son algunos de los antiguos miembros del comité y astrónomos que han participado en las investigaciones con este telescopio en La Palma en el transcurso de los años, entre ellos los Drs. daneses Claus Fabricius y Jorgen Otzen Petersen, los británicos Leslie Morrison y Bob Argyle y el Dr. español Miguel Vallejo, Jefe de Servicio del ROA.

### HISTORIA DE UN TELESCOPIO

El Círculo de Tránsitos Automático se instaló en el Observatorio del Roque de los Muchachos en 1984. Desde entonces ha estado observando ininterrumpidamente en dicho emplazamiento operado conjuntamente por varias instituciones: el Observatorio de la Universidad de Copenhague (CUO, propietario del instrumento); el Observatorio Real de Greenwich (RGO) hasta su desaparición, en que fue sustituido por el Instituto de Astronomía de la Universidad de Cambridge (IoA), que aportó los equipos informáticos y cofinanció la construcción del edificio; y, por parte española, por el Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA), que se hizo cargo, por cesión del IAC, del 20% del tiempo de observación, el porcentaje para astrónomos españoles según los convenios internacionales.

En 2002, el IoA abandonó su participación en las operaciones del telescopio en La Palma y en octubre de 2004 lo hizo el CUO, aunque ambos continúan colaborando en la elaboración del CMC14, último catálogo confeccionado con datos del ATC. Tras la publicación de este catálogo, ambas instituciones

cesarán en sus trabajos de Astronomía de Posición.

La Universidad de Copenhague (CU) y el Consejo de Investigación en Física de Partículas y Astronomía (PPARC), del Reino Unido, propietarios entonces del telescopio y de sus equipos y edificio, negociaron con el IAC la cesión de los mismos una vez que ellos abandonarían las observaciones en este campo de la Astronomía. En noviembre de 2004, el instrumento con sus equipos y edificio, pasaron a ser propiedad del IAC.



Imagen del telescopio Círculo de Tránsitos Automático (ATC).  
Foto: Nik Szymanek.

El IAC acordó, en paralelo, con el ROA que esta última institución se

hiciese cargo en solitario del usufructo del telescopio con la condición de que el ROA mantenga operativo el instrumento y se haga cargo del coste de su mantenimiento y el de los equipos y edificios.

### EL PASO DE LAS ESTRELLAS

El ATC es un telescopio cuyo cometido es calcular posiciones y magnitudes muy precisas de los astros basándose en las observaciones de su paso por el meridiano. Fue un instrumento totalmente automático hasta 1997, cuando pasó a ser robótico y a manejarse de forma remota vía Internet. Hasta 1998 estuvo dotado de un micrómetro fotoeléctrico que hacía posible la observación de más de 200.000 astros por año. A partir de entonces se sustituyó el micrómetro fotoeléctrico por una cámara CCD, con la que se observan una media de 100.000 estrellas por noche de observación.

Como resultado de las observaciones se han venido publicando por las tres instituciones que operaban el instrumento una serie de catálogos con las posiciones y magnitudes de estrellas, asteroides, planetas y satélites de planetas. La serie, conocida en toda la comunidad científica, lleva por nombre Carlsberg Meridian Catalogue, La Palma. Los volúmenes del 1 al 8 se publicaron en forma impresa, los números 9 y 1-11, en CD-ROM; el último es una recopilación de todas las estrellas y astros del Sistema Solar observados desde mayo 1984 a mayo de 1998. Este CD-ROM contiene más de 180.000 posiciones, magnitudes y movimientos propios de estrellas con declinaciones entre  $-40^\circ$  y  $+90^\circ$  más brillantes que la magnitud visual 15,4, así como más de 25.000 posiciones y magnitudes de planetas, satélites y asteroides. Toda la información anterior se completa con datos meteorológicos y de extinción y tablas de referencias cruzadas para identificación de las estrellas observadas.

Desde 1999 se observa regularmente con la cámara CCD y se han hecho públicos por Internet los resultados de las observaciones ya que el elevado número de posiciones de estrellas de que constan -más de 3.000.000 para el catálogo CMC12 y más de 39.000.000 para el CMC13- harían muy gravoso otro tipo de distribución. Actualmente se está finalizando el CMC14, que contendrá las posiciones y magnitudes de prácticamente todas las estrellas más brillantes de magnitud 17 de la banda del cielo comprendida entre  $-30^\circ$  y  $+50^\circ$  de declinación.

El ATC está considerado el anteojo de pasos más eficiente del mundo (más de 20 millones de pasos de estrellas por el meridiano al año). Ha jugado papeles decisivos en los encuentros de la sonda Voyager con el planeta Urano, de Giotto con el cometa Halley, de Galileo con Júpiter, entre otros, y ha observado posiciones de estrellas para el catálogo de datos del satélite



Arriba, ubicación en el Observatorio del telescopio ATC (abajo). Fotos: Nik Szymanek y Dafydd Wyn Evans.

astrométrico Hipparcos. En 1994 se inició un proyecto piloto de colaboración entre el ATC y el Instituto del Telescopio Espacial, en Baltimore (Estado Unidos), con el propósito de establecer una red densa de estrellas de referencia para la reducción de las placas Schmidt que constituyen la base del Catálogo de Estrellas de Referencia del Telescopio Espacial Hubble (Hubble Space Telescope Guide Star Catalogue, GSC) y establecer así la exactitud límite de dichas placas.



EDICIONES

DIVULGACIÓN

«Astrofísica en La Palma»

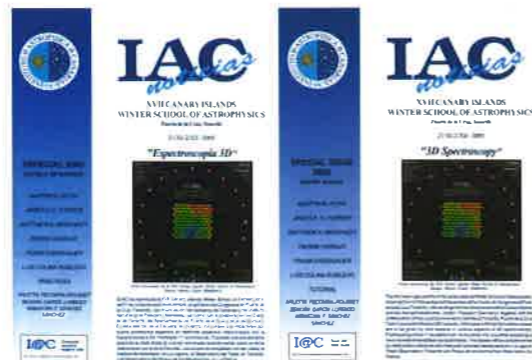


En agosto de 2005 se editó el primer número del boletín digital «Astrofísica en La Palma», una iniciativa del IAC que nace con el fin de informar puntualmente de las actividades que el Instituto desarrolla en la Isla así como de la actividad e investigación generadas en torno a las instalaciones astronómicas del Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio de Garafía, y del Centro de Astrofísica de La Palma (CALP), en el de Breña Baja. Se trata de un boletín de carácter divulgativo que permitirá conocer mejor la repercusión positiva de estas instalaciones astrofísicas en la población palmera. En el primer número se informaba del estado actual del Parque Cultural del Roque de los Muchachos, de los progresos en el Gran Telescopio CANARIAS y de la reciente inauguración del CALP, entre otras noticias. Pueden visitarlo en <http://www.iac.es/boletinpalma>.



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 2004, 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 <http://www.iac.es/gabinete/cci/anual.htm>



Winter School

Como es habitual, se editó un especial de la XVII C a n a r y Islands Winter School of Astrophysics, dedicada este año a la Espectroscopia 3D. 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 este especial desde <http://www.iac.es/gabinete/iacnoticias/winter2005/index.html>

Folletos para un eclipse de Sol



Con motivo del eclipse anular de Sol que tuvo lugar el pasado 3 de octubre y que pudo contemplarse en gran parte del territorio peninsular, el IAC editó dos folletos explicativos: uno para la Península, con financiación del Ministerio de Educación y Ciencia, y otro para Canarias, con financiación del Gobierno de Canarias. Estos folletos contenían recomendaciones para una correcta observación de tan singular fenómeno astronómico. Disponible en <http://www.iac.es/edu/eclipses/anular/3octubre05/index.html>

Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005 La Palma-Tenerife

Entre el 10 y el 22 de noviembre, el IAC organizó una serie de actividades con motivo de la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2005. Esta iniciativa europea surge con el fin de acercar a la sociedad el trabajo de los centros de investigación y de estimular el interés por la ciencia y la tecnología como mejora cultural de la sociedad y como medida para aumentar las vocaciones hacia titulaciones de carácter científico-técnico.

La Semana de la Ciencia y la Tecnología en Canarias de este año estuvo coordinada por la Oficina de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de Canarias y colaboraron con el IAC en las actividades previstas la Consejería de Educación, Cultura y Patrimonio Histórico del Cabildo Insular de La Palma y la Red Europea de Astronomía Óptica e Infrarrojo OPTICON.

AÑO MUNDIAL DE LA FÍSICA

La celebración de la Semana de la Ciencia de este año coincidió con «El Año Mundial de la Física», acontecimiento internacional que pretende promocionar el conocimiento de la Física y valorar su importancia en el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Este evento coincidió a su vez con el centenario de la publicación de la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein, por lo que algunas de las actividades organizadas estuvieron relacionadas con este tema.

Esta edición de la Semana de la Ciencia tuvo lugar en La Palma y en Tenerife. Los actos incluyeron exposiciones, como el «Tour astronómico» y «Cosmocolo»; visitas a la sede del IAC y a los observatorios; una serie de charlas divulgativas - «Vive la ciencia», sobre temas de interés para el público en general, y «Odisea Espacio-Tiempo», con contenidos de astrofísica moderna-; la presentación del documental «Cielo, Mar y Tierra de Canarias»; y la emisión de los videos divulgativos «Relatividad» y «La llegada de Einstein». Además, la revista digital del IAC «caosyciencia» dedicó un artículo especial a esta Semana.

COLABORACIÓN CON LA FECYT

El IAC colaboró también con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) en la Semana de la Ciencia con el concurso escolar «Física en tu casa» y con un nuevo proyecto denominado «Semana de la



Einstein, protagonista de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005, en la entrada del Instituto de Astrofísica, en La Laguna. Foto: Gotzon Cañada.

Ciencia en los Centros educativos». El objetivo de la primera edición de este nuevo proyecto era ayudar a los alumnos a comprender algunos aspectos de la Teoría de la Relatividad de una forma amena y atractiva. Para ello, el IAC, a través de su proyecto educativo «Cosmoeduca», participó en la formación por parte de la FECYT de un grupo de 70 físicos que se desplazaron, durante la Semana de la Ciencia de 2005, por más de 1.000



**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005  
La Palma-Tenerife**

centros educativos de toda España impartiendo dos charlas de Cosmoeduca -«Un paseo por la Relatividad Especial» y «Viajes espaciales, máquinas del tiempo...»- y realizando experimentos del taller de Relatividad del Museo de la Ciencia y el Cosmos (MCC), del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife.

Además, como parte de las actividades de la Semana de la Ciencia, el IAC y la FECYT editaron un vídeo sobre Relatividad, que también se proyectó en los más de 1.000 centros educativos mencionados.

Más información:  
<http://www.iac.es/fisicaentucasa>  
<http://www.iac.es/cosmoeduca/fecyt>

Programa de actividades en la web de la FECYT:  
[http://semanadelaciencia2005.fecyt.es/SC2005/html/semana\\_actividadesBcalendario.aspx](http://semanadelaciencia2005.fecyt.es/SC2005/html/semana_actividadesBcalendario.aspx)



La imaginación  
es más importante  
que el conocimiento

Una de las imágenes de Einstein, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de La Laguna. Cartel: Gotzon Cañada.

**CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN**

Ciclo de charlas divulgativas «Vive la Ciencia» y «Odisea Espacio-Tiempo», organizado por el IAC en el Palacio Salazar de Santa Cruz de La Palma, con motivo de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología:

- «Tu hogar es un laboratorio» (14/11), por M. ANTONIA VARELA (IAC).
- «Viaje en el tiempo» (15/11), por ERIK STENGLER (MCC).
- «¿La Tierra en peligro?» (16/11), por MARK R. KIDGER (IAC).
- «¿Estamos solos en el Universo?» (17/11), por MANUEL VÁZQUEZ ABELEDO (IAC).



Fotos: Luis Cuesta y Juan Carlos Pérez Arencibia (IAC).

**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005  
La Palma-Tenerife**

**CONCURSO «FÍSICA EN TU CASA»**

La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), en colaboración con el IAC en el marco de la Semana de la Ciencia 2005 y con motivo del Año Mundial de la Física, convocó el concurso «Física en tu casa» ([www.iac.es/fisicaentucasa](http://www.iac.es/fisicaentucasa)).

La finalidad era llamar la atención de los escolares sobre cómo la Física, sus leyes y fenómenos, forman parte de nuestra vida cotidiana y aprovechar esta realidad para ayudar a profundizar en esta materia y contribuir a extender su mejor conocimiento de una manera sencilla y comprensible.

Para participar en el concurso, dirigido a alumnos de segundo ciclo de educación secundaria obligatoria y de bachillerato, los escolares debían elegir entre 2 y 6 objetos de la casa virtual y explicar los fenómenos físicos, el funcionamiento, la historia, etc. de cada uno de ellos. Cada grupo elaboró un proyecto que incluía los objetos seleccionados en formato libre.

El premio para el grupo ganador era un viaje a Tenerife, incluyendo visitas a la sede central del IAC, al Observatorio del Teide, al Museo de la Ciencia y el Cosmos y al Loro Parque de Tenerife.

La resolución del jurado, con la participación de Luis A. Martínez Sáez y Luis Cuesta Crespo, tuvo lugar en Madrid en diciembre del 2005. Los premiados en el concurso fueron:

I.E.S Alameda de Osuna, Madrid  
Profesor/a: Carmen Sancho López  
Alumno: Héctor Sebastián Vaquero

I.E.S Aljada, Murcia  
Profesor/a: Encarnación Pardo Matas  
Alumnos: Nuria del Pilar Álvarez Belchi, Roberto Cisneros Calero, Noelia Sánchez Martínez, Wilson Giovanni Astudillo Rivas, Ángel David Rodríguez Jiménez y Natalia Sanz Serrano



Cartel del concurso. Diseño: Inés Bonet (IAC).

**ORGANIZACIÓN**

Personal del Gabinete de Dirección del IAC que ha participado en la organización de la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2005 en Tenerife y La Palma:

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| - Luis A. Martínez  | - Ana Quevedo          |
| - Itziar Anguita    | - Karin Ranero         |
| - Inés Bonet        | - Eva Rodríguez Zurita |
| - Luis Cuesta       | - Natalia R. Zelman    |
| - Iván Jiménez      | - Eva Untiedt          |
| - Carmen del Puerto | - Laura Ventura        |

Con la colaboración de Gotzon Cañada y Annia Domènech. Además, para la coordinación de las actividades, se contó con la colaboración de Laura Calero.



**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005  
La Palma-Tenerife**

**PRESENTACIÓN EN LA PALMA**

El 15 de noviembre, en el Palacio Salazar de Santa Cruz de La Palma, tuvo lugar la presentación oficial de los actos en la isla palmera con motivo de la Semana de la Ciencia y la Tecnología, organizados por el IAC. Asistieron a la inauguración la Vicepresidenta del Gobierno de Canarias, María del Mar Julio Reyes, el Consejero de Cultura, Educación y Patrimonio Artístico, Primitivo Jerónimo Pérez, y el Subdirector del IAC, Carlos Martínez Roger, además de autoridades locales de la Isla.

Foto: Luis Cuesta (IAC).



**EXPOSICIÓN «COSMOCOLOR»**

Tras la presentación oficial de los actos, se inauguró la exposición «Cosmocolor», con fotografías astronómicas del IAC y de los finalistas del concurso «Fotocósmica». El objetivo de este concurso de ámbito nacional, que tiene prevista una próxima edición, es reunir imágenes astronómicas y contribuir con ellas a crear el Banco de Imágenes Astronómicas del IAC para la divulgación de la Astrofísica.

Fotos: Luis Cuesta (IAC).



**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005  
La Palma-Tenerife**

**PROYECCIÓN DEL VÍDEO SOBRE EL GTC**

Dentro de los actos de presentación en La Palma, también se proyectó un video sobre la construcción del Gran Telescopio CANARIAS (GTC), de unos cinco minutos de duración, realizado por el IAC. En él se puede ver cuál ha sido la evolución de este proyecto desde la colocación de la primera piedra del edificio por parte de su S.A.R. el Príncipe de Asturias hasta el montaje de los últimos componentes del telescopio.

**EXPOSICIÓN «TOUR ASTRONÓMICO»**

Con una exposición, en el aeropuerto de Mazo, en La Palma, de imágenes astronómicas obtenidas desde los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos, titulada «Tour astronómico», el IAC inició la serie de actividades organizadas en la isla palmera con motivo de la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2005. Esta exposición fue financiada por la red OPTICON.

Fotos: Luis Cuesta (IAC).





**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005  
La Palma-Tenerife**

**VISITA AL IAC**

El viernes 11 de noviembre tuvo lugar una visita guiada de unas dos horas de duración a la Sede Central del IAC, en La Laguna, donde se dieron a conocer los proyectos instrumentales que se están desarrollando en su Área de Instrumentación y su capacitación tecnológica.

Fotos: Luis Cuesta (IAC).



**VISITA VIRTUAL AL OBSERVATORIO DEL TEIDE**

Durante la visita al IAC, también se proyectó en una gran pantalla, gracias a la conexión con diversas webcam, un recorrido virtual en directo al Observatorio del Teide.

Foto: Luis Cuesta (IAC).



**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005  
La Palma-Tenerife**

**VISITA AL OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS**

El 19 de noviembre se realizó una visita guiada al Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio de Garafía (La Palma), con los grupos ya previamente organizados tal y como se advertía en el programa de actividades. Esta visita estuvo financiada y organizada por la red europea OPTICON.

Fotos: Nieves Castro (IAC).



**Videoconferencia con Pedro Duque**



El pasado 8 de noviembre, unos 50 alumnos del colegio «Mayco School» de La Laguna disfrutaron de una videoconferencia con el astronauta Pedro Duque en el Aula del IAC. En este acto tuvieron la oportunidad de hacerle preguntas sobre sus experiencias como astronauta, quien respondió a los niños sabiendo plasmar sus anécdotas de modo gráfico y divertido.





**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005  
La Palma-Tenerife**

**Documental:  
«Cielo, Mar y Tierra de Canarias»**

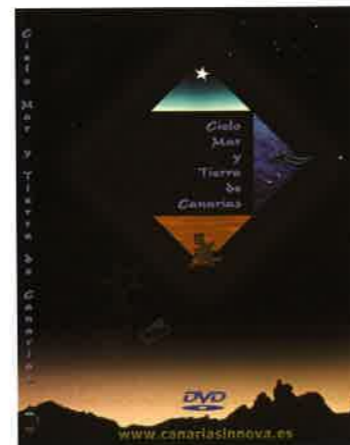
La calidad de los cielos de Canarias para la observación astronómica, las poblaciones estables de cetáceos en sus aguas y la existencia de lagartos gigantes en sus montes, son sólo algunos de los temas incluidos en el documental "Cielo, Mar y Tierra de Canarias", la última apuesta audiovisual de la plataforma de divulgación científica que, bajo el nombre de CANARIAS INNOVA, lidera el IAC. Este documental se presentó oficialmente, en el marco de la Semana de la Ciencia y la Tecnología en Canarias, el pasado 17 de noviembre, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, en La Laguna (Tenerife). La emisión de este documental está prevista para el mes de marzo de 2006, a través de la Televisión Autónoma de Canarias. Asimismo será distribuido en formato DVD.

"Cielo, Mar y Tierra de Canarias" es un documental de divulgación científica de 40 minutos de duración, que ofrece un paseo por estos tres entornos combinando infografía 3D de última generación, imágenes aéreas, imágenes submarinas, tomas con grúa y steady-cam. Esta producción del IAC, que ha contado con el apoyo del Ministerio de Educación y Ciencia y del Gobierno de Canarias, ha sido posible tras 24 meses de trabajo, con grabaciones por las siete islas, incluyendo los cuatro Parques Nacionales de Canarias, y gracias a la colaboración de casi medio centenar de personas así como de más de una treintena de instituciones canarias y empresas, como Sol-Meliá en Canarias, Fred Olsen, Retina Producciones y Cienciamanía.

CANARIAS INNOVA nació en el año 2000 como iniciativa conjunta del IAC y de Radio Nacional de España en Canarias con el objetivo de divulgar, a través de un programa de radio, la ciencia y la tecnología que se realiza en las Islas. Pero a la sombra de este espacio radiofónico dominical, y en sus más de cinco años de existencia, han nacido otros productos, como exposiciones, CD-ROM, vídeos, página Web, concursos y proyectos como el

documental "Cielo, Mar y Tierra de Canarias". CANARIAS INNOVA también ha presentado una miniserie de 20 capítulos sobre ciencia y tecnología para televisión. Serán espacios breves, de unos 3 minutos, que tratarán temas tan diversos como el sol y la salud, la bioastronomía, la acuicultura en Canarias o las nuevas técnicas genéticas para la producción del queso de cabra.

Más información:  
<http://www.canariasinnova.es>



Carátula del DVD  
«Cielo, Mar y Tierra de Canarias».

Presentación en el Museo de la Ciencia y el Cosmos del documental «Cielo, Mar y Tierra de Canarias», a cargo de Julio Brito Santana, Director de la Oficina de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de Canarias, y Carlos Martínez Roger, Subdirector del IAC. Fotos: Jesús Burgos (IAC).



**Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2005  
La Palma-Tenerife**

**Documentales: «Relatividad» y  
«Einstein regresa del pasado»**

Dentro del habitual cinc-fórum "AluCINE con el futuro", del Museo de la Ciencia y el Cosmos del Cabildo de Tenerife, y en el marco de la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología en Canarias, el domingo 20 de noviembre se ofrecieron dos proyecciones: "Relatividad" y "Einstein regresa del pasado".

El primero -"Relatividad"- es un documental de unos 20 minutos, realizado por Inés Bonet Márquez e Iván Jiménez Montalvo, del Gabinete de Dirección del IAC y dedicado a las Teorías Especial y General de la Relatividad de Einstein. Parte de este documental, un corto titulado "La Ciudad Relativa", fue galardonado recientemente con un premio especial al producto más televisivo en el festival anual Pirelli International Award 2005 (ver Premios).

El segundo -"Einstein regresa del pasado"- es una grabación de la "llegada" del Profesor Albert Einstein al Museo de la Ciencia y el Cosmos el pasado 25 de septiembre de 2005 a bordo de una imaginaria máquina del tiempo.

Tras las proyecciones tuvo lugar un coloquio con expertos en Relatividad del IAC sobre su contenido físico, errores y virtudes, posibilidad real de los viajes en el tiempo, etc.



Carátula del documental «Relatividad». Diseño: Inés Bonet (IAC).



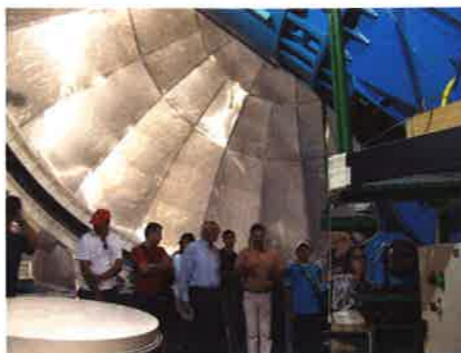
Distintos momentos de la «llegada» de Einstein al Museo de la Ciencia y el Cosmos, donde fue recibido por Natalia R. Zelman, y durante su actuación en la Facultad de Física de la Universidad de La Laguna.



**DIVULGACIÓN**

**Jornadas de Puertas Abiertas en el Observatorio del Teide**

Los días 22 y 23 de julio, se organizaron, con financiación de la red OPTICON, unas Jornadas de Puertas Abiertas en el Observatorio del Teide (Izaña, Tenerife). En estas Jornadas pudieron visitarse el Telescopio Solar THEMIS (CNRS, Francia-Italia), el Telescopio de Torre al Vacío (KIS, Alemania), el Centro de Visitantes y el Laboratorio Solar (IAC, España). En total asistieron 1.200 personas.



Fotos: Luis Cuesta (IAC).

**DIVULGACIÓN**

**«Visitas concertadas» al Observatorio del Roque de los Muchachos**

Debido a las fiestas de la Bajada de la Virgen en La Palma, las tradicionales Jornadas de Puertas Abiertas en el Observatorio del Roque de los Muchachos fueron sustituidas este verano por un programa de «visitas concertadas» los días 2, 9, 23 y 30 de julio y 13 de agosto. En total asistieron 1.619 personas. Estas jornadas, financiadas por la red OPTICON, consistieron en una charla de media hora en uno de los helipuertos con explicación detallada de la historia, características e instalaciones del Observatorio, así como una visita, según los días, a los telescopios MAGIC, WHT, TNG, NOT, Liverpool y Mercator.



**Jornadas de Puertas Abiertas para el municipio de Garafía**

El 19 de agosto, el IAC organizó una Jornada de Puertas Abiertas y la tradicional comida para el municipio de Garafía en el Observatorio del Roque de los Muchachos. En total asistieron 280 personas.



Fotos de todas las jornadas: Juan Carlos Pérez Arencibia (IAC)



**Conferencias**

**LUIS A. MARTÍNEZ SÁEZ**

- «La divulgación científica desde un centro de investigación: el caso del IAC» (01/07). En el Máster de Comunicación Científica del IDEC (Institut d'Educació Continua) de la Universitat Pompeu Fabra. Barcelona.

**MANUEL VÁZQUEZ**

- «La distancia justa: zona de posible vida alrededor de una estrella» (13/07). En el curso «Exploración y estudio del espacio» de los Cursos de Verano de la Universidad Politécnica de Madrid. La Granja (Segovia).

- «El conocimiento del Sol: ¿qué nos falta?» (14/07). En el curso «Exploración y estudio del espacio» de los Cursos de Verano de la Universidad Politécnica de Madrid. La Granja (Segovia).

- «Meteorología Espacial (viviendo con una estrella)» (14/07). En el curso «Exploración y estudio del espacio» de los Cursos de Verano de la Universidad Politécnica de Madrid. La Granja (Segovia).

- «Historias de Marte» (14/09). En la Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física en Orense.

- «Eclipses totales de Sol en España» (3/10). En el Ciclo «La astronomía en la sociedad. Eclipse anular de Sol 2005». Murcia.

- «Historias de Marte» (20/10). Ciclo «Matemáticas en la Ciencia y la cultura contemporáneas». Fundación Mafre, La Laguna.

**RAFAEL REBOLO**

- «Cosmic Microwave Background» (13/07). Escuela de Verano de la Agencia Espacial Europea. Alpbach. Austria.

- Lección inaugural del acto de apertura del curso de la Universidad Politécnica de Cartagena (13/09). Cartagena, Comunidad Murciana.

- «Origen y evolución del Universo: el reto de la Cosmología» (06/09). Congreso «Albert Einstein Annus Mirabilis 2005». Kursaal de San Sebastián.

- «Los desafíos de la Cosmología actual: energía y materia oscura» (20/10). Ciclo de conferencias «Pinceladas científicas», 20 aniversario de la revista *Astronomía*. Ateneo de Madrid.

**JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ ESPINOSA**

- «El GTC: Una herramienta astronómica para el siglo XXI» (25/07). En los cursos de verano 2005 de la Fundación Canaria Universidad Ambiental de La Palma. Cajacanarias de Santa Cruz de La Palma.

- «Seis números que definen el Universo» (13/09). En la Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física en Orense.

**FRANCISCO JAVIER DÍAZ CASTRO**

- «La ley del cielo de Canarias: problemas y beneficios de su aplicación» (27/07). En los cursos de verano 2005 de la Fundación Canaria Universidad Ambiental de La Palma. Cajacanarias de Santa Cruz de La Palma.

**JAVIER LICANDRO**

- «Pequeños planetas del Sistema Solar» (29/07). En los cursos de verano 2005 de la Fundación Canaria Universidad Ambiental de La Palma, como parte del Taller aplicado sobre investigación y observación astronómica. Cajacanarias de Santa Cruz de La Palma.

**RAMÓN GARCÍA LÓPEZ**

- «Einstein y las estrellas» (07/09). En el curso «Einstein: 100 años de Relatividad», dentro de los Cursos de formación del profesorado de enseñanza secundaria. UIMP, Santander.

- «Un día en la vida de un astrónomo» (21/10). Charla impartida a alumnos de ESO y Bachillerato del Centro Concertado «Santa Catalina». Gran Canaria.

- «Un día en la vida de un astrónomo» (04/11). Charla impartida a alumnos de ESO y Bachillerato del IES de Teror. Gran Canaria.

- «Un día en la vida de un astrónomo» (21/12). Charla impartida a alumnos de ESO y Bachillerato del Colegio «Luther King» del Sur. Tenerife.

**JORGE CASARES**

- «Agujeros Negros y Relatividad» (23/09). En el Planetario de Mallorca. Costitx, Mallorca.

**FRANCISCO SÁNCHEZ**

- Participación en la Mesa Plenaria del Congreso Iberoamericano de Filosofía de la Ciencia (28/09). Aulario del Campus de Guajara, Universidad de La Laguna.

- Conferencia de apertura del certamen «Ciencia en Acción» (23/09). Museo de la Ciencia y el Cosmos, La Laguna.

**CARLOS MARTÍNEZ**

- «Herramientas de los astrofísicos. Telescopios y otros artilugios» (29/09). Alcoy, Comunidad Valenciana.

**LUIS CUESTA**

- «La aventura de conocer el Universo» (25/10). En la Escuela de Arte de Santa Cruz de La Palma.

- «La aventura de conocer el Universo» (15/11). En el Acuartelamiento de Breña Baja, La Palma.

**JUAN ANTONIO BELMONTE**

- «Eclipses, templos y talayots: astronomía y cultura en el Mundo Antiguo» (septiembre). En «Previ eclipsi anular de Sol». Aula Cultural «Sa Nostra». Palma de Mallorca.

- «Astronomía y Cultura en el Mundo Antiguo: eclipsando el Sol y desvelando realidades» (octubre). Aulario Urbano de la Universidad de Alicante.

- «Luces y sombras sobre las pirámides» (octubre). Conferencias

del Parque Etnográfico Pirámides de Güímar. Tenerife.

- «Arqueoastronomía» (noviembre). Jornada de Astronomía del Casino de La Laguna.

- «De Copán a Abu Simbel. Astronomía y cultura en el Mundo Antiguo» (diciembre). Curso «Arqueología del Firmamento». Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Sevilla.

**CÉSAR ESTEBAN**

- «Astronomía en la protohistoria hispana» (03/11). Conferencia en el curso «Arqueología del Firmamento» de los Cursos de Otoño de la Fundación Caja Rural del Sur. Sede Central Fundación Caja Rural del Sur. Sevilla.

- «La búsqueda de vida inteligente en el Universo» (18/11). Conferencia de clausura de las actividades de la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2005 organizadas por el INESCOP. Salón de actos de INESCOP de Elda. Alicante.

- «Arqueoastronomía» (19/11). Conferencia organizada por la asociación Amigos de la Astronomía de Elda. Salón de actos de la Fundación Paurides González Vidal de Elda. Alicante.

- «La búsqueda de vida inteligente en el Universo» (22/11). Conferencia en II Jornadas de Divulgación de la Ciencia «Ciencia Hoy». IES Cruz Santa, Los Realejos. Tenerife.

**INÉS RODRÍGUEZ HIDALGO**

- «Donde se da nueva y discreta lectura al capítulo XVIII de la Segunda Parte de El Quijote, con el sabroso provecho que della se saca» (30/11). Jornada organizada con motivo de la entrega de premios del Concurso de Relato Breve «Einstein y el Quijote. Un encuentro en el espacio-tiempo». Sede del CIEMAT. Madrid.

**PETER HAMMERSLEY**

- «El Gran Telescopio CANARIAS» (14/03) (omitida en número anterior). A estudiantes de Arquitectura de Nueva York que visitaron el Observatorio del Roque de los Muchachos. Palacio Salazar, La Palma.

**«El Universo en Color»**

**MARTIN M. ROTH**

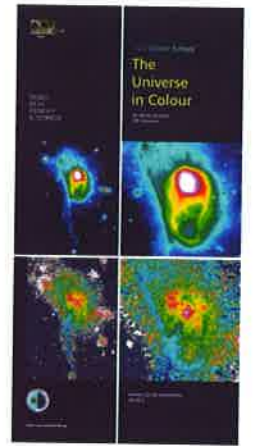
Fecha: 25/11/05

Lugar: Museo de la Ciencia y el Cosmos

Esta conferencia, a cargo del astrofísico Martin M. Roth, del Instituto de Astrofísica de Postdam (AIP), en Alemania, se enmarcaba dentro de las actividades previstas con motivo de la XVII Escuela de Invierno de Astrofísica de Canarias, que sobre «Espectroscopía Tridimensional (3D spectroscopy)» y organizada por el IAC, se celebró en el Puerto de la Cruz, del 21 de noviembre al 2 de diciembre.

Martin M. Roth dirige desde 1994 el equipo de instrumentación óptica del AIP. Interesado principalmente en la instrumentación astronómica y el uso de tecnologías para la observación, también se dedica a la investigación sobre las últimas etapas de la evolución estelar, las nebulosas planetarias y sus estrellas centrales.

Además, es coordinador de Euro3D Research Training Network, una iniciativa de 11 institutos europeos con el objetivo de popularizar, en la comunidad astronómica, la espectroscopía 3D por medio de un programa de formación común de investigadores jóvenes, con la financiación de la Comisión Europea.



Diseño: Miriam Cruz.

**Congresos**

En el Congreso «Communicating Astronomy», celebrado en Munich, del 14 al 17 de junio, se presentaron las siguientes comunicaciones por parte del IAC (omitido en el número anterior):

- «The IAC and scientific outreach». LUIS CUESTA, en nombre del Gabinete de Dirección del IAC.

- «Virtual visits to Astronomical Observatories». MIQUEL SERRA-RICART, LUIS CUESTA y LUIS A. MARTÍNEZ.

- «Public Outreach at the Canary Islands' Astronomical Observatories». ANSELMO SOSA MÉNDEZ, en nombre de OPTICON.

- «Do the Stars Tell Your Love Story?». INÉS RODRÍGUEZ HIDALGO.

- «The Role of the Popular Article in Astronomical Outreach» y «A Communications Toolkit for Astronomers». TERRY MAHONEY.

**Cursos**

**ANTONIA M. VARELA**  
- «Iniciación a la astronomía» (10/05- 02/06). Universidad para mayores, dos cursos de 15 horas cada uno impartidos en la ULL y en el Centro Cultural de la Villa de Adeje.

**JUAN ANTONIO BELMONTE**  
- «Reflejos del Cosmos: Arqueoastronomía» (julio). Taller aplicado de investigación y observación astronómica en La Palma. Universidad de Verano. Casa Salazar, Santa Cruz de La Palma.  
- «Astronomía y Cultura en el Mundo Antiguo: eclipsando el sol y desvelando realidades» (Octubre 2005). Curso «La Astronomía en la Sociedad». Salón de Actos Edificio Moneo. Murcia.



**DIVULGACIÓN**

**«Ciencia en Acción»**

El IAC estuvo presente en la celebración de la final nacional del certamen «Ciencia en Acción», que tuvo lugar, entre los días 23 y 25 de septiembre, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, dependiente del Organismo Autónomo de Museos y Centros (OAMC) del Cabildo de Tenerife.

Esta iniciativa, promovida por la Real Sociedad Española de Física, la Real Sociedad Matemática Española y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, pretende acercar la ciencia a la población en general a través de un enriquecedor intercambio de ideas y propuestas innovadoras entre profesionales de la enseñanza y la divulgación.

Durante la celebración, el Museo se convirtió en un escenario de puertas abiertas donde se combinaron las demostraciones de experimentos, las puestas en escena, la presentación de unidades didácticas y la proyección de material audiovisual.

Al final del certamen, de cuyo jurado forma parte el astrofísico Luis Cuesta, asesor científico del Gabinete de Dirección del IAC, se premiaron algunos de los proyectos divulgativos. Entre ellos, el premio especial del IAC recayó en los canarios Ricardo Marín y Pedro Manuel Velásquez por su trabajo «Apaga una luz y salva una vida», sobre los riesgos de la contaminación lumínica.



Imágenes del certamen «Ciencia en Acción». Sobre estas líneas, Luis Cuesta, del Gabinete de Dirección del IAC, haciendo entrega del premio especial de este Instituto a los canarios Ricardo Marín y Pedro Manuel Velásquez. Fotos: Silbia López Lacalle y Luis Cuesta (IAC).



**DIVULGACIÓN**

**«Ciencia en Acción»**



Experimentando la ciencia al aire libre, en la terraza del Museo de la Ciencia y el Cosmos. Fotos: Luis Cuesta (IAC).

**másEinstein**

«másEinstein» 2005, propuesta presentada por el investigador del IAC Ignacio García de la Rosa y Gotzon Cañada, fue un proyecto del Museo de la Ciencia y el Cosmos, dependiente del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo Insular de Tenerife, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia en colaboración con el Ayuntamiento de La Laguna. Su finalidad fue unirse a la celebración del Año Mundial de la Física, que conmemora el centenario de la Teoría Especial de la Relatividad de Einstein. Para ello se propuso abordar el reto de divulgar esta compleja teoría para el público no especializado, convirtiendo la ciudad de La Laguna en una gigantesca sala de exposiciones dedicada a Einstein y la Relatividad.



Albert Einstein «sentado» en las guaguas de Titsa ha recorrido durante un año las calles de La Laguna, dentro del proyecto «másEinstein 2005».

**Periodistas en formación**

Como continuación al programa de becas para periodistas en formación iniciado en 1999 que ofrece el Gabinete de Dirección, y tras un proceso de selección, realizaron prácticas en el IAC:

-DANIEL DE LA TORRE (Máster de Comunicación Científica de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona): trabajos de apoyo a ediciones, información y divulgación.

-ELVIRA LOZANO MARTÍN (Máster de Comunicación Científica de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona): trabajos de apoyo a ediciones, información y divulgación, y de manera especial la confección de un libro conmemorativo sobre el Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna.

-IVÁN JIMÉNEZ MONTALVO (Máster de Comunicación Científica de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona): trabajos de apoyo a ediciones, información y divulgación, y de manera especial la realización de un documental sobre Relatividad.

- EVA RODRÍGUEZ ZURITA (astrofísica y Máster de Comunicación Científica de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona): trabajos de apoyo a ediciones, información y divulgación.

**Otros becarios**

- LAURA VENTURA (astrofísica), trabajos de apoyo a ediciones, información y divulgación, y de manera especial para el proyecto de charlas de divulgación y la creación del Banco de Imágenes del Gabinete de Dirección que puedan ser utilizadas por profesores, divulgadores y medios de comunicación.

- KARIN RANERO CELIUS (astrofísica): trabajos de apoyo a ediciones, información y divulgación, y de manera especial la creación del Banco de Imágenes del Gabinete de Dirección y la participación en la puesta en marcha del Proyecto Liverpool, cuyo fin es la divulgación de la astronomía por medio de la utilización del Telescopio robótico Liverpool.

- INÉS BONET MÁRQUEZ (creativa audiovisual): trabajos de apoyo a ediciones, información y divulgación, y de manera especial diseño electrónico, simulaciones por ordenador y la realización de un documental sobre Relatividad.

- PATRICIA RUIGÓMEZ LOBATO (creativa audiovisual): trabajos de apoyo a ediciones, información y divulgación, y en especial el diseño de la gráfica del proyecto GOYA.



PREMIOS

Premio a «La ciudad relativa»

El corto de divulgación "La ciudad relativa", producido por el IAC, ha sido premiado en el Festival Anual "Pirelli International Award 2005". Este concurso, organizado por el grupo Pirelli para conmemorar el "Año Mundial de la Física", consistía en un trabajo multimedia que explicara la Teoría Especial de la Relatividad de Einstein en 5 minutos. El trabajo, realizado por Iván Jiménez Montalvo e Inés Bonet Márquez, del Gabinete de Dirección del IAC, fue galardonado con un "premio especial al producto más televisivo". El premio consistió en una condecoración en oro valorada en 3.500 euros.

Al Pirelli Relativity Challenge se presentaron cerca de 250 trabajos de más de 40 países y participaron cerca de medio centenar de universidades e institutos de Física de todo el mundo. Los finalistas fueron evaluados por un jurado formado por el matemático y divulgador Piergiorgio Odifreddi, el Director del Zurich Technological University Konrad Osterwalder, el Presidente de CNR (Italian National Research Council) Fabio Pistella, el sociólogo de la ciencia Massimiano Bucchi y la estudiante María Nicolaci.

La ceremonia tuvo lugar en el "Telecom Italia Future Centre" de Venecia el pasado 1 de diciembre y fue retransmitida por Internet dentro de los actos de clausura del "Año Mundial de la Física" organizado por el CERN (European Organization for Nuclear Research) de Ginebra.

Enlace al vídeo "La ciudad relativa": <http://www.iac.es/boletinpalma/noviembre2005/noticias/presentacionoficial/relatividad.wmv>  
 Nota de prensa de Pirelli: <http://www.pirelliaward.com/news0512i.html>  
 Vídeo ceremonia: <http://wyp.digitalidentity.it/>



A la izquierda y en imágenes superiores, distintos momentos de la entrega del premio, así como un montaje de escenas del documental. Fotos: José Antonio Bonet (IAC).

PREMIOS

Premio a «caosyciencia.com»

La revista digital "caosyciencia.com", también editada por el IAC, ha sido galardonada con el premio Prisma al "mejor trabajo multimedia" dedicado a la divulgación científica, por la Casa de las Ciencias de la Coruña en su XVIII Convocatoria. El trabajo fue presentado por Annia Domènech, del Gabinete de Dirección del IAC, y fue premiado "por la variedad de sus contenidos, que abarcan muy diversas ramas de la ciencia, el rigor y al tiempo el equilibrio informativo y divulgativo, la gran calidad de las ilustraciones que complementan a los textos y por haber conseguido un importante grado de implicación de los investigadores en tareas de divulgación". El premio está dotado con 6.000 euros.

El Jurado estuvo compuesto por Manuel Toharia, director del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia y por delegación del Alcalde de La Coruña; Miguel Barral, periodista científico; Fernando Garrido, miembro de la Junta Directiva de la Asociación de Amigos de la Casa de las Ciencias; Nieves Gordón, responsable de comunicación y gestión del Planetario de Pamplona; Horacio Naveita Fachal, Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidade da Coruña; Gemma Revuelta, subdirectora del Observatorio de la Comunicación Científica de la Universidad Pompeu Fabra; y Javier Sampedro, periodista científico del diario El País. La entrega del premio tuvo lugar el pasado 12 de noviembre.

El IAC ya recibió en 2003 el Premio "Prisma Especial del Jurado" en la XVI Convocatoria de los Premios Prismas "Casa de las Ciencias" a la Divulgación Científica, "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".

Página web de la revista digital "caosyciencia": <http://caosyciencia.com/>



Arriba, Annia Domènech, última a la derecha, junto con el resto de los galardonados. Foto: Casa de las Ciencias de la Coruña. A la derecha, diversas páginas de caosyciencia.com.





PREMIOS

Premio al programa de Doctorado «Física del Cosmos»

El Programa de Doctorado Interdepartamental "Física del cosmos", impartido en la Universidad de La Laguna (Tenerife) obtiene, por tercer año consecutivo, la "Mención de Calidad" otorgada por el Ministerio de Educación y Ciencia.

Esta mención constituye un reconocimiento de la solvencia científico-técnica y formadora de este programa de doctorado, así como de los grupos o Departamentos que participan en el mismo, que son el Instituto de Astrofísica de Canarias y los Departamentos de Astrofísica y Física Fundamental II de la Universidad de La Laguna.

Se obtiene tras superar una evaluación muy detallada del nivel científico del programa, contenidos, estructura y objetivos, prestando especial atención a la calidad de la docencia impartida y de los proyectos de investigación ofertados, currículo investigador de los profesores, porcentaje de estudiantes que, efectivamente, concluye sus estudios de tercer ciclo respecto al total de inscritos, cantidad y calidad de las tesis doctorales producidas, así como movilidad en profesores y alumnos, entre otros aspectos. La mención faculta para participar en la obtención de ayudas a la movilidad de profesores y estudiantes en las convocatorias específicas que realiza el Ministerio para este fin.

Además, los programas de doctorado que han obtenido esta mención figuran en una relación de "Programas de Doctorado de Calidad" de las universidades españolas, que constituye un referente de garantía de calidad para la participación en los programas nacionales de subvenciones y ayudas competitivas, en la convocatoria de becas de postgrado, así como en la cooperación con otras instituciones nacionales o internacionales.

Es de señalar que esta "Mención de Calidad" se otorga a un reducido número de los programas de doctorado de toda España.

Premio al Telescopio Liverpool

En noviembre de 2005, la Universidad John Moores de Liverpool, que opera el Telescopio Liverpool, instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma), recibió uno de los premios a la educación más prestigiosos del Reino Unido por su excelencia astronómica y su compromiso científico con el público. Estos premios (*Queen's Anniversary Prizes for Further and Higher Education*), que son otorgados cada dos años, tienen el objetivo de reconocer y premiar la aportación económica, cultural, intelectual y social de las universidades británicas al Reino Unido. El premio fue concedido a la Universidad John Moores en Liverpool específicamente por el desarrollo de telescopios terrestres de gran tamaño y sofisticación, que están aportando nuevos campos de investigación a los astrónomos profesionales, así como por la aplicación creativa de esta



Telescopio Liverpool. Foto: Miguel Briganti (SMM/AC).

tecnología en sus cursos de formación y en el programa *National Schools' Observatory*, una herramienta para revelar las maravillas del Universo a escolares en el Reino Unido.

A TRAVÉS DEL PRISMA

El nacimiento de la Radioastronomía

Karl Jansky, un ingeniero de los Laboratorios Bell de Nueva Jersey (Estados Unidos), debía averiguar y eliminar el ruido que provocaba interferencias en las comunicaciones transatlánticas y dificultaba las llamadas telefónicas con Europa. En 1931, Jansky había identificado, con ayuda de una antena lineal, ondas de radio procedentes de lejanas regiones centrales de la Vía Láctea. Por entonces, apenas se prestó atención científica a este descubrimiento (aunque fue noticia de primera página en varios periódicos, entre ellos el *New York Times*, cuando se anunció el 5 de mayo de 1933). Hoy, en honor de este ingeniero, la unidad de potencia de emisión en ondas de radio se llama "jansky" (Jy).

Según el radioastrónomo Heinz Andernach, «las dos décadas siguientes al descubrimiento de Jansky estuvieron dominadas por estudios *amateurs*, como los efectuados por Grote Reber, usando una antena de 9 m fabricada por él mismo en la trasera de su casa, y por descubrimientos accidentales durante la Segunda Guerra Mundial.»

La antena de Reber, de 31 pies (unos 9,4 m), construida en 1937, fue de hecho el primer radiotelescopio del mundo. En *Contacto*, Carl Sagan cuenta que un vecino de Reber tenía una máquina de diatermia en su casa y que, a causa de las enormes interferencias que causaba, Reber sólo pudo observar cuando la máquina estaba apagada. Aunque la Vía Láctea emitía billones de veces más señal, era también billones de veces más lejana que su molesto vecino.

En cuanto a la contribución de la guerra, inicialmente se pensó que la emisión del Sol era el ruido de radio emitido por el ejército alemán para confundir a los radares ingleses; en 1942 se descubrió que se trataba de la segunda radiofuente cósmica.

Aparte de la emisión del Sol, detectada igualmente por los alemanes y confundida con una interferencia aliada, también se detectaron meteoros por radar, que en un primer momento provocaron falsas alertas al pensar que se trataba de la llegada inminente de los cohetes V-2 alemanes.

Un astrónomo holandés en la Europa ocupada realizó un trabajo pionero que predecía la emisión de hidrógeno neutro en 21 cm, aunque no pudo confirmarse observacionalmente hasta 1951. Por supuesto, todas estas observaciones se clasificaron como secretos militares.

En los mapas que el radioaficionado Grote Reber obtuvo con su radiotelescopio no sólo aparecía la región central de la Vía Láctea detectada por Jansky como fuente emisora de radio, sino también otras dos fuentes de radio llamadas *Cyg A* y *Cas A* (los nombres derivan de la constelación de la que proceden -*Cisne* y *Casiopea*, respectivamente-, mientras que la «A» denota que se trata de las fuentes de radio más brillantes). De estos dos objetos, *Cygnus A* se confirmó más tarde como una radiogalaxia lejana, la más brillante del cielo. Reber publicó estos resultados en 1940, en *The Astrophysical Journal*, en un artículo titulado «Cosmic Static» (Ruido Cósmico).

«Sólo a principios de los años cincuenta —advirtió Andernach— se identificaron las primeras fuentes de radio extragalácticas, dando paso al descubrimiento de radiogalaxias como *M87* o *Centaurus A*. [En 1955 solo se habían identificado ocho radiofuentes con objetos celestes debido a que las posiciones en radio eran tan imprecisas, que sólo en casos como la galaxia de Andrómeda, Júpiter o el Centro Galáctico se pudo identificar una fuente a ciencia cierta.] La potencia

LAS ONDAS DE RADIO

Las ondas de radio (o radioondas) son ondas electromagnéticas con longitudes de onda largas (desde 1 milímetro hasta cientos de kilómetros) y frecuencias bajas (desde 20 kilohertzios hasta 300 gigahertzios). Las mayores frecuencias observables desde Tierra corresponden a las ondas milimétricas y submilimétricas, por encima de las microondas, entre 1 mm y 1 m. (Las ondas kilométricas sólo pueden observarse desde el espacio y con antenas de gran extensión).

Dado que nada frena a las ondas de radio en su trayecto (sólo se «enfrian» por la expansión del Universo), se pueden obtener imágenes de regiones ocultas por nubes de partículas como, por ejemplo, el centro de nuestra galaxia, mucho más claras que en el rango óptico.

Las ondas de radio de origen extraterrestre (procedentes del espacio cósmico), fuentes de radio o radiofuentes, no se descubrieron hasta los años treinta, aunque el término radioastronomía se acuñó en inglés a finales de los cuarenta y como ciencia no se desarrolló hasta después de la Segunda Guerra Mundial.

Si bien en esta rama científica cualquier frecuencia de radio (o radiofrecuencia) es válida, en la práctica y por acuerdo internacional se comparten con las de las telecomunicaciones y otros servicios, que se limitan a determinadas bandas para minimizar las interferencias con las observaciones astrofísicas.



## A TRAVÉS DEL PRISMA

de emisión de estos objetos es mucho mayor en radio que en longitudes de onda ópticas; desde entonces (y hasta ahora!) se han suscitado toda clase de especulaciones sobre el origen de esta energía. El problema se agravó a mediados de los sesenta con el descubrimiento de los *cuásares* (objetos casi estelares), a distancias cada vez mayores.»

### LAS RADIOGALAXIAS

Tras la Segunda Guerra Mundial, sólo los científicos que habían desarrollado el radar para detectar aviones enemigos durante la guerra mostraron interés por la Radioastronomía. Según el científico Kip Thorne en su libro *Agujeros negros y tiempo curvo*, los astrónomos ópticos de entonces «permanecerían desinteresados hasta que los radiotelescopios pudieran medir la posición de una fuente en el cielo con precisión suficiente para determinar qué objeto emisor de luz era responsable de las radioondas. Esto requería una resolución 100 veces mejor que la lograda por Reber, es decir, multiplicar por 100 la precisión con la que se medían las posiciones, tamaños y formas de las fuentes de radio».

La alta resolución que pueden alcanzar los telescopios ópticos, al tener la luz que captan longitudes de onda muy cortas, era impensable con radiotelescopios, los cuales tenían que hacer frente a grandes longitudes de onda. El problema era, por tanto, la resolución que, a su vez, estaba relacionada con el diámetro del radiotelescopio. Para mejorarla se precisaban enormes radiotelescopios, de diámetros de un kilómetro o más. En su lugar se ideó una técnica que resultó un éxito y que consistía en instalar una red de pequeños radiotelescopios con señales de salida unidas y combinadas; en otras palabras, se conectaban dos o más radiotelescopios separados por una distancia de forma que resultara el equivalente a un telescopio con un diámetro igual a su separación. Con esta técnica, llamada *interferometría*, el panorama de la Radioastronomía cambió completamente.

A finales de los cuarenta, tres equipos científicos (dos en Inglaterra y uno en Australia) competían por construir los mejores radiointerferómetros. Sólo mucho después fue posible comprobar con ellos que las fuentes de radio más brillantes en el cielo eran galaxias muy lejanas, denominadas *radiogalaxias*.

A finales de la década de los cincuenta, sir Martin Ryle y su equipo de radioastrónomos de la Universidad de Cambridge confeccionaron los primeros catálogos, revisados en la siguiente década, de todas las fuentes de radio que podían observar en el cielo, y a medida que perfeccionaban sus instrumentos, los catálogos fueron incluyendo fuentes cada vez más débiles y mejor localizadas.

El equipo de Bernard Lovell, en Jodrell Bank, de la Universidad de Manchester, descubrió en 1953 que las ondas de radio de *Cyg A* procedían de dos grandes regiones llamadas *lóbulos* a ambos lados de la fuente. Se tenía así la imagen completa de lo que era una *radiogalaxia*: una galaxia con una emisión en ondas de radio desde mil hasta un millón de veces más intensa que la de una galaxia normal, que presenta una doble estructura con dos puntos muy brillantes en el centro y lóbulos simétricos a los lados (imagen peculiar que en un principio hizo pensar que se trataba de galaxias en colisión).

Graham Smith, un estudiante de doctorado de Ryle, envió los datos de *Cyg A* al astrónomo Walter Baade, de la Institución Carnegie en Pasadena (Estados Unidos), para que observara y fotografiara este objeto con el telescopio óptico de 200 pulgadas (5 m) de Monte Palomar. A Baade también le pareció ver en las fotografías el choque de dos galaxias. Por ello, durante algún tiempo se pensó que las ondas de radio procedentes de *Cyg A* (y por extensión de cualquier otra

fuente de radio fuera de nuestra galaxia) eran producidas por una colisión galáctica. «*Cyg A* es en realidad -explica Kip Thorne- una sola galaxia con una banda de polvo que pasa por delante de ella. El polvo absorbe luz de tal modo que hace que la simple galaxia tenga la apariencia de dos galaxias en colisión».

Además, las *radiogalaxias* presentaban los mayores desplazamientos al rojo jamás registrados hasta entonces, como demostró en 1960 Rudolph Minkowski, del Observatorio de Monte Palomar, con la fuente de radio 3C 295, una galaxia que se alejaba de nosotros con un corrimiento al rojo equivalente al 46% de la velocidad de la luz.

Lo único que se sabía a finales de los años cincuenta es que algunas de las radiofuentes eran muy pequeñas, mucho más pequeñas de lo que se podría esperar, siendo todas del mismo tipo que *Cygnus A*. Se supuso que según el modelo del Universo -estacionario, abierto o cerrado-, las radiofuentes mostrarían un diámetro mínimo que podría medirse con interferómetros sencillos y, según el valor hallado, se podría decir cuál de los modelos de universo era el correcto. Según el astrofísico Mark Kidger, todo empezó con el afán de calcular este tamaño mínimo y, de ahí, el modelo de universo. «Cuando ya las fuentes más pequeñas superaron en un factor de 10 el tamaño mínimo esperado, la cuestión se convertía en una *caza* por ver quién encontraba la fuente más pequeña (¡una *caza* que no ha terminado aún!). Y, de ahí, el interés por identificar qué tipo de objeto podría dar lugar a unas radiofuentes con un diámetro de milisegundos de arco y menor, cuando el mínimo, si fuesen todos iguales a *Cyg-A*, sería del orden de 8 segundos de arco».

CARMEN DEL PUERTO (IAC)

## LA REALIDAD DE LA FICCIÓN

### La "neotenia" en E.T.



Héctor Castañeda (IAC)

*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 la cultura popular son habituales las historias de extraterrestres visitando la Tierra con asiduidad, desde los tiempos más remotos hasta nuestros días. Nuestro planeta se muestra como el punto de cita galáctico para cada raza de vida inteligente que puebla el Universo. El cine no hace más que reforzar lo que mucha gente cree como razonable, desde la llegada de extraterrestres para encontrarse en secreto con representantes del Gobierno de Estados Unidos (*Encuentros en la Tercera Fase*, 1977), hasta la existencia de alienígenas habitando entre nosotros en este momento (*Hombres de Negro*, 1997), algo que no parece del todo descabellado dado el comportamiento de algunos de nuestros semejantes.

Sin embargo, todo caso de contacto con seres de otro mundo analizado en profundidad revela que es el resultado de fábula, ilusión, autoengaño o simple mentira. Pero para aquella gente que genuinamente cree tener una experiencia de encuentro con un ser extraterrestre, ¿por qué muchas veces esos alienígenas amistosos parecen ser seres semejantes a nosotros, con cabezas prominentes y enormes ojos? Un aspecto llamativo de estas historias es que, con frecuencia sospechosa, casi todos los visitantes se parecen de manera antropomórfica a nosotros. Podríamos alegar que hay algo en nuestro diseño que nos hace especialmente eficientes y deseables, pero ésa no es necesariamente la respuesta. El resultado de la evolución en la Tierra proporciona la prueba de que la naturaleza tiene una capacidad ilimitada de variedad en la creación de seres vivos.

Para explicarnos este hecho debemos irnos nuevamente al cine. Los realizadores necesitan crear una respuesta emocional rápida de los espectadores cuando presentan una imagen. Por ejemplo, para expresar maldad, la cabeza del alienígena de *Alien* (1979) carece de rasgos distintivos, lo cual le da un grado de incertidumbre enorme, reflejando su carácter agresivo y predador. Por otro lado, para presentar el extraterrestre más bueno que pisó jamás la pantalla grande, el diseñador italiano Carlo Rambaldi creó para Steven Spielberg a E.T. en *E.T. El extraterrestre* (1982). E.T. es un botánico llegado de otra galaxia, tiene un cuerpo pequeño, cuatro extremidades, una cabeza enorme de la cual destacan sus ojos y genera inmediatamente una reacción espontánea de atracción y cariño.

¿Pero cuál es la misteriosa razón que hace de E.T. un ser simpático, agradable y amistoso?

Una posible respuesta a esta pregunta comienza en un artículo del paleontólogo y gran divulgador científico norteamericano Stephen Jay Gould en la revista *Natural History*, recordando el quincuagésimo aniversario de la creación en 1928 de Mickey Mouse. En ese brillante ensayo, Gould hacía notar cómo la apariencia de Mickey se había hecho sutilmente más infantil y amable con los

años, a diferencia de nosotros los adultos. Mickey Mouse comenzó su vida como un adulto, y de un carácter no especialmente simpático, pero a medida que fueron pasando los años su cráneo fue creciendo, mientras que sus piernas y el torso se encogieron, y sus ojos se hicieron más grandes y anchos, adoptando mientras maduraba la apariencia de un niño. Gould notó que sus ojos habían aumentado del 27% al 42% del tamaño de su cabeza, mientras que ésta había crecido del 42,7% al 48,1%, comparándola con la longitud de su cuerpo. Este fenómeno biológico se denomina «neotenia», la retención de características de la juventud cuando se llega a la fase adulta del desarrollo. De forma consciente o inconsciente, los dibujantes habían hecho al ratón un objeto de mayor afición al realizar esos cambios.

La explicación científica de ese comportamiento puede buscarse para Stephen Jay Gould en los trabajos del etólogo austriaco Konrad Lorenz. Para Lorenz las características juveniles de los miembros más pequeños de nuestra especie disparan mecanismos en nuestra mente que inducen a la afición y el cuidado





## LA REALIDAD DE LA FICCIÓN

en los humanos adultos. Y, por lo tanto, cuando vemos una criatura viviente que posee características de bebé, sentimos automáticamente aparecer sentimientos de cariño. Podemos dejar a un lado la cuestión sobre si este comportamiento es innato y heredado de nuestros ancestros, o se aprende de nuestra interacción con bebés. Lo relevante es que ese comportamiento es bueno para la preservación de la especie.

¿Y cuáles son esas características infantiles que generan ese comportamiento? Según Lorenz, la lista incluye aspectos como una cabeza relativamente grande, predominio de la región craneal, ojos grandes y extremidades cortas y gruesas.

Es curioso notar que esas son las señales prominentes de la apariencia de E.T. Podemos concluir que no sólo el cine adopta esas formas por conveniencia a la hora de representar un extraterrestre amistoso (a semejanza del tradicional sombrero blanco que simboliza al vaquero bueno en las clásicas películas del oeste), sino que muchos de los supuestos testigos de un encuentro con alienígenas reflejan realmente lo que ellos quieren que sea el ser extraño con el que se habrían encontrado. No debemos descartar que muchas de las supuestas visiones de extraterrestres en los medios de comunicación tengan su origen en modelos de extraterrestres popularizados por el cine y la televisión.

## LA JERGA DE LAS ESTRELLAS

### La serendipia en Astronomía



Carmen del Puerto (IAC)

En muchos descubrimientos científicos ha intervenido la casualidad. También en Astronomía. El término que se aplica para referirse a los descubrimientos accidentales en ciencia es *serendipia*<sup>1</sup>, aunque la tendencia última con respecto a este término es la de adoptar la traducción en castellano de *serendipidad* (en una columna homónima, el periodista Eduardo Haro Tegglen decía que *serendipidad* era «una palabra inglesa que nos falta: la facultad de encontrar cosas agradables sin siquiera proponérselo» (*El País*, 28/2/98). También hay quien considera innecesario este neologismo al ya existir el término castellano *casualidad*.

En una entrevista con el cosmólogo Hubert Reeves, del Centro de Estudios Nucleares de Saclay (Francia), nos explicaba en qué consistía hoy la *serendipia* en Astronomía: «Antes se entendía por *serendipia* el arte de utilizar las condiciones adversas y transformarlas en condiciones favorables; era lo que se llamaba *las tres fronteras de la serendipia*. En ciencia, el significado que se le da es el de la suerte, el azar. Consiste en observar el cielo en una región determinada y ver si hay algo interesante. A veces observamos un objeto seleccionado y, durante la observación, advertimos que en nuestro campo de visión está sucediendo algo que no esperábamos. Esto es lo que se llama descubrimientos por *serendipia*, es decir, por el azar, de forma imprevista. Circula una historia relacionada con este asunto sobre un astrónomo que observa con su telescopio siguiendo un programa de observación de determinadas estrellas y, de repente, observa una *supernova* que explota en su campo de visión. La historia consiste en decir que hay dos tipos de astrónomos: el primero de ellos se alegraría de su suerte; el segundo cerraría el telescopio diciendo que es una mala noche para observar sus estrellas. Éste sería el significado actual de *serendipia*. No se trata de convertir lo adverso en ventajoso, es simplemente una cuestión de suerte. En ocasiones tenemos una larga lista de objetos que estudiar y, al observarlos, nos damos cuenta de que uno de ellos presenta una característica que no estaba prevista y lo que hacemos es estudiarlo más detalladamente.»

<sup>1</sup> En el libro *Serendipia. Descubrimientos accidentales en la ciencia*. (Serendipity), de Royston Roberts, una nota del editor español dice al comienzo del libro: «Se ha introducido Serendipia como la palabra castellana correspondiente al término inglés *serendipity*, cuyo significado se explica en la Introducción. Creemos conveniente la creación de un neologismo especial para designar el concepto de *serendipity*, que está ampliamente difundido en la literatura científica contemporánea.» En la Introducción, el autor cuenta que la palabra inglesa *serendipity* fue acuñada por Horace Walpole en una carta a su amigo sir Horace Mann en 1754. «Walpole quedó impresionado por un cuento de hadas que había leído sobre las aventuras de *Los tres príncipes de Serendip* (o Serendib, un antiguo nombre de Ceilán, actualmente conocido como Sri Lanka), los cuales 'estaban siempre haciendo descubrimientos, por accidente y sagacidad, de cosas que no se habían planteado...'. Walpole usó el término para describir alguno de sus propios descubrimientos accidentales. Dicha palabra ha sido redescubierta recientemente y está siendo usada con una frecuencia creciente. La nota a pie de página del texto anterior dice «Serendib es un nombre de origen árabe referido a una isla que aparecía en sus mapas; es muy probable que fuese Ceilán, más que Madagascar.»

Como término comúnmente admitido en la filosofía de la ciencia, con el significado de datos imprevistos, anómalos y estratégicos que surjan de manera casual a lo largo de una investigación, *serendipia* fue utilizado en 1945 por Robert King Merton, en su Teoría y Estructuras Sociales.

## Astro Cultura



### Antes de que anochezca



Iván Jiménez (IAC)

Ahora, como antes, la vida recibe su energía del Sol. Pero, como en cualquier contrato inmobiliario, los efectos secundarios de vivir en una roca iluminada por la luz de un astro vienen en letra pequeña. Llegará un día en que la economía sumergida del Universo haga que todo estalle por los aires. Tarde o temprano a cada estrella le llega su fin.

*Noche en la Tierra. Foto de satélite que muestra la Tierra de noche iluminada por el brillo de la luz artificial, una evidencia visible de vida desde el espacio.*  
Crédito: C. Mayhew & R. Simmon (NASA/GSFC), NOAA/NGDC, DMSP Digital Archive





*El Sol en la línea espectral H-Alpha. El Sol es una estrella amarilla, pequeña y común en el Universo. Su distancia privilegiada con la Tierra ha hecho posible el milagro de la vida, un fenómeno único resultado de la transformación de la energía procedente de la radiación solar. Crédito: IAC*

## El Sol, 5.000 millones de años de existencia

Imagine un mundo iluminado por seis soles. Sus habitantes, durante miles de años, sólo han conocido la luz diurna. Con el tiempo, la extinción de algunos de sus astros y una extraña conjunción cósmica hacen surgir la oscuridad. Tras el impacto de descubrir un cielo llovido de estrellas y la ausencia de sistemas de iluminación al margen del fuego, se desencadena una espiral de locura y destrucción que marca el final de la civilización. Éste es el argumento de «Anochecer», un relato de ciencia ficción escrito por Isaac Asimov para advertirnos de algo evidente: el desarrollo de una sociedad depende de los retos que se le plantean, y cuando no pueden superarlos, muere.

Pero la muerte no es tanto el misterio como el hecho mismo de haber existido. La vida requiere de ingenio para ir saliendo del paso ante cualquier contratiempo y, por desgracia, el Universo está lleno de ellos. Nuestra existencia está estrechamente ajustada al domicilio cósmico, cualquier variación es suficiente para cambiar el destino del planeta. De entre los complementos que hacen habitable este hogar, el Sol resulta de primera necesidad. La vida es, sobre todo, un fenómeno solar. Y podría desaparecer dentro de unos pocos miles de millones de años, cuando la luminosidad de nuestro astro aumente tanto que el calor nos abrase. Para entonces, quizá encontremos una sombrilla donde ponemos a salvo.

### Un horno para bollos

El destino de un astro depende de su masa. Cuanta más masa tiene, más corta es su vida. Si bien las estrellas masivas tienen esplendorosos finales explosivos, como un municipio en verbena, los astros más modestos, como el Sol, tiene una muerte por entregas. En lugar de estallar, pasan los últimos años de su vida quemando combustible a espasmos, al modo de un fumador a quien le falta el aire.

cantidades de helio, como un anciano con el colesterol alto. De este modo la estrella echa barriga, aumentando su tamaño y luminosidad. Como consecuencia, en menos de 1.000 millones de años, la temperatura de la Tierra aumentará tanto, que bastará asomarse a la ventana para calentar la leche y secar las zapatillas de deporte en lugar de utilizar el microondas.

Por ahora, nuestro astro disfruta de los privilegios de un funcionario, es lo que llaman secuencia principal, es decir, el periodo estable y reposado en el que pasa la mayor parte de su vida, ajeno al entramado kafkiano del Universo que le rodea. El Sol ha gastado ya la mitad de su existencia y le quedan unos 5.000 millones de años más para su jubilación. Sin embargo, día a día se hace más luminoso y caliente. Esto se debe a los procesos de fusión nuclear que tienen lugar en el interior de la estrella, un auténtico horno que utiliza el hidrógeno como leña para fabricar helio e irradia esquivas de energía que recibimos en forma de luz.

Pero conforme envejece, nuestro astro tiene cada vez menos hidrógeno, que va extendiéndose hacia sus capas más exteriores. Mientras, acumula en su centro mayores

### Lucha de gigantes

El Sol se gana a pulso el equilibrio entre dos fuerzas: la gravedad, que actúa atrayendo el gas estelar hacia el centro comprimiéndolo, y la presión de radiación, que actúa en sentido contrario intentando expandir el sistema. Cuando el Sol haya consumido todo el hidrógeno no habrá presión suficiente para contrarrestar la gravedad y sus capas exteriores caerán hacia el núcleo hasta colapsar, al igual que encoge un globo cuando se deja de soplar.

Sin su fuente de energía, el helio se convertirá en un nuevo combustible y con él se iniciarán nuevas reacciones de fusión más energéticas para formar núcleos de carbono que harán que la presión de radiación hacia el exterior aumente. La gravedad no será suficiente para aguantar sus capas exteriores y la estrella se expandirá como remedio para detener el colapso y volver a una situación de equilibrio.



Al hincharse, a pesar del aumento de su brillo, la temperatura en la superficie se tornará más fría, dándole una apariencia rojiza. El Sol se habrá convertido en una gigante roja, con un diámetro 100 veces mayor que su tamaño actual y una luminosidad 500 veces más intensa. Pero una estrella hinchada como el hígado de un pato a punto de ser foie grass no permanecerá estable por mucho tiempo. Las estrellas son industrias químicas que con el tiempo van produciendo elementos más pesados, pero menos seguros para su permanencia.

### Entre pompas de jabón

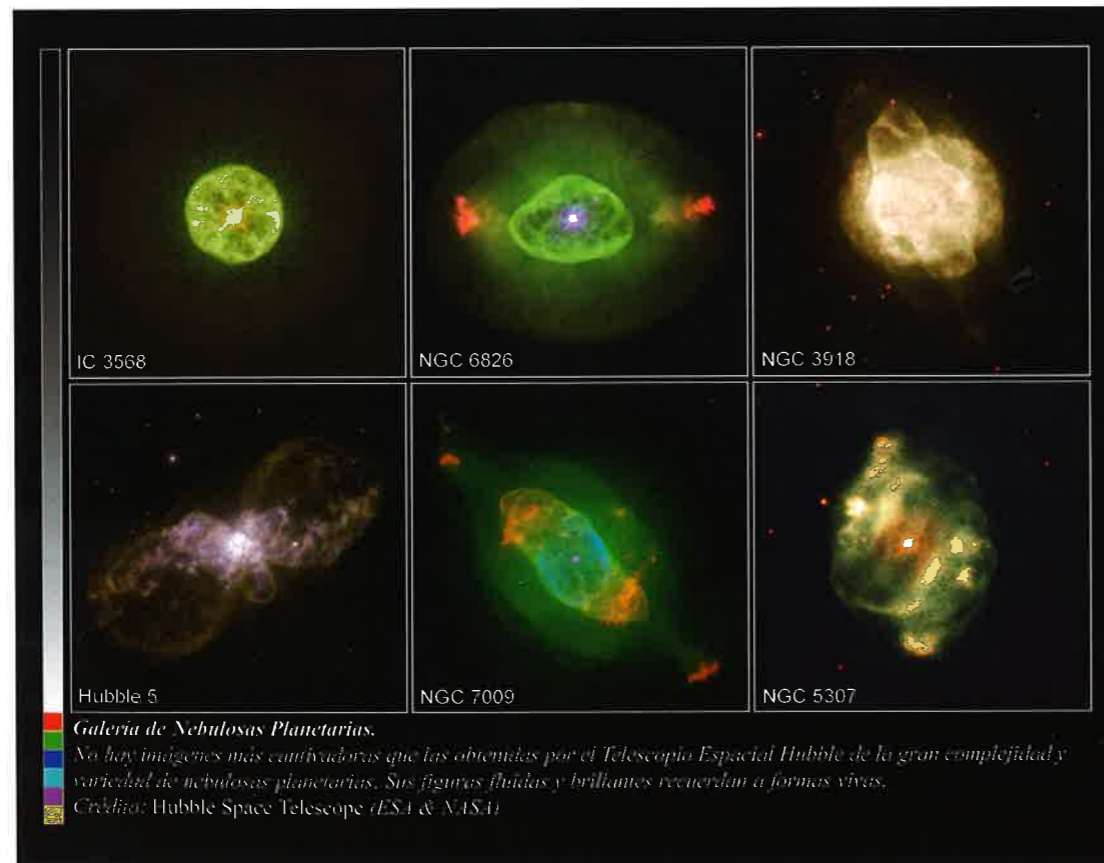
Al agotarse el helio, el Sol no será capaz de quemar el carbono de su núcleo, cada vez más compacto y denso. Sin la temperatura y sin la presión necesarias, la gravitación hará que vuelva a colapsar. El Sol entrará en una fase muy inestable y sufrirá una serie de oscilaciones, expulsando las capas exteriores de su atmósfera a través de fuertes vientos estelares. De esta forma se quitará un peso de encima, algo menos de la mitad de su masa, dando origen a nubes

brillantes de gas y polvo. Es lo que se conoce como «nebulosa planetaria» y en el Universo presentan formas tan elaboradas y complejas que recuerdan a hormigas, estrellas de mar u ojos de gato.

En el fondo, las estrellas no se diferencian de otras realidades cotidianas. Como destaca el astrofísico Juan Antonio Belmonte, «la evolución estelar se asemeja a lo ocurrido en muchos imperios como el Romano o, recientemente, la Unión Soviética: una gran potencia, que centraliza todo el poder y, en un momento

Con el tiempo, la envoltura del Sol se difundirá y quedará sólo una pequeña estrella desnuda con toda su masa comprimida, ocupando una esfera de diámetro similar al de la Tierra. Su temperatura superficial será muy alta, por lo que brillará con luz blanquecina. Para entonces, el Sol será una enana blanca. Y a medida que ésta vaya radiando su energía, se irá enfriando y debilitando. Poco a poco, nuestro mundo pasará del tormento de las llamas al frío gélido del rigor mortis.

## Dentro de otros 5.000 millones de años.... una Gigante Roja



determinado, incapaz de defenderse a sí mismo y dar órdenes, colapsa, de forma que las partes exteriores se independizan». Pero el Universo es algo más ingenioso que las sociedades humanas y hace de esto un proceso biodegradable. La materia expulsada enriquece el medio interestelar dando lugar a nuevas estrellas.

En el Universo todo es materia reciclada. «Nosotros somos la prueba: los átomos de carbono de nuestro cuerpo y el oxígeno que respiramos se formaron en el interior de estrellas anteriores», aclara Belmonte que considera ésta una prueba más del conjunto de piezas que corroboran el puzzle de la evolución estelar: «No tenemos dudas sobre la teoría: observamos estrellas como la nuestra en todas sus fases evolutivas; conocemos, por la fabricación de bombas H, las reacciones termonucleares en el interior solar y la energía que en ellas se desprende; y los estudios de abundancia demuestran que el carbono, el nitrógeno y el oxígeno, son los elementos más comunes en el Universo después del helio y el hidrógeno».

### La vida a la parrilla

El origen y la evolución de la vida están íntimamente relacionados con el nacimiento y muerte de las estrellas. El Sol arrastrará a la Tierra a su extinción. Pero el proceso será gradual. La vida requiere fundamentalmente un equilibrio de temperatura que depende de dos factores: la concentración de gases invernadero, en especial, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y la variación de la luminosidad solar. Conforme el Sol vaya aumentando su brillo, la Tierra ejecutará un mecanismo de defensa para contrarrestar el calentamiento, absorbiendo grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a través rocas y silicatos, y compensándolo, luego, con la actividad volcánica.

Sin embargo, cuando la luminosidad del Sol haya aumentado un 10% respecto de la actual, las cosas empezarán a complicarse y no sólo por la dificultad de encontrar una crema solar adecuada. El CO<sub>2</sub> prácticamente será eliminado de la atmósfera, dejando a las plantas



y organismos autótrofos sin su fuente de vida. Con su extinción, además de la reducción del oxígeno que respiramos, una parte esencial en la cadena alimenticia se romperá, ya que las plantas son las responsables de sintetizar las moléculas orgánicas que sirven de alimento a la mayoría de seres vivos complejos. Esto ocurrirá posiblemente dentro de 800 y 1.000 millones de años. Para entonces, la energía interna de la Tierra prácticamente se habrá apagado por lo que no habrá forma de volver a remitir más CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Éste será, pues, el final de la vida pluricelular.

El siguiente paso en los acontecimientos llevará a la Tierra a convertirse en un planeta muy parecido al actual Venus. Al seguir aumentando la luminosidad solar, los océanos empezarán a evaporarse, creando densas nubes de vapor de agua que se elevarán hasta las capas más altas de la atmósfera en un último intento desesperado de la Tierra por protegerse de la luz solar. Allí, sin embargo, la radiación ultravioleta romperá las moléculas de agua en sus componentes; el hidrógeno, al ser muy ligero, se escapará al espacio, y el oxígeno oxidará la superficie terrestre. La Tierra se quedará sin océanos.

## Dentro de 5.500 millones de años... una Nebulosa Planetaria

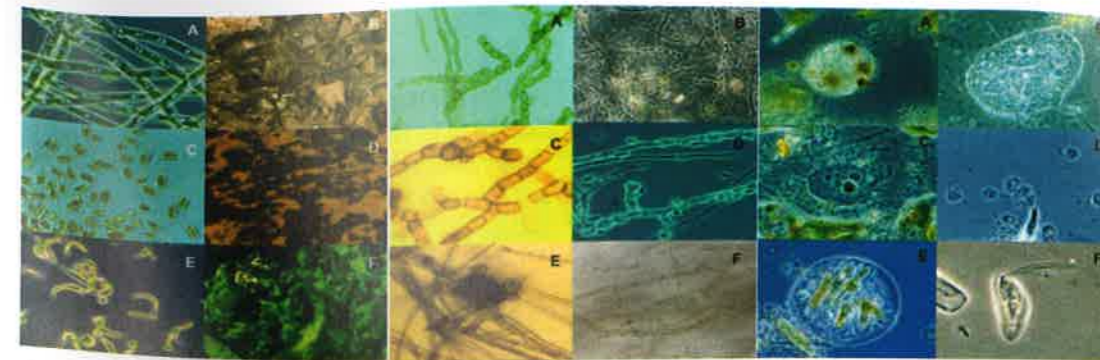
Como subraya el experto en Física Solar Manuel Vázquez, «es sorprendente que, en un planeta tan adecuado para la vida como la Tierra, el intervalo de tiempo en el que hay organismos multicelulares sea relativamente breve, apenas 1.200 millones de años en un periodo que durará 10.000». Es decir, en los 4.600 millones de años que tiene la Tierra, la vida unicelular aparece hace 3.800. Sin embargo, los primeros seres pluricelulares, que surgen hace 600 millones de años, se extinguirán dentro de 800 y la vida microbiana habitará nuevamente la Tierra durante millones de años. «Si en el futuro vas a buscar un planeta, lo más probable es que tenga vida, pero en una fase en la que sólo haya microorganismos», advierte este investigador.



IAC NOTICIAS, 2-2005. Pág. 72

«La evaporación de los océanos es algo que ocurre todos los días, aunque a unos ritmos prácticamente despreciables, y lo podemos ver desde el espacio donde los átomos de hidrógeno que se escapan producen una delgada línea brillante», explica Vázquez. Sin embargo, deberán pasar 1.300 millones de años, cuando la luminosidad aumente un 15%, para que se produzca la pérdida total de agua en la Tierra, algo que ya le pasó al vecino Venus en sus primeros millones de años de evolución debido a su proximidad al Sol. Aun sin agua, la atmósfera de la Tierra puede que no desaparezca, aunque sí cambiará en su composición química y densidad, suponiendo una débil protección contra la radiación y los meteoritos, cuyos impactos serán cada vez más frecuentes.

**Vista del Río Tinto (Huelva).** El alto contenido de hierro disuelto en el agua es la causa del intenso color rojo que le da nombre. Su analogía con Marte ha suscitado un gran interés en Astrobiología, en especial, para el desarrollo de tecnología para detectar vida en aguas subterráneas, tal y como se espera encontrar en el planeta vecino. Crédito: Carol Stoker, NASA Ames Research Center



**Mundo microbiano en el Río Tinto.** Formas de vida extremadamente raras sobreviven en las ácidas aguas de este río. Los científicos esperan encontrar bacterias similares en el subsuelo, lo que significaría un sistema de vida subterránea nuevo, sin necesidad de oxígeno, que también podría existir en Marte. Crédito: Centro de Astrobiología (CAB)

### Bacterias en el Metro

A medida que el Sol evolucione, el planeta se convertirá en un lugar estéril y asfijado como un pez fuera del agua. Pero aun sin los océanos, la vida se resistirá. Posiblemente, se atrinchere bajo la superficie terrestre. «Se considera que la mayor cantidad de biomasa que existe en la Tierra no depende del Sol, sino que está enterrada; es decir, hay más seres vivos, en unidad de masa, debajo de la superficie que sobre ella», señala Vázquez. «Esta biomasa mejor protegida podría tener más posibilidades de perdurar y, en especial, los organismos más resistentes al calor, los hipertermófilos».

Un ser vivo necesita tres requisitos: un medio líquido, una fuente de energía y un suministro de carbono. Según Vázquez, «estos microorganismos se buscarán la vida y tratarán de encontrar nichos para sobrevivir». Al no utilizar el Sol como fuente de energía, la obtendrán a través de procesos químicos. También estarán aseguradas las provisiones de

carbono y puede que quede un poso líquido en zonas subterráneas. «Es una nueva visión que no existía hace unos años -asegura este investigador-; tal vez Marte nos pueda dar una idea: si encontramos vida debajo de su superficie marciana, podremos deducir que en la Tierra será algo muy parecido».

Aunque la vida subterránea elemental sea la última superviviente, es muy probable que termine antes de que el Sol llegue al estado de estrella gigante roja. «Todos los seres vivos comparten una serie de propiedades bioquímicas como el ADN y, si bien los hipertermófilos pueden resistir condiciones de calor extremas, llegará un momento en que la temperatura alcance el punto de fusión del ADN y éste se rompa», explica Vázquez. A partir de entonces, poco importará a la vida lo que ocurra con nuestro planeta. Desgraciadamente, el mundo es muy corporativo, no se puede vivir sin cuerpo y sin material genético del cual heredar la calvicie.



Cuando el Sol se convierta en una gigante roja, su órbita se expandirá hasta engullir con toda seguridad Mercurio y Venus. Pero, ¿y la Tierra? Los científicos especulan sobre varios escenarios posibles. Para los que creen que el Sol alcanzará la órbita de nuestro planeta no hay muchas esperanzas. Por ahora, es más difícil reunir las cenizas de un planeta que los pedazos de un jarrón roto. La otra posibilidad es que, al perder parte de su masa, se debilite la fuerza de la gravedad del Sol y la órbita de nuestro planeta crezca y evite ser incinerada. Tal vez,

Para Manuel Vázquez, «hablar de las posibilidades del hombre se sale de los procesos naturales; lo lógico es que se extinga como cualquier otra especie». Sin embargo, según este investigador, nuestra fragilidad como especie nos ha dotado de otras cualidades para la supervivencia. «Si bien las bacterias se adaptan a los cambios, el hombre ha tenido la ventaja de modificar las cosas para que no varíen sus condiciones externas, como la capacidad de vestirse o de emigrar a otras zonas, y ha invertido leyes biológicas tremendas,

## Dentro de unos 10.000 millones de años... una Enana Blanca

entonces, la Tierra sea testigo desde dentro de la formación de una nebulosa planetaria, aunque las vistas den a un Sistema Solar de mundos muertos encadenados a una estrella encogida y anciana.

### Con la casa auestas

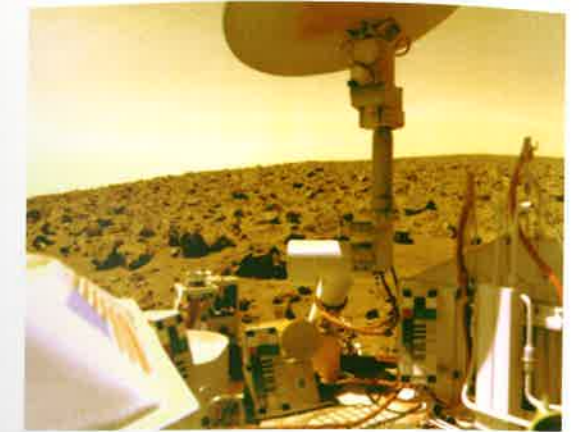
¿Qué le pasará a la especie humana? Para el famoso divulgador Carl Sagan, «la predisposición al cambio, la búsqueda reflexiva de futuros alternativos son la clave para la supervivencia de la civilización y tal vez de la especie humana». El espacio es la próxima frontera para la vida y el elemento humano es esencial para exportarla a otras estrellas. La vida es expansionista desde su principio y ha emergido gracias a su rapidez y astucia. De la misma suerte que los organismos han colonizado todos los lugares posibles en la Tierra, quizá nuestros descendientes cojan las maletas y se propaguen por el Universo, saltando de planeta en planeta como una ardilla cuando podía recorrer la Península de árbol en árbol.

como la curva de la mortalidad». Según este investigador, el siguiente paso «dependerá de cómo hagamos compatible la necesidad de mayores cantidades de energía con conservar el planeta habitable». Y añade: «Tenemos posibilidad de sobrevivir, de ir a otro planeta y transformarlo, aunque tendremos que llevárnoslo todo».

El transporte de la vida a otro planeta requerirá el trabajo en equipo. Nuestro destino va unido al de otras especies. Si algún día los humanos residen en el espacio, se llevarán con ellos las plantas y animales que los alimentan y, a la vez, las bacterias, hongos y otros organismos que los habitan. La extensión de lo humano es la extensión de su ecosistema, pero también de la tecnología para mantenerla. Como sugiere la eminente bióloga Lynn Margulis, «las máquinas progresan hacia una estrecha interconexión con la vida, no sólo humana, sino con un rico muestrario de formas biológicas». Según ella, la tecnología forma parte de la estrategia humana para su supervivencia, aunque no nos garantiza

nada: «Así como la cola del espermatozoide se separa una vez el mensaje genético ha penetrado en el óvulo, también los seres humanos son prescindibles en última instancia».

*La superficie de Marte. Imagen tomada por la sonda Viking II que llevó a cabo el primer intento, sin éxito, de detectar la presencia de microorganismos en el planeta rojo. Hoy, sabemos que en la Tierra existen bacterias a varios kilómetros de profundidad en la roca, por lo que la NASA planea realizar perforaciones en el subsuelo marciano en futuras misiones.  
Crédito: NASA*



### El viento en contra

A todos nos gusta hojear los libros antes de leerlos, a pesar del riesgo de abrirlos por donde no debemos. Ojalá el Universo no tenga la misma afición que nosotros ya que en la novela de la Tierra hay muchos capítulos trágicos para la vida: impactos de meteoritos, explosión de una supernova, variaciones en el campo magnético, destrucción de la capa de ozono, inestabilidades en la dinámica del Sistema Solar, cambios en los parámetros de la órbita terrestre, alejamiento de la Luna, etc. «No vivimos en una burbuja cerrada, sino en un Universo violento y cambiante», afirma Vázquez. Como una casa sin tejado en un día de lluvia, la Tierra ya no es un refugio seguro contra la voluntad cósmica.

Aunque todas las sociedades humanas se han enfrentado siempre a amenazas, lo que singulariza a la moderna sociedad es el conocimiento del carácter irreversible de muchos riesgos. Los peligros invisibles se han

vuelto visibles. Pero ver un poco siempre es mejor que no ver nada. La ignorancia en medicina no nos pone a salvo de las enfermedades. No es que los riesgos hayan aumentado, sí nuestra visión sobre ellos. Y cuanto más conscientes somos, tanto más elevadas son nuestras necesidades de reflexión para enfrentarnos a nuestro destino.

En la antigüedad, las catástrofes eran irremediables para los hombres, hoy es irremediable que los hombres sean responsables de su generación, de su destino y de todo lo que alcanza a transformar. Tal vez, la raza humana encuentre la manera de preservar su especie y de salvar su herencia cultural; o bien, la capacidad de comprender nuestro devenir en el Universo sea la recompensa de no poder habitar este hogar para siempre. En cualquier caso, tenemos la obligación de preservar la vida, incluso a expensas de que ésta continúe sin nosotros, antes de que todo se reduzca a cenizas y el viento nos las tire a los ojos.



**Congreso Internacional**  
**«THE METAL-RICH UNIVERSE»**  
*Instituto de Astrofísica de Canarias*  
Los Cancajos, La Palma, 12-16 Junio 2006  
<http://www.iac.es/proyect/mru/index.php>



*Diseño: Gotzon Cañada.*



**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>

**CENTRO DE ASTROFÍSICA EN LA PALMA (CALP)**  
C/ Cuesta de San José, s/n. San Antonio  
E38712 - Breña Baja (La Palma)  
Islas Canarias - España  
Tel: 34 / 922 425 700  
Fax: 34 / 922 425 701