

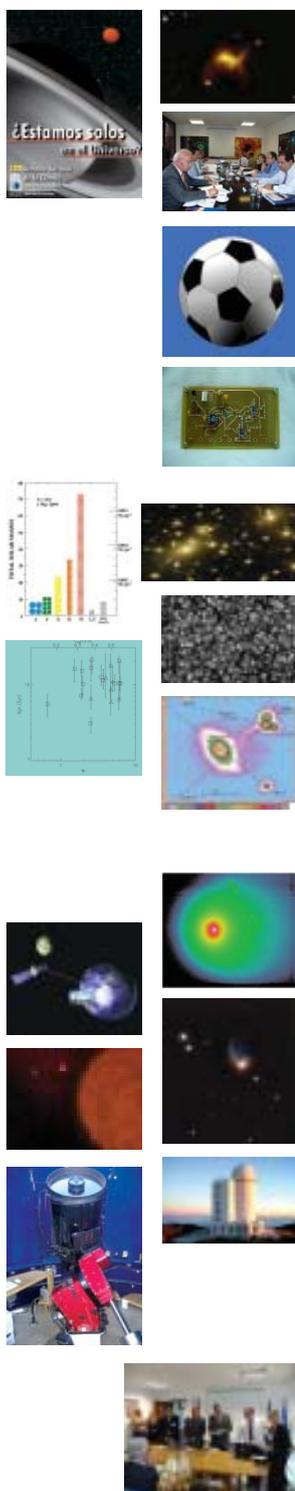


IAC NOTICIAS

Revista del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) N. 1-2004

***T**ránnsito de Venus*

SUMARIO



4	ÚLTIMA HORA
4	Una semana de Ciencia en La Palma
5	Nebulosa "Príncipe de Asturias"
6	Reunión del Consejo Rector del IAC
9	ARTÍCULOS
9	Los fullerenos y el medio interestelar Susana Iglesias Groth
17	Simplificando la electrónica Fernando Gago y Natalia R. Zelman
23	AVANCES DE INVESTIGACIÓN
23	Nuevas vecinas ultrafrías Eduardo Martín
24	¿Cómo afecta el entorno a la formación de las galaxias? Conrado Carretero Herráez
26	El magnetismo del Sol no magnético Jorge Sánchez Almeida
28	¿Juntos o no? Carlos M. Gutiérrez
30	¿Existe alguna conexión entre la estructura de las galaxias y su contenido estelar? Alexandre Vazdekis
32	NOTICIAS ASTRONÓMICAS
32	Cometas Neat y Linear
33	Enlace con SMART-1
35	El nacimiento de una estrella
37	Enanas marrones
39	El Sol a través de THEMIS
40	Telescopios robóticos
41	NUEVOS TELESCOPIOS
41	<i>Inauguración de SuperWASP en La Palma</i>
43	<i>SUPERWASP: Los problemas de una ceremonia de inauguración por control remoto</i>
40	Don Pollaco
46	TESIS y REUNIONES CIENTÍFICAS

SUMARIO

ACUERDOS	49	
<i>25 años de los Acuerdos Internacionales</i>		
ENTREVISTAS	50	
ANTONIO DOBADO	50	
Por Carmen del Puerto		
JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON	56	
Por Elvira Lozano		
PEDRO SANHUEZA	64	
Por Carmen del Puerto		
JUAN LUIS ARSUAGA	70	
Por Carmen del Puerto		
OTRAS NOTICIAS	79	
La Facultad de Física de la ULL	79	
Reunión del Comité Ejecutivo del JAD	80	
Reunión de "RadioNet"	81	
Visitas de los astronautas Miguel López Alegría y Pedro Duque	84	 
A TRAVÉS DEL PRISMA	86	
<i>El tránsito de Venus</i>		
DIVULGACIÓN	90	
Concurso "Cuando la Luna se esconde"	90	
Concurso "Kdams para Ciencias?"	94	
Concurso "Fotocósmica"	95	
Conferencias y cursos	96	
AULA 2004	100	
EDICIONES	100	
PREMIOS	102	
LA JERGA DE LAS ESTRELLAS	103	
<i>Los cuásares</i>		
Carmen del Puerto		
LA REALIDAD DE LA FICCIÓN	106	
<i>La velocidad de la luz</i>		
Héctor Castañeda		
ASTROCULTURA	109	
<i>La supernova de los Anasazi</i>		
Ángel R. López Sánchez		

Última hora

El IAC organiza una semana de Ciencia en La Palma



Cartel de la Semana de la Ciencia en La Palma.
Diseño: Gotzon Cañada

¿Y si hubiera vida extraterrestre? La edición de este año de la Semana de la Ciencia y la Tecnología en la isla de La Palma intentará responder a ésta y otras preguntas relacionadas fundamentalmente con el ámbito de lo que empieza a llamarse Astrobiología. El IAC acercará a los municipios de Santa Cruz de la Palma, Los Llanos de Aridane, Breña Baja y Garafía diversas actividades que pretenden informar al público sobre la actualidad de la exploración del Sistema Solar y la búsqueda de vida extraterrestre, así como reflexionar sobre las implicaciones que los futuros descubrimientos pueden tener desde el punto de vista no sólo científico, sino también filosófico y existencial.

La Semana de la Ciencia y la Tecnología es una iniciativa europea que pretende llevar la ciencia a los ciudadanos. El IAC ha centrado su esfuerzo de nuevo en la isla de La Palma y cuenta para esta actividad con una subvención del Programa Nacional de Fomento de la Cultura Científica y Tecnológica (2004), así como con la colaboración de la Consejería de Cultura del Cabildo de La Palma, del Centro del Profesorado (CEP) de los Llanos de Aridane y de Santa Cruz de La Palma y de la Agrupación Astronómica Isla de La Palma (AAP).

¿Estamos solos en el Universo?

Los actos, bajo el lema "¿Estamos solos en el Universo?", tendrán lugar entre el 8 y el 14 de noviembre, y consistirán en: una exposición sobre astrobiología y los proyectos de búsqueda de vida en el espacio que incluirá una recreación del planeta Saturno, un ciclo de cine con películas relacionadas con dicho tema y un espectáculo teatral itinerante a cargo del grupo "Tal Cual Troupe", además de una serie de conferencias. Próximamente se creará una página web específica con toda la información sobre esta Semana de la Ciencia y la Tecnología en La Palma, incluidos los contenidos de las charlas y de la exposición.

Los avances en las Ciencias Planetarias, en la Tecnología Aeroespacial y en los proyectos de búsqueda de formas de vida fuera de la Tierra de los últimos tiempos constituyen uno de los campos científicos de mayor trascendencia y cercanía al público. La Astrobiología, una ciencia relativamente nueva, bien podría ser considerada "la Ciencia del nuevo milenio", pues abarca campos como la Astrofísica, la Biología, la Geología, las Ciencias Planetarias y Atmosféricas, la Genética, la Biotecnología y la Tecnología Aeroespacial. Su importancia se basa en el hecho de que el hallazgo de formas de vida consideradas previamente como "imposibles" ha cambiado radicalmente el mismo concepto de lo que es la vida. Es el caso de los "extremófilos", organismos vivos adaptados a condiciones extremas, en principio impensables para la existencia de vida, que constituyen un nuevo campo de estudio y amplían la posibilidad de hallar vida fuera de nuestro planeta.

www.iac.es/semanaciencia04/



FOTO DE PORTADA:

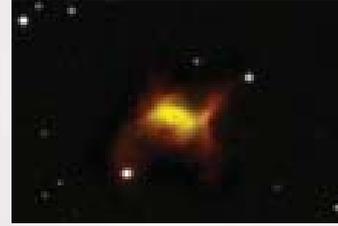
Venus atravesando el borde solar que destaca la atmósfera. SST (ORM).

Director del IAC: *Francisco Sánchez*
Jefe del Gabinete de Dirección: *Luis A. Martínez Sáez*
Jefa de Ediciones: *Carmen del Puerto*
Redacción y confección: *Carmen del Puerto*
Colaboraciones: *Natalia Zelman, Karin Ranero, Elvira Lozano, Eva Rodríguez e Iván Jiménez*
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. Anguita*
Dirección web: <http://www.iac.es/gabinete/iacnoticias/digital.htm>
Fotografías: *Servicio Multimedia del IAC (SMM), Gabinete de Dirección y otros*
Tratamiento digital de imágenes: *Gotzon Cañada, Inés Bonet y SMM del IAC*
Edita: *Gabinete de Dirección del IAC*
Preimpresión e Impresión: *Producciones Gráficas*
Depósito Legal: *TF-335/87 ISSN: 0213/893X. Núm. 54.*

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).

El IAC bautiza una nueva nebulosa con el nombre de “Príncipes de Asturias”

El nuevo objeto astronómico PNG 126.62+1.32 ha recibido esta denominación con motivo de su enlace matrimonial



Nebulosa "Príncipes de Asturias" (PNG 126.62+1.32), descubierta desde el Observatorio del Roque de los Muchachos, del IAC.

El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) ha decidido designar una nueva nebulosa planetaria descubierta recientemente en Canarias con el nombre de “Príncipes de Asturias”, con motivo del enlace matrimonial de don Felipe, que es Astrofísico de Honor del IAC, y doña Letizia. La propuesta contó con el acuerdo unánime del grupo de astrónomos implicados en el descubrimiento del nuevo objeto astronómico, y se ha plasmado en una escultura realizada por el artista Gotzon Cañada.

Dicha nebulosa, cuya notación científica es PNG 126.62+1.32, se descubrió a las 0 horas 57 minutos (UT) del 13 de octubre de 2003, con el Telescopio “Isaac Newton”, como parte de la exploración profunda del plano galáctico que está realizando la colaboración IPHAS (INT photometric H-alfa survey), liderada por la investigadora Janet Drew,

del Imperial College de Londres. En este estudio colaboran 11 institutos de varios países (Reino Unido, Países Bajos, Estados Unidos y Australia), además del IAC. En concreto, las observaciones de este objeto astronómico, fueron coordinadas por los astrofísicos Antonio Mampaso, del IAC, y Romano Corradi, del Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING).

Tras el análisis de los datos durante los últimos meses, el nuevo objeto astronómico ha resultado ser una nebulosa planetaria de tipo “cuadripolar”. La importancia científica de este tipo de nebulosas no sólo deriva de su peculiar morfología, sino también de su escasa presencia en el Universo; de hecho, sólo se conocen seis de estas nebulosas.

Esta nebulosa planetaria fue descubierta recientemente por un equipo internacional desde el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma

En un artículo publicado en 1785, el astrónomo William Herschel, autor de famosos catálogos de nebulosas y cúmulos de estrellas, clasificó aparte un tipo de nebulosas que le parecían observacionalmente distintas del resto. Él las llamó “nebulosas planetarias” porque vagamente recordaban el disco verdoso de un planeta. Pero no son en absoluto planetas, ni tampoco nebulosas jóvenes en proceso de condensación para dar lugar a una estrella como se pensó en un principio.

Ahora sabemos que las estrellas de tipo solar, hacia el final de su vida, se desprenden de sus capas externas que, poco a poco, se expanden y se diluyen confundiendo con el medio interestelar. La nebulosa se hace brillante al ser excitada por la estrella central, mientras que el núcleo de la estrella prosigue su evolución hasta convertirse en una enana blanca. En definitiva y a pesar de lo descubierto del término original, una nebulosa planetaria es la fase última de una estrella, y también será la del Sol, dentro de unos 4.500 millones de años.

La confirmación de que PNG 126.62+1.32 era una nebulosa planetaria se obtuvo con espectros tomados, precisamente, en el Telescopio “William Herschel”, el día 1 de febrero de 2004. Tanto este telescopio, de 4,2 m de diámetro, como el Telescopio “Isaac Newton”, de 2,5 m, pertenecientes al ING, se encuentran instalados en el Observatorio del Roque de los Muchachos, del IAC, en el término municipal de Garafía (La Palma).

El Consejo Rector del IAC aprueba el programa para la futura expansión del centro

LA MINISTRA DE EDUCACIÓN Y CIENCIA VISITÓ EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC) Y PRESIDÓ LA REUNIÓN DEL CONSEJO RECTOR DEL IAC



Miembros del Consejo Rector en un momento de la reunión. Foto: Luis Cuesta (IAC).

El Consejo Rector del IAC es el órgano decisorio en materia administrativa y económica a través del cual ejercen sus respectivas competencias sobre el Consorcio Público IAC la Administración del Estado, la Comunidad Autónoma de Canarias, la Universidad de La Laguna y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Su reunión anual tuvo lugar el pasado 27 de julio en la sede central del IAC, en La Laguna (Tenerife), presidida por la Ministra de Educación y Ciencia, M. Jesús Sansegundo Gómez, y el Presidente del Gobierno de Canarias, Adán Martín.

Entre otros puntos, se aprobó el programa general de la futura expansión del IAC y el pre-

supuesto de esta institución para el año 2005. El Director del IAC presentó un informe sobre las actividades del Instituto y sus Observatorios Internacionales desde la última reunión y, en especial, sobre los principales logros científicos y técnicos. Además, se dio el visto bueno a la creación de la llamada «Fundación del IAC» para la divulgación cultural y a los procedimientos necesarios para la construcción del «Parque Cultural del Roque de los Muchachos» (Centro de visitantes en La Palma).

Acompañada por Adán Martín y por otras autoridades, la Ministra visitó las instalaciones de la sede central del IAC de la mano de su Director, haciendo un recorrido por los diferentes departamentos del centro, como sala de ordenadores, laboratorios de electrónica y

óptica, taller de mecánica y obras de la nueva sala de ensamble de instrumentos.

Previamente, el lunes 26, la ministra y las autoridades de su Ministerio que la acompañaban (Secretario General de Política Científica y Tecnológica, Directora General de Investigación y Director General de Política Tecnológica) visitaron el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma, haciendo un recorrido por varios telescopios y, en especial, por las obras del Gran Telescopio CANARIAS (GTC). El recorrido estuvo a cargo del Director y el Subdirector del IAC, así como del Director de GRANTECAN, S.A.

En la rueda de prensa ofrecida a los medios de comunicación tras la reunión del Consejo Rector, la ministra señaló que «esta institución mantiene un altísimo nivel de producción científica y desarrollo tecnológico» y añadió que «tanto el Gobierno Central como el Gobierno de Canarias apoyan al máximo nivel la estrategia para consolidar lo que ya se ha logrado, haciendo del IAC un lugar muy destacado en el continente europeo y, al mismo tiempo, impulsar el futuro del centro, con la instalación de dos telescopios americanos y facilitando la instalación de telescopios supergigantes europeos». Por otro lado, la ministra dijo que las tareas de difusión cultural son importantes, sin enfocarla como una decisión puntual, sino como una



Dos momentos de la visita de la Ministra de Educación y Ciencia a las instalaciones del GTC.

Foto: Natalia R. Zelman (IAC).



La Ministra de Educación y Ciencia y el Presidente del Gobierno de Canarias, durante la rueda de prensa. Foto: Inés Bonet (IAC).

estrategia a largo plazo que debe ser compartida por todos.

Por su parte, el Presidente del Gobierno de Canarias, Adán Martín, subrayó que el IAC «es un lugar clave para la astronomía del siglo XXI en el mundo» y señaló que se espera que los acuerdos adoptados para desarrollar la Astrofísica en el Observatorio del Roque de los Muchachos sean también «una oportunidad para la isla de La Palma».

Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

Martín destacó también que la entrada de España en la ESO (Observatorio Europeo del Sur) potenciará la situación de Canarias en

la Astronomía europea, colocando a los observatorios del IAC como líderes de la Astrofísica mundial.

Miembros del Consejo Rector que asistieron a la reunión:

- **M. Jesús Sansegundo**, Ministra de Educación y Ciencia
- **Adán Martín**, Presidente del Gobierno de Canarias
- **Carlos Martínez**, Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC),
- **Ángel Gutiérrez**, Rector Magnífico de la Universidad de La Laguna,
- **Francisco Sánchez**, Director del Instituto de Astrofísica de Canarias
- **Ricardo Melchior**, Presidente del Cabildo Insular de Tenerife
- **José Luis Perestelo**, Presidente del Cabildo Insular de La Palma



*Visita a los talleres del IAC, en La Laguna.
Foto: Luis Cuesta (IAC).*



Francisco Sánchez, enseñando a M. Jesús Sansegundo el Observatorio del Roque de los Muchachos. Foto: Natalia R. Zelman (IAC).

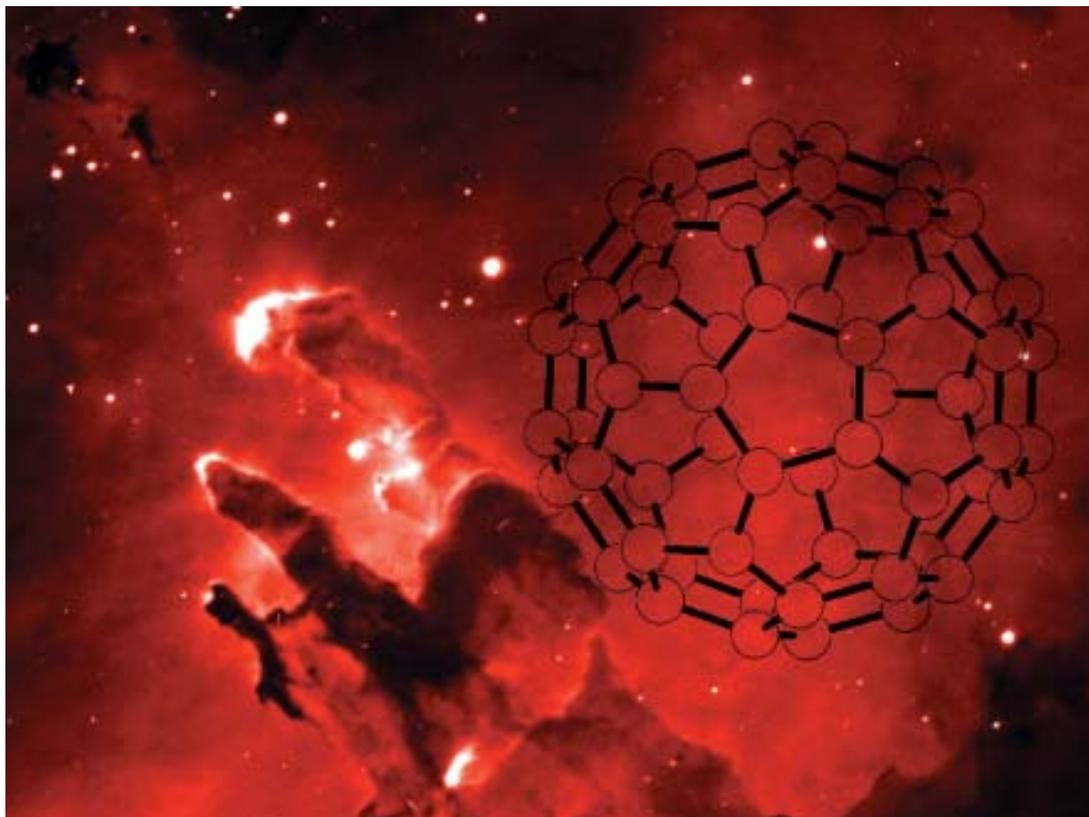
Los fullerenos y el medio interestelar

La comunidad científica creía conocer completamente la química del carbono cuando en 1985 se descubrió la estructura de un compuesto molecular que contenía 60 átomos de este elemento. Para sorpresa de los científicos, el carbono no sólo existía en forma de grafito y diamante. Esta nueva familia de carbono recibió el nombre de *fullerenos* por su estructura geodésica similar a la aplicada por el arquitecto Buckminster Fuller en el «Domo» de la Expo de Montreal de 1967, donde se combinaban hexágonos y pentágonos para formar una esfera, como un «balón de fútbol». El astrofísico inglés Harold Kroto y los estadounidenses Richard Smalley y Robert Curl descubrieron esta moléculas cuando intentaban reproducir en laboratorio la química de la atmósfera de estrellas gigantes rojas. Su descubrimiento les reportó el Premio Nobel de Química de 1996. Como se explica en este artículo, basado en una reciente publicación en *APJ Letters*, los *fullerenos* y los *buckyonions*, estructuras de carbono aún más complejas con forma de cebolla, podrían ser los principales agentes de la extinción de radiación del medio interestelar. Ahora se han detectado en meteoritos y nuestra galaxia podría estar llena de estas moléculas orgánicas.



Susana
Iglesias Groth
(IAC)





Composición artística de una molécula de fullereno superpuesta a una imagen de la nebulosa "El Águila". Autor: Gotzon Cañada. © IAC-RGO D.Malin et al.

En 1985, Kroto y Smalley propusieron la existencia de una nueva forma alotrópica del carbono: los *fullerenos*. Los trabajos de este grupo sobre muestras de grafito vaporizado mediante un haz de láser en un chorro pulsante de helio, inicialmente concebidos para simular la química de la atmósfera de una estrella gigante roja enriquecida en carbono, dieron lugar al descubrimiento fortuito del C_{60} (fullereno de 60 átomos de carbono). Hasta entonces se conocían sólo dos formas de carbono puro como sólidos reticulares: el grafito y el diamante; los fullerenos son una tercera forma molecular discreta que se caracteriza por tener una gran estabilidad. El C_{60} es una molécula hueca formada por 60 átomos de carbono distribuidos según la simetría de un icosaedro trun-

cado en la superficie de una esfera de radio aproximado 3,55 Å, con 60 vértices, 12 caras pentagonales, 20 hexagonales y 90 aristas. Esta configuración le otorga una gran estabilidad. Cada átomo de carbono posee cuatro electrones de valencia y está unido a los tres átomos de carbono más próximos. Dos de los enlaces son simples y unen un hexágono con un pentágono. El tercer enlace es doble y une dos hexágonos. En cada átomo se forma una hibridación sp^2 .

Las primeras experiencias de Kroto y Smalley, y otras más, pusieron de manifiesto la existencia de otros agregados de carbono con mayor número de átomos: C_{84} , C_{240} ... y han permitido establecer que, para un número par de átomos ma-

«Se piensa que los fullerenos podrían originarse de manera abundante en atmósferas estelares ricas en carbono como las de algunas estrellas gigantes y de algunos progenitores de nebulosas planetarias, objetos que se caracterizan por poseer notables pérdidas de masa y, por tanto, capaces de enriquecer en gran medida el medio interestelar.»

por que 32, estos agregados son estables aunque en menor medida que los de 60 ó 70 átomos. Todos estos agregados están formados por estructuras geométricas basadas en pentágonos y hexágonos. Así, mientras que el C_{60} consta de 20 hexágonos, el C_{70} tiene forma similar a la de un balón de rugby y posee 25. El número de anillos hexagonales es lo que diferencia a los diferentes miembros de la familia de los fullerenos y también la geometría esferoidal o cilíndrica. A estas nuevas moléculas se las ha denominado «fullerenos» en honor al ingeniero norteamericano R. Buckminster Fuller, quien ideó cúpulas geodésicas con la simetría del icosaedro truncado. Los fullerenos con un número de átomos $20(m^2 + n^2 + mn)$ poseen el grupo de simetría I o I_h del icosaedro y son especialmente estables los que contienen $60n^2$ ($m = n$) átomos, por ejemplo el C_{60} , C_{240} , C_{540} , C_{960} , C_{1500} ..., que presentan una estructura electrónica de tipo p de capa cerrada.

Experimentos más recientes, han puesto en evidencia la existencia de estructuras formadas por varias capas cerradas de átomos de carbono, tanto de geometría esferoidal como troncocónica o cilíndrica que reciben el nombre de «buckyonions». Ugarte descubrió en 1992 estas moléculas de fullerenos que adoptan una configuración multicapa encapsulándose unos a otros como una cebolla. Diversas experiencias de laboratorio han mostrado que estos agregados de carbono pueden llegar a tener cientos de capas. La microscopía electrónica ha permitido determinar que la separación entre capas es de 3,55 Å. Los buckyonions han sido sintetizados exponiendo polvo de carbón a un intenso haz de electrones y empleando diversos tratamientos térmicos. Varios resultados teóricos parecen indicar que los fullerenos esféricos multicapa son los isómeros más estables de los agregados de carbono.

La molécula C_{60} es creada a altas temperaturas y resulta difícil de destruir por radiación ultravioleta o por colisiones con otras partículas. Mientras que otras moléculas tienen serias dificultades para sobrevivir en el medio interestelar, la robustez del C_{60} y de otros

fullerenos puede permitir su larga supervivencia. Las moléculas con formas cerradas son más estables que las moléculas de los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs) con más de 40 átomos de carbono y sus enlaces entre carbonos las hacen tan resistentes frente a disociación en el medio interestelar como pueden ser aquéllos. Se piensa que los fullerenos podrían originarse de manera abundante en atmósferas estelares ricas en carbono como las de algunas estrellas gigantes y de algunos progenitores de nebulosas planetarias, objetos que se caracterizan por poseer notables pérdidas de masa y, por tanto, capaces de enriquecer en gran medida el medio interestelar.

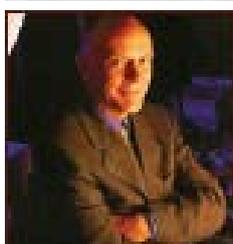
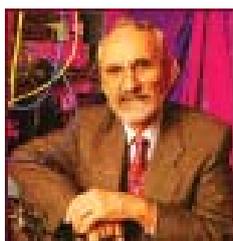
Cuando los fullerenos fueron propuestos como una forma de carbono, se planteó inmediatamente su búsqueda en meteoritos, ya que el diamante y grafito se habían encontrado en numerosas cóndritas. En el meteorito Allende, en el Murchison y en otros, Becker y colaboradores han logrado detectar fullerenos con tamaños comprendidos entre el C_{60} y C_{400} en unas concentraciones muy bajas. El contenido de C_{60} y de otros fullerenos con dos o tres veces más átomos es de aproximadamente una décima parte por millón de partículas. Los fullerenos con mayor tamaño muestran concentraciones inferiores.

Posiblemente las formas hidrogenadas del C_{60} denominadas «fulleranes», es decir los $C_{60}H_n$, puedan llegar a encontrarse en meteoritos y aunque se sabe poco acerca de cuáles pudieron ser las propiedades

de estas formas hidrogenadas en las circunstancias y condiciones físicas de la nube pre-solar, la presencia del hidrógeno en la mayoría de los contextos astrofísicos permite pensar en la conversión de fullerenos en fulleranes.

La extinción del material interestelar

Desde los años 30 del pasado siglo es bien conocida la existencia de regiones del espacio interestelar que presentan espectros con bandas de absorción en el óptico e infrarrojo cercano con anchuras que varían entre los 0,5 y los 50 Å, las



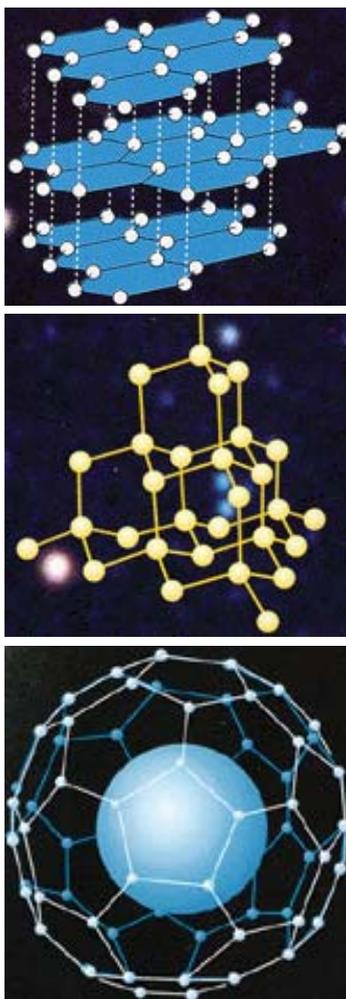
Los Premios Nobel de Química 1996 por el descubrimiento de los fullerenos: de arriba abajo, Robert F. Curl Jr., Sir Harold W. Kroto y Richard E. Smalley. © The Nobel Foundation.

Bandas Interestelares Difusas (DIBs por sus siglas en inglés). Por ejemplo, en la región entre 4.400 y 8.900 Å se han detectado más de 40 de estas bandas. El origen no ha sido esclarecido todavía, conformando uno de los más intrigantes problemas de la física del medio interestelar. No parecen corresponder con ningún espectro conocido de origen atómico o molecular y son varias las propuestas que sugieren asociar algunas de ellas a estructuras en las que participen los fullerenos. Estudios espectroscópicos del C_{60} neutro parecen indicar que éste no es el responsable de las DIBs, pero los llamados complejos exoédricos denotados $C_{60}X$, donde X es un átomo abundante en el medio interestelar como H, O, Na, K, Ca que resulta adherido a la estructura superficial del C_{60} y los llamados complejos endoédricos $X@C_{60}$, en los que los átomos mencionados se encuentran en el interior de la cavidad y los posibles iones de todos ellos, son considerados candidatos del mayor interés. Además, el alto grado de simetría del C_{60} indica que es poco probable como agente causante del complejo espectro de las bandas interestelares difusas (DIBs), diversos estudios han investigado posibles mecanismos por los que esta molécula puede adquirir un complejo espectro de absorción en el óptico. El espectro del C_{60} ionizado es mucho más complejo y podría producir bandas de absorción en el óptico y también en el infrarrojo. Foing y Ehrenfreund encontraron en 1994 dos bandas difusas a 9.577 y 9.632 Å que coinciden (dentro de un 0,1 %) con las medidas de laboratorio de bandas de C_{60}^+ en una matriz de neón, lo que estos autores consideraron fuer-

te evidencia de la existencia del C_{60}^+ en el espacio interestelar. Los hidruros del C_{60} destacan también como un posible agente de las DIBs y de otros fenómenos astrofísicos.

La curva de extinción del medio interestelar crece desde el infrarrojo hacia el visible siguiendo

una ley de potencias. Presenta una inflexión alrededor de 5.000 Å y tiene su rasgo más notable e intenso en el ultravioleta cercano, la llamada banda UV de 2.175 Å ($4,6 \mu m^{-1}$, 5,7 eV). Después, sigue creciendo con una fuerte pendiente hacia longitudes de onda más cortas. La curva de extinción no presenta otros rasgos comparables en intensidad a esta banda que es varios órdenes de magnitud más intensa que la más intensa de las DIBs. La forma, longitud de onda e intensidad de esta banda UV ha sido medida en más de 50 direcciones de observación presentando un perfil similar a una lorentziana o a una curva de Drude. Su longitud de onda central varía menos de 10 Å de una línea de visión a otra (lo que representa cambios de menos del 1% del valor central). Sin embargo, la anchura a mitad de altura cambia considerablemente según la línea de observación. El valor promedio de la anchura es de alrededor de 1,23 eV, pero los cambios observados en distintas líneas de visión muestra una variación de más del 30%.



De arriba abajo, moléculas de grafito, diamante y fullereno $X@C_{60}$
© The Royal Swedish Academy of Sciences, Information Department.
© The Nobel Foundation.

Los modelos de fotoabsorción

Existe un escaso conocimiento sobre la estructura electrónica de los fullerenos y buckyonions. Los cálculos más precisos, cálculos

«El origen de las Bandas Interestelares Difusas no ha sido esclarecido todavía, conformando uno de los más intrigantes problemas de la física del medio interestelar. No parecen corresponder con ningún espectro conocido de origen atómico o molecular y son varias las propuestas que sugieren asociar algunas de ellas a estructuras en las que participen los fullerenos.»

ab-initio, sólo se han llevado a cabo para moléculas con un número pequeño de átomos. El acoplamiento electrónico entre capas de buckyonions es probable que ensanche y desplace el pico de excitación colectiva (plasmones *s* y/o *p*) observado en fullerenos como el C_{60} . Se ha sugerido que en estos fenómenos de excitación colectiva puede residir una explicación a la banda de extinción de 2.175 Å. Dada la complejidad de los cálculos *ab initio*, para el estudio de la fotoabsorción de moléculas grandes como los fullerenos y buckyonions se han de seguir otras aproximaciones. Los modelos de tipo Hückel (*tight-binding*) o de Pariser-Parr-Pople (PPP) han mostrado ser satisfactorios en el estudio del C_{60} . Usando la aproximación PPP hemos estudiado el espectro de fotoabsorción de los fullerenos icosaédricos y buckyonions teniendo presente los efectos de apantallamiento dado que en estos sistemas los electrones están fuertemente correlados.

Los parámetros del modelo son fijados usando el espectro de laboratorio de C_{60} en el rango de energías de 1 a 40 eV y, posteriormente, estos parámetros son ajustados a los fullerenos más grandes. En un trabajo previo realizado en colaboración con investigadores del Departamento de Física Fundamental II de la Universidad de La Laguna publicado en la revista *Journal Chemical Physics*, hemos obtenido los espectros de los cinco primeros fullerenos icosaédricos utilizando este modelo teórico y un modelo algo más simplificado (tipo Hückel) para fullerenos más grandes. Todos los espectros han mostrado una banda prominente próxima al rasgo del UV de 5,7 eV (2.175 Å), desplazándose esta banda a menores energías y por encima de 5,2 eV al aumentar el tamaño del fullereno.

Igualmente se ha calculado el espectro de fotoabsorción de los buckyonions de la familia $60n^2$ hasta el $C_{3,840}$ (fig.1a), considerando fullerenos con un número completo de capas. Para obtener las polarizabilidades dinámicas y las secciones de fotoabsorción se adoptó el formalismo utilizado en el cálculo de las polarizabilidades

estáticas de los buckyonions en un trabajo previo, donde el modelo monoeléctrico efectivo y los efectos de apantallamiento son también tratados con la *random phase approximation* (RPA). El momento dipolar de cada capa se obtiene en términos de cada una de las polarizabilidades no apantalladas de los fullerenos aislados y la sección eficaz también es calculada como la parte imaginaria de la polarizabilidad. Los buckyonions presentan una intensa banda entre 5,6 eV y 5,8 eV convergiendo hacia el valor de 2,175 Å al aumentar el radio de éstos. Seguidamente examinamos en detalle el potencial de fullerenos y buckyonions como agentes causantes de la banda UV.

La banda de absorción UV

En la fig. 1 se muestra cómo las secciones eficaces de fotoabsorción de los fullerenos y buckyonions se asemejan a la banda de UV de 2.175 Å. Como

«En promedio, unos 80 átomos de carbono por cada millón de átomos de hidrógeno podrían estar localizados en estas moléculas. Los fullerenos individuales podrían contener hasta el 20-25% del carbón total en el medio interestelar. La fracción del carbono interestelar en moléculas basadas en fullerenos podría alcanzar el 50% de la abundancia cósmica.»

es improbable que la extinción interestelar sea debida a fullerenos de un solo tamaño, hemos considerado diferentes distribuciones de tamaños que respondan a una ley de potencias ($n(R) \propto R^{-m}$). Mediante ajuste por mínimos cuadrados a la curva de extinción empírica se ha obtenido

qué índice *m* reproduce mejor las características de la banda UV: a) el perfil; b) la estabilidad de la energía de la banda; y c) el rango de variación de la anchura de la banda en diferentes líneas de visión. En este ajuste tenemos en cuenta la absorción debida a silicatos, que convencionalmente es descrita por una función lineal de la energía. En todos estos modelos hemos asumido igual abundancia para las moléculas más pequeñas de la muestra C_{60} y $C_{1,80}$, como sugieren las medidas de meteoritos. En la fig. 1b comparamos algunos de nuestros modelos con la curva de extinción típica del medio interestelar difuso (en rojo en la figura). El mejor ajuste del modelo fue para una mezcla de fullerenos y buckyonions, desde el C_{60} al $C_{3,840}$ (cuyos radios están comprendidos entre 3,55 y 28 Å) con una distribución de tamaños que responde a una ley de potencias de índice $m=3,5$ (curva azul). Las moléculas de radios ma-

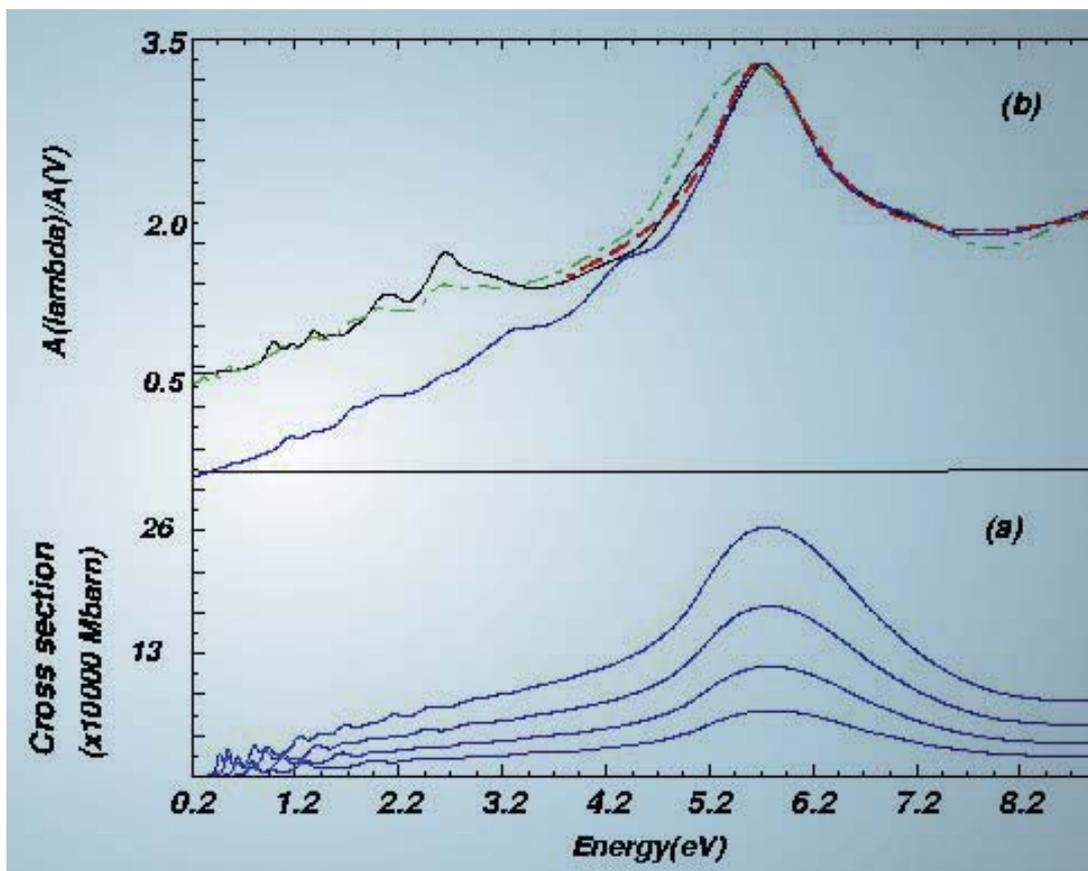


Fig. 1. (a) Algunos aspectos de fotoabsorción de los buckyonions de la familia C_{60} hasta 3.840. (b) Comparación entre la curva observacional del pico de absorción del UV (línea discontinua roja) y las curvas de absorción predichas para varias mezclas de fullerenos y buckyonions del medio interestelar. El mejor ajuste (línea azul) se obtiene con un índice $m=3,5$ en la ley de distribución de tamaños y fullerenos y buckyonions de radio inferior a 30 \AA .

yores que 30 \AA producen un ensanchamiento de la banda UV y fueron finalmente descartadas en la mezcla. En este modelo, cada buckyonion tiene la misma abundancia que su fullereno individual más externo. Sin embargo, también es posible un buen ajuste con una muestra en la que no se incluyan los buckyonions, como se puede ver en la curva de color negro.

La observación de diferentes anchuras del pico en diferentes líneas de visión puede ser explicada por pequeñas variaciones del índice de la ley de potencias. Los valores de m en el rango de 3-4

satisfacen los requisitos de estabilidad del máximo de la banda además de proporcionar anchuras consistentes con las de las observaciones. La reducción del valor de m ensancha el pico (ver fig. 1). La secciones eficaces de absorción también muestra un aumento en la extinción conforme nos desplazamos a energías más altas (mayores que 10 eV) estando esto de acuerdo con las observaciones.

La comparación entre las secciones eficaces teóricas y la banda del UV permite obtener una estimación de la densidad de los fullerenos y

«En cuanto a la estimación de la densidad de los fullerenos y buckyonions en el medio interestelar, encontramos valores de 0,1-0,2 moléculas por millón de átomos de hidrógeno para los fullerenos. Estos valores son similares a los encontrados en los meteoritos.»

buckyonions en el medio interestelar. Usando los parámetros del modelo que mejor ajusta y la relación bien conocida entre el índice exceso de color y la columna de densidad de hidrógeno, encontramos valores de 0,1-0,2 moléculas por millón de átomos de hidrógeno para los fullerenos. Estos valores son similares a los encontrados en los meteoritos. Teniendo presente la ley de distribución, las densidades decrecen significativamente con el tamaño del fullereno hasta valores de 0,0001 ppm para los fullerenos más grandes que hemos considerado. Tan bajas densidades para los fullerenos más grandes podrían explicar por qué no han sido detectados aún en meteoritos.

Para mezclas basadas en fullerenos individuales y una ley de potencias de índice $m = -3,5$ se obtiene que en promedio unos 80 átomos de carbono por cada millón de átomos de hidrógeno podrían estar localizados en estas moléculas. Si, como esperamos, la abundancia del carbono cósmico tiene un valor cercano al de la atmósfera solar: 350 átomos de carbono por cada millón de átomos de hidrógeno. Los fullerenos individuales podrían contener hasta el 20-25% del carbón total en el medio interestelar. En nuestro mejor modelo, los fullerenos y los buckyonions del mismo tamaño tienen las mismas abundancias. En este caso, la

fracción del carbono interestelar en moléculas basadas en fullerenos podría alcanzar el 50% de la abundancia cósmica. Esta fracción es más pequeña en regiones del medio interestelar con valores altos de R_V . Esta alta proporción de carbono en moléculas tipo fullerenos no entra en conflicto con las estimaciones actuales de la distribución del carbono interestelar que asignan un 40% del carbono en la forma de gas atómico, y menos del 10% en PAHs.

A diferencia de otros portadores del rasgo de 2.175 Å, los modelos de fotoabsorción de los fullerenos y los buckyonions predicen un gran número de débiles bandas en el óptico y en el infrarrojo cercano. Los cálculos realizados muestran que estas bandas tendrían intensidades comparables a la de las más intensas DIBs y su número por intervalo de longitud de onda parece decrecer hacia longitudes de onda más grandes, como es el caso de los DIBs. En las figuras 2 y 3 las longitudes de onda predichas para estas transiciones son comparadas con las posiciones de las 40 DIBs más intensas que se conocen. Al menos el 20% de estas DIBs coinciden (dentro de la precisión del modelo, de unos 10 Å) con una transición teórica de un fullereno o un buckyonion, lo que permite de manera preliminar establecer una asociación de estas moléculas con los agentes de

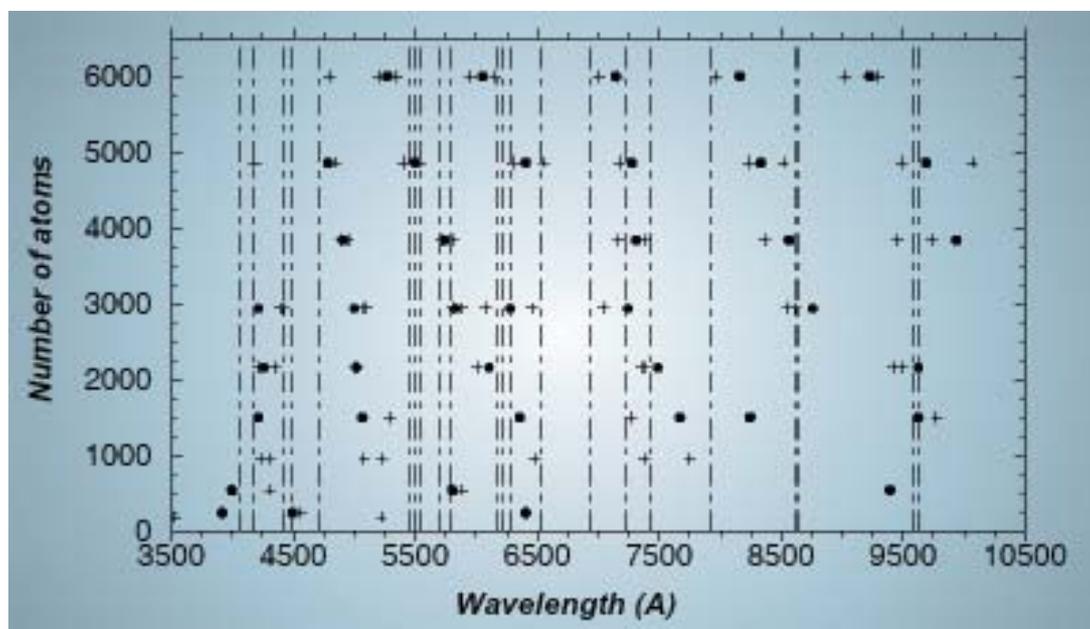


Fig. 2. Longitudes de onda en el rango óptico predichas para bandas de los fullerenos individuales (cruces) y para buckyonions (puntos negros) comparadas con las bandas difusas más intensas del medio interestelar difuso.

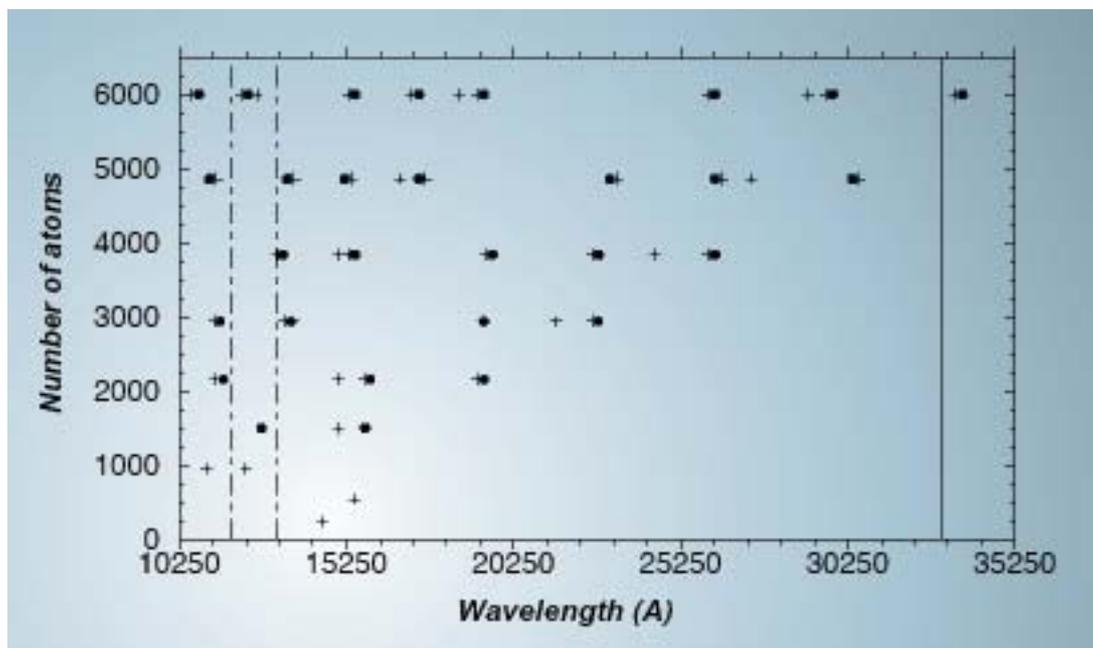


Fig. 3. Longitudes de onda en el rango infrarrojo cercano predichas para bandas de los fullerenos individuales (cruces) y para buckyonions (puntos negros) comparadas con las bandas difusas más intensas del medio interestelar difuso.

los DIBs. Casi todos los fullerenos y buckyonions que hemos considerado presentan una banda relativamente intensa a energías cercanas a la del DIB de 4.430 Å. Es interesante destacar que las observaciones han puesto de manifiesto una correlación positiva entre la intensidad del rasgo de 2.175 Å y la intensidad de varios DIBs. El potencial de los fullerenos y buckyonions como agentes del rasgo UV de 2.175 Å sugiere la conveniencia de llevar a cabo experimentos de laboratorio y estudios teóricos más refinados que permitan una determinación más precisa de sus propiedades espectroscópicas en el óptico y en el infrarrojo cercano.

Recientes experimentos dedicados al estudio de la anisotropía del fondo cósmico de microondas han encontrado evidencia de emisión anómala a altas latitudes galácticas en el rango 10-100 GHz correlacionada con emisión térmica de partículas de polvo (mapas de DIRBE 100 micras). Draine

y Lazarian han propuesto una explicación de esta señal en base a la emisión eléctrica dipolar de partículas carbonáceas con alta velocidad de rotación. Los fullerenos y los buckyonions responden a las características básicas de estas moléculas, en particular parecen ser más relevantes las de forma esférica y número de átomos en el rango 30-1000. Los fullerenos podrían adquirir un momento dipolar notable si tienen cierto grado de hidrogenación. La misma mezcla de fullerenos capaz de explicar la banda UV daría lugar a una emisión de microondas apreciable. Otros estudios que hemos realizado del espectro de vibración de los fullerenos multicapa muestra que podrían producir bandas en el rango 100-500 micras. Las ya cercanas misiones espaciales Planck y Herschel obtendrán datos de alta sensibilidad en un rango de frecuencias adecuado para investigar la distribución de fullerenos en el medio interestelar.

Simplificando la electrónica

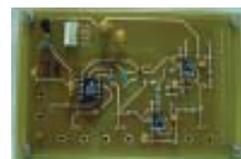
Los instrumentos visibles e infrarrojos diseñados con fines astrofísicos son conceptualmente semejantes a una cámara de fotos digital. Un detector recoge la luz y nos ofrece una imagen de aquello que estamos observando. La diferencia, salvando el tamaño que puede alcanzar un instrumento en Astrofísica, reside en la necesidad de ofrecer mucha mayor sensibilidad para obtener una alta calidad de las imágenes, lo que complica considerablemente el diseño de ingeniería al ser los requerimientos mecánicos, electrónicos y ópticos mucho más exigentes. En este artículo se explica la posibilidad de simplificar parte de la electrónica tras mostrar que algunos de los requerimientos habituales se pueden «relajar». Esto permitirá sustituir ciertos elementos diseñados a medida por otros que pueden ser adquiridos comercialmente, con el consiguiente ahorro tanto en dinero como en tiempo de desarrollo.



Fernando Gago
(IAC)



Natalia R. Zelman
(IAC)



Un detector es un dispositivo compuesto de un determinado material sensible a la luz que libera electrones al entrar en contacto con los fotones y los almacena en el denominado «pozo de electrones».

Estos dispositivos electrónicos cuentan con una estructura de células denominadas píxeles: cada píxel tiene unas dimensiones del orden de la centésima parte de un milímetro, y nos da una información de la cantidad de luz que ha recibido tras un cierto tiempo de exposición.

En realidad, lo que se mide en las patillas del *chip* es un voltaje (también llamado tensión) que depende de la cantidad de carga que hemos acumulado, es decir, la cantidad de electrones almacenados en el pozo. Este voltaje es posteriormente digitalizado y los datos digitales resultantes son enviados a un ordenador.

En el rango visible, se utilizan mayoritariamente detectores del tipo CCD (siglas de *Charge Coupled Device*, dispositivo de carga acoplada), aunque en el caso de trabajar en el infrarrojo se utilizan otro tipo de detectores.

TAMAÑO:

Por ejemplo, si disponemos de un detector de 2.048x2.048 tendremos más de 4 millones de píxeles. Para dar una idea aproximada del tamaño de cada elemento, un detector con esa cantidad de píxeles es un chip de unos 4x4 cm², lo que nos da un tamaño de píxel de unas 20x20 micras².

La complicación de la electrónica

La finalidad de la electrónica es convertir el voltaje de salida del detector a datos digitales sin perder información relevante. Esto se hace a través de un *chip* conversor, denominado conversor A/D (analógico a digital).

Dentro del diseño de la electrónica del detector, uno de los requerimientos clásicos es el número de bits usados en la digitalización. Éste puede ser considerablemente reducido haciendo ciertas modificaciones en la electrónica empleada en la amplificación de las señales.

Todo lo que sea «relajar» requerimientos en la construcción de instrumentos, sin perder infor-

mación útil desde el punto de vista científico, es importante, pues permite simplificar el diseño que han de realizar los ingenieros y técnicos que, en algunas ocasiones, está al límite de lo que tecnológicamente es posible conseguir.

Número de bits necesarios

La discusión acerca del número de bits tiene que ver con qué precisión hemos de medir el voltaje y el rango de valores de tensión que tenemos que ser capaces de aceptar.

Una señal que se digitaliza con n bits puede tomar 2^n valores diferentes. Como el voltaje a medir es una señal analógica (y, por tanto, puede tomar infinitos valores diferentes), al digitalizarla la aproximaremos al valor digital, de entre los 2^n posibles, más próximo, lo que hará que siempre añadamos un pequeño error.

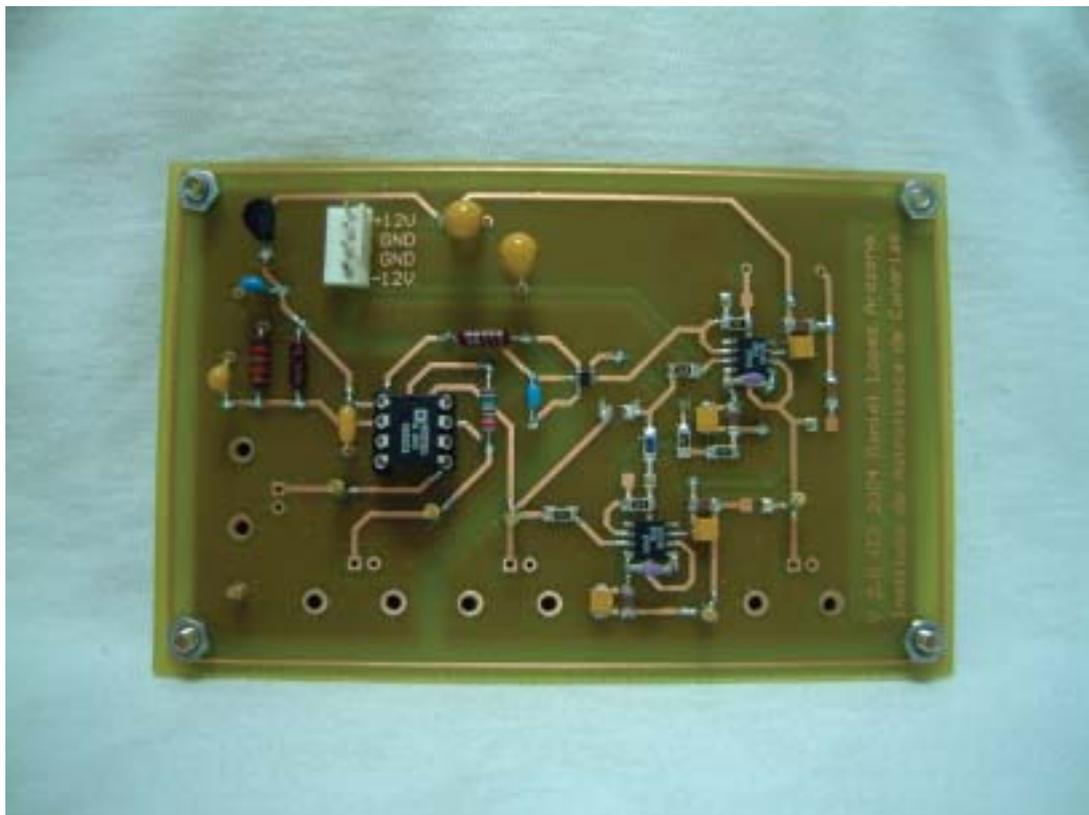
La pregunta es ¿cuántos valores diferentes hemos de considerar? O lo que es lo mismo ¿qué error de aproximación podemos admitir en la digitalización y, por tanto, cuántos bits son necesarios?

La respuesta a esta pregunta es relativamente sencilla si consideramos el denominado **rango dinámico** de la señal a medir. Imaginemos que queremos medir una distancia que puede estar entre 0 y 10 cm y queremos obtenerla con una precisión de 1 mm. En este caso, necesitaremos una regla con divisiones de milímetros, es decir, con un total de 100 divisiones. Pues en este caso 100 es el rango dinámico (RD), que de modo general se define como:

$$RD = \frac{\text{Rango de la señal a medir}}{\text{Precisión de la medida}}$$

El número de valores distintos que tenemos que ser capaces de distinguir en un sistema de medida coincide con el rango dinámico. Una vez conocido el rango dinámico, sabremos el número de bits (teniendo en cuenta que una señal que se digitaliza con n bits puede tomar 2^n valores diferentes).

Por ejemplo, en nuestro caso, si el rango dinámico es 100, bastará con usar 7 bits. $2^7 = 128$. Es decir, tenemos 128 divisiones para 10 cm, con lo que cada división tendrá un valor de 10 cm / 128



Fotografía de una placa prototipo con el circuito que amplifica la señales de forma automática cuando es necesario.

= 0,78 mm, mejor que 1 mm, que era la precisión necesaria.

En el caso de los detectores para instrumentos de Astrofísica, lo habitual es que los requerimientos de rango dinámico nos lleven a usar *chips* conversores A/D de 16 bits, mientras que para cámaras para uso no científico 14 ó incluso 12 son suficientes.

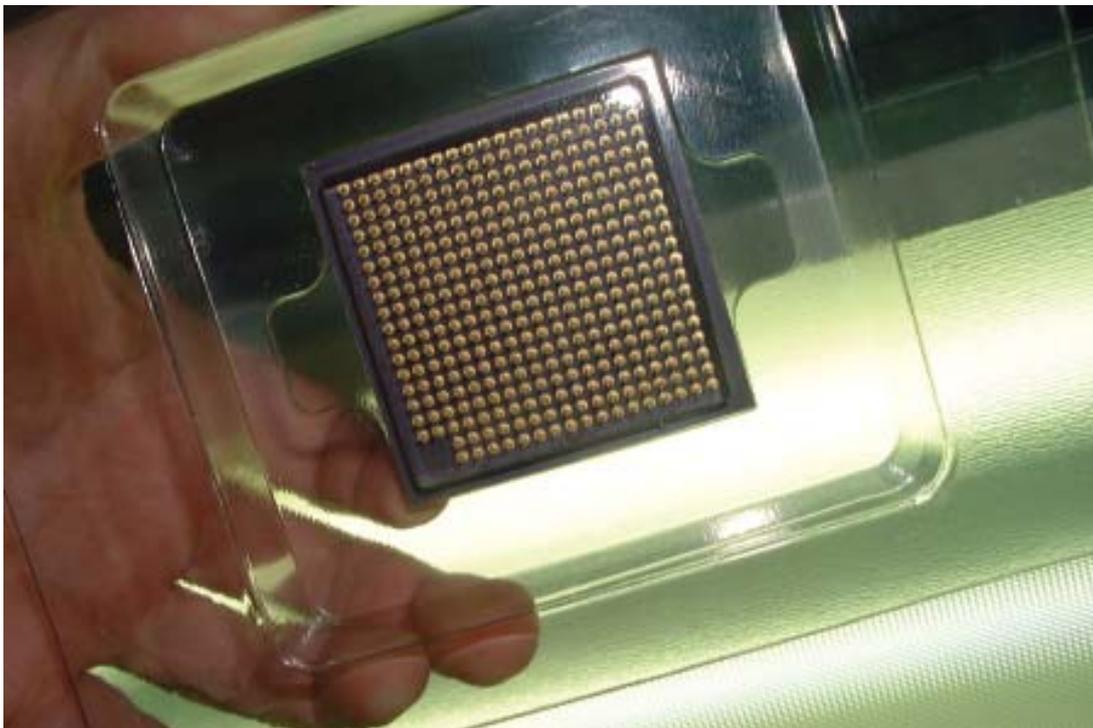
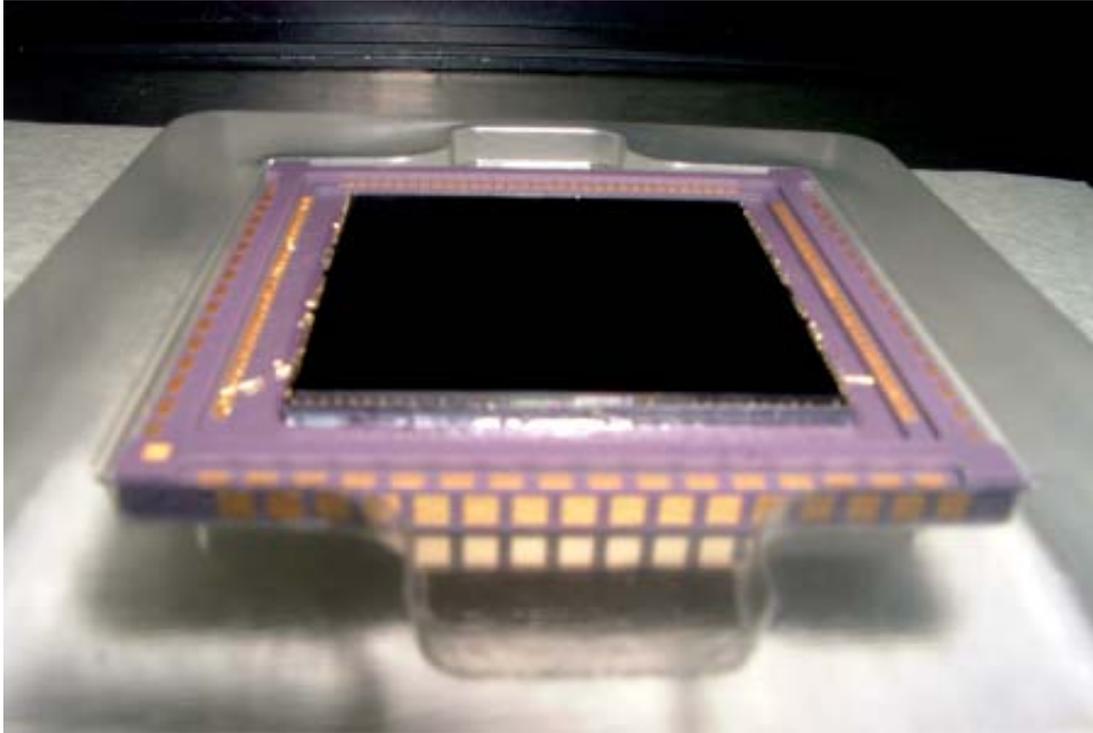
El problema aparece porque las señales de los detectores de uso en Astrofísica no sólo tienen que ser digitalizadas con 16 bits sino que además lo han de ser a alta velocidad (por encima de un millón de píxeles por segundo).

El ENOB (Effective Number Of Bits o Número Efectivo de Bits) de nuestro conversor debería ser próximo a 16. Sin embargo, la mayoría de los conversores o tarjetas comerciales que se encuentran en el mercado y que dan la velocidad que

necesitamos se quedan bastante por debajo (en torno a 14). Aunque creamos que estamos digitalizando adecuadamente, realmente no lo estamos haciendo.

En este artículo pretendemos demostrar que el requerimiento de 16 bits no es realmente necesario en algunas aplicaciones astrofísicas y que conversores de menos bits (14 ó, incluso, sólo 12) serían más que suficientes. Esto es importante pues permite simplificar mucho el diseño de la electrónica y usar tarjetas comerciales que, con el requerimiento de 16 bits, no podrían ser utilizadas.

El ENOB es una cifra que se usa de modo estándar para comparar la calidad de los conversores entre sí y que tiene en cuenta efectos como el ruido.



Imágenes del detector infrarrojo, modelo Hawaii-2, para el proyecto EMIR. Cada una de sus 32 salidas es un voltaje analógico que, tras una cierta amplificación, es digitalizado y enviado al sistema de adquisición de datos.

Uso de menos de 16 bits

La idea para reducir el número de bits es la siguiente:

Se calcula el **rango dinámico** dividiendo el rango de entrada entre la precisión necesaria. Suponemos, implícitamente, que la precisión de la medida ha de ser la misma en todo el rango. Sin embargo, debido a las propiedades físicas de la luz que nos llega, se puede demostrar que la precisión no ha de ser siempre la misma.

Es sabido que para señales altas no es necesario medir con tanta precisión como cuando medimos señales bajas. Ello se debe a que la magnitud a medir (cantidad de luz) lleva implícita un ruido (o incertidumbre en su valor) que crece cuanto mayor es dicha magnitud. Esta incertidumbre, denominada «ruido fotónico», es algo intrínseco a la propia naturaleza de la luz y, por tanto, inevitable. Por eso, al medir señales grandes, no tiene sentido que queramos medir con excesiva precisión porque la propia señal lleva incluido un error (su ruido fotónico) apreciable. Sin embargo, al medir señales pequeñas sí hemos de esforzarnos en hacerlo cuidadosamente porque el ruido fotónico propio de la señal es despreciable.

Volviendo al símil de la regla, es como si necesitáramos medir las señales entre 0 y 1 cm de milímetro en milímetro, pero entre 1 cm y 10 cm nos bastará con hacerlo de centímetro en centímetro. Entonces, podríamos usar una regla que no necesitara tener divisiones de tamaño tan pequeño como 1 mm. Imaginemos que tenemos una regla que mide entre 0 y 10 cm con sólo 10 divisiones. ¿Qué podemos hacer?

Para medir señales entre 0 y 1 cm podemos poner una lupa que aumente 10 veces y usar nuestra regla con sólo 10 divisiones. De ese modo, suplimos la falta de precisión de la regla con el uso de una lupa que previamente aumenta la distancia que queremos medir. Para medir distancias superiores a 1 cm, bastaría con usar la regla directamente sin emplear una lupa.

Vemos cómo, debido a que la precisión necesaria varía en función de la distancia a medir, al final

nos vale con una regla con 10 divisiones en lugar de las 100 que creíamos necesarias al principio.

Con la luz que nos llega pasa algo semejante. Al medir voltajes pequeños los haremos pasar por un amplificador (el equivalente a una lupa para señales electrónicas) y luego iremos a un conversor de menos de 16 bits. Estaremos digitalizando con menos precisión una señal que previamente hemos amplificado. Intuitivamente se ve que, como en el caso de la lupa, no hay ningún problema pues medimos con una regla con divisiones más burdas una señal previamente aumentada.

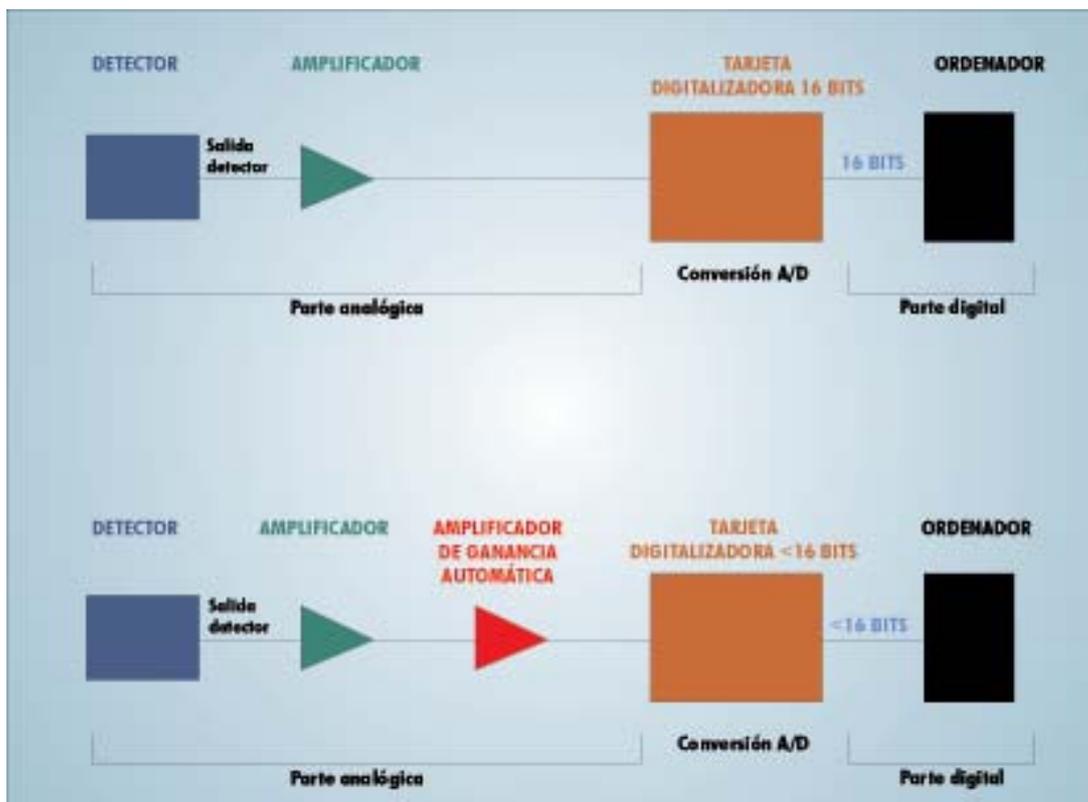
Para voltajes más grandes no usaremos amplificador (lupa) para evitar que nos queden señales demasiado grandes que no podamos medir (que se salgan de la regla). Realmente estamos midiendo con menos precisión al no usar 16 bits. Pero dará igual porque para señales grandes no es necesario usar tanta precisión. Lo que estamos consiguiendo es usar una regla menos precisa o, lo que es lo mismo, un conversor de menos bits.

Un requerimiento que aparece es que tenemos que tener un sistema automático que amplifique las señales cuando sean pequeñas y las deje sin amplificar cuando sean grandes. Y esto ha de hacerse a gran velocidad. En teoría es sencillo, pero en la práctica puede dar problemas, por eso la electrónica para realizar esto tiene que ser diseñada con cuidado.

«Durante los últimos meses, el Área de Ingeniería del IAC ha estado desarrollando prototipos y los resultados preliminares indican que es posible hacerlo y alcanzar una velocidad más que suficiente para los instrumentos que se usan en Astrofísica.»

Durante los últimos meses, el Área de Ingeniería del IAC ha estado desarrollando prototipos y los resultados preliminares indican que es posible hacerlo y alcanzar una velocidad más que suficiente para los instrumentos que se usan en Astrofísica. Por tanto, la conclusión es que esta técnica es viable y es posible emplear conversores de menos de 16 bits en nuestros sistemas de adquisición.

Como se muestra en el gráfico de la siguiente página, la primera etapa amplificadora sirve para adaptar la señal de salida del detector a la entrada de la etapa de conversión y para hacer la señal más inmune a posibles interferencias externas.



Arriba: Esquema tradicional de etapa amplificadora
Abajo: Esquema con amplificador de ganancia automática

Como se ve, hemos de añadir un poco de electrónica (el amplificador de ganancia automática) a cambio de simplificar los requerimientos que ha de tener la etapa de digitalización. En el esquema tradicional (esquema superior) la tarjeta digitalizadora es bastante difícil de conseguir comercialmente (no es fácil tener un ENOB de 16 a alta velocidad), pero en el propuesto (esquema inferior) muchas tarjetas de uso común para otras aplicaciones serían válidas.

Los resultados experimentales, así como una discusión teórica más detallada que asegura que los

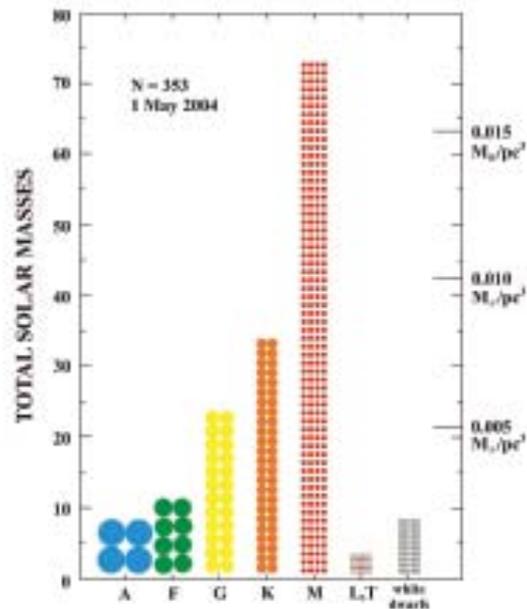
datos científicos no se ven afectados al usar menos bits, han sido presentados en un artículo en el «International Symposium on Astronomical Telescopes» de SPIE celebrado en Glasgow (Escocia, Reino Unido) en junio de 2004.

El lector que desee una información más detallada tanto desde el punto de vista científico como técnico puede encontrarla en dicho artículo, de título «Are 16 bits really needed in CCDs and infrared detectors for astronomy?»

Esta nueva sección bajo el título «Avances de Investigación» contendrá resúmenes divulgativos de las *Letters* publicadas por investigadores del IAC en las revistas especializadas.

Nuevas vecinas ultrafrías

Desde hace casi una década estamos explotando la base de datos DENIS para encontrar estrellas enanas muy frías. Estas enanas pueden tener masas inferiores al límite de fusión del hidrógeno (unas 75 veces la masa de Júpiter), es decir, que serían enanas marrones. DENIS ha cubierto todo el Hemisferio Sur en tres filtros; I, J y K. Las candidatas a enana marrón son seleccionadas por sus colores extremadamente rojos. El siguiente paso consiste en obtener espectroscopía de estos objetos. En 1997 publicamos espectros de tres objetos DENIS que no se parecían a las enanas conocidas anteriormente. Propusimos la creación de una nueva clase espectral, denominada clase L. Actualmente se conocen más de 200 enanas L. En un nuevo trabajo publicado en el mes de marzo pasado en *Astronomy & Astrophysics Letters*, Kendall, Delfosse, Martín y Forveille presentaron el descubrimiento de tres nuevas enanas L brillantes. Las nuevas enanas fueron identificadas en la base de datos de DENIS, y los espectros infrarrojos se obtuvieron con el telescopio UKIRT en Hawai. Las distancias obtenidas a partir de la comparación con enanas de tipo espectral similar indican que estos objetos pueden estar entre nuestros vecinos más próximos. Con estas nuevas vecinas, el número de enanas L a menos



A la izquierda, gráfico que muestra el censo de la vecindad solar dentro de 10 parsec en función del tipo espectral de las estrellas y enanas marrones. Nuestras vecinas más frías, de tipos espectrales L y T, han sido descubiertas a partir de 1997. En esta "Letter" presentamos el descubrimiento de cuatro nuevas enanas L usando la base de datos "DENIS". Con ello hemos aumentado en un 25% el número de enanas L conocidas dentro de 10 parsecs.

de 10 parsec del Sol se eleva a 16. En la figura se muestra el censo actual de nuestras vecinas dentro de 10 parsec. Continúan dominando las enanas M, pero las enanas L y T han aumentado su número de sólo una en 1997 a 26 en el 2004. Creemos que su número real puede estar en torno al centenar. (Ver *Noticias Astronómicas*).

EDUARDO MARTÍN (IAC)

Título: «Discovery of very nearby ultracool dwarfs from DENIS».

Autores: T. Kendall, X. Delfosse, E.L. Martín y T. Forveille.

Referencia: 2004, A&A, 416, L17.

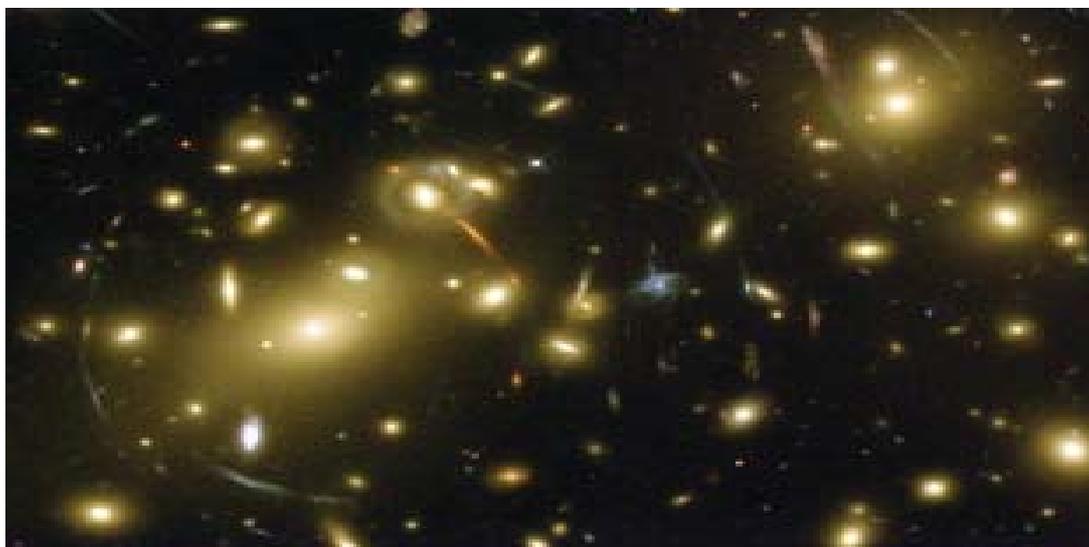


Imagen tomada con el Telescopio Espacial Hubble del cúmulo de galaxias Abell 2218, compuesto por decenas de galaxias ligadas gravitacionalmente entre sí.

¿Cómo afecta el entorno a la formación de las galaxias?

Cuando observamos el Universo a grandes escalas comprobamos que las galaxias no se distribuyen en el espacio de forma homogénea, sino que se encuentran agrupadas formando cúmulos de distinta masa y tamaño. Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la Astrofísica es determinar cómo se formaron y evolucionaron las galaxias desde el comienzo de los tiempos, para dar lugar al Universo que observamos hoy en día.

Las simulaciones realizadas con superordenadores han arrojado mucha luz sobre los procesos que tuvieron lugar en la

formación y evolución de las galaxias, si bien los resultados obtenidos empleando estos modelos han de ser contrastados con datos procedentes de las observaciones. Este es el contexto en el que se enmarca la investigación que hemos desarrollado, centrada en el estudio de las poblaciones de estrellas que constituyen las galaxias. La razón es sencilla: las estrellas que observamos hoy en día son el resultado de los procesos físicos que tuvieron lugar en la galaxia en el pasado. El objetivo concreto será determinar los tiempos de formación de las galaxias y su posible dependencia con las características del entorno.

Antes de abordar el problema del tiempo que tarda en formarse una galaxia, tenemos que determinar qué entendemos por una galaxia *formada*. En sus inicios, una galaxia puede asimilarse a una gigantesca nube constituida por hidrógeno, H, y helio, He, los elementos primordiales formados poco después del *Big Bang*. En las zonas más densas de la nube parte de la materia condensó dando lugar a la primera gene-

AVANCES DE INVESTIGACIÓN

ración de estrellas de la galaxia. Estas estrellas produjeron, mediante reacciones nucleares en su interior, nuevos elementos químicos. Al finalizar su fase de actividad, las estrellas expulsaron sus zonas más externas, enriqueciendo con los nuevos elementos el gas que no se empleó para formarlas. Así, la segunda generación de estrellas se formó a partir del gas remanente, compuesto por H, He más los nuevos elementos. De este modo, cada nueva generación de estrellas se encuentra enriquecida por un número mayor de elementos químicos, en un proceso que se repite hasta que se termina el gas. A partir de ese momento no se forman estrellas nuevas y consideramos que la galaxia se ha formado.

Una manera de estimar el tiempo que tarda en formarse una galaxia consiste en emplear ciertos elementos químicos como «relojes». En concreto, hemos considerado el magnesio, Mg, el hierro, Fe, y la molécula de CN, compuesta por un átomo de carbono y otro de nitrógeno. Sabemos que los procesos que dan lugar a la formación de estos elementos ocurren en tiempos distintos. Así, para que una galaxia presente Mg es necesario que transcurran unos 10 millones de años; para que contenga CN, unos 500 millones de años y, en el caso del Fe, unos 1.000 millones de años. De modo que, si en una galaxia dada detectamos más cantidad de Mg que de CN, podremos concluir que dicha galaxia se formó *antes* de que pudiera enriquecerse con este último, esto es, en un tiempo inferior a 500 millones de años. Por el contrario, cantidades similares de Mg y CN indicarían que la formación se prolongó más que este valor. Algo similar sucedería al comparar el Mg y el Fe, o el CN y el Fe.

En la práctica, nuestro estudio se ha centrado en una muestra de galaxias de tipo temprano (elípticas y lenticulares) de masa intermedia y gigantes pertenecientes a cúmulos con distintas propiedades, como su

masa o el número de galaxias que contienen. Empleando nuevas técnicas de análisis desarrolladas por nuestro grupo hemos estimado el contenido de Mg, Fe y CN de estas galaxias. Comparando las cantidades de unos y otros, nuestros resultados indican que los tiempos de formación de las galaxias dependen del entorno: las galaxias que pertenecen a cúmulos muy masivos se forman en tiempos mucho más cortos que las que se encuentran en cúmulos poco masivos (esto es, cuantas más vecinas tenga una galaxia más rápidos serán los procesos que dan lugar a su formación). Sin embargo, independientemente de las características de los cúmulos, las galaxias se constituyen *después* del tiempo de formación del Mg (100 millones de años) pero *antes* del tiempo de formación del Fe (1.000 millones de años).

El hecho de que el tiempo de formación de las galaxias dependa de las características del entorno está en concordancia con los modelos a los que hacíamos referencia al principio. Sin embargo, los resultados difieren de las simulaciones en los valores máximos de dicho tiempo, siendo mucho más cortos los estimados a partir de nuestros datos. Esta es una restricción que deberán considerar los modelos para ajustar sus predicciones a los valores observados. Sin embargo, aún queda mucho por hacer. El trabajo futuro estará centrado en el estudio de más galaxias en un mayor número de cúmulos, con objeto de constatar y reforzar los resultados obtenidos en esta investigación.

CONRADO CARRETERO HERRÁEZ (IAC)

Título: "On the Environmental Dependence of the Galaxy Cluster Assembly Timescale".

Título: C. Carretero (IAC), A. Vazdekis (IAC), J. Beckman (IAC, CSIC), P. Sánchez-Blázquez (UCM) y J. Gorgas (UCM).

Referencia: 2004, ApJ, 609, L45

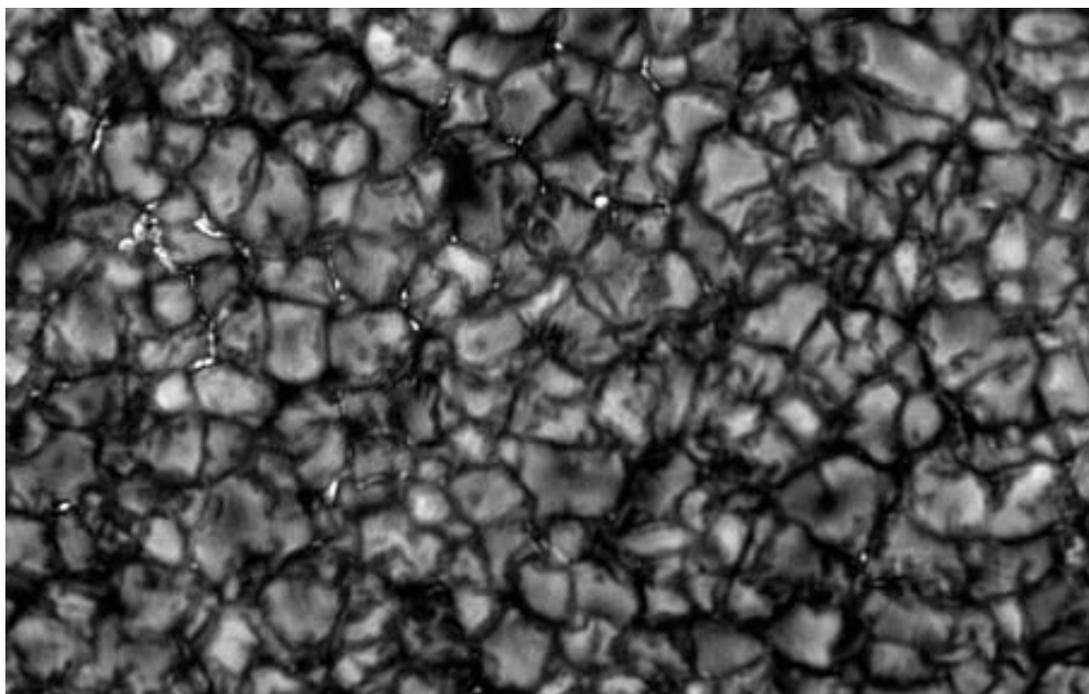


Imagen del Sol en calma. Los pequeños puntos brillantes situados en las zonas oscuras muestran las concentraciones magnéticas que hemos descubierto. Los puntos brillantes más pequeños tienen el tamaño que tendría Tenerife puesta en el Sol.

El magnetismo del Sol no magnético

El campo magnético es al Sol lo que el sexo al psicoanálisis (van de Hulst). Siguiendo esta famosa comparación entre la física solar y el psicoanálisis, el magnetismo del Sol en calma corresponde al subconsciente. Está siempre presente y probablemente determina muchos aspectos de nuestro comportamiento, pero resulta extremadamente esquivo, y es difícil de estudiar y enten-

*der. Las manchas solares son las manifestaciones más conocidas y llamativas del magnetismo solar. Fácilmente visibles, las manchas ocupan sólo una pequeña fracción de la superficie solar. La mayor parte del Sol es en apariencia no magnético y por eso se le llamó *Sol tranquilo* o *Sol en calma*. Sin embargo, medidas más sutiles de la polarización de la luz indican inequívocamente la presencia de campos magnéticos sobre toda la superficie solar. Es más, la parte de superficie en apariencia no magnética es la que fundamentalmente determina la cantidad total de campo magnético del Sol (proporciona la mayor parte de la energía y del flujo magnético totales).*

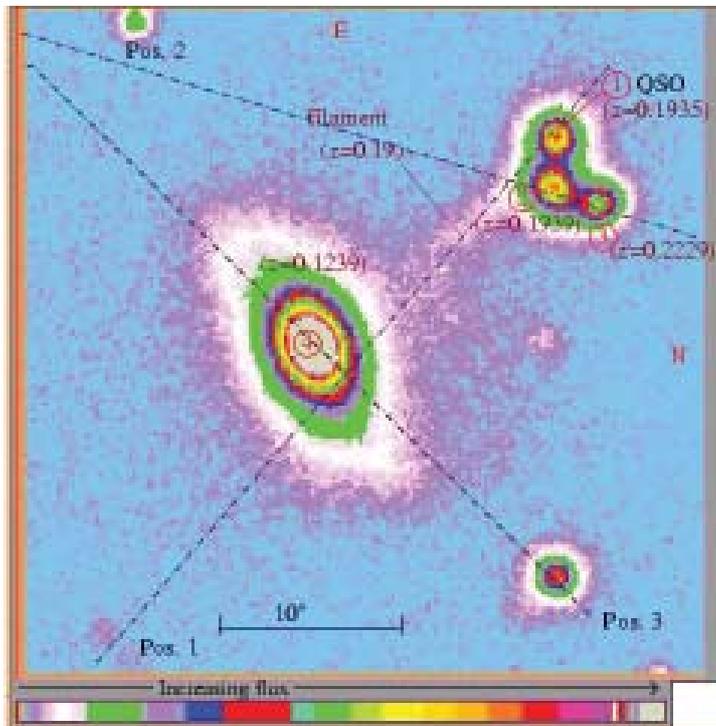
AVANCES DE INVESTIGACIÓN

A pesar de su abundancia y omnipresencia, las estructuras magnéticas del Sol en calma no se apreciaban en las imágenes hasta hace muy poco tiempo. Son tan pequeñas, que los telescopios existentes no permitían observarlas desde la tierra. La situación cambió con la puesta en funcionamiento, hace poco más de un año, del nuevo telescopio solar sueco en el Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma). Gracias a él es posible observar estructuras dos veces menores que las más pequeñas observadas hasta el momento. En particular, este instrumento nos ha permitido obtener las primeras imágenes de las concentraciones magnéticas en el Sol en calma. En la imagen que acompaña este artículo se reconocen como pequeños puntos brillantes situados en zonas oscuras y alargadas. Su tamaño aparente es el de la isla de Tenerife si la situáramos en el Sol. En realidad deben ser aún menores puesto que este tamaño es el más pequeño que nos permite observar el telescopio. El llegar a esta resolución no es sólo cuestión de usar un telescopio mejor que los anteriores. Todas las observaciones astronómicas realizadas desde tierra son distorsionadas por la atmósfera terrestre que la luz atraviesa para llegar al telescopio. Cuanto mejor sea la calidad óptica de la atmósfera mejores son las imágenes, y la calidad del cielo del Observatorio del Roque de los Muchachos es en buena parte responsable de nuestra detección. Sin embargo, aun cuando el sistema que forma imagen (telescopio más atmósfera) sea excelente, siempre queda un residuo de degradación que hemos tenido que corregir mediante técnicas de reconstrucción de imagen.

¿Por qué todos estos esfuerzos para detectar unos pequeños puntos brillantes sobre la superficie solar? ¿Por qué los astrónomos nos preocupamos del magnetismo de unas zonas del Sol en apariencia aburridas? El campo magnético está presente en todo el Universo y es responsable de muchos de los fenómenos astronómicos. Aunque desde el siglo XIX conocemos las reglas básicas que rigen los campos magnéticos (cómo se generan y qué fuerzas ejercen sobre la materia), estas reglas son tan complicadas que en la práctica sólo permiten hacer predicciones en los casos más sencillos. Afortunadamente, el Sol nos permite paliar en parte esta deficiencia de conocimiento. El Sol se ha utilizado tradicionalmente como un laboratorio en el que aprender el comportamiento de los campos magnéticos a escala astronómica. Así, por ejemplo, extrapolando observaciones solares se ha explicado cómo la materia que existe entre galaxias puede tener temperaturas de millones de grados aun estando extraordinariamente lejos de las fuentes de energía. Por lo tanto, el estudio de un nuevo tipo de magnetismo, como es el del Sol en calma, tiene un interés que no se circunscribe a la física solar. El campo magnético ha de estar presente en casi todas partes del Universo y en algunas podría jugar un papel preponderante aunque, por ahora, sólo nos es posible estudiarlo en el Sol.

JORGE SÁNCHEZ ALMEIDA (IAC)

Título: «Bright Points in the Internetwork Quiet Sun». Autores: J. Sánchez Almeida, I. Márquez, J.A. Bonet, I Domínguez Cerdeña, y R. Muller
Referencia: 2004, ApJ, 609, L91.



Composición por ordenador de la imagen del sistema NEQ3 tomada con el telescopio de 2,5 m NOT, situado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma). Los valores de z indicados al lado de la galaxia central y de los tres situados arriba a la derecha son una forma de indicar cuánto de desplazada al rojo esta la luz que nos llega de esos objetos.

¿Juntos o no?

Si nos colocamos en una calle céntrica de una ciudad en un día ajetreado y escuchamos el ruido del tráfico, somos capaces de saber sólo por el ruido del motor si un coche se acerca o se aleja de nosotros. Cuando un coche se acerca, el ruido parece más agudo, y cuando se aleja, más grave. Si nos fijamos un poco, nos damos cuenta de que esto no ocurre sólo con los motores de los coches sino con cualquier otro sonido que emita un cuerpo en movimiento, por ejemplo la sirena de un coche de bomberos.

Lo que quizás ya no sabemos es que lo mismo que ocurre para el sonido, ocurre con la luz. También el color de los objetos cambia según se estén acercando o alejando de nosotros. Cuando se acercan, se hacen un poco más azules, mientras que cuando se alejan, se vuelven algo más rojos. Entonces, ¿por qué no

vemos que los coches cambien también de color según se estén acercando o alejando de nosotros? Con la luz, este cambio es muy pequeño y nuestros ojos no son tan precisos como para que nos demos cuenta; haría falta que los coches se movieran a velocidades muy, muy grandes para que pudiéramos notarlo.

¿Dónde podemos encontrar esas velocidades tan grandes? Hace ya casi cien años, un astrónomo americano, Edwin Hubble, estaba estudiando imágenes fotográficas de galaxias y se dio cuenta de que en casi todas ellas su luz estaba desplazada al rojo. Además, las más pequeñas eran las que más desplazadas al rojo estaban. Como lo más lógico era que las que parecían más pequeñas fueran las que estaban más lejos, Hubble pensó con razón que las más lejanas eran las que se alejaban de nosotros con más velocidad. Este estudio de Hubble fue muy importante en Astronomía y con otras observaciones permitió establecer la teoría del Big Bang (o en español, de la Gran Explosión). La mayor parte de los astrónomos

AVANCES DE INVESTIGACIÓN

actuales creen que ésta es la mejor teoría para explicar muchas de las observaciones que hacemos con los modernos telescopios.

Si el desplazamiento al rojo de su luz nos vale para saber la distancia a la que está una galaxia, resultaría extraño encontrar dos galaxias en el cielo que estuvieran muy juntas y que, sin embargo, una de ellas tuviera su luz mucho más enrojecida que la otra. Si lo que encontráramos fueran tres o más galaxias así, el asunto resultaría aún más misterioso.

Trabajando con mi compañero Martín López-Corredoira hemos encontrado algunos casos así que nos han llamado la atención. Uno de los más interesantes es el que mostramos en la figura; los objetos que forman el grupo, son la galaxia grande en el centro y los tres pequeños que están muy juntos arriba a la derecha. Lo más normal sería que todos esos objetos tuvieran su luz desplazada al rojo en la misma cantidad y que, por tanto, estuvieran más o menos igual de lejos de la Tierra. Sin embargo, observando con los telescopios NOT (fotometría) y WHT (espectroscopía), del Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma, nos hemos quedado bastante sorprendidos: en cada uno de estos cuatro objetos, el desplazamiento al rojo de la luz determinado espectroscópicamente que nos llega de ellos es diferente, o sea que eso querría decir que están a diferentes distancias de nosotros. El más cercano de todos sería la galaxia grande del centro, que estaría a unos 1.500 millones de años luz de nosotros (unos 100 billones de veces la distancia entre la Tierra y el Sol), mientras que el más lejano sería uno de los pequeños (el que está más hacia la derecha en la figura), que estaría a unos 3.000 millones de años luz de nosotros.

¿Podría ser sólo una casualidad que estos cuatro objetos vistos desde la Tierra aparentemente estén muy juntos aunque en realidad no lo estén? Si así fuera, sería como observar un avión cuando cruza por delante de la Luna. Ya sabemos que el avión está mucho

más cerca de la Tierra, y que hay tantos aviones que es normal que por casualidad alguno cruce por delante de la Luna alguna vez.

Hemos hecho cálculos para comprobar si también el caso que estamos analizando pudiera ser sólo una casualidad. Esos cálculos nos dicen que no, que no parece que pueda ser una casualidad. Además nos ha llamado la atención ese puente que parece que va de la galaxia grande a los tres objetos pequeños. Puentes como éstos se han visto en muchas otras galaxias y creemos que son una mezcla de estrellas y gas que son desgajadas cuando dos o más galaxias pasan cerca (algo parecido a las mareas, en las que la Luna tira del agua del mar, aunque no con la suficiente fuerza, claro, para arrancarla de nuestro planeta).

En fin, que todo sería más sencillo si por un momento nos olvidamos de lo que nos dice el Big Bang y decimos que parece que los cuatro objetos están muy juntos porque realmente lo están. Suena un poco fuerte ya que, entonces, resulta que el desplazamiento de la luz hacia el rojo nos ha engañado (al menos en este caso) y no vale para saber lo lejos que está una galaxia.

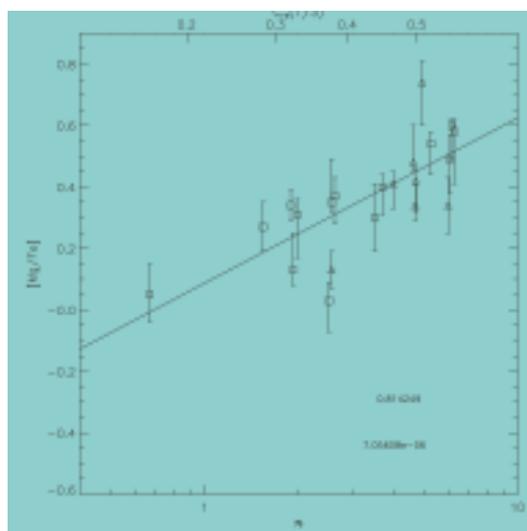
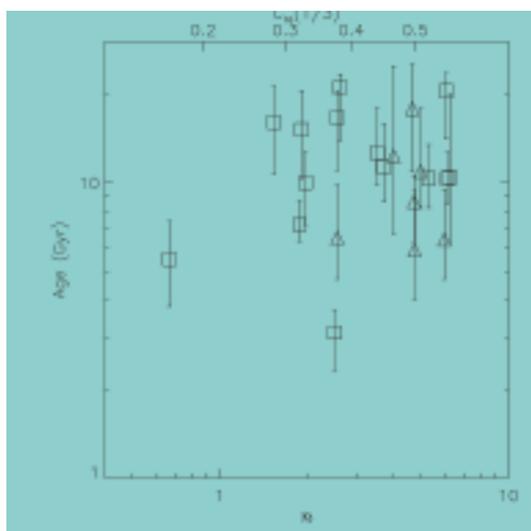
Algunos científicos reaccionan con hostilidad o desdén cuando alguien dice algo así. Se lo toman como un ataque directo al Big Bang. Nosotros no creemos que necesariamente esto sea así. En cualquier caso, en ciencia son las nuevas observaciones las que deben decir si una teoría es correcta o no. Por eso, ahora con los grandes telescopios de La Palma y de otros observatorios estamos estudiando otros objetos que también están sospechosamente juntos. Ya contaremos lo que vayamos obteniendo.

CARLOS M. GUTIÉRREZ (IAC)

Título: «QSO+Galaxy Association and Discrepant Redshifts in NEQ3'».

Autores: Carlos M. Gutiérrez & Martín López-Corredoira.

Referencia: 2004, *ApJ*, 605, L5.



En el panel izquierdo se muestra el índice de Sersic (n), el cual nos indica el grado de concentración de la luz, con respecto a la edad medida en galaxias elípticas del cúmulo de Virgo (cuadrados) y en entornos aislados (círculos). El gráfico muestra la falta de correlación existente entre la estructura de estas galaxias y sus edades. Por el contrario, el panel derecho muestra una fuerte correlación entre este parámetro característico de la estructura y la abundancia relativa entre Magnesio y Hierro ($[Mg/Fe]$). Dicha correlación muestra que las galaxias más masivas, con mayor concentración de la luz, poseen mayor abundancia relativa $[Mg/Fe]$, lo que sugiere que se han formado en escala de tiempos más cortos.

¿Existe alguna conexión entre la estructura de las galaxias y su contenido estelar?

Según el paradigma actual, las galaxias se han ido constituyendo de forma jerarquizada desde que las primeras es-

tructuras surgieron a partir de las fluctuaciones primordiales en un universo dominado por materia oscura fría. Es decir, que las galaxias actuales son el resultado de la unión de otras menores en un proceso que se ha ido extendiendo desde tiempos remotos del universo hasta la actualidad. Este modelo, por ejemplo, reproduce satisfactoriamente las distribuciones de galaxias observadas a lo largo del cielo.

Recientemente se está demostrando que la forma más eficaz de acotar este paradigma es mediante el estudio de las llamadas «relaciones de escala» que verifican las galaxias de tipo temprano (elípticas y lenticulares), las cuales concentran más de la mitad de la masa luminosa del universo actual. Particularmente relevantes son el «Plano Fundamental», que nos relaciona el tamaño de una galaxia con su brillo superficial y su masa, y la «Relación Color Mag-

AVANCES DE INVESTIGACIÓN

nitud», por la que las galaxias más luminosas son a su vez más rojas. Sin embargo, se desconoce si existe relación entre la estructura de las galaxias y su contenido estelar, es decir, sus poblaciones estelares. Para encontrar la respuesta hemos llevado a cabo esta investigación en galaxias cercanas de tipo temprano del cúmulo de Virgo y en otros entornos más aislados. Los principales parámetros que caracterizan sus poblaciones estelares fueron inferidos a partir de espectros muy profundos obtenidos con el telescopio japonés Subaru (8,2m) y el telescopio William Herschel (4,2m), de La Palma. En dichos espectros se seleccionaron ciertas líneas de absorción con gran sensibilidad para discernir sus edades y metalicidades (es decir, elementos químicos distintos del hidrógeno y del helio) mediante un novedoso método desarrollado por nuestro grupo. Por otro lado, para determinar la estructura de dichas galaxias se han usado los perfiles radiales de luminosidad obtenidos con telescopios terrestres y el Telescopio Espacial Hubble. Dichos perfiles se caracterizan mediante el llamado índice de Sersic, que nos indica el grado de concentración de luz en las regiones centrales de las galaxias.

Nuestro estudio ha mostrado que no existe ninguna correlación significativa entre las edades o las metalicidades totales inferidas para estas galaxias y sus respectivos perfiles de luminosidad. Sin embargo, hemos encontrado que el índice de Sersic presenta una fuerte correlación con la abundancia relativa de magnesio con respecto a hierro. Es decir, que las galaxias con mayor concentración de luz central (que son a su vez las más luminosas) presentan un mayor contenido en magnesio en relación con su contenido en hierro. La primera figura muestra la ausencia de correlación entre el índice de Sersic (n) y la edad estimada para las galaxias, mientras que la segunda figura muestra la fuerte correlación existen-

te entre dicho índice y la sobreabundancia de magnesio sobre hierro ($[Mg/Fe]$).

Cabe destacar que mientras el magnesio es producido en estrellas de muy alta masa (20-40 veces la masa del Sol) y es expulsado al medio interestelar mediante explosiones de supernovas de tipo II en unos pocos millones de años, el hierro es sintetizado mayoritariamente en estrellas de masa intermedia y es expulsado mediante supernovas de tipo Ia en un periodo de tiempo de mil millones de años aproximadamente. Por tanto la medida de abundancia relativa entre estos dos elementos químicos nos da idea de la rapidez con la que se han constituido sus poblaciones estelares, es decir, las escalas de tiempo que caracterizan su formación. Por tanto la relación encontrada entre la abundancia relativa entre magnesio y hierro y los perfiles de Sersic nos indica que las galaxias más masivas, con mayor concentración de su luz central, han debido constituirse cuando el Universo era aún muy joven en escalas de tiempo más cortas que aquellas correspondientes a las galaxias más pequeñas que se han debido constituir de forma más extendida en el tiempo. Este resultado constituye un fuerte desafío al paradigma actual que predice, por el contrario, que las galaxias más grandes se completaron de formar mucho más tarde al haber necesitado más tiempo para ir engordándose a partir de la agregación de objetos menores con el paso del tiempo.

ALEXANDRE VAZDEKIS (IAC)

Título: «A Correlation between Light Profile and $[Mg/Fe]$ Abundance Ratio in Early-Type Galaxies».

Autores: A. Vazdekis, I. Trujillo y Y. Yamada

Referencia: 2004, ApJ, 601, L33.

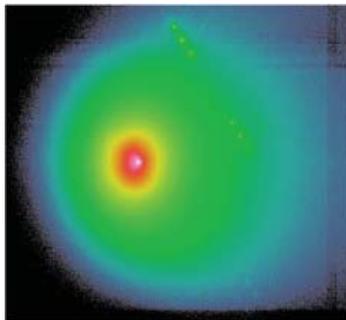


Imagen del cometa C2001/Q4 NEAT en la banda J obtenidas con el instrumento LIRIS, en el Telescopio «William Herschel».

DURANTE LOS MESES DE
MAYO Y JUNIO
APARECIERON DOS
NUEVOS COMETAS EN EL
CIELO.

ERA LA PRIMERA VEZ EN
MÁS DE CIEN AÑOS,
DESDE 1861, QUE SE
TENÍA LA
OPORTUNIDAD DE
OBSERVAR DOS
COMETAS VISIBLES
A LA VEZ.

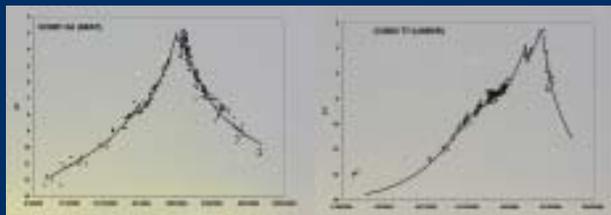
COMETAS NEAT Y LINEAR

Durante los meses de mayo y junio, dos nuevos cometas fueron observables en el cielo a simple vista: “NEAT-Q4” y “LINEAR-T7”. Ésta era la primera vez en más de cien años, desde 1861, que se tenía la oportunidad de observar dos cometas visibles a la vez. Además, los dos se vieron al atardecer con una separación entre ambos de unos 60° . Investigadores del IAC hicieron un seguimiento de estos cometas desde los Observatorios de Canarias.

El cometa NEAT-Q4, cuya denominación oficial es C/2001 Q4 (NEAT), fue descubierto en el año 2001 por el proyecto *Near-Earth Asteroid Tracking* (Seguimiento de Asteroides Próximos a la Tierra). Sin embargo, su perihelio se produjo este año, en concreto ocurrió el día 15 de mayo. Así, desde finales de abril se estuvo observando a simple vista, alcanzando magnitud 3, y siguió siendo visible hasta mediados de junio. El 28 de mayo entró en la Osa Mayor. Fue fácilmente

identificable con unos prismáticos.

LINEAR-T7, cuyo nombre oficial es C/2002 T7/ (LINEAR), fue descubierto en el año 2002 por el proyecto *Lincoln Near Earth Asteroid Research* (Investigación Lincoln de Asteroides Próximos a la Tierra). Su perihelio se produjo también este año, el día 23 de abril. Aunque el perihelio es normalmente el momento de máximo brillo intrínseco de un cometa, en el caso de LINEAR-T7, el cometa alcanzó su máximo brillo aparente desde la Tierra a finales de mayo, con una magnitud de 1. Esto fue debido a que, aunque ya alejándose poco a poco del Sol, era entonces cuando se encontraba más cercano a la Tierra, pero se alejó rápidamente y con ello descendió su brillo. Este cometa se mantuvo visible también hasta mediados de junio. A finales de mayo se vio en el cielo vespertino en la constelación del Perro Mayor, moviéndose hacia las constelaciones de Hidra y el Sextante.



Curvas de luz de los cometas NEAT (a la izquierda) y LINEAR (a la derecha). Autor: Mark Kidger (IAC).



ENLACE CON SMART-1

Tras analizar los datos obtenidos, la Agencia Europea del Espacio (ESA) confirmó el éxito de los primeros enlaces ópticos entre su satélite SMART-1 (*Small Mission for Advanced Research and Technology*) y la Estación Óptica Terrestre (OGS), instalada en el Observatorio del Teide (Tenerife), del IAC. Con SMART-1, la primera misión de la ESA a la Luna, esta Agencia inicia un programa de pequeños satélites que tienen entre otros propósitos la demostración de la viabilidad de las comunicaciones ópticas para su aplicación en futuras misiones espaciales a otros planetas.

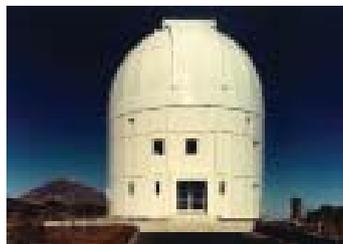
Para ello, el satélite está equipado con una cámara deno-

minada AMIE, cuyo objetivo es detectar la señal láser enviada desde una estación situada en la Tierra, en concreto la OGS. La principal dificultad del experimento reside en la complejidad de apuntar correctamente el estrecho haz de láser transmitido desde la estación situada en la Tierra, el cual debe atravesar la turbulencia atmosférica que afecta a la dirección de propagación y a la calidad de la señal.

El pasado día 15 de febrero se realizó la primera prueba de comunicaciones ópticas entre la OGS y SMART-1. El primer enlace se llevó a cabo a las 3:16 UTC cuando el satélite se hallaba próximo a su perigeo, a una distancia de



Fotocomposición de la misión SMART-1 y la OGS, en el Observatorio del Teide (Tenerife). Autor: Gabriel Pérez (SMM/IAC).



La Estación Óptica Terrestre (OGS), del Observatorio del Teide, desde donde se realizaron las pruebas de enlace con SMART-1. Foto: Miguel Briganti (SMM/IAC).

**SE REALIZAN CON ÉXITO
DE LAS PRUEBAS DE
ENLACE
CON SMART-1
DESDE EL
OBSERVATORIO DEL
TEIDE.**

**ESTE SATÉLITE
CONSTITUYE LA
PRIMERA MISIÓN
DE LA AGENCIA
ESPACIAL EUROPEA
A LA LUNA.**

**LOS EXPERIMENTOS DE
COMUNICACIÓN ÓPTICA
SE HAN REALIZADO CON
LA ESTACIÓN ÓPTICA
TERRESTRE (OGS).**



*Montaje de SMART-1 y la Luna.
Autor: Gabriel Pérez (SMM/IAC).*

20.000 km. Se completaron otros dos enlaces mientras el satélite se desplazaba hasta su apogeo, a una distancia de 60.000 km. Tras el complejo proceso de análisis de los datos tomados por el satélite, finalmente se ha comprobado que el experimento fue un éxito y que la señal transmitida por la OGS fue detectada por la cámara AMIE del satélite. El equipo del IAC a cargo de la operación de la OGS ha contribuido al éxito del experimento, cuya segunda campaña se realizó en el mes de abril con los mismos resultados.

A lo largo del presente año, el satélite ha ido ensanchando el tamaño de su órbita hasta quedar atrapado por la gravedad de la Luna tras 18 meses, en una órbita polar desde la que realizará un análisis de la composición de su suelo.

Durante el viaje, se han ido repitiendo periódicamente experimentos de enlace óptico entre la OGS y el SMART-1, con el fin de caracterizar los efectos de la

atmósfera sobre la propagación del haz de láser hacia el espacio profundo. El último enlace tuvo lugar el pasado 7 de octubre.

Los resultados serán importantes para el desarrollo de terminales de comunicación ópticas de nueva generación. En un futuro está previsto realizar enlaces con un terminal en el punto L1 de Lagrange entre la Tierra y el Sol.

Para realizar pruebas en órbita de sistemas de comunicación óptica, la ESA y el IAC firmaron en 1994 un acuerdo para la construcción, en el Observatorio del Teide, de la Estación Óptica Terrestre (OGS, del inglés *Optical Ground Station*). Esta Estación consiste básicamente en un telescopio de 1 m de diámetro, junto con la instrumentación adecuada para la transmisión y recepción de comunicaciones ópticas. Este telescopio también es utilizado con fines astronómicos y para la observación de basura espacial.

Información sobre la OGS:
<http://www.iac.es/gabinete/oteide/ogs/ogs.html>

RESPONSABLES
POR PARTE DEL IAC:
*Marcos Reyes,
Ángel Alonso
Julia de León
Lilian Domínguez*



EL NACIMIENTO DE UNA ESTRELLA

El espectrógrafo LIRIS (*Long-Slit Intermediate Resolution Infrared Spectrograph*), un instrumento construido en el IAC e instalado en el telescopio «William Herschel» (WHT), del Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma), ha obtenido la imagen del impetuoso nacimiento de una estrella recién descubierta en la constelación de Orión.

Esta imagen fue obtenida durante el segundo periodo de pruebas de LIRIS realizadas durante las últimas semanas de abril. El tamaño del campo representado es aproximadamente de 4 minutos de arco de lado. El objeto observado fue descubierto ocasionalmente por el astrónomo aficionado americano Jay McNeil el pasado mes de enero. La nebulosa de McNeil se



*El espectrógrafo LIRIS, instalado en el telescopio "William Herschel".
Foto: Miguel Briganti (SMM/IAC).*



Imagen en falso color de la Nebulosa de McNeil construida a partir de la combinación de imágenes en los filtros J (codificado como azul), H (verde) y K (rojo). © J. Acosta y Equipo LIRIS (IAC), M. Schrimmer (ING) y P. Abraham (Konkoly Obs. Hungría).

*LIRIS, UN INSTRUMENTO
CONSTRUIDO POR EL
IAC E INSTALADO EN EL
TELESCOPIO «WILLIAM
HERSCHEL»,
DEL OBSERVATORIO DEL
ROQUE DE LOS
MUCHACHOS, CAPTA EL
IMPETUOSO
NACIMIENTO
DE UNA ESTRELLA EN LA
CONSTELACIÓN DE
ORIÓN .*



Nebulosa de McNeil.
© Adam Block (KPNO Visitor Program),
NOAO, AURA, NSF.

encuentra justo encima de las tres estrellas que forman el cinturón de Orión en una zona de formación estelar, a una distancia de 1.500 años luz.

En esta imagen estamos presenciando un fenómeno extremadamente raro de observar. Se trata de uno de los episodios violentos que tienen lugar durante el lento nacimiento de una estrella. Las «incubadoras estelares» son nubes enormes de gas y polvo, que se reconocen como zonas muy oscuras en el cielo. Durante este proceso se forma un disco de gas y polvo que rodea a la estrella, y que lentamente va cayendo sobre su superficie ayudando a su crecimiento.

En algunos momentos las partes más internas del disco se calientan provocando un aumento de la cantidad de material que está cayendo a través de líneas de campo magnético sobre la superficie de la estrella creando manchas muy calientes. Son estas manchas las que calientan el gas provocando un fuerte viento que barre parte de la envoltura de polvo y permite que escape la luz y

podamos presenciar la estrella en formación. La emisión de la nebulosa es probablemente luz de la estrella reflejada por granos de polvo en los alrededores.

Un equipo interdisciplinar formado por investigadores e ingenieros del IAC ya realizó con éxito, en febrero de 2003, las primeras pruebas del espectrógrafo LIRIS, una vez instalado en el WHT, del Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING). LIRIS es un instrumento que permite obtener en el infrarrojo imágenes y espectros de más de un objeto simultáneamente. En concreto, puede observar hasta 20 fuentes de un mismo campo a la vez. Existen otros instrumentos similares, pero LIRIS es el único de estas características situado en el Hemisferio Norte. Con este instrumento, el IAC ha demostrado su capacidad para desarrollar instrumentación astronómica competitiva. Finalizado el periodo de pruebas, en agosto de este año, LIRIS ha pasado a ser uno de los instrumentos de uso común del WHT.



ENANAS MARRONES

Dos equipos internacionales de astrónomos han realizado, utilizando tres de los mejores telescopios en la actualidad, las primeras medidas directas de las masas de enanas marrones en dos sistemas múltiples. En ambos equipos ha participado el investigador del IAC **Eduardo Martín Guerrero de Escalante**. Dos de las enanas observadas son de tipo espectral L, una clase de objetos descubierta por Martín y colaboradores hace siete años. Las enanas marrones cuyas masas han sido medidas ahora pertenecen a dos sistemas múltiples de la vecindad solar. Las componentes menos masivas de estos sistemas tienen masas de entre 66 y 54 veces la masa del planeta Júpiter. Con estas medidas se confirma que las enanas marrones son el eslabón natural entre estrellas y planetas gigantes.

El equipo liderado por **Hervé Bouy**, del Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik, observó el sistema llamado 2MASS J07464+2000 durante cuatro años con el Very Large Telescope, del Observatorio Europeo Austral (ESO), en Chile, el telescopio Keck-I, en Hawai, y el Telescopio Espacial Hubble. El equipo liderado por **María Rosa Zapatero Osorio**, del Laboratorio Espacial de Física Fundamental de Madrid y anteriormente investigadora del IAC, observó el sistema

llamado Gliese 569 B durante dos años y medio con el telescopio Keck-II, en Hawai.

Las masas de estas enanas marrones se han podido calcular a partir de observaciones de alta precisión de ambas componentes de los sistemas binarios. Para ello se necesitaron telescopios capaces de proporcionar imágenes de alta resolución espacial durante un periodo de tiempo comparable con sus periodos orbitales. La resolución temporal de los telescopios terrestres está limitada por la turbulencia atmosférica. El Hubble no tiene esta limitación por estar situado fuera de la atmósfera y los telescopios VLT y Keck están equipados con sistemas de óptica adaptativa, que permiten corregir parcialmente la degradación de las imágenes debida a la turbulencia atmosférica. Desde hace casi cuatro siglos, los astrónomos han utilizado los movimientos orbitales de objetos celestes para medir sus masas utilizando las famosas leyes de Kepler. El mismo concepto ha sido aplicado en este caso para obtener las primeras masas de enanas marrones.

Clasificación espectral

Ambas componentes del sistema estudiado por Bouy y colaboradores son de tipo espectral L, que agrupa a las estrellas menos masivas y a las



*Simulación de una enana marrón (a la izquierda) en un sistema múltiple.
Autor: Gabriel Pérez (SMM/IAC)*

*MEDIDA POR PRIMERA
VEZ LA MASA
DE LAS ENANAS
MARRONES.*

*CON ELLO SE CONFIRMA
QUE ESTOS OBJETOS
ASTRONÓMICOS SON EL
ESLABÓN NATURAL
ENTRE ESTRELLAS Y
PLANETAS GIGANTES.*

*ESTOS RESULTADOS,
FRUTO DE UNA DOBLE
COLABORACIÓN
INTERNACIONAL, SE
PUBLICARON EN LAS
REVISTAS
ESPECIALIZADAS
ASTRONOMY &
ASTROPHYSICS Y
THE ASTROPHYSICAL
JOURNAL.*



Simulación de una enana marrón (a la derecha) en un sistema múltiple. Autor: Gabriel Pérez (SMM/IAC).

INVESTIGADORES:

H. Bouy (Alemania, Francia), G. Duchene (EEUU, Francia), R. Koehler (Alemania), W. Brandner (Alemania), J. Bouvier (Francia), E. Martín (España), A. Ghez (EEUU), X. Delfosse (Francia), T. Forveille (Francia), F. Allard (Francia), I. Baraffe (Francia), G. Basri (EEUU), L. Close (EEUU), y C.E. McCabe (EEUU), para el trabajo de medida de las masas de 2MASS J07464+2000, que será publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics*.

M.R. Zapatero Osorio (España), B. Lane (EEUU), Y. Pavlenko (Ucrania), E. Martín (España), M. Britton (EEUU) y S. Kulkarni (EEUU), para el trabajo de medida de las masas de Gliese 569 B, que será publicado en la revista *The Astrophysical Journal*.

Más información:

<http://www.iac.es/gabinete/noticias/2004/m06d15amp.htm>

enanas marrones más masivas de la vecindad solar. Esta nueva clase espectral, que se añade al sistema tradicional de clases espectrales estelares OBAFGKM en el cual las estrellas se agrupan con letras diferentes según su espectro dependiendo de la temperatura de su atmósfera, fue descubierta en 1997 por un equipo liderado por Martín. El nuevo tipo espectral se caracteriza por la formación de granos de polvo en las atmósferas, lo cual cambia drásticamente el espectro óptico de estos objetos. Las masas obtenidas por el equipo de Bouy son las primeras conocidas para enanas L. La componente más masiva del sistema tiene una masa 85 veces mayor que la de Júpiter, y se trata de una estrella enana roja, mientras que la componente menos masiva tiene una masa de 66 veces la de Júpiter, por lo que debe tratarse de una enana marrón. Desde los cálculos realizados en 1963, se adopta como límite entre estrellas y enanas marrones una masa de entre 80 y 72 veces la de Júpiter. El Sol es unas 1.000 veces más masivo que Júpiter.

Las componentes del sistema estudiado por Zapatero Osorio y colaboradores son de tipo espectral M, más caliente que el L. Sin embargo, sus masas de 71 y 54 veces la masa de Júpiter son menores que las del sistema con componentes de tipo L. Esto se debe a que la relación entre masa y temperatura para enanas marrones depende estrechamente de la edad. El sistema Gliese 569 B es más joven que el sistema 2MASS J0746+2000 y por ello sus componentes son más calientes aunque menos masivas. El equipo de Zapatero Osorio también midió la velocidad de rotación de las componentes de Gliese

569 B, y encontró que rotan rápidamente sobre sí mismas con periodos de menos de 5 horas. Estas enanas marrones tienen periodos de rotación más cortos que Júpiter (10 horas) y mucho más cortos que el Sol (24 días).

Desde 1963, la existencia de enanas marrones había sido predicha por cálculos teóricos, pero fue en 1995 cuando se encontraron los primeros objetos con luminosidad tan baja que debían ser enanas marrones según los modelos evolutivos. Actualmente se conocen más de 200 objetos con luminosidades y temperaturas que indican que no son estrellas sino enanas marrones. Sin embargo, hasta ahora no había sido posible medir directamente el parámetro más importante, la masa de los objetos. Las masas obtenidas para los sistemas binarios 2MASS J0746+2000 y Gliese 569 B están de acuerdo con los modelos teóricos para edades mucho más jóvenes que la del Sistema Solar. Estas enanas marrones aún están en una fase temprana de su contracción gravitatoria, por lo cual son relativamente brillantes para este tipo de objetos, que pueden alcanzar luminosidades tan débiles como las de los planetas cuando su edad es lo suficientemente avanzada.

Las medidas de masas de enanas marrones sirven para comprender la formación y evolución de objetos de muy baja masa. Para medir sus masas se necesita el poder de resolución y la sensibilidad de los mejores telescopios del mundo. En los próximos años, este tipo de medidas podrán realizarse con el sistema de óptica adaptativa del Gran Telescopio CANARIAS (GTC).

EL SOL A TRAVÉS DE THEMIS

Con objeto de conocer el funcionamiento y los últimos descubrimientos científicos del telescopio solar franco-italiano THEMIS (Telescopio Heliográfico para el Estudio del Magnetismo y de las Inestabilidades Solares), instalado en el Observatorio del Teide (Tenerife), los responsables de esta instalación organizaron un acto de presentación a los medios de comunicación el pasado 23 de abril. La presentación corrió a cargo del nuevo director de THEMIS, **Bernard Gelly**, y del astrofísico **Antonio Eff-Darwich**.

Magnetismo solar

El Sol siempre ha despertado la curiosidad y el interés del ser humano. Todas las grandes civilizaciones de la antigüedad consideraban a nuestra estrella un dios, y así ha pasado a la posteridad como el Ra de los egipcios, el Helios de los griegos, el Huitzilopochtli de los aztecas, el Sol de los romanos o el Magec de los guanches.

El Sol es también objeto de fascinación para la ciencia ya que se le puede considerar como un gigantesco laboratorio donde estudiar física atómica, modelos teóricos

de la estructura y evolución de estrellas, la fusión nuclear que será probablemente la energía del futuro aquí en nuestro planeta, o el magnetismo y su interacción con la materia. El magnetismo solar se ha revelado en las últimas décadas como un factor clave para entender hechos como el cambio climático o el efecto del Sol sobre nuestra sociedad tecnológica.

THEMIS nació con el propósito de estudiar el magnetismo solar y otros procesos dinámicos que ocurren en la atmósfera del Sol, a través de la luz que nos llega de nuestra estrella. Este telescopio posee un espejo primario de 90 cm, lo que le coloca entre los tres telescopios solares más grandes del mundo, siendo además el único diseñado para impedir en lo posible que la luz que proviene del Sol sea contaminada por los componentes ópticos del telescopio.

THEMIS, perteneciente al Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) francés y al Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) italiano, fue inaugurado oficialmente en 1996 por SS.MM. los Reyes de España y otras personalidades. Desde entonces mantiene una intensa actividad en relación con el estudio del Sol.



El Telescopio THEMIS, instalado en el Observatorio del Teide. Foto: Cyril Delaigüe (THEMIS).



Espectacular imagen de una región activa obtenida con el instrumento MSDP en THEMIS. Foto: Brigitte Schmieder (Obs. Meudon).

EL NUEVO DIRECTOR DE ESTE TELESCOPIO SOLAR FRANCO-ITALIANO Y SU EQUIPO PRESENTARON A LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN SUS ÚLTIMOS RESULTADOS CIENTÍFICOS.



Uno de los nuevos telescopios robóticos. Foto: Luis Fernando Rodríguez (IAC)

LA ENTIDAD AMERICANA «SOCIEDAD DEL TELESCOPIO» HA PUESTO EN MARCHA EN EL OBSERVATORIO DEL TEIDE SU PROYECTO DE «ASTRONOMÍA EN VIVO» (SLOOH) EN VIRTUD DEL ACUERDO FIRMADO CON EL IAC PARA LA INSTALACIÓN DE UNA RED DE TELESCOPIOS ÓPTICOS ROBÓTICOS.

EL IAC DISPONDRÁ DE UN 5% DE TIEMPO DE OBSERVACIÓN CON FINES EDUCATIVOS EN CUALQUIER TELESCOPIO DE ESTA RED EN EL MUNDO.

TELESCOPIOS ROBÓTICOS

El IAC, en el marco de sus proyectos educativos y de divulgación, ha firmado un acuerdo con la entidad «Sociedad del Telescopio» (ST), de Delaware (EEUU), en representación de «Telescope Time, Inc.», para el establecimiento en el Observatorio del Teide (Tenerife), de telescopios ópticos bajo control remoto. Se trata de poner en marcha una experiencia de «astronomía en vivo» denominada SLOOH que, en un futuro, pretende crear una red alrededor del mundo para poder observar durante todo el día.

La toma de contacto de la Sociedad del Telescopio con el IAC y las posteriores conversaciones han tenido lugar gracias al trabajo de la Sociedad PROEXCA (Promociones Exteriores de Canarias).

Según sus estatutos, la ST pretende captar el interés mundial hacia la Astronomía. Para ello desea situar una red de telescopios, gobernados por control remoto, en los lugares de mayor calidad de todo el mundo y ponerlos a disposición del público en general bajo el pago de una cuota.

En virtud del acuerdo firmado, esta nueva instalación del Observatorio del Teide, llamada «Optical Telescope Array» (OTA),

podrá llegar a albergar hasta 10 pequeños telescopios. Por el momento OTA consiste en dos cúpulas automáticas con estación meteorológica, dos telescopios reflectores Schmidt Cassegrain de 16" F10 (de 40,64 cm cada uno), una montura de telescopio robótico con un margen de error inferior a 5 segundos de arco y una cámara meteorológica.

Las condiciones geográficas y atmosféricas únicas que se dan en los Observatorios del IAC para la observación, junto con la diferencia de huso horario en relación con Estados Unidos, permitirá a la ST, según su presidente, **Michael Paul Paolucci**, presentar en su país Astronomía durante el día.

El IAC tiene previsto dedicar un 5% de tiempo de observación de los telescopios que se instalen en el Observatorio del Teide para facilitar observaciones a escuelas, museos de la ciencia y planetarios. En el futuro, este tiempo se podrá usar utilizando telescopios situados en otros lugares del mundo para así poder observar durante el día. En este sentido, la ST traducirá su programa educativo al español, lo que permitirá aumentar la apreciación de las ciencias astronómicas por toda la sociedad hispano-hablante.

NUEVOS TELESCOPIOS

INAUGURACIÓN DE SUPERWASP en La Palma

El pasado 16 de abril, en las oficinas del Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING) en Santa Cruz de La Palma, tuvo lugar el acto de inauguración oficial de SuperWASP, un nuevo instrumento instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el término municipal de Garafía (La Palma). Este instrumento, diseñado para detectar planetas fuera de nuestro sistema solar, funcionará por control remoto.

Abrió el acto Carlos Martínez Roger, Subdirector del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), quien señaló: “Si bien es cierto que los Observatorios de Canarias tienen merecida fama por los resultados sobresalientes obtenidos con los muchos y grandes telescopios solares y nocturnos que se han ido instalando, a lo largo de las últimas décadas, también nos complace poder ofrecer emplazamientos excelentes a aquellos instrumentos especialmente dedicados a un único programa, como es el caso de SuperWASP”. Y expresó como investigador y en nombre de toda la comunidad científica su agradecimiento a la isla de La Palma y, en particular, al municipio de Garafía, “por su amable hospitalidad”.

Como Investigador Principal del Proyecto, Don Pollacco, de la Universidad Queen’s de Belfast, dijo que “a pesar de que sólo han pasado nueve meses desde la construcción y las fases de puesta en servicio de la instalación, el SuperWASP representa la culminación de muchos años de trabajo dentro del consorcio WASP. La información obtenida por el SuperWASP conducirá a un emocionante progreso en diversos campos de la Astronomía, desde el descubrimiento de planetas alrededor de estrellas cercanas hasta la detección de otro tipo de objetos variables,

como supernovas en galaxias lejanas”. Y aseguró: “Vamos a descubrir planetas en algún momento durante este año”.

Martin Ward, de la Universidad de Leicester y representante del Particle Physics and Astronomy Research Council (PPARC) en este acto, destacó el hecho de poder tener extraordinarios resultados con un pequeño instrumento como SuperWASP, que finalmente nos podría dar respuesta a si estamos solos en el Universo o no.

También René Rutten, Director del Grupo de Telescopios Isaac Newton, señaló que SuperWASP “es un muy buen ejemplo de cómo las ideas ingeniosas para aprovechar los últimos avances tecnológicos pueden abrir ventanas nuevas para la exploración del Universo que nos rodea, y demuestra que se pueden desarrollar importantes programas científicos de coste moderado”.

Por su parte, Vicente Peñate, Alcalde de Garafía, declaró sentirse muy orgulloso porque la aportación del Observatorio del Roque de los Muchachos sea sustancial no sólo en el número de planetas que se descubran con este nuevo instrumento, sino también por su importancia. Y ante “el compromiso de que se van a descubrir nuevos planetas”, pidió que se tuviera previsto un nombre local palmero para su identificación a la hora del bautizo. Pese a celebrarse en Santa Cruz de La Palma, el Alcalde de Garafía concluyó el acto mediante el corte simbólico y a distancia de una cinta colocada al efecto en el instrumento, situado en el Observatorio del Roque de los Muchachos. El corte se ejecutó al apretar un botón desde un ordenador conectado a la instalación mediante



Inauguración de SuperWASP en Santa Cruz de La Palma.
Foto: Luis A. Martínez (IAC).

una webcam. De este modo, el nuevo telescopio robótico fue inaugurado también por control remoto.

PLANETAS EXTRASOLARES

Hasta ahora sólo se conocen poco más de cien planetas extrasolares, y aún hay muchas incógnitas sobre su formación y evolución, dado que es necesario recopilar más datos observacionales. Se espera que esta situación mejore de forma radical cuando SuperWASP, que inicia ahora su fase operativa, aporte resultados científicos. La construcción de este instrumento comenzó en mayo de 2003, y los primeros datos experimentales se recogieron el otoño pasado, demostrando un rendimiento mayor del esperado inicialmente.

SuperWASP (*Wide Angle Search for Planets*) es el proyecto más ambicioso en esta especialidad en todo el mundo. Su campo considerablemente amplio, junto con su capacidad para medir la luminosidad de forma muy precisa, le permite observar grandes extensiones del cielo y controlar con detalle el brillo de cientos de miles de estrellas. Si alguna de ellas tiene alrededor un planeta del tamaño de Júpiter, éste puede atravesar el disco de su estrella y provocar una disminución de su brillo. Aunque ningún telescopio podría llegar a observar el planeta de forma directa, su paso o tránsito tapa una pequeña fracción de la luz de su estrella (observamos que la estrella parece más tenue durante algunas horas). Un fenómeno parecido tuvo lugar el 8 de junio del 2004 en nuestro propio sistema solar durante el tránsito de Venus a través del disco solar.

Una sola noche de observación con el SuperWASP generará unos 50 millones de medidas de brillo estelar, lo que da como resultado una gran cantidad de información, hasta 60 GB, el tamaño de un disco duro de un ordenador común (o de 42.000 disquetes). A continuación, esta información es procesada usando algoritmos complejos y se almacena en una base de datos pública proporcionada por la "Leicester Database and Archive Service" de la Universidad de Leicester.

La historia del proyecto durante los últimos diez años, que incluye el descubrimiento de la cola de sodio del Cometa Hale-Bopp en 1997, puede encontrarse en <http://www.superwasp.org/history.html> y los demás enlaces incluidos.

La instalación SuperWASP está dirigida por el consorcio WASP, compuesto por las siguientes instituciones: Universidad Queen's de Belfast, Universidad de Cambridge, Instituto de Astrofísica de Canarias, Grupo de Telescopios Isaac Newton (La Palma), Universidad de Keele, Universidad de Leicester, Open University británica y Universidad de St. Andrews.

El instrumento SuperWASP ha costado aproximadamente 600.000 euros, y ha sido financiado a través de contribuciones importantes por parte de la Universidad Queen's de Belfast, el Particle Physics and Astronomy Research Council y la Open University británica.

El SuperWASP tiene un diseño óptico nuevo, que incluye hasta ocho cámaras científicas, cada una con función parecida a la de una cámara digital común, y conjuntamente conectadas a una montura telescópica convencional. El SuperWASP cuenta con un campo de visión unas 2.000

veces mayor que un telescopio astronómico común. El instrumento, que eventualmente funcionará bajo control robótico, se encuentra en su propio edificio a medida.



*Distintos momentos del acto de inauguración.
Fotos: Luis A. Martínez (IAC)*

NUEVOS TELESCOPIOS

SUPERWASP: LOS PROBLEMAS DE UNA CEREMONIA DE INAUGURACIÓN POR CONTROL REMOTO



DON POLLACCO

Queen's University Belfast
(Reino Unido)

En colaboración con Ian Skillen
(ING), Javier Mendez (ING) y el
consorcio de WASP

Resulta irónico que en la época tecnológica en la que vivimos haya pocas instalaciones profesionales diseñadas para monitorizar el cielo en longitudes de onda ópticas. Históricamente, este trabajo había sido relegado a los astrónomos aficionados dedicados a tal efecto y con frecuencia bien equipados. Una de las razones por las que hay pocos proyectos profesionales es la falta de instrumentos lo suficientemente fiables y el almacenamiento, reducción y análisis de las enormes cantidades de datos involucradas. La instalación SuperWASP es un intento por parte de los astrónomos profesionales de participar en la exploración del dominio temporal, ahora posible gracias al rápido desarrollo de la tecnología robótica y a la accesible y potente informática de la que hace uso.

Los principales objetivos científicos de SuperWASP incluyen el descubrimiento de planetas fuera del Sistema Solar (los llamados "júpiteres calientes" o *hot Jupiters*), los equivalentes ópticos a las explosiones de rayos gamma y los

rápidos asteroides que pasan cerca de la Tierra. Aunque el Particle Physics and Astronomy Research Council (PPARC) en el Reino Unido participó en la financiación de SuperWASP, la contribución mayor provino de la Queen's University Belfast (QUB). Otras contribuciones vinieron de la Open University, la Royal Society, Andor Technology y la Universidad de St. Andrews, todos ellos del Reino Unido. Los fondos de QUB fueron puestos a disposición del proyecto en marzo de 2002.

Aquellos que han estado en La Palma en el último año quizás hayan notado la presencia del recinto de SuperWASP en el Observatorio del Roque de los Muchachos. De hecho, algunos observadores frecuentes de las imágenes a cielo completo de CONCAM se percataron de la presencia del nuevo edificio cuando fue erigido el 6 de julio de 2003. Tiene forma de caja de zapatos pero del tamaño de un garaje, con un peculiar techo corredizo, y está situado en la colina descendente del JKT hacia el Telescopio Solar Sueco. El observatorio está compuesto por dos habitáculos, con las cámaras de SuperWASP en el lado sur del edificio y el control de los ordenadores en el otro lado. Durante la operación normal, el techo que está sobre el instrumento se desliza, bajo presión hidráulica, hacia el habitáculo de los ordenadores, quedando así las cámaras expuestas al cielo. Las cámaras de SuperWASP están instaladas en un soporte oscilante que se encuentra en el lugar del telescopio en una montura ecuatorial de horquilla.

Comparado, por ejemplo, con la Wide Field Camera del Telescopio Isaac Newton, el campo de visión accesible es realmente espectacular: en la actualidad unas 1.200 veces mayor. Para lograr esto, SuperWASP dispone



Figura 1. SuperWASP con la cúpula del Telescopio «William Herschel» (WHT) al fondo.

de un amplio campo de visión. Con este diseño se puede alcanzar fotometría de precisión de objetos brillantes (menos del 1% para estrellas más brillantes que la magnitud 13 y para una exposición individual de 30 segundos). Sin embargo, debido al gran tamaño angular de los píxeles, el nivel del brillo del cielo es bastante elevado lo cual limita la magnitud de los objetos detectados (detección 3σ para magnitud 16,5 para una exposición de 30 segundos). SuperWASP es capaz de medir con precisión el brillo de millones de estrellas en una sola noche.

La montura ecuatorial, junto con el sistema que controla el observatorio, TALON, es el corazón de SuperWASP. TALON controla todas las funciones del observatorio (por ejemplo, la monitorización de la estación meteorológica, el servicio de tiempo GPS, etc.) así como indirectamente controla todas las cámaras CCD a través de sus ordenadores de adquisición de datos. La sala de ordenadores está protegida por una planta de aire acondicionado telecomunicada. Los detectores son la CCD e2v42 de 2048x2048 píxeles, que resulta familiar a los usuarios del WHT, pero en este caso son enfriadas termo-eléctricamente. Las lentes ópticas son Canon de 200 mm a F1.8 a menudo descritas como «las lentes de teleobjetivo más rápidas disponibles» y que ahora han quedado obsoletas en el mercado.

Después de la obtención del permiso de obra en La Palma, la construcción comenzó a principios de junio de 2003. En julio se erigió el recinto utilizando probablemente los trabajadores mejor cualificados disponibles seguido por los trabajos eléctricos y de comunicación correspondientes. Para mediados de agosto, se instaló la montura de horquilla y los sistemas informáticos. En septiembre, los primeros modelos de apuntado con la montura instalada fueron completados y se inició el ensamblaje del soporte de las cámaras, inicialmente con cuatro detectores. La primera luz de ingeniería tuvo lugar a final de mes. Después de una pausa para completar los trabajos de ingeniería (y para dar un curso universitario), la primera luz astronómica ocurrió al final de noviembre de 2003, unos 21 meses después de la disponibilidad de los fondos. SuperWASP obtuvo datos de forma regular hasta Navidad. Los siguientes tres meses sirvieron para solucionar algunos de los problemas técnicos observados en el primer mes de operaciones y revisar las cabeceras de algunas cámaras. Los datos de esta época fueron muy valiosos para depurar el sistema de reducción de datos antes del comienzo de las operaciones normales, proyectadas para mediados de abril de 2004.

Como es costumbre con las nuevas instalaciones, decidimos realizar una ceremonia de inauguración y nos pareció buena idea hacerlo coincidir con el inicio de las operaciones, el viernes 16 de abril. Sin embargo, a medida que la fecha se aproximaba y los detectores permanecían retenidos en Madrid por DHL durante varias semanas (llegaron a la capital tan solo unos pocos días después de la matanza terrorista), la preocupación aumentaba y corríamos el riesgo de vernos forzados a inaugurar con tan solo un detector en La Palma. Otro problema era el tiempo en el Roque, difícil de prever tras una severa helada. Tras varias intervenciones, los detectores finalmente llegaron al Observatorio el lunes 12 de abril y se montaron en su soporte. El miércoles, el tiempo empeoró y la ventisca dejó 10 cm de nieve por la noche. A las tres de la tarde del día anterior a la inauguración tomamos la decisión de abandonar la idea de realizar el evento en la montaña y trasladarlo a las oficinas del ING en Santa Cruz de La Palma. Los representantes del IAC reorganizaron los asuntos oficiales



Figura 2. Mosaico de imágenes de primera luz de la parte sur de Orión. En esta exposición de un segundo, la nebulosa de la Cabeza de Caballo y la Nebulosa de Barnard son claramente visibles con más de 35.000 estrellas.



Figura 3. Un mosaico de dos detectores del cometa NEAT Q-4 el 15 de mayo de 2004 (cortesía de Alan Fitzsimmons).

y periodísticos, y al mismo tiempo preparamos las actividades sociales.

Las pruebas del jueves por la mañana demostraron que en principio podíamos controlar el SuperWASP desde el nivel del mar robóticamente, si el tráfico de la red no era demasiado alto. El jueves por la tarde reconfiguramos el sistema de observación para incluir video en directo procedente de nuestras cámaras de interior y exterior. SuperWASP siempre había sido diseñado para poder trabajar de esta manera, pero las condiciones meteorológicas nos habían obligado a intentar este modo de operaciones varios meses antes de lo planeado. ¡Nos quedamos asombrados de que funcionara tan bien! Para la inauguración fijáramos una cinta

NUEVOS TELESCOPIOS

roja al soporte de las cámaras que, en principio, se debía caer a medida que el instrumento se moviera en declinación. Por entonces, el Profesor Kenny Bell (sub-rector honorario de QUB) y el Profesor Martin Ward (Presidente del Comité Científico de PPARC), nuestros invitados del Reino Unido, llegaron a La Palma.

De modo sorprendente, el tiempo en el Roque el día de la inauguración fue bueno pero frío. Con los restos de la nieve todavía alrededor y algo de hielo en la carretera, nos sentimos satisfechos de haber decidido organizar el evento al nivel del mar. El acontecimiento salió como había sido previsto y culminó cuando el alcalde de Garafía puso en movimiento las cámaras y la cinta se cayó. No había un plan alternativo ni videos pregrabados. El único pequeño (y divertido) error ocurrió justo después de la ceremonia cuando las cámaras de televisión nos pidieron repetir la última parte durante la cual la cinta se negó a caer hasta que fue ayudada discretamente! En conclusión, el mal tiempo nos había forzado a *inaugurar remotamente un instrumento robótico* por primera vez según nos consta, algo que nos llena de satisfacción teniendo en cuenta las adversidades a las que nos enfrentábamos.

SuperWASP está ahora en la fase normal de operaciones. En el momento de escribir este artículo la instalación está funcionando automáticamente pero todavía no de forma robótica. Durante las observaciones normales SuperWASP toma integraciones de 30 segundos, pero teniendo en cuenta la lectura del detector y el movimiento del telescopio, el tiempo de toma de una imagen se queda en unos 60 segundos para cada cámara. Cada detector produce una imagen de 8,3MB, y por lo tanto en una noche media con el

sistema actual se producen aproximadamente 25-30GB de datos científicos y calibraciones. Al final de la noche se escriben en una cinta DLT y se transportan a QUB para su ulterior análisis. Después de la reducción, las medidas de brillo pasan a una base de datos mantenida en la universidad de Leicester (LEDAS), quien también la financia. En la actualidad estamos obteniendo una información muy valiosa sobre cómo operar SuperWASP eficientemente con la vista puesta en incorporar el modo robótico (con limitaciones) a finales de 2004.

Nueva financiación procedente de las universidades de Keele y St. Andrews permitirá que SuperWASP pueda disponer de las 8 cámaras, que dan un campo de visión de unos 500 grados cuadrados, como estaba previsto, así como la construcción de una instalación idéntica para el Observatorio Astronómico de Sudáfrica. Con esta configuración, SuperWASP será capaz de cubrir la parte accesible de la esfera celeste con sólo 67 apuntados, mientras que *el cielo visible se podría cubrir en menos de 40 minutos*. Por lo tanto, SuperWasp podría monitorizar el cielo entero eficazmente. No se deje engañar: a pesar de su tamaño es muy potente.

El consorcio WASP esta compuesto por astrónomos de las universidades de Belfast, Cambridge, Keele, Leicester, Open y St. Andrews del Reino Unido, así como del IAC y el ING. Estamos en deuda y muy agradecidos al personal del IAC y del ING por su entusiasmo y apoyo al proyecto, y esperamos con ansia una colaboración productiva para meses y años venideros.



Figura 4. Un momento de la inauguración remota de SuperWASP el 16 de abril de 2004 en las oficinas del Grupo Isaac Newton en Santa Cruz de La Palma.

Estrellas pulsantes

«Análisis sismológico de las estrellas pulsantes tipo δ Scuti del cúmulo de las Pléyades»

LESTER I. FOX MACHADO

Director: Fernando Pérez Hernández y Eric Michel

Fecha: 26/3/04

Las estrellas tipo δ Scuti son las candidatas idóneas para estudiar la estructura de las estrellas de masa intermedia por métodos sismológicos. El objetivo de esta tesis es el estudio observacional y teórico de una muestra de seis estrellas δ Scuti, pertenecientes al cúmulo de las Pléyades, con el fin de extraer información de la física del interior estelar y restringir los parámetros del cúmulo. Los datos se obtuvieron por medio de tres campañas de observación multisitio de la red STEPHI (STellar PHotometry International). El análisis teórico se llevó a cabo incluyendo, de forma adecuada, el efecto de la rotación tanto en los modelos estelares como en las frecuencias de oscilación. La comparación entre las frecuencias observacionales y las teóricas calculadas para cada estrella se realizó mediante ajustes por mínimos cuadrados. Las mejores soluciones se encontraron minimizando esta cantidad. Las identificaciones resultantes de los modos de oscilación de las estrellas



Cúmulo de las Pléyades, donde se ha hecho el estudio sismológico de las estrellas pulsantes tipo δ Scuti.

problema sugieren una metalicidad del cúmulo de $[Fe/H] = 0,0668$. La distancia obtenida a partir del presente análisis sismológico para las Pléyades apoya los valores obtenidos por medio de ajustes de SP empíricas al cúmulo y no la distancia obtenida por el satélite HIPPARCOS. La edad obtenida del cúmulo es de 70 a 100 millones de años. Todas las estrellas parecen oscilar con modos «p», radiales y no radiales, de orden bajo.

Galaxias espirales

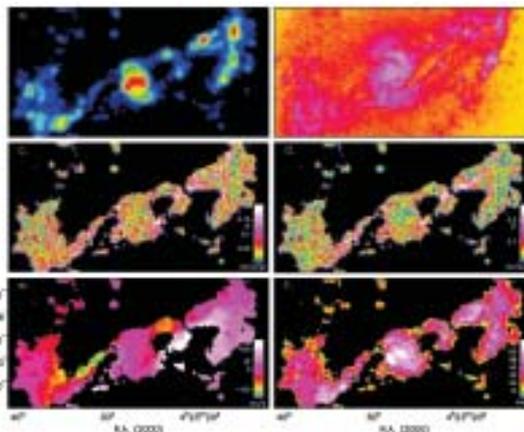
«Cinemática del gas ionizado en galaxias espirales»

MÓNICA RELAÑO PASTOR

Director: John E. Beckman y Maite Rozas Espadas

Fecha: 19/4/04

En esta tesis se presenta un estudio completo de la cinemática interna de las regiones HII más luminosas de una muestra de tres galaxias espirales de tipo tardío: NGC 1530, NGC 3359 y NGC 6951. Para ello se han usado observaciones realizadas con el instrumento TAURUS-II, en el Telescopio "William Herschel" (Observatorio del Roque de los Muchachos), en la línea de emisión $H\alpha$. Ésta línea permite estudiar el campo completo de velocidad global de una galaxia y extraer los perfiles de emisión en cada punto del campo de la misma. También se ha utilizado este instrumento para estudiar los perfiles de línea del conjunto de regiones HII catalogadas. A partir del estudio de la dispersión de velocidad de la componente central más intensa de cada perfil, relacionada con el movimiento turbulento interno dentro de la región, se ha encontrado un conjunto de regiones HII muy luminosas que muestran clara evidencia de estar en equilibrio del virial. Además, se ha estudiado y confirmado la existencia de componentes de alta velocidad y baja intensidad en las alas de las componentes principales de los espectros de emisión observados. Un análisis detallado ha mostrado que las alas son producidas por la emisión de una cáscara en expansión dentro de la propia región HII.



Barra y zona circunnuclear de NGC 1530, mostrando la coincidencia perfecta entre las calles de polvo interestelar y las líneas de máximo gradiente de velocidad del gas.

Supergigantes B

«Supergigantes B en la Vía Láctea y galaxias cercanas: modelos y espectroscopía cuantitativa»

MIGUEL URBANEJA PEREZ

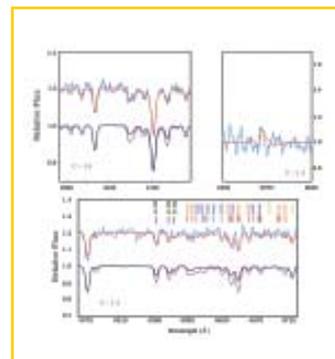
Director: Artemio Herrero Davo

Fecha: 20/4/04

Las estrellas del tipo *Supergigante B* representan un estadio intermedio de la evolución de estrellas con masas entre 20 y 60 veces la del Sol. Gracias a su alta luminosidad, son los únicos objetos de naturaleza estelar que pueden estudiarse individualmente en galaxias distantes. El análisis de estos objetos permite trazar la distribución de ciertas especies químicas, ayudando a esclarecer aspectos de cómo evolucionan químicamente las galaxias a partir del material inicial del que se crearon.

La técnica básica de estudio consiste en la interpretación de la distribución de energía emergente de la estrella, a partir de la cual podemos deducir sus características (temperatura, masa y composición). Para ello se han utilizado los llamados *Modelos de Atmósferas*, que intentan reproducir la distribución de energía emergente mediante la descripción física de los procesos que ocurren en la atmósfera. La principal contribución de esta tesis se encuentra en el desarrollo y aplicación sistemáticos de modelos de atmósferas de última generación (modelos unificados, no-ETL con *blanketing/blocking*) en los análisis de estrellas supergigante B con tipos comprendidos entre B0 y B5. Como consecuencia del trabajo preliminar realizado en estrellas dentro del Grupo Local de galaxias (en la Vía Láctea y M33) se han determinado por

primera vez los parámetros fundamentales y la composición química detallada de supergigantes B más allá del Grupo Local.



Supergigante B en NGC 300. Se muestran diferentes regiones del espectro óptico de la estrella C-14 (azul), así como el modelo resultante de su análisis. Las estrellas fueron observadas a baja resolución ($R=1.000$) con el espectrógrafo multiobjeto FORS en el VLT por el Dr. Fabio Bresolin (IfA, University of Hawaii).

Sistemas de galaxias

«Detección y caracterización de Sistemas de Galaxias a Redshift Intermedio»

RAFAEL BARRENA DELGADO

Director: Evencio Mediavilla Gradolph y Massimo Ramella

Fecha: 29/6/04

Este trabajo presenta dos partes relacionadas entre sí. En la primera se desarrolla y aplica un método para detectar sistemas de galaxias en el óptico y en la segunda se analiza en detalle el estado dinámico del cúmulo 1E0657-56. Para la detección se ha aplicado un algoritmo nuevo, el «Voronoi Galaxy Cluster Finder», en cuatro bandas fotométricas (B, V, R e I). Se ha demostrado que con este nuevo método de detección de sistemas de galaxias en multibanda, se reducen tanto los efectos de proyección como las posibles detecciones falseadas, haciendo la detección en el óptico mucho más eficiente. El análisis del cúmulo 1E0657-56, constituye un buen ejemplo del tipo de estudios que pueden llevarse a cabo en alguno de los cúmulos seleccionados con el método presentado. Este cúmulo presenta arcos gravitatorios, efectos de lente débil, emisión en radio y una fuerte emisión en rayos X. Haciendo uso de observaciones en el óptico, tanto espectroscópicas como fotométricas, se ha analizado el campo de velocidad, morfología, color y formación estelar de la población galáctica. El cúmulo 1E0657-56 se encuentra en un estado de colisión. Se ha identificado y estudiado la subestructura involucrada en este choque y se ha propuesto un modelo dinámico que permite explicar las emisiones en las diferentes bandas.



Cúmulo PDCS63. Las galaxias del centro de la imagen se encuentran enrojecidas debido al desplazamiento al rojo de este sistema, el cual se encuentra a $z=0,68$.

Transporte radiativo

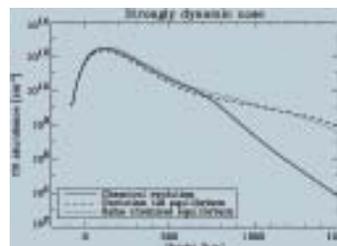
«Transporte Radiativo en Líneas Moleculares. Aplicaciones en Astrofísica»
ANDRÉS ASENSIO RAMOS

Director: Javier Trujillo Bueno y José Cernicharo Quintanilla

Fecha: 2/7/04

Esta tesis presenta el desarrollo de una serie de métodos y técnicas para resolver problemas de transporte radiativo en líneas moleculares y su aplicación en algunos campos de investigación en Astrofísica molecular. Para ello se ha desarrollado un eficiente código de transporte radiativo para líneas moleculares en atmósferas con geometría esférica y campos de velocidad macroscópicos sin suponer Equilibrio Termodinámico Local (ETL). El trabajo también muestra cómo generalizar a geometría esférica los métodos iterativos más rápidos de solución de problemas de transporte radiativo para líneas atómicas y moleculares.

Estos métodos han sido aplicados en algunos campos de investigación en Astrofísica molecular, como el estudio de la formación de las líneas rotacionales de agua en el complejo molecular gigante SgrB2, la formación de las líneas vibro-rotacionales de CO en la envoltura circunestelar de la supergigante VY CMa, el enigma de las «nubes frías» en la atmósfera solar y los efectos Zeeman y Hanle en líneas moleculares en la atmósfera solar. Finalmente, se han estudiado las señales de polarización lineal producidas por procesos de dispersión en líneas de MgH, C₂ y CN, las cuales han sido descubiertas recientemente mediante observaciones espectropolarimétricas realizadas muy cerca del borde del disco solar.



Promedio temporal de la abundancia de monóxido de carbono (CO) en la atmósfera solar. La línea sólida indica el promedio temporal de la abundancia de CO obtenida de un cálculo de evolución química en una simulación hidrodinámica de la atmósfera solar. La línea discontinua es el promedio temporal de la concentración de CO que resulta de usar la aproximación de equilibrio químico instantáneo usando el mismo código de evolución química pero dejando evolucionar hasta el equilibrio en cada instante de tiempo. Por último, la línea de puntos indica el promedio temporal de la concentración de CO en la aproximación de equilibrio químico instantáneo obtenida mediante la resolución de las ecuaciones de equilibrio de Saha. Nótese que la aproximación de equilibrio químico instantáneo lleva a concentraciones de CO significativamente mayores que las obtenidas con la evolución química para alturas por encima de ~700 km.

REUNIONES CIENTÍFICAS

CURSO DE ÓPTICA ADAPTATIVA EN LA PALMA

Del 12 al 14 de enero, se celebró en el Hotel Taburiente, en Los Cancajos, un curso de «Óptica Adaptativa», impartido por 20 miembros del Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING), y organizado en colaboración con la Universidad de Durham, el Imperial College de Londres y la Universidad Nacional de Irlanda. Al curso asistieron científicos interesados en un mayor conocimiento de esta revolucionaria técnica astronómica.

La óptica adaptativa permite corregir las distorsiones que se producen en las imágenes a causa de la atmósfera, mediante el uso de óptica deformable. Esto se traduce en una mayor resolución espacial, es decir, en imágenes más nítidas. Gracias a esta técnica se podrán detectar objetos muy débiles y, además, observar más detalles en éstos. La mejora es tal, que un telescopio de 10 m con óptica adaptativa tiene la misma resolución espacial que tendría un telescopio de 100 m sin esta óptica. Por esta razón, la mayor parte de los observatorios importantes la están incorporando a sus telescopios, o lo han hecho ya. En el caso del Gran Telescopio CANARIAS (GTC), instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, se espera que su óptica adaptativa esté operativa para el 2005.

Más información en: www.ing.iac.es/naomi/ao_course.html

REUNIÓN SOBRE EL ESPECTRÓGRAFO “NAHUAL” EN LA GOMERA

Del 10 al 12 de junio tuvo lugar en el Parador Nacional de La Gomera el encuentro “First NAHUAL meeting: A high-resolution near-infrared spectrograph for the GTC”. NAHUAL (*Near-infrAred High-resolUtion spectrogrAph for pLanet hunting*) será un espectrógrafo de alta resolución (R~100.000) para el infrarrojo cercano destinado al GTC. Este encuentro reunió a 14 científicos internacionales interesados en espectroscopía de alta resolución en el infrarrojo cercano para establecer el concepto básico de NAHUAL y preparar sus aplicaciones científicas: la búsqueda de planetas habitables que orbiten estrellas de muy baja masa y enanas marrones.

Más información en: www.iac.es/project/nahual/

CONCIERTO DE COLABORACIÓN PARA LA FORMACIÓN EN CENTROS DE TRABAJO

Fecha: 10/2/04

El IAC y el IES Virgen de la Candelaria han formado un concierto específico de colaboración para la realización de un programa formativo del módulo profesional de formación en centros de Trabajo, por el que alumnos de este centro docente realizarán prácticas en el IAC.

ACUERDO CON LA OFICINA DE PATENTES DE EEUU

Fecha: 21/4/04

El IAC ha firmado un acuerdo con la Oficina de Patentes de Estados Unidos para el uso de la patente «A Wideband 180 Degree MicroWave Phase Switch», un conmutador de fase de 180° inventada por el ingeniero del IAC Roger Hoyland en el marco de la participación del IAC en el instrumento LFI del satélite PLANCK.

CONTRATO DE COOPERACIÓN EDUCATIVA

Fecha: 25/5/04

En virtud del contrato de cooperación educativa firmado entre el IAC y el British Yeoward School, que fomenta la enseñanza práctica de actividades relacionadas con el mundo laboral, el alumno de este centro Alan Warden realizó prácticas durante el mes de junio en el Instituto de Astrofísica, en La Laguna.

CONVENIO DE COLABORACIÓN CON EL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y TÉCNICAS DE NAVEGACIÓN DE LA ULL

Fecha: 27/05/04

Este convenio tiene por objeto la realización del programa para la formación de Zebensui Palomo Cano, alumno de Ciencias y Técnicas de Navegación de la Universidad de La Laguna

(ULL), en virtud del decreto que regula la posibilidad de establecer programas de cooperación educativa con las Empresas/Entidad para la formación de los alumnos de los dos últimos cursos de una Facultad, Escuela Técnica Superior o Escuela Universitaria concreta.

CONVENIO CON EL CSIC PARA EL «PROYECTO ALHAMBRA»

Fecha: 21/6/04

El IAC ha firmado con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) un convenio relativo a la participación de personal del Instituto en el «Proyecto Alhambra: implementación y organización del sistema de adquisición y reducción de datos», gestionado por el CSIC.

25 años de los Acuerdos Internacionales

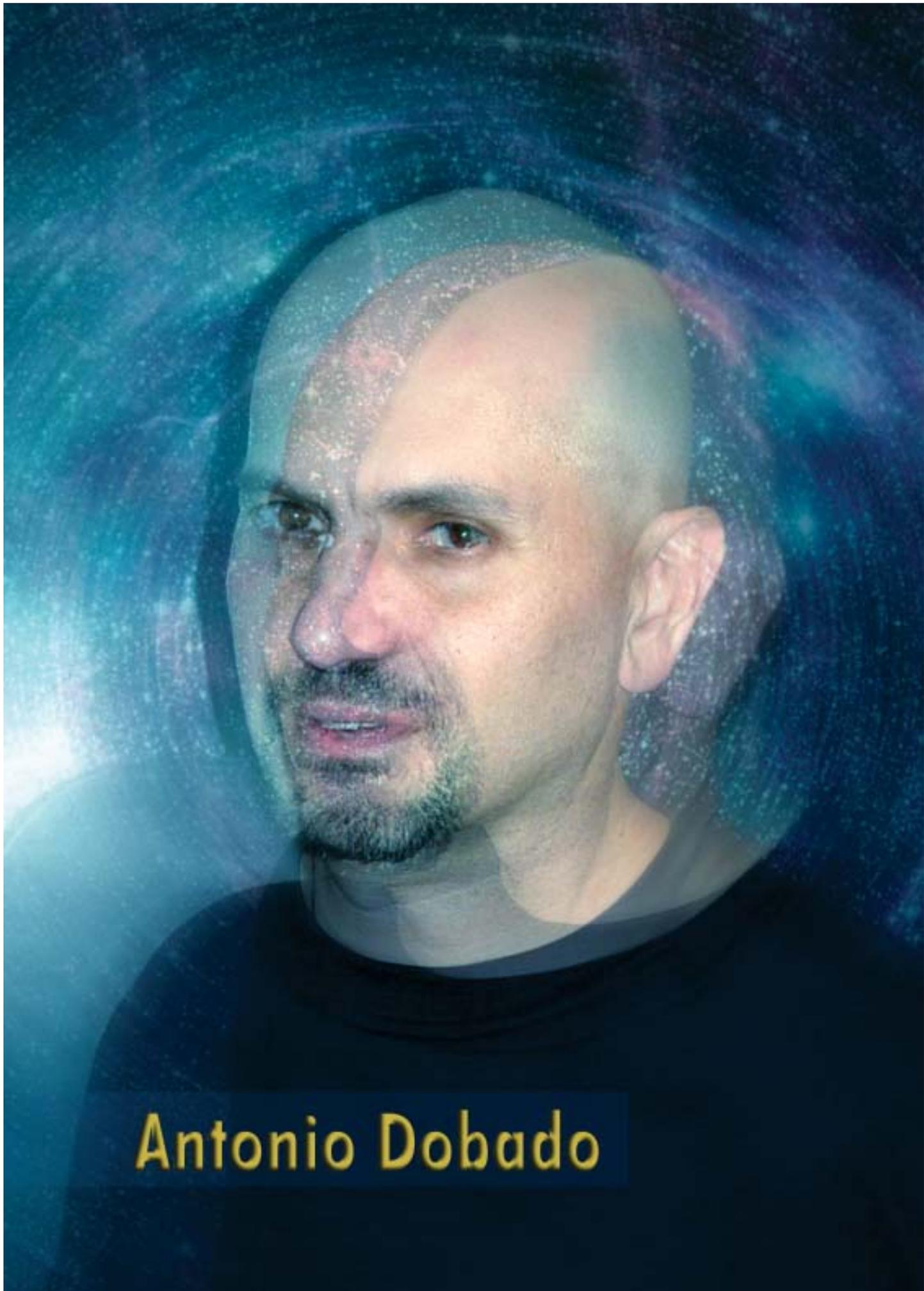
En el Cabildo Insular de Santa Cruz de La Palma, España firmó el 26 de mayo de 1979, con varios países europeos, el Acuerdo y el Protocolo de Cooperación en Astrofísica, hace ahora 25 años. Era la primera y única vez que el Estado español firmaba oficialmente unos acuerdos internacionales en la Isla de La Palma. A través de ellos, en los Observatorios del IAC hoy están presentes, con sus telescopios e instrumentos más avanzados, más de sesenta instituciones científicas pertenecientes a una veintena de países: Alemania, Armenia, Bélgica, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Irlanda, Islandia, Italia, México, Noruega, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, Rusia, Suecia, Taiwán y Ucrania, constituyendo su conjunto el *Observatorio Norte Europeo*.

España se comprometió a proteger los Observatorios según las normas de la Unión Astronómica Internacional y garantizó la participación de los organismos firmantes a través de un *Comité Científico Internacional (CCI)*. La contrapartida principal que se recibe por el «cielo de Canarias» es el 20% del tiempo de observación (más un 5% para programas cooperativos) en cada uno de los telescopios e instrumentos instalados en estos Observatorios.

Ésta ha sido la mejor palanca para el logro del espectacular desarrollo de la Astrofísica española, ciencia que hoy ocupa un lugar destacado.



Un momento de la firma de los Acuerdos Internacionales de Astrofísica en La Palma en 1979.



Antonio Dobado

ANTONIO DOBADO



Departamento de Física Teórica de la Universidad Complutense de Madrid

El astrónomo suizo Fritz Zwicky descubrió en los pasados años treinta que el 90% de la materia del Universo parecía ser invisible y acuñó a propósito el término *masa perdida*, hoy desplazado por el de *materia oscura*. Sin duda, la naturaleza de esta materia es uno de los secretos mejor guardados del Cosmos que científicos de campos muy diversos tratan de esclarecer, pero sin éxito definitivo hasta el momento. Antonio Dobado, del Departamento de Física Teórica de la Universidad Complutense de Madrid y Secretario General de la Real Sociedad Española de Física (RSEF), visitó el IAC y sus Observatorios en enero de este año. Durante su estancia, dio una charla a los investigadores de este Instituto sobre un candidato «con dimensiones extra» que podría explicar la materia oscura del Universo.

FÍSICA DE PARTÍCULAS Los candidatos a materia oscura

FÍSICA DE PARTÍCULAS **Los candidatos a materia oscura**

ENTREVISTA **CON ANTONIO DOBADO**



Antonio Dobado

“Los físicos teóricos están considerando la posibilidad de que nuestro universo ordinario, que es tridimensional, sea en realidad un objeto de un tipo especial denominado brana (de la palabra ‘membrana’) que evoluciona en un espacio de dimensión superior, es decir con dimensiones extra.”

Como experto en Física de Partículas, ¿cómo ve la relación entre esta ciencia y la Astrofísica y la Cosmología? ¿Sigue siendo una relación de amor/odio?

«La veo cada vez mejor. Por un lado los astrofísicos han aprendido a mirar al Cosmos utilizando otras partículas más allá de los fotones como pueden ser los neutrinos. Por otro, el Universo, especialmente en sus primeros momentos, así como otros objetos astrofísicos, constituyen un escenario excelente para poner a prueba muchas de las ideas y conceptos que manejamos los físicos de partículas. Además, la conexión micro/macro física no sólo es algo natural desde el punto de vista científico, sino que también permite que el trabajo de los físicos de partículas resulte más sugerente al público general, lo cual es muy importante de cara a conseguir financiación para los proyectos futuros dentro de esta área que resultan cada vez más y más costosos.»

¿Cuáles son hoy los candidatos favoritos a materia oscura?

«En los últimos años, las preferencias de los astrofísicos y cosmólogos parecen ir en la dirección de la llamada *materia oscura fría*, que estaría constituida por unas partículas hipotéticas denominadas genéricamente WIMPs. Dicho nombre proviene de las siglas en inglés de *Weak Interacting Massive Particles* (Partículas masivas débilmente interactuantes). La Física de Partículas moderna contempla diferentes teorías que predicen la existencia de nuevas partículas como los *axiones* o las *partículas supersimétricas*. Cualquiera de estas nuevas partículas que tenga las propiedades de una WIMP es un candidato a materia oscura. En los últimos años tal vez el candidato más popular ha sido el propuesto por las teorías supersimétricas, que recibe el nombre de *neutralino*.»

¿Qué es un candidato «con dimensiones extra» y cómo puede explicar la materia oscura?

«Por diversas razones teóricas, los físicos teóricos están considerando la posibilidad de que nuestro universo ordinario, que es tridimensional, sea en realidad un objeto de un tipo especial denominado *brana* (de la palabra ‘membrana’) que evoluciona en un espacio de dimensión superior, es decir con dimensiones extra. Estas nuevas dimensiones no serían infinitas o cosmológicamente grandes como las usuales, sino que serían tan pequeñas que aún no habrían sido observadas, siendo este hecho el responsable de que consideremos nuestro universo generalmente como tridimensional. Si este escenario fuera correcto, nuestro universo podría oscilar a lo largo de estas dimensiones adicionales. La observación que hemos realizado mis colaboradores de la Universidad Complutense de Madrid, José Alberto R. Cembranos, Antonio L. Maroto y yo mismo, es que las partículas asociadas a estas oscilaciones, que reciben el nombre de *branones*, tienen características de WIMP, y por lo tanto son candidatos naturales a materia oscura en el contexto de estas teorías multidimensionales.»

¿En qué estado se encuentra actualmente la Teoría de las Supercuerdas, tan de moda en los años noventa?

«La Teoría de las Supercuerdas supuso una revolución dentro de la Física Teórica de los ochenta y los noventa porque inicialmente se pensó que podría unificar la gravitación con el resto de las interacciones, predecir el número de dimensiones del Universo y constituir la teoría definitiva o TOE (*Theory of Everything*). Sin embargo, aunque gran número de teóricos aún mantienen esta expectativa, el hecho de que la teoría sea incapaz de hacer predicciones concretas a la escala de energías accesible a medio y, presumiblemente, a largo plazo, ha desplazado el interés de los

físicos de partículas hacia objetivos menos ambiciosos, pero más en contacto con los experimentos.»

Como representante de la Real Sociedad Española de Física (RSEF), usted asistió a la inauguración del telescopio MAGIC, en el Observatorio del Roque de los Muchachos, ¿qué supondrá esta nueva herramienta para la Física de Partículas?

«MAGIC son las siglas de *Major Atmospheric Gamma Imagic Cherenkov Telescope*. Es por tanto un telescopio de luz Cherenkov, el mayor de su género con sus 17 m de diámetro, pero en realidad lo que persigue es la detección de gammas, es decir de radiación con energía del orden de miles de millones de veces la de la luz visible. Su principal objetivo es el estudio de los llamados GRB (*Gamma Ray Bursts*), que son explosiones súbitas producidas en diversas regiones del Cosmos con emisión de una enorme cantidad de gammas en períodos muy breves de tiempo, así como de los gammas emitidos por los núcleos activos de galaxias. Además, debido a su buena resolución a relativamente bajas energías, MAGIC será una herramienta muy útil para la detección indirecta de WIMPs.»

¿Qué posibilidad hay de detectar los hipotéticos «neutralinos» como candidatos a materia oscura con este gigantesco telescopio?

«MAGIC podría detectar WIMPs, y en particular neutralinos, indirectamente a través de los fotones de alta energía que estos acabarán produciendo al aniquilarse entre sí. En todo caso dicha detección debería verse confirmada por otros de los muchos experimentos de búsqueda directa de WIMPs que están en marcha o que lo estarán en un futuro próximo.»



Imagen del telescopio MAGIC (Major Atmospheric Gamma Imagic Cherenkov Telescope) recientemente inaugurado en el Observatorio del Roque de los Muchachos para el estudio de gammas de alta energía.

El año pasado, como resultado de un nuevo proyecto en el marco del llamado «Estudio Digital del Cielo SLOAN» (*Sloan Digital Sky Survey*, SDSS) se dijo que se había proporcionado la prueba más directa de que las galaxias residían en el centro de gigantes concentraciones de materia oscura, las cuales podían ser 50 veces más grandes que la galaxia misma, y que ello daba apoyo directo a las teorías astronómicas generalmente aceptadas sobre materia oscura, contradiciendo una alternativa de la gravedad conocida como *Dinámica Newtoniana Modificada* (MOND). ¿Qué piensa de ello?

«Ha habido muchos intentos de modificar las leyes básicas de la gravitación al objeto de evitar tener que introducir la materia oscura. Sin embargo, hasta la fecha, ninguno de estos intentos ha tenido un éxito definitivo y la materia oscura sigue siendo la hipótesis más simple para entender una gran variedad de fenómenos que ocurren tanto dentro de las galaxias como a nivel cosmológico.»

FÍSICA DE PARTÍCULAS **Los candidatos a materia oscura**

ENTREVISTA **CON ANTONIO DOBADO**



La «energía oscura» está resultando más oscura todavía que la propia «materia oscura». ¿Cuál puede ser la fuente de este tipo de energía? ¿Qué explicaciones hay disponibles?

«Efectivamente, el problema de la energía oscura, es decir, el hecho de que aproximadamente un 70% de la densidad del Universo parece provenir de esa misteriosa constante cosmológica, es uno de los problemas más acuciantes de la Física Fundamental. Es muy posible que su resolución pase por la introducción de nuevos paradigmas en la Física Teórica. Realmente se puede afirmar que, hoy por hoy, no sabemos nada del origen de esta energía oscura y mucho menos de por qué su valor es el que observan los astrofísicos.»

¿Realmente está convencido de la necesidad de materia oscura y de energía oscura?

«Las observaciones recientes del fondo cósmico de microondas, supernovas en galaxias lejanas y la distribución de la densidad de materia parecen sugerir que sólo un 5% de la densidad del Universo está formada por materia ordinaria, siendo un 25% materia oscura y el resto energía oscura. De momento, todo parece indicar por tanto que, salvo que nuestras ideas sobre el Universo y la gravitación requieran una profunda revisión, tanto la materia como la energía oscura deben estar presentes.»

Reproducción del experimento de Magdeburg llevada a cabo durante la edición del concurso Física en Acción realizada en el Museo de la Ciencia de Tarrasa.



Como Secretario General de la RSEF y miembro de la Comisión que concede los Premios de «Física en Acción», y a la vista de los resultados obtenidos en las pasadas ediciones, ¿cree que los jóvenes se interesan cada vez más por la Ciencia?

«En los últimos años ha habido una fuerte crisis de vocaciones científicas tanto en Estados Unidos como en Europa y, por supuesto, España no ha escapado a este fenómeno. Con la iniciativa de Física en Acción, la RSEF, así como el resto de las entidades patrocinadoras, entre las que se encuentra el IAC, pretendemos encontrar ideas innovadoras que hagan la ciencia más atractiva a la población, destacar su carácter internacional y en general contribuir a incrementar la cultura científica de los ciudadanos, tanto para el hombre de la calle como para aquellos jóvenes que puedan llegar a ser científicos profesionales en el futuro. Hoy en día está bastante claro





Imagen de la Supernova 1987A tomada por el Telescopio Espacial Hubble.

que un país que no apueste por la Ciencia no tiene futuro, y el nuestro no apuesta lo suficiente, así que tenemos mucho trabajo por delante.»

El próximo Premio Nobel de Física, ¿será en su opinión para un físico de partículas o para un astrofísico?

«No es fácil prever para quién será el próximo Premio Nobel de Física. En los últimos treinta años ha ido destinado nueve veces a físicos de partículas, tanto teóricos como experimentales y cuatro veces a astrofísicos. Lo que es importante destacar es que en la edición de 2002 el premio fue para Riccardo Giacconi, por sus contribuciones a la astronomía de rayos X, y a Raymond Davis Jr. y Masatoshi Koshihira por la detección de los neutrinos solares y los neutrinos producidos por la supernova 1987A. Este hecho es una clara indicación de en qué dirección pueden ir las cosas en el futuro. Los físicos de partículas, los astrofísicos y los cosmólogos nos necesitamos mutuamente y cada vez vamos a colaborar de forma más estrecha. Finalmente todos somos físicos y queremos entender cómo funciona el Universo en su conjunto.»

CARMEN DEL PUERTO (IAC)



José Manuel Sánchez Ron



JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON



Universidad Autónoma de Madrid

José Manuel Sánchez-Ron es un conocido historiador de la Ciencia en nuestro país. Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid y Doctor en Física por la Universidad de Londres y por la Universidad Autónoma de Madrid, su campo de investigación actual es la Historia de la Ciencia de los siglos XIX y XX, especialmente de la Física. Es, además, miembro de la Real Academia Española desde 2003, donde ocupa el sillón «G». Autor de más de 200 obras en los campos de física teórica, historia y filosofía de la Ciencia, en 2001 recibió el Premio José Ortega y Gasset de Ensayo y Humanidades de la Villa de Madrid por su libro *El siglo de la Ciencia* (Taurus, 2000). Este investigador visitó el IAC en mayo para ofrecer un coloquio sobre la teoría y la observación de la Ciencia del Universo, partiendo de los ejemplos de Einstein, Hoyle, Hubble y Ryle.

**HISTORIA DE
LA CIENCIA
La Física
a través de
los siglos**

HISTORIA DE LA CIENCIA **La Física a través de los siglos**

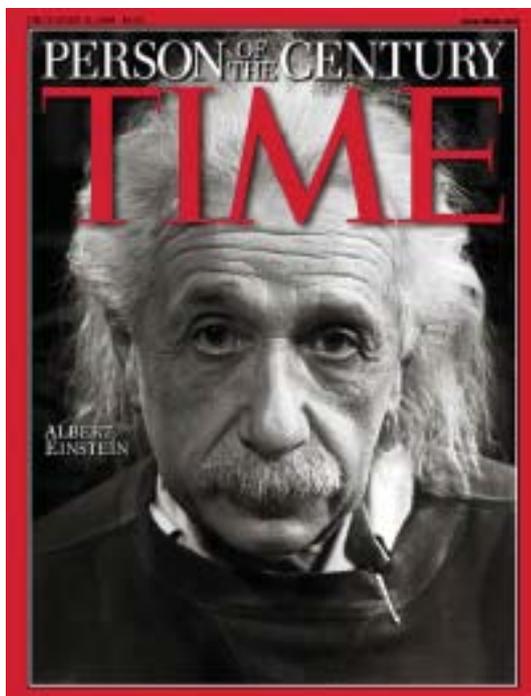
ENTREVISTA CON **JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON**



La famosa portada de la revista *Time*, en EEUU, en diciembre de 1999, señalaba a Einstein como el «hombre del siglo». ¿Pero por qué exactamente?

«Eligieron a Einstein porque supone una especie de reconocimiento a que durante el siglo XX la ciencia fue muy importante: fue el elemento que más hizo por cambiar la vida de las personas. Si comparamos cómo vivía una gran parte de la Humanidad a principios del siglo XX y al final, cómo se comunicaban entre sí, cómo viajaban, lo que pensaban, su relación con la alimentación, con la salud... vemos las grandes diferencias que sin duda existieron y que están producidas desde luego por la ciencia y la tecnología. Por otra parte, la ciencia influyó mucho en las relaciones políticas internacionales. A la I Guerra Mundial se le ha llamado la «guerra de la Química», porque se utilizaron gases como armamento por primera vez, si bien es cierto que no fue muy eficaz. También la Química durante aquella guerra fue muy importante en la producción, por ejemplo, de abonos artificiales y de elementos necesarios para la fabricación de armamento. Y a la II Guerra Mundial le pone punto final la bomba atómica, pero más que ser una guerra de la bomba atómica es la guerra del radar, porque es también la guerra de la aviación. Y el radar es el trabajo del desarrollo de físicos en Electrónica. En la segunda mitad del siglo, las relaciones internacionales se ven absolutamente condicionadas por la disponibilidad de armamento atómico. Así que yo creo que la revista *Time* reconoció esto, y que pensó que la persona que caracterizaba más a la ciencia del siglo XX era Albert Einstein, aunque por supuesto no hubiera participado en todos estos desarrollos, pero sí en una buena parte de ellos.»

¿Y desde su punto de vista, el científico del siglo sería también Albert Einstein?



Portada de la revista Time de diciembre de 1999.

«Yo creo que sí. A veces me paro a pensar quiénes han sido los grandes científicos de la Historia, y para mí Isaac Newton es el número uno. No sólo por sus contribuciones a la Física, la teoría de la gravitación, del movimiento..., sino que es el gran creador del cálculo diferencial, la matemática, sus trabajos de óptica... Pienso que la Humanidad no conoce la existencia de una mente más poderosa que la de Newton. A su lado estaría Einstein, y en esta especie de vitrina de héroes científicos míos yo añadiría a Darwin. También está Lavoisier en Química, y luego muchos otros. Pero éstos, Newton, Einstein, Darwin y Lavoisier, son probablemente los más grandes y los que más han influido. Lavoisier creó la Química

moderna. Darwin cambió nuestras ideas acerca de nuestra posición en la Creación como seres vivos y pensantes. Einstein y Newton establecieron lo que la Física nos dice acerca del movimiento y la gravitación.»

¿Y alguna mujer? Aunque teniendo en cuenta que no pudieran alcanzar el mismo nivel por las circunstancias históricas o sociales de la mujer...

«Claro. En algunos libros míos he dedicado capítulos a la relación de las mujeres con la ciencia, destacando que las condiciones sociales, económicas, la tradición... han hecho que la mujer no se haya incorporado de pleno derecho a la actividad científica hasta muy recientemente. Y aún así, la situación todavía es muy insatisfactoria, existe lo que se denomina el «efecto tijera», que consiste en que, por ejemplo, aunque en número de alumnos haya en muchos lugares más mujeres que hombres, después si nos fijamos en el desarrollo de las carreras científicas, oportunidades, salarios, puestos a los que llegan... cada vez hay más separación de ese punto inicial común a favor de los hombres. Lo que es de esperar es que eso cambie en el futuro, pero todavía no ha cambiado. En cuanto a la pregunta, la gran heroína de la ciencia, y a la que por cierto dediqué un libro en el que estudié su vida y su obra, es Marie Curie, naturalmente. Fue no sólo una magnífica científica que, a finales del siglo XIX, aportó mucho al desarrollo de los procesos radiactivos, sino también un ejemplo. En realidad la radiactividad es un fenómeno que no descubrió ella, pero en él sí que descubrió elementos como el polonio y el radio, con los que la radiactividad se hace especialmente notoria. Desde mi punto de vista no tuvo la capacidad creativa, ni mucho menos, de un Einstein o un Rutherford, aunque incidentalmente fue la primera persona –hombre o mujer– que recibió dos premios Nobel. Uno de Física, el primero, compartido con su marido Pierre Curie y con Henri Becquerel, que fue el que descubrió la radiactividad. Y el otro en 1911, el de Química, por sus estudios sobre el radio.»



Marie Curie. © The Nobel Foundation

¿Realmente el premio Nobel sigue un criterio objetivo, reconoce a los mejores científicos? ¿A lo largo de la Historia ha habido casos de grandes olvidos o injusticias?

«Creo que en muy buena medida sí han sido justos, razonables, lo que no quiere decir que no haya habido equivocaciones, o casos en que se premia a unos, magníficos, científicos, y no se haya premiado a otros. Pero claro, es un premio que sólo pueden obtener personas vivas, y sólo pueden recibirlo tres... Como en el caso famoso del ADN y Rosalind Franklin. Nunca podremos saber si cuando se dio el premio Nobel a Watson y Crick, Rosalind Franklin habría recibido el tercio que recibió finalmente Maurice Wilkins, porque Rosalind Franklin había muerto por entonces. Es uno de los casos sangrantes que, además, en los últimos años ha adquirido bastante notoriedad. Pero no se puede acusar a la Fundación Nobel, porque Rosalind Franklin había muerto. Otro caso: a principios de los 80, se dio el premio Nobel de Física a Fowler y no se le dio una parte de él por sus estudios de nucleosíntesis estelar a Hoyle. Podemos encontrar ejemplos de este tipo, pero en término medio el Nobel es un buen indicador de la excelencia en los campos de la Física, la Química, la Medicina... de los grandes avances y de quiénes los han realizado.»

Einstein, Newton y muchos otros han pasado a la Historia como grandes genios. Pero hay otros científicos que no se han visto reconocidos y que realmente han tenido un papel fundamental en la Historia de la ciencia...

«Sí, hay casos de científicos cuyas ideas demostraron ser absolutamente radicales y novedosas, y que no fueron reconocidos. Un ejemplo clásico es Evaristo Galois, el matemático que es fundador o principal responsable de una rama de la Matemática como es la teoría de grupos, que tiene mucho que ver con la teoría de conjuntos. Murió muy joven, en un duelo, y hay hasta novelas escritas sobre él, además de algunas biografías muy noveladas. Había intentado publicar sus ideas, pero no lo consiguió»

HISTORIA DE LA CIENCIA **La Física a través de los siglos**

ENTREVISTA CON **JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON**



¿El fraude en la ciencia era más frecuente antes que ahora, o al revés?

«En primer lugar, fraude existe en todas las actividades humanas, porque no somos perfectos. Pero la ciencia es la que está mejor capacitada para identificar, acaso no inmediatamente, pero desde luego sí a la larga, o a la corta, el fraude. Bien es cierto que puede ocurrir que una persona construya una reputación, viva de ello, y sólo cuando ya no le afecta se descubra, cuando el farsante haya o muerto o disfrutado mucho de los beneficios. Yo sospecharía, aunque no creo que existan indicadores, que ahora es por una parte más frecuente y por otra parte más difícil. Por una parte son mayores las tentaciones porque la ciencia se ha institucionalizado, en el sentido de convertirse en una profesión como otra cualquiera, con millones de trabajadores de la ciencia. Antes existía ciencia, pero no podíamos decir que la mayor parte de los científicos fueran personas que compartieran el *ethos* de trabajadores y que se ganaran su salario. Muchos, si no la mayoría de ellos, eran personas que se podían permitir eso. Ahora, al haber más, es más fácil que haya más gente con la tentación. Y dados los premios que se pueden obtener, las tentaciones son manifiestas. Traspasado un cierto nivel de excelencia, la ciencia ofrece numerosos premios a los grandes científicos: viajes, honores, dinero en definitiva. Ahora muchos científicos, los mejores, publican libros por los que reciben muy jugosos contratos, de manera que existe la tentación. Pero por haber tantos, es muy posible que el trabajo ése que llama la atención porque es novedoso sea identificado, como está ocurriendo de vez en cuando, por otros como absolutamente falso. Eso para grandes ideas falsas, para los fraudes. Puede haber por supuesto trabajos de menor entidad que pasen desapercibidos y en los que los autores cometen voluntariamente falsificaciones. Pero es que hay que tener en cuenta que una parte muy importante de la ingente producción científica, en cuanto a artículos, no influye para nada. Se publica muchísimo más de lo necesario para el desarrollo fructífero de la ciencia.»



Sir Fred Hoyle, durante su estancia en el IAC en 1992. Foto: César Russ.

¿Qué papel ha tenido la Astrofísica lagunera en la Historia de la ciencia en España?

«En primer lugar es un capítulo todavía no escrito, desde el punto de vista de la Historia. Creo que ya va siendo hora, después de más de dos décadas de existencia del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), de que exista alguna obra que se ocupe de esa Historia. Pienso que es muy importante el IAC para la ciencia española, por varios motivos. En primer lugar, por el largo camino –largo comparado con lo que es este país nuestro en su relación con la ciencia– que lleva recorrido. Ha conseguido establecer una tradición de trabajo, de costumbre de qué es lo que hay que hacer, un conjunto de relaciones internacionales, habilidad para observar, fabricar o controlar la fabricación de instrumentos astrofísicos. Eso es un paso obligado para hacer ciencia excepcional. España tiene el problema de ser un país subdesarrollado en cuanto a la ciencia. Teniendo en cuenta el lugar que ocupa desde el punto de vista político o económico, ¿por qué no ocupa un lugar similar en la ciencia? Pues entre otras cosas, aunque se hacen esfuerzos de política científica, porque la ciencia necesita una cierta tradición, en las diferentes especialidades, para ver lo que hay que hacer y cómo hay que hacerlo. No se pueden saltar etapas. El IAC creo que tiene ya resuelto este

problema, más o menos. Ahora además enseguida va a dar un salto cualitativo importante con el Gran Telescopio CANARIAS. Se trata del primer caso de gran ciencia en España. Y eso es muy importante, no sólo para lo que se haga aquí, sino como ejemplo para el conjunto de la ciencia en nuestro país.»

¿Cuál es el motivo de que sea la Astrofísica la que tenga actualmente este liderazgo?

«El por qué se creó esto es, como siempre, debido a la labor de personas, de ideas, de esfuerzos. Pero el valor añadido es gracias al inmenso desarrollo de la tecnología. En el futuro, un futuro que no puedo cuantificar temporalmente, donde yo espero mayores sorpresas en nuestro conocimiento de la naturaleza, es en la investigación del Cosmos. Es de esperar, imagino, que el Universo ofrezca muchas más posibles sorpresas que nuestro entorno más cercano, porque entre otras cosas es más grande. Y ahora disponemos de la posibilidad, gracias a la tecnología y al desarrollo de otras ciencias, de explorar ese universo de una manera mucho más profunda – con un salto cualitativo– de lo que se ha hecho hasta ahora. De hecho, creo que todavía en algunos aspectos la humanidad no se ha tomado en serio este reto. Basta pensar, por ejemplo, en el Telescopio Espacial Hubble, del que estamos aprendiendo muchísimo, pero que por mucho que se haya reparado responde a una tecnología que ya está muy superada. En definitiva, sí creo que la Astrofísica, aparte de ser el primer ejemplo de gran ciencia en España, es una magnífica oportunidad de futuro, en el sentido de que es una disciplina en la que yo preveo en las próximas décadas, a lo largo del siglo, descubrimientos que pueden trastocar nuestros valores científicos.»

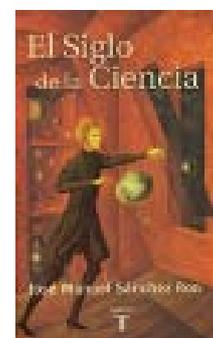
¿Hasta llegar incluso a un cambio de paradigma?

«Sí. ¿Por qué no?»

Ahora más que nunca la ciencia está en la calle, más que en cualquier otra época de la Historia. Desde su perspectiva de académico de la RAE, ¿cómo se refleja en el diccionario el lenguaje científico?

«Lo primero es cierto, aunque hay resistencia, porque una parte muy importante de las sociedades, no sólo de la nuestra, son legos científicos. La ignorancia sobre asuntos de ciencia es muy grande. Pero cada vez es mayor la evidencia para la gente de que sus vidas dependen del conocimiento científico y tecnológico, que se relacionan con todo tipo de artilugios que son producto de la ciencia. Además, inevitablemente, oyen hablar a través de la educación o de los medios de comunicación de ideas, teorías y personajes científicos, de manera que el contacto con esa ciencia se extiende y está más en la calle. Por otra parte, como nosotros nos relacionamos con las cosas a través del lenguaje –es nuestra principal habilidad–, tenemos que nombrarlas. Así que una institución como la RAE tiene que intensificar su relación, su preocupación, su cuidado por el idioma científico. Y en la RAE siempre ha habido científicos, ingenieros, en sus filas. El mismo hecho de que esté yo ahora responde sin duda alguna al interés de la Academia por preocuparse por esas actividades. Sólo puedo decir, porque al fin y al cabo no llevo ni un año, que la tarea es ingente y requiere de recursos muy amplios, y de la colaboración de los profesionales del ramo, lo mismo que en otras áreas de pensamiento: económico, literario... En particular, creo que es muy importante la colaboración de las Sociedades Científicas españolas, trasladando a la Academia sus preocupaciones, términos que piensen que no estén recogidos, definiciones... Todo esto ayudará a una tarea que ya está en marcha, pues existe una comisión de vocabulario científico y técnico de la que formo parte, junto con Margarita Salas y Antonio Colino –los tres miembros científicos– más Gregorio Salvador, que es el subdirector de la Academia. Nos reunimos todos los martes y producimos todas las semanas un gran número de términos y revisiones de ellos. Por ejemplo, en los últimos meses hemos estado revisando términos de biología molecular, en la actualidad de informática, y lo siguiente [en el momento de la entrevista] será precisamente de astrofísica. También hemos estado depurando, porque por ejemplo no se distinguía astronomía de astrología, ya que se utilizaba la misma abreviatura (marca): «astr.». Las bases de datos CREA y CORDE de la Academia, que ayudan a identificar los términos y su uso actual, tienen cientos

“La Astrofísica, aparte de ser el primer ejemplo de gran ciencia en España, es una magnífica oportunidad de futuro, en el sentido de que es una disciplina en la que yo preveo en las próximas décadas, a lo largo del siglo, descubrimientos que pueden trastocar nuestros valores científicos.”



Portada del libro
El Siglo de la Ciencia.

HISTORIA DE LA CIENCIA **La Física a través de los siglos**

ENTREVISTA CON **JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON**



de millones de términos, y en ellas trabajan 100 personas, aparte de los académicos, filólogos, lexicógrafos... El Instituto de Lexicografía de la Academia es una institución admirable.

Luego hay otro problema, que es la invasión de extranjerismos y anglicismos. Contra esto es difícil luchar, porque la Academia no es normativa, ni puede ser normativa, es reflejo de lo que ocurre en la calle. Por supuesto trata de ordenar, depurar, en el sentido de que no violente el genio del idioma. Pero, por ejemplo, en la última edición impresa hay anglicismos como *Big Bang*, porque se habla así en la calle. Lo mismo que *chip*.»

¿Cree que es posible trasladar o castellanizar la mayoría de los términos técnicos o científicos? ¿O que es positivo? Hay palabras como *cederrón*...

«Sí, hay que tener en cuenta que nuestro idioma, por ejemplo, está lleno de arabismos... todos los *al-*, numerosísimos, *alquimia* sin ir más lejos, que ahora, siglos después, no violentan nuestro idioma. Hay una gran cantidad, así que tampoco nos debemos asustar de algo que ha ocurrido siempre, si bien es cierto que tenemos que intentar luchar. Lo que ocurre es que, en lo que se refiere a la ciencia, la lucha será más fácil si somos creadores científicos. Porque entonces, aunque el inglés sea la lengua habitual de comunicación, en el proceso de creación piensas en tu idioma, y es más fácil que crees términos en tu propio idioma, en español, y no en inglés. No es absolutamente seguro, pero sería más fácil, digo yo, y en cualquier caso te comunicas con los alumnos, y utilizas más tu idioma. No es fácil luchar contra el inglés, y es de prever que aumente el número de extranjerismos en el diccionario, que hacemos nuestros, como *cederrón*.»

O la palabra *mouse* en vez de *ratón*...

«Esto se utiliza, aunque creo que lo que la RAE ha aceptado es *ratón*. Pero, por ejemplo, se ha discutido hace poco sobre la palabra *cli*, aceptándose *diar*, se ha castellanizado. Hemos aceptado hace poco *chat*, definido como tertulia electrónica, porque *chat* está ya en todas partes... ¿qué sentido tiene luchar contra lo que está en la calle? Insisto, la Academia no puede ser normativa, tiene que ser un ejemplo, pero en última instancia.»

Y a la hora de comunicar la ciencia, de divulgar, ¿cómo se pueden trasladar los tecnicismos al público en los medios de comunicación? ¿Cómo se puede resolver este problema, de trasladar la gran ciencia al público sin desvirtuarla?

«En primer lugar, es muy importante la educación primaria y secundaria, la enseñanza media, desde el principio hasta el final, hasta entrar en la universidad. La universidad tiene que ser un sitio donde, por supuesto, aumentas tu cultura, pero sobre todo donde aprendes una profesión. La educación en ciencia es muy importante, y estamos asistiendo a un debilitamiento de muchas de las enseñanzas, de física y química sobre todo, también matemáticas, frente a otras asignaturas. Eso es muy importante, si no educas en la ciencia a las nuevas generaciones, luego lo tienes mucho más difícil. Y, por supuesto, la prensa. Cada vez es mayor el número de suplementos científicos, y también se publican libros de divulgación y ensayo científico. Pero la gran asignatura pendiente es un medio tan poderoso e influyente como la televisión. La televisión, desde el punto de vista de educar a nuestro país en la ciencia, es lamentable, es una vergüenza nacional. Han proliferado los llamados programas basura, con el argumento de que la gente lo ve más, ¿pero qué otras alternativas tienen? Eso en primer lugar. Y en segundo lugar, al menos las televisiones públicas, tienen que ocuparse de mejorar la cultura de sus ciudadanos, porque sólo es libre aquel que sabe, aquel que puede elegir. Y nadie negará, salvo los ignorantes, que nuestras

sociedades dependen mucho, en la actualidad y desde hace tiempo, de los conocimientos científicos y tecnológicos. Si sólo eres usuario eres un sujeto pasivo, vives en un mundo de fantasmas, de cosas que no sabes. Por supuesto no hay que llegar en esa educación y divulgación a los niveles más exigentes, profesionales, técnicos. Eso es imposible, es un lenguaje propio que no puedes transmitir de manera completa, pero sí puedes educar en los conocimientos o aspectos más generales.»

¿Cree que hay conceptos científicos que no es posible divulgar sin desvirtuarlos? ¿O no es necesario llegar hasta ese nivel?

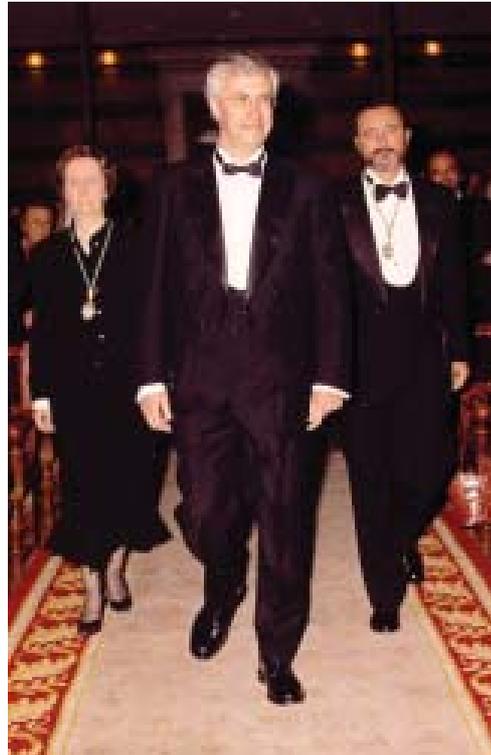
«Yo creo que puedes siempre, hasta un cierto nivel. Pero no llegar a ese nivel no implica que te pierdas las «morcejas» generales de la ciencia, lo que ésta quiere decir. Siempre puedes enseñar algo de lo que va, por qué y de qué trata.»

¿Cree que puede divulgar igual un científico que un periodista?

«Claro que sí. Como decíamos antes, el número de científicos ha crecido exponencialmente, y entre ellos hay gente dotada para la comunicación, sin duda serán menos, pero los hay. Además, en las últimas décadas se ha visto un incremento notable de científicos, algunos de ellos grandes científicos, que han escrito libros de divulgación o ensayo, que están muy bien escritos, se pueden comprender. De algunos han sido éxitos editoriales.

Antes de poner el ejemplo que todo el mundo conoce, diré que hay maestros como Carl Sagan, que era un magnífico astrofísico, Stephen Jay Gould, un extraordinario biólogo evolutivo y paleontólogo, Murray Gell-Mann, premio Nobel de Física, descubridor de los Quarks y autor de *El quark y el jaguar*, Roger Penrose, un espléndido físico teórico en relatividad general, con libros como *La nueva mente del emperador*. O Lynn Margulis, una magnífica bióloga, muy activa además como autora, alguno de cuyos libros están escritos con un hijo suyo, que lleva el apellido Sagan, porque estuvo casada con Carl Sagan cuando los dos eran muy jóvenes. Y, por supuesto, Stephen Hawking.

En ese sentido, la verdad es que cualquier persona tiene oportunidad de leer libros –y por supuesto traducidos al castellano– no sólo de divulgación, sino de ensayo, porque el ensayo transmite también unas vivencias, una riqueza, que permite integrar a la ciencia de una manera más directa en nuestras preocupaciones y sentimientos. Yo dirijo una colección, pero por supuesto no es la única. Para cualquier persona interesada es muy fácil hoy formarse, educarse, leer, entretenerse. Lo que pasa es que en el proceso de suscitar esa curiosidad es muy importante la televisión. Y también los periódicos. Pero la televisión y la educación son las claves. La educación, porque las materias científicas no están pasando por su mejor momento, y la televisión, porque margina completamente a la ciencia. Está el argumento de que «aburre a la gente», pero por ejemplo a mí me gusta el fútbol, y yo me pregunto: ¿a quién no le aburre escuchar en las entrevistas cotidianas una y otra vez a los mismos futbolistas, a los que les hacen las mismas preguntas y responden lo mismo, porque no tienen otra cosa que decir? ¿Es que piensa alguien que eso no aburre? La cuestión de educar, de aburrir o no aburrir, es una cuestión de costumbre, de interés, de saber un poco, de saber atraer la atención.»



Sánchez Ron, en el acto de investidura como académico de la RAE.

ELVIRA LOZANO (IAC)



IAC

LEY DEL CIELO



IAC

LA LEY



O.T.P.C.

La Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (O.T.P.C.) fue creada en Enero de 1992 por el IAC con el objeto de controlar y las actividades que potencian la contaminación lumínica que obstaculiza el trabajo de los astrónomos.

Excepcional de Canarias, Observaciones y a los Astrónomos Españoles. Refiriéndose a la protección de la actividad investigadora en el IAC y, en particular, a preservar la calidad astronómica de sus observatorios, el 31 de Julio de 1988 el Gobierno de España aprobó la Ley de Protección de los Observatorios de Astronomía de Canarias y el Decreto de 1992 el cual regula

Pedro Sanhueza

PEDRO SANHUEZA



Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC)
Consorcio CONAMA - AURA - CARSO - ESO

La región del norte de Chile es mundialmente reconocida como la mejor de todo el Hemisferio Sur para las observaciones astronómicas debido a la transparencia y claridad de su cielo. Un cielo potencialmente amenazado por distintos factores, entre ellos la contaminación lumínica. El pasado 20 de febrero, Pedro Sanhueza, de la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC), visitó el IAC y su Oficina Técnica para la Protección de la Calidad Astronómica de sus Observatorios (OTPC). El objetivo era conocer de cerca la experiencia de esta Oficina al respecto, que está consiguiendo excelentes resultados controlando y evaluando las actividades contaminantes que pudieran obstaculizar las labores de investigación de los Observatorios del IAC.

LA PROTECCIÓN DEL CIELO El caso de los observatorios de Chile

Foto: Federico de la Paz (OTPC/IAC). Efecto especial: Gotzon Cañada.

LA PROTECCIÓN DEL CIELO

El caso de los observatorios de Chile

ENTREVISTA CON PEDRO SANHUEZA



¿Cómo funciona la Oficina en Chile? ¿Es similar a la OTPC del IAC?

«La Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC) –tiene un título largo– está basada en la experiencia precisamente de la OTPC aquí en Canarias y tiene una función similar, aunque territorialmente y en lo legal presenta diferencias más propias del escenario que debe controlar cada cual. Aquí tienen una fuerte presión turística que ya, también, poco a poco, empieza a notarse en Chile. Pero allí tenemos zonas industriales como las mineras, que aquí no existen. Buena parte de nuestro esfuerzo está orientado a controlar la minería.»

¿Cuáles son entonces los factores contaminantes en Chile para la Astronomía?

«Aparte de lo urbano, que está creciendo mucho por el turismo, y poco a poco está adquiriendo algún nivel de importancia, el otro factor es industrial y normalmente se trata de megaproyectos con miles de equipos que finalmente equivalen a ciudades completas.»

¿La Ley es de ámbito nacional o afecta sólo a los Observatorios?

«Afecta básicamente a la zona de los Observatorios: tres regiones del norte de Chile, que es casi todo el norte del país. Como estamos en el otro Hemisferio, el norte es la zona árida.»

¿Qué reacción hay de la población? ¿Es solidaria con la Astronomía?

«En general, donde los Observatorios tienen más tradición es muy favorable. Son los políticos y la gente que ha de financiar los reemplazos de equipos o de los proyectos de iluminación quienes obviamente están en una situación un poco más compleja, porque tienen que generar los recursos, conseguirlos de alguna forma, para financiar el cambio del equipamiento. Pero en la ciudadanía, en general, tenemos muy buena respuesta. Más en la zona donde tenemos la Oficina, que es La Serena, en Coquimbo, porque ahí están a su vez los observatorios más antiguos de Chile. Ahora, más al norte, en Antofagasta, se encuentra el Observatorio de la ESO, en Cerro Paranal, pero ahí el ambiente no es todavía tan favorable porque hay menos tradición, quizá se valora menos la Astronomía.»

¿Y qué régimen sancionador existe en caso de incumplimiento?

«Para las sanciones ya existe una diferencia con respecto a la OTPC. Nuestra OPCC es una oficina de asesoría. Hacemos buena parte del proceso de fiscalización, de seguimiento e identificación de infractores, pero quien sanciona es la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), órgano de la administración del Estado chileno responsable legal de fiscalizar a municipios, instituciones públicas y

“Aquí tienen una fuerte presión turística que ya, también, poco a poco, empieza a notarse en Chile. Pero allí tenemos zonas industriales como las mineras, que aquí no existen. Buena parte de nuestro esfuerzo está orientado a controlar la minería.”

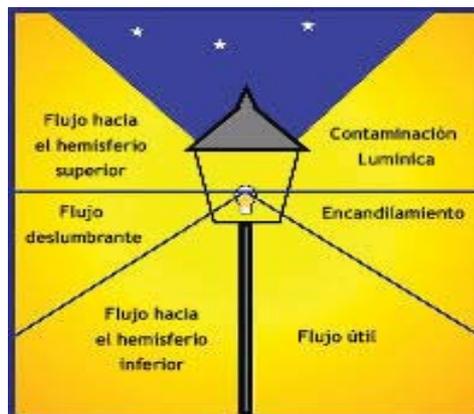


Ilustración sobre reparto de flujos luminosos, contaminantes y no contaminantes.



privadas y también a particulares. Ellos son los que tienen que generar un procedimiento de sanción. Ahora, cuentan con un nivel de infraestructura muy orientado hacia otras áreas. Y esa función la estamos supliendo nosotros como Oficina de Protección.»

¿Desde cuándo está en funcionamiento esta ley?

«A finales de 1999, cuando entró en vigencia a iniciativa nuestra el Reglamento de Medioambiente -Decreto Supremo 686- y nuestra oficina se creó unos meses después, a comienzos del año 2000.»

¿Su Oficina depende de algún centro de investigación, como es el caso de la OTPC?

«Sí, dependemos de uno de los centros de investigación con más tradición en el norte de Chile: el Observatorio Interamericano de Cerro Tololo (CTIO), dependiente de la Asociación de Universidades para la Investigación en Astronomía (AURA). Esta institución entrega una parte importante de los fondos para el funcionamiento de la OPCC. También financian a esta oficina el Observatorio Europeo Austral (ESO), la Institución Carnegie de Washington (CARSO) y la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). Esta última es la institución fiscal chilena responsable de la coordinación ambiental para todo el país.»

¿Y qué formación se requiere para llevar esta Oficina en Chile?

«Yo vengo de Ciencias Sociales. Mi especialidad ha sido Medio Ambiente, lo que me ha permitido moverme con más facilidad dentro de los equipos técnicos y profesionales y políticos del área ambiental. Lo importante es que estando asociado al área ambiental en Chile, hemos tenido espacio para poder sacar nuestra legislación, porque con el cambio y vuelta a la democracia se vio que uno de los problemas que Chile tenía acumulado como histórico es que se había quedado 20 años atrás en este tema. Por ello, el Gobierno ha invertido mucho dinero, proporcionalmente hablando, en medioambiente y ahí hemos aprovechado; tiene espacio, tiene presencia, más área de maniobra en la sociedad. Si estuviera asociado a leyes sectoriales, habríamos tenido problemas.»

¿Cómo se pueden valorar los resultados de sus actuaciones?

«De 34 municipios, tenemos casi completamente corregida la iluminación vial de 3 de ellos y en otros 15 se ha resuelto una parte importante del problema o se está en vías de conseguirlo. En cifras totales, en alumbrado público existen unas 140.000 luminarias de vía pública, faltando unas 90.000 por reemplazar o adaptar a nuestra normativa. Y ahora vienen dos plazos para nosotros muy difíciles e importantes: octubre de este año 2004, en el que toda la minería con proyectos antiguos -la ley es retroactiva- deberá ajustarse a la normativa; y en octubre de 2005 ya serían los 34 municipios. Y eso lo veo mucho más difícil.»



Logotipo de la OPCC en su página web: <http://www.opcc.cl/>

Vista panorámica de la puesta de Sol (190°) del Observatorio del ESO en Cerro Paranal, donde se encuentra el Very Large Telescope (VLT) .

LA PROTECCIÓN DEL CIELO **El caso de los observatorios** **de Chile**

ENTREVISTA **CON PEDRO SANHUEZA**



Y teniendo instalaciones como el VLT, con tanta promoción como han tenido estos telescopios, ¿eso facilita el trabajo a su Oficina?

«Sí, bastante, porque genera un escenario más favorable. Pero todavía debo decir que es más favorable la zona de La Serena porque allí llevan más tiempo. El proyecto del ESO es muy grande, en Cerro Paranal, pero falta todavía que más gente lo visite. Se ha hecho un programa muy fuerte de divulgación pública que se está concentrando por razones operacionales a visitas sólo los fines de semana. Allí está mucho más restringido el acceso. Nadie puede llegar por cuenta propia, 10 km antes ya no puede pasar. Y parte de mi trabajo ha sido llevar a autoridades políticas de noche al Observatorio para decirles: «Ve la ciudad de usted, así se ve desde acá». De ahí que los astrónomos expliquen el problema: «Mire, a nosotros eso nos provoca tal o cuales dificultades...» Eso va ayudando a adquirir mayor conciencia y, a la vuelta, a la hora de hacer los proyectos, éstos consiguen tener mayor financiación y que salgan más rápidos.»

Y ahora, ¿los niños chilenos pueden ver las estrellas?

«Sí, ahora las pueden ver.»

¿Y en el futuro?

«Esperamos que se pueda.»

¿Y qué le diría a la población palmera, por ejemplo, que ha tenido que «sufrir» de alguna manera la aplicación de la Ley del Cielo en Canarias, aunque, al mismo tiempo, se ha beneficiado de ella?

“Los niños chilenos ahora pueden ver las estrellas y esperamos que también en el futuro.”



La Vía Láctea sobre el Observatorio de La Silla. Foto: Nico Housen. © ESO.

«Yo, en realidad, lo veo con mucha envidia porque han conseguido combinar el contar con un espacio más natural, menos artificial, y tener todas las funciones ciudadanas operativas: la circulación de la gente, vehículos,... Pero además, en mi opinión, que es muy tendenciosa porque estoy en este tema de protección de cielos nocturnos, La Palma para nosotros sería un lugar ideal porque tienen bajos niveles de iluminación, pero son parejos. La gente creo que valora eso. Yo les diría que felicitaciones. Ojalá pudiéramos tener ese nivel de conciencia más fuerte en Chile, porque hemos visto mucha artificialización, y creo que lo que ellos tienen parece mucho más natural. El ambiente nocturno parece ambiente nocturno.»

Estas leyes del cielo, ¿no van en contra del progreso?

«Definitivamente no. En Chile ha significado una oportunidad para discutir algo que no se hace, normalmente, calidad de la iluminación. Lo habitual es reemplazar un equipo que ya está mal, que está viejo, una luminaria que ya no ilumina por otra. Y lo único de que se habla es de potencia instalada. Con esta discusión de contaminación lumínica se ha generado una discusión ya más técnica, lo que finalmente significa un beneficio mayor para la comunidad.»

En 1992, en la Declaración Universal de los Derechos de las Generaciones Futuras, la UNESCO recogía el derecho a una Tierra indemne y no contaminada, donde se incluía, a petición del Director del IAC, el derecho de la humanidad a un cielo puro donde brillen las estrellas. ¿Qué comentario le merece?



«Hemos usado esa frase. No sólo un Derecho Humano, sino también el Derecho de las Generaciones Futuras. No hacer todo de una manera burda, artificiosa, artificial, quitando a las generaciones futuras algo que para nosotros es cotidiano. Normalmente, en medioambiente pasa eso, lo que no tiene valor se destruye, y después, cuando se pierde, ahí tiene valor, pero ya es tarde.»

*Pedro Sanhueza, con Francisco Javier Díaz Castro, de la OTPC del IAC.
Foto: Federico de la Paz (OTPC/IAC).*

El IAC ha organizado dos apagones en las Islas, con el eslogan, «Apaga una luz y enciende una estrella». ¿Han tenido experiencias semejantes, campañas de este tipo?

«Creemos que es complejo desde el punto de vista técnico. Hay una diferencia cultural y también socioeconómica. Allí hay una discusión muy fuerte en torno a la seguridad ciudadana, que se asocia a niveles de iluminación muy altos. Por ello, como está aparejado con eso, el pretender hacer un apagón así, programado, es difícil. Queremos hacerlo, pero en sectores donde la capacidad de control sea buena. Porque también hay sectores poblacionales donde los niveles socioeconómicos son muy bajos, y ahí reclamaríamos mucho por la seguridad. Es algo muy interesante, pero tenemos que intentar hacerlo con un grado de cuidado extremo, para que no se nos vuelva en contra.»

¿Qué valoración hace de su visita al IAC?

«Ha sido una visita técnicamente muy relevante, de la cual estamos extrayendo importantes conclusiones para el trabajo de la OPCC en el norte de Chile. Agradezco especialmente toda la dedicación de Javier Díaz Castro, quien destinó muchas horas y esfuerzos institucionales y personales en asegurarse de que conociera la amplia gama de logros del IAC en esta materia. Por lo anterior, nuevamente muchas gracias y felicitaciones por sus estimulantes resultados en esta permanente y desafiante tarea de proteger los cielos nocturnos patrimoniales.»

CARMEN DEL PUERTO (IAC)



Juan Luis Arsuaga

JUAN LUIS ARSUAGA



Catedrático de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid y codirector de los Yacimientos de Atapuerca (Burgos).

«No es correcto decir que *venimos del mono*, porque realmente *somos monos*. Nuestro ADN sólo se distingue en un 1% del ADN de los chimpancés. De los 30.000 genes que disponemos, sólo 300 son distintos. Pero las diferencias son abismales y ahí está la aparición de la inteligencia, quizá el acontecimiento más importante de la historia de la vida después de su propio inicio. Ahora, ¿cómo se explica con únicamente 300 genes?» Juan Luis Arsuaga, catedrático de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid y uno de los directores de los Yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Burgos), reflexionó sobre «la larga marcha de la evolución humana» durante su conferencia en el Museo de la Ciencia y el Cosmos del Cabildo de Tenerife, el pasado 10 de febrero. Esta conferencia inauguraba los «Coloquios Extraordinarios» del IAC, que dos veces al año invitará a prestigiosos científicos españoles no relacionados con el mundo de las estrellas para que debatan su tema de investigación con los astrofísicos del Instituto.

PALEONTOLOGÍA La evolución humana

PALEONTOLOGÍA La evolución humana

ENTREVISTA CON JUAN LUIS ARSUAGA



Usted dijo una vez que le habría gustado tener sangre de Neandertal. ¿Por qué? ¿Qué tenía de envidiable esta especie?

«Para empezar, eran los auténticos europeos, los europeos «castizos». Nuestra especie vino de África, llegó a Europa y se encontró con los neandertales, que eran los que aquí habitaban. Sucede como con los neozelandeses, que todos reivindican algún antepasado maorí, aborigen, aunque sean rubios de ojos azules. Tener un poco de sangre aborigen europea habría estado muy bien.»

¿Esperan hallar neandertales en Atapuerca? ¿Será una cuestión de tiempo o de presupuesto?

«Nosotros en Atapuerca no hemos encontrado neandertales porque no hemos excavado todavía niveles de esa edad. Nos hemos quedado en los más antiguos, porque son accesibles directamente, en rellenos de cueva que tienen esa edad, y hemos excavado niveles más modernos que llegan hasta el Neolítico. El proceso de excavación es muy lento y tardaremos en llegar a esos estratos intermedios, entre los muy viejos y los más modernos. No sé si yo lo veré. Pero, de todas formas, mientras tanto, hemos estudiado neandertales en diferentes yacimientos españoles. Ahora mismo tenemos un estudio en marcha sobre neandertales en Valencia, donde hemos descubierto algunos. No lejos de Atapuerca hay una cueva burgalesa que está en línea recta, a una distancia de 30 km, y allí también hemos encontrado neandertales. Han aparecido una mandíbula y algunos restos más. Los neandertales vivían allí.»

“El bifaz tallado (Excalibur) que hemos encontrado junto con los cadáveres de la Sima de los Huesos nos hace pensar que se trata de un rito, producido por humanos de manera consciente. Esta teoría es muy atrevida, porque estaríamos llevando el comportamiento simbólico a hace 400.000 años, cuando mucha gente opina que aparece con nuestra especie hace 40.000 años”.

En función de los últimos descubrimientos, como el Niño de Lapedo, supuesto híbrido humano, en Portugal, y las investigaciones del equipo que dirige Joao Zilhao, ¿es viable el cruce genético entre el *Homo Sapiens Sapiens* y el *Homo Sapiens Neanderthalensis*?

«Si eran dos especies diferentes, no habría sido posible por definición. Habría una barrera para el cruzamiento infranqueable. Lo que sucede es que en la naturaleza entre especies muy afines o muy cercanas a veces se producen híbridos, que suelen ser menos fértiles. Y se podría haber dado alguna circunstancia de este tipo. Pero en términos generales, es muy poco frecuente, incluso tal vez no se produjo nunca. Este ejemplo portugués no se postula como un híbrido de padre neandertal y madre cromañón, o de padre cromañón y madre neandertal, sino que pertenece a una población posterior en varios milenios a la extinción de los neandertales, pero que podría en esa época todavía tener algunos de sus genes. Los neandertales podrían haber hecho una contribución pequeña. Yo no lo veo tan claro en ese caso concreto. De hecho, yo no diría lo que ellos han dicho. Nosotros precisamente hemos estudiado y publicado un resto humano de esa misma cronología, también de una zona donde los neandertales se extinguieron muy tarde, y en este resto no vemos ninguna aportación o reminiscencia neandertal.»

¿Hubo comunicación o enfrentamiento entre las dos especies? ¿Es la «guerra» intrínseca al hombre?

«Todas las especies sociales son muy territoriales y competitivas. Eso es algo que hemos descubierto, y muy recientemente, por ejemplo, con los chimpancés. Estos animales compiten ferozmente entre ellos por los recursos y por el territorio. En todas las especies sociales hay mucha competencia, dentro de la especie entre los diferentes grupos y entre especies también, y sin duda, también ha ocurrido en la nuestra. Pero se plantea en términos de competencia, que a veces es exclusión, por amenaza o simplemente por ocupación del territorio: los grupos más numerosos que van desplazando y marginando a los que lo son menos. Muchas veces no llega a haber enfrentamiento directo, pero otras sí. Yo creo que aquí se dieron las dos circunstancias. Eso fue lo que pasó: a

veces, los cromañones simplemente ocupaban los territorios mejores y los más productivos, mientras que las poblaciones neandertales fueron quedando marginadas a lugares menos productivos y, al mismo tiempo, se fragmentaron y así terminaron por extinguirse. Puntualmente se pudieron producir enfrentamientos. En otras ocasiones, quizá la convivencia fuera más amistosa.»

¿Hasta qué punto la dieta carnívora fue determinante en la inteligencia?

«Tenemos unos antepasados, los primeros homínidos, que eran vegetarianos estrictos, frugívoros. Se alimentaban de frutos maduros, como los chimpancés en la actualidad. Pero incluso en éstos se da consumo de proteínas de origen animal. Recientemente hemos estado en el lago Tanganika observando a la población chimpancé y hemos visto que estos animales cazan pequeños mamíferos y los consumen, incluso lo pueden hacer de forma sistemática. Así que la dieta carnívora nunca ha sido completamente ajena en nuestros antepasados, pero hubo un momento, hace unos dos millones y medio de años quizá, a partir del cual el consumo de proteínas de otros animales empezó a ser una parte importante de la dieta. Se produjo un desplazamiento, un cambio de nicho ecológico y eso probablemente fue lo que luego hizo posible la expansión cerebral. Hay una relación entre el consumo de productos animales, la simplificación del tubo digestivo que comporta y la expansión de otro órgano, el cerebro. Éste se aprovecha de los recursos que libera el aparato digestivo.»



Molar del Homo antecesor, hallado en el yacimiento de Dolina (arriba, in situ). © Javier Trueba/Madrid Scientific Film

¿Cuáles son los rasgos tafonómicos (en relación con los restos humanos y su evolución después de la muerte) que ustedes han detectado en la Sima de los Huesos para determinar que los enterramientos han sido intencionados?

«Que han sido intencionados es seguro, lo que no se sabemos es con qué intención. En la Sima de los Huesos hay una acumulación de una centena de cadáveres que han sido depositados, no enterrados en el sentido de inhumados, de cavar una fosa y ponerlos en ella. Han sido acumulados por otros humanos en ese lugar, que no es una habitación humana, no es zona de cueva. Sólo hay cadáveres humanos y algún carnívoro caído por accidente, y los han acumulado allí otros humanos. Por lo tanto se trata de una práctica colectiva, no lo ha hecho un solo individuo. Lo que hay que preguntarse es si ese comportamiento funerario tiene un significado, un valor simbólico para ellos. No es un comportamiento de carácter utilitario, práctico, sino que aparentemente se hace porque tiene algún sentido, significa algo para el grupo que lo practica, quizá compartan creencias que dan sentido a esa pauta de conducta. Luego, el hallazgo de un bifaz ahí tallado, junto con los cadáveres, nos hace pensar que se trata de un rito, es decir, que ese comportamiento, que es consciente, deliberado -eso lo sabemos seguro-, es un comportamiento antrópico, producido por humanos de manera consciente, que han elegido un lugar para acumular cadáveres. Eso lo ha hecho un grupo de personas que comparten una conducta, que puede muy bien ser algún tipo de creencia o de idea.»

¿Y cómo se defienden de la crítica de haber sobredimensionado (al menos con tan simbólico nombre) el hallazgo del hacha bifaz *Excalibur* como indicador de ritos funerarios hace 400.000 años?

«En realidad, ni siquiera pretendo defenderme, porque yo lo que propongo es una teoría y la pongo encima de la mesa precisamente para eso, para exponerla a la crítica, para que se contraste, para que se discuta. Pero creo que no tiene explicación alternativa y, en todo caso, como yo no estaba allí cuando ocurrió, lo que hago es informar a la comunidad científica de lo que he encontrado: una treintena de cadáveres, acumulados en un lugar, a 54 m de profundidad, en un sitio en el que no se desarrollaba ningún tipo de actividad, que han elegido a propósito para acumular esos cadáveres. Junto con esa treintena de cuerpos, han depositado un bifaz, muy bien tallado, de un color extraño, poco frecuente en los materiales que hay allí. Francamente, no se me ocurren muchas explicaciones para que un grupo humano desarrolle esa conducta salvo que albergue algún tipo de



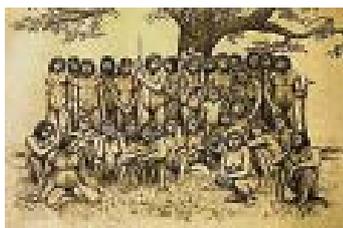
«Excalibur», un hacha datada hace 400.000 años, hallada en la Sima de los Huesos. © Javier Trueba/Madrid Scientific Film.

PALEONTOLOGÍA La evolución humana

ENTREVISTA CON JUAN LUIS ARSUAGA



creencia que dé significado a ese comportamiento. Esta teoría es muy atrevida, porque estaríamos llevando el comportamiento simbólico a hace 400.000 años, cuando mucha gente opina que aparece con nuestra especie hace 40.000 años. Algunas veces me han dicho que ese comportamiento que desarrollaban los humanos, acumulando allí los cadáveres, era debido a un sentimiento, los anglosajones dicen «folk and passion», que les daban pena o algo así. A mí me cuesta trabajo creerlo. Yo creo que ahí están los datos y la evidencia, y luego la interpretación es más especulativa, pero no trato de imponer una idea, sino que a la vista de los hechos, lo interpreto en estos términos y creo estar en lo cierto. Es más, si se sigue este proceso, se entiende mejor. Cuando encontramos los primeros rostros humanos, que eran muy pocos, muy pequeños, muy fragmentarios, la explicación general de la comunidad científica es que era un lugar en el que accidentalmente habría caído algún ser humano, algún hueso que habría sido aportado o transportado por los carnívoros hasta ese lugar. Ésa es la explicación más natural. Nosotros defendíamos que allí había una acumulación de cadáveres y hemos ido encontrando los esqueletos, hemos ido teniendo razón. Allí se había producido lo que nosotros pensamos desde un principio, que era una acumulación de 30 cadáveres por parte de un grupo humano. Y la comunidad científica se había resistido a aceptar eso y ahora lo acepta todo el mundo. Y luego en esa discusión, en ese comportamiento se decía que haría falta algún elemento simbólico para que se acreditara. Pues bien, hemos encontrado un bifaz rojo... Hasta ahora todo lo que vamos encontrando confirma lo que nosotros pensamos. Creemos que es una dirección correcta. Pero no tengo ningún empeño especial en mantener esta explicación.»



Reconstrucción de los 32 humanos encontrados en la Sima de los Huesos.
© Mauricio Antón/
Madrid Scientific Film

“Hasta hace medio millón de años podemos hablar de homínidos, incluso de humanos; a partir del último medio millón de años podemos empezar a pensar, para entendernos, en términos de personas.”

Tras las dudas sobre la autenticidad y antigüedad del *Hombre de Orce*, descubierto en Venta Micena (Granada) en 1982, ¿en qué ha quedado esta polémica?

«Nunca he tenido ninguna duda. Eso es una historia para la sociología de la ciencia o algo así. Estos restos fueron encontrados por un equipo formado por tres paleontólogos, todos ellos compañeros y muy conocidos. Apareció un resto craneal, pero cubierto por matriz y que no era visible en su cara interna. En un primer momento, los tres investigadores dijeron que por esta morfología podría ser humano. Posteriormente, se limpió la cara endocraneal, y dos de los investigadores dijeron que no era humano. Y quedó un tercero, es decir, que del equipo original, de los tres, dos rectificaron inmediatamente y uno se mantuvo en la idea de que era un resto humano. Cuando yo lo vi, al poco de aparecer el resto, me sorprendió que alguien pudiera decir que eso era humano. Era tan obvio, tan evidente desde el principio, que eso no era un resto humano, que no sé cómo valorarlo. En todo caso, lo que ha ocurrido ahí desborda las fronteras de la ciencia. Toda esta polémica puede tener un interés teórico para ver cómo puede llegar a mantenerse una teoría absurda durante tanto tiempo en los medios de comunicación.»

¿Cómo llegó el *Homo antecessor* a Atapuerca?

«No lo sabemos. Suponemos -es la hipótesis más razonable-, que llegó por tierra y desde Oriente, no cruzando el Estrecho, que es teóricamente posible, aunque es muy dudoso, porque nadie les atribuye esas técnicas y esas capacidades de navegación. De todas formas, en Atapuerca tenemos fósiles humanos de hace 800.000 años, pero en esta última campaña sobre todo ya se han recogido en otro yacimiento herramientas e instrumentos tallados por mano humana, sin duda, que tienen al menos un millón y cuarto de años, y que pueden llegar a millón y medio de años. Y esa especie no sabemos cuál es. Podría ser un *Homo antecessor* muy primitivo o podría ser otra especie distinta, *Homo ergaster*, *Homo georgico*, no sabemos aún cuál es. Pero probablemente presencia humana hay hace un millón de años o casi. Lo que ahora hay que establecer es si esa

presencia es continua o discontinua. Hay unos ratos de tiempo tan grandes entre los diferentes yacimientos de Atapuerca... Tenemos presencia humana con testimonio arqueológico de hace algo más de un millón de años, luego nada, restos humanos e industria de hace 800.000 años, luego nada, y restos humanos e industria de hace 400.000 años. No se sabe ahora si el continente, o parte del continente, y la Península estuvieron poblados entre esos yacimientos.»

Y en cualquier caso, ¿cómo se explica una fauna de indudable procedencia norteafricana (babuinos,...) y tan antigua como la que se ha testimoniado en el sur de la Península Ibérica si, como ustedes mantienen, el primer homínido que pisó Europa no entró por Gibraltar?

«No ha habido un puente, una comunicación por vía terrestre entre las dos orillas del Mediterráneo, desde hace cinco millones de años. Entonces sí, excepcionalmente. Hay mucha fauna africana empezando por nosotros, que somos africanos de origen. Y luego entran algunos elementos africanos en diferentes momentos. África está bombeando especies todo el tiempo. Pero también hay elementos asiáticos. En un ecosistema como el de Atapuerca hace 800.000 años tienes cérvidos y osos, que son asiáticos (no hay ciervos ni osos en África). Y sin embargo, luego aparecen leones y hienas, que entran en esa época y son de origen africano. Eurasia también produce especies y se mezclan más o menos en estos ambientes que son mediterráneos, de climas más templados. Lo que no hay es una continuidad biogeográfica entre el norte de África y la Península Ibérica, y sobre todo a nivel de los micromamíferos, que son los más abundantes. Con toda seguridad no ha habido un pasillo terrestre desde hace 5 millones de años. Entonces lo hubo, pero luego ya no.»

¿Pudo tener el *Homo antecessor* conocimientos astronómicos? ¿Y el *Homo heidelbergensis*?

«Al *Homo antecessor* francamente no lo veo muy preparado para hacer esas observaciones. Al *Homo heidelbergensis*, el humano de hace 400.000 años que nos encontramos en la Sima de los Huesos, quizá sí. Me parece razonable situar hace medio millón de años el despegue de la conciencia humana. Hasta ese momento, ha habido una evolución biológica y un aumento de las capacidades cognitivas. Eran más inteligentes que los chimpancés o, de forma muy simplificada, eran superchimpancés, con las capacidades de estos animales, pero potenciadas. El último medio millón de años es, en cambio, el punto de inflexión desde el punto de vista de la capacidad cerebral, donde se observa una aceleración, cuando surgen ideas, conceptos, creencias y conciencia, autoconciencia y conciencia del mundo y se empiezan a hacer investigaciones. Quizá en la Sima de los Huesos lo que tenemos es el primer testimonio de la mente humana, un descubrimiento fundamental, algo que los animales no han hecho, el descubrimiento de la muerte, de lo inevitable de la muerte. Y ése es un descubrimiento resultado de la observación. Yo creo que hasta hace medio millón de años podemos hablar de homínidos, incluso de humanos; a partir del último medio millón de años podemos empezar a pensar, para entendernos, en términos de personas.»

Para nuestros antepasados, el cielo y las estrellas eran muy importantes en su vida y en su cultura. ¿Cómo cree que puede influir socialmente la pérdida del cielo para el ciudadano y cómo valora la existencia de una ley específica que proteja el cielo como la de Canarias?

«Lo que el hombre ha perdido es todo contacto con la naturaleza en general, y el cielo forma parte de todo eso. No se ve el cielo, pero tampoco se escucha el rumor del río, ni el canto de los pájaros, ni el sonido del viento. Nos hemos vuelto de espaldas. En la historia del pensamiento occidental a partir del Barroco, cuando empiezan las ciencias modernas, en el siglo XVII, lo que se produce es un alejamiento del ser humano respecto de lo que es el mundo, nos situamos fuera de la naturaleza, por encima, además. Entonces se pierde todo contacto y se deja de valorar. Dicho en otros términos, lo que sucede es que se pierde el sentido sagrado de la naturaleza, ésa es la diferencia fundamental con respecto a nuestros antepasados y a los pueblos modernos que viven con economías próximas a la prehistoria. Ellos tienen un sentido de la geografía sagrada. La naturaleza, los animales, las plantas, las estrellas... son valorados. Y representan problemas que



*Cráneo 5, con una capacidad craneana de 1.125 cc, perteneciente a un *Homo heidelbergensis* y hallado en la Sima de los Huesos. El Cráneo 5 sirvió de base para reconstruir por primera vez de forma fiable el rostro de un ser humano de hace más de 300.000 años (ver abajo). © Javier Trueba/ Madrid Scientific Film*



Juan Luis Arsuaga, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife. Foto: Luis Cuesta (IAC).

PALEONTOLOGÍA **La evolución humana**

ENTREVISTA **CON JUAN LUIS ARSUAGA**



“Lo que tenemos que hacer es competir con las explicaciones no naturales de la naturaleza, pero sin perder de vista que hay que activar esa parte de la creatividad del cerebro humano, hay que competir con los chamanes. Nuestra explicación no tiene por qué ser menos bella, menos emocionante, menos sugestiva que la suya.”

intentan resolver y explicar. Hay una alianza con la naturaleza, una conexión, se sienten parte de ese mundo. Lo que se produce luego es una ruptura de esa alianza. Sería útil para la supervivencia de la especie que fuésemos, para empezar, capaces de restablecer esa alianza. El problema es que ahora ya no podemos restablecerla en términos mágico-religiosos. Los hombres prehistóricos o los últimos hombres cazadores-recolectores que hemos tenido oportunidad de conocer, realmente creen que la naturaleza es sagrada, que los animales lo son, que merecen respeto, que son la misma cosa que ellos, que las estrellas del cielo, o que el Sol y la Luna son su padre y su madre. Nosotros ya sabemos racionalmente que eso no es así, que son cuerpos celestes, que no son dioses. Y entonces, de alguna forma, eso es muy perjudicial porque hemos dejado de respetar aquello que no valoramos y que no nos produce admiración. Tenemos que encontrar la fórmula de relacionarnos con la naturaleza para darle valor. El cielo ya no se ve por la contaminación lumínica. Un hombre prehistórico te diría que eso es un crimen, que son las estrellas que nos guían y nos inspiran y que ya no vamos a tener quien nos ilumine, nos defienda y nos proteja. Y eso es tremendo, es grave para esos hombres. Nosotros sabemos que eso no tiene ninguna importancia en la vida práctica, aparentemente. Podemos vivir de espaldas a las estrellas. Hemos perdido el sentido de lo sagrado y a través de la racionalidad y de la ciencia podemos restablecer esa alianza, pero si no lo hacemos se producirá una catástrofe. Y eso es lo que intentamos algunos: recuperar ese sentido que nos daba la admiración, el asombro, un poco la ingenuidad, y sensibilizar a la opinión pública. Es triste no ver las estrellas, se pierde calidad de vida de alguna manera.»

¿Qué pueden tener en común la Astrofísica y la Paleontología?

«Tienen mucho en común en el imaginario. En la ciencia moderna, hasta hace poco tiempo, se pensaba que una parte de nuestro cerebro que produce razonamiento científico, lógico, analítico, tenemos un nódulo analítico en la cabeza con la que nosotros analizamos el mundo y hacemos ecuaciones. Y luego hay otra parte del cerebro que se ocupa del pensamiento de las ideas mágicas y religiosas, de lo emocional, de lo sentimental. Y que eran cosas separadas. Nosotros, los científicos, hemos tratado de invocar, apelar, despertar o activar a la parte del cerebro supuestamente más analítica del ser humano. Y hemos intentado al mismo tiempo cancelar la parte de pensamiento mágico, esa zona de la corteza cerebral, porque tenemos que pensar en términos racionales, como si fuéramos máquinas. Pero hemos descubierto, primero, que es un fracaso, porque no lo hemos conseguido ni lo conseguiremos nunca. Y, además resulta que no funciona así el cerebro, es decir, cuando un chamán o un sacerdote proporciona una explicación mágica, religiosa o mitológica de la naturaleza y explican que las estrellas y las constelaciones representan historias, están activando una parte del cerebro que es la parte más creativa, donde viven los mitos y las explicaciones, el misterio, el asombro y todo eso. Y esa zona se la hemos entregado, se la hemos regalado a la superstición, a los chamanes, antiguos y modernos, todo para ellos, y es la parte emocional del ser humano. Nosotros hemos intentado activar una parte semianalítica, cuando las dos partes son la misma. Es decir, la explicación científica tiene que tener la misma capacidad que la explicación mítica de proporcionar placer, satisfacción, emoción, experiencia a un individuo. Nuestras explicaciones son racionales, pero eso no quiere decir que tengan que ser aburridas. Lo que tenemos que hacer es competir con las explicaciones no naturales de la naturaleza, pero sin perder de vista que hay que activar esa parte de la creatividad del cerebro humano, hay que competir con los chamanes. Nuestra explicación no tiene por qué ser menos bella, menos emocionante, menos sugestiva que la suya. No les podemos regalar todo el cerebro a ellos. Y quedarnos con una parte muy pequeña. El proceso científico es un proceso creativo. Hay un error muy extendido que consiste en creer en la idea de que las teorías se descubren. Epistemológicamente es un disparate. Las teorías se inventan, es un proceso absolutamente

creativo, es una invención. Un individuo inventa la existencia de una ley que es la gravedad según la cual los cuerpos se atraen en proporciones inversas al cuadrado de la distancia, es una teoría inventada, los científicos inventamos teorías. Nosotros, a diferencia de los chamanes, luego las contrastamos. Pero el proceso, el descubrimiento de una teoría es un proceso creativo, alguien se la inventa y luego la pone a prueba. De manera que nuestro cerebro, el que utilizamos para hacer la ciencia, es la misma zona de la corteza cerebral que se ha utilizado para cualquier tipo de explicación. Todas las explicaciones residen en la misma zona del neocórtex.

Y sobre lo que tiene que ver con la Astronomía, todo tiene que ver con los orígenes en general, con el sentido de nuestra presencia aquí, con el lugar que ocupamos en el mundo, con la creación de las cosas. Todas las religiones y todas las mitologías han intentado explicar todo eso, todo junto, todo a la vez. Por qué existen las personas, por qué existen los animales, por qué existen las estrellas, por qué existen las montañas, por qué existe el mundo. Todo eso es el mismo paquete, el mismo problema, que nos desborda, nos asombra, nos angustia... Eso es algo que tiene una enorme fuerza de sugestión. Y mi idea es que nosotros tenemos que estudiar las técnicas que utilizan los chamanes de alguna forma y explicaciones diversas para acceder a la mente de las personas, crear nuevas tecnologías; luego sacaremos las ecuaciones, pero hay que intentar emocionar igual y excitar de la misma forma. Por eso creo que hay mucho en común entre la Evolución y la Astronomía, la Cosmología o la Astrofísica. La Cosmología está en la misma circunvolución, habita la misma región del cerebro donde está la Antropología y, por cierto, donde está también la Biblia, el cuento de los tres cerditos... Todo eso está en la misma zona del cerebro. Ahí estamos todos.»

“Nadie debería tener la desfachatez de decir, y eso lo he oído, «la investigación tiene que estar guiada por la curiosidad del investigador» . También hay que dar cuentas.”

¿Cómo ha incidido el éxito de Atapuerca -cuyo equipo incluso ha sido galardonado con el Premio Príncipe de Asturias, entre otros-, en la activación y consideración social de la investigación arqueológica, en particular, y en la investigación científica, en general?

«Para empezar, este éxito ha tenido varias consecuencias importantes. Una es que nos ha permitido superar nuestro bajo nivel de autoestima, nuestros complejos seculares. Somos un país que no ha tenido una tradición científica o la ha tenido discontinua, intermitente. Y eso nos ha llevado a un nivel de autoestima muy bajo. Las dos preguntas que siempre me hacen cuando doy una conferencia al público general reflejan ese estado de cosas. Me preguntan, una: «¿Utilizan ustedes las más modernas técnicas para el estudio de esos fósiles?». Es decir, la gente tiene conciencia de que aquí no tenemos instrumental, no tenemos aparatos, la ciencia española es muy rudimentaria. Esto tendría que venir de las potencias anglosajonas, que tienen máquinas, que pueden estudiar las cosas. Y entonces les decimos: «Sí, no solamente manejamos las más modernas técnicas científicas, sino que hemos desarrollado algunas, hemos desarrollado software, instrumental. Nosotros estamos en la vanguardia tecnológica de la investigación». La segunda pregunta es demoledora: «¿Están enterados ya de todo esto los americanos?». Y les digo: «sí». «¿Y qué les parece eso?», añaden. «Les parece bien.» Esto refleja lo que piensa la sociedad española. Aquí tenemos un ejemplo que se puede visualizar, que tenemos una capacidad científica normal y que en algunos sectores somos la vanguardia, no es que estemos en la vanguardia, somos la vanguardia. Por otra parte, la ciencia contada de primera mano es mucho más atractiva para el público. En España ya se habían publicado libros de evolución humana, pero eran ecos que nos llegaban de fuera. Que alguien de aquí dentro te lo cuente con tu mismo idioma siempre resulta más cercano, más directo. Al final, lo que queda de las investigaciones son *papers* en los *journals*. Pero los descubrimientos se superan, luego vienen otros mejores, así que tiene que haber una continuidad en la comunicación. Eso tiene que quedar. Creo que hemos hecho una contribución tendiendo un puente entre la sociedad y el gueto científico, un puente en los dos sentidos. Que la gente se acerque a la ciencia sin complejos y con naturalidad. Y que los científicos busquen la complicidad y el apoyo del público con naturalidad.»



*Momento histórico. El cráneo 4 abandona su lecho después de 300.000 años.
© Javier Trueba/
Madrid Scientific Film*

¿Cómo resolvería el divorcio de las dos culturas y, en virtud de su experiencia, hasta qué punto cree necesaria la divulgación científica? ¿Cree que puede despertar vocaciones científicas?

PALEONTOLOGÍA **La evolución humana**

ENTREVISTA **CON JUAN LUIS ARSUAGA**



«El problema de las vocaciones científicas es crítico en nuestro país. Cuando uno convoca becas, siempre hay gente que las cubre, aspirantes. Pero se supone que nosotros, los científicos, aspiramos a quedarnos con los mejores, con la excelencia. Y dudo mucho de que ahora estemos en condiciones de captar a la excelencia. Creo que, al revés, cada vez estamos más lejos de atraer a los mejores para hacer ciencia de mucha calidad. Y esto es por muchas razones, porque la ciencia no es atractiva, las situaciones laborales,...

Sobre la divulgación científica, tengo muy claro que hay un señor que en este momento está faneando en el Gran Sol y que me está pagando mi sueldo. Y otro señor que está subido a un andamio y que también me está pagando mi sueldo y mis investigaciones. El que yo piense que yo estoy investigando para disfrutar yo me parece directamente inmoral. Nadie debería tener la desfachatez de decir, y eso lo he oído, «la investigación tiene que estar guiada por la curiosidad del investigador». También hay que dar cuentas. «¿Y usted pretende que un señor que está faneando en el Gran Sol le pague a usted su sueldo para que usted se dedique a investigar lo que le apetezca y no dé cuentas a nadie?» Eso me parece directamente una desfachatez, una inmoralidad social, impresentable. Y es un comentario muy general en el mundo científico español. «Al científico le tiene que mover la curiosidad». «Bueno, sí, de acuerdo, evidentemente, y la vocación, y la motivación, ¿Pero usted de verdad cree que tiene derecho a un sueldo y a unas inversiones para que usted se entretenga, se divierta y haga usted lo que le parezca y no dé cuentas a nadie? Me parece de una desfachatez que raya la delincuencia social.

Por otro lado, es práctico dirigirse a la sociedad porque eso genera apoyos. Eso es elemental. Pero, por encima de todo eso, yo no puedo concebir que alguien haga un descubrimiento y que no lo cuente. No me cabe en la cabeza. Compartirlo... ¡es una cosa tan humana! En resumidas cuentas, no estamos inventando nada. Una de las cosas que a mí me han preocupado a lo largo de estos años es observar cómo lo hacen los anglosajones. Aquí estamos descubriendo la pólvora con cosas que en el mundo anglosajón son triviales. Se dan por descontado.

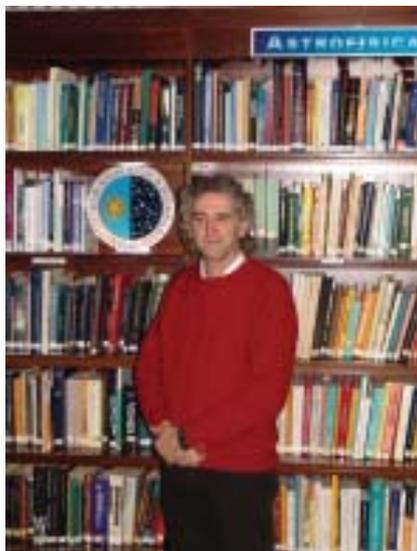
Es evidente. «¿Qué presupuesto de su investigación dedica a la divulgación? Está en el presupuesto. Parte de la base de que hay un porcentaje que se va a dedicar a eso. Nadie se plantea ese tipo de cosas. A fin de cuentas, esperamos hacer que la divulgación española sea normal.»

¿Qué opina de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias y, en especial, del Gran Telescopio CANARIAS como primer proyecto de gran ciencia en España?

«En primer lugar, ya como español, en el sentido de que formo parte de una sociedad en la que se hace la ciencia, me parece fantástico que aquí tengamos una voz propia, hagamos una investigación y ganemos un respeto científico. También me ha interesado a efectos más prácticos cómo se organizan las plantillas, porque en eso el sistema científico español es penoso. Tenemos tales dificultades burocráticas para organizar, para contratar ... quería saber si aquí se había llegado a alguna fórmula digna exportable, alguna clave para solventar estos problemas burocráticos, sobre todo de plantilla que tenemos en nuestro país, para hacer ciencia, para seleccionar los investigadores, para mantener los equipos...

En cuanto al Gran Telescopio CANARIAS, creo que es una magnífica inversión, una inversión de futuro, rentable. Ésas son las inversiones que

hay que hacer. Por descontado, tiene mi apoyo y yo estoy encantado de que esto exista.»



Juan Luis Arsuaga, en la Biblioteca del IAC. Foto: Luis Cuesta (IAC).

CARMEN DEL PUERTO (IAC)

OTRAS NOTICIAS

La Facultad de Física de la Universidad de La Laguna, entre las tres mejores de España

La Facultad de Física de la Universidad de La Laguna (ULL) aparece en el tercer puesto de la guía de los mejores centros por titulación que publica cada año el diario *El Mundo*. Por delante de la ULL sólo se sitúan, en Física, la Universidad Autónoma de Madrid y la Universidad de Valencia.

La guía señala que la ULL es la «única universidad de Europa donde la Astrofísica se estudia de manera experimental y con trabajos reales». También refleja su excelente razón profesor-alumno, que es de 1/10, y destaca el potencial que ofrece el IAC para la realización de prácticas e investigación por parte de los alumnos.

El director del Departamento de Astrofísica de la ULL y coordinador de enseñanza del IAC, Antonio Aparicio, indica que al menos la cuarta parte de los estudiantes de Física provienen de fuera de Canarias, y que el de Astrofísica es el departamento de la ULL con mayor número de estudiantes «foráneos». Esto, que se considera un indicador de calidad, sobre todo teniendo en cuenta la lejanía geográfica de las islas, se explica, según Aparicio, no sólo por el atractivo que ofrecen los Observatorios del IAC, sino por una suma de factores,

que incluye la formación teórica y experimental y los medios de computación. «Los alumnos destacan que, además de estudiar Física y Astrofísica, adquieren una formación muy importante en ordenadores, simulación numérica y resolución de problemas prácticos, que no obtienen en otros estudios».

La estrecha colaboración del IAC con la ULL permite a los alumnos, no sólo tener acceso a los telescopios de los Observatorios de Canarias, sino además disponer de un potente centro de cálculo y de una plantilla de más de 80 doctores en Astrofísica como posibles directores de trabajos prácticos de iniciación a la investigación. «Todo ello se traduce, por otra parte, en la gran motivación que en general muestran los alumnos por los estudios y trabajos que realizan», destaca Aparicio.

En este estudio de *El Mundo* se desglosan cada una de las cinco mejores universidades que imparten las 50 titulaciones más demandadas por los universitarios españoles. Otra de las conclusiones que se pone de manifiesto en esta guía es la supremacía de la universidad pública ante la privada. De los 43 centros destacados, sólo 8 son de titularidad privada.



La «especialidad de Astrofísica» de la Universidad de La Laguna, gracias a la participación del IAC, destaca en la guía sobre las mejores universidades que publica cada año el diario *El Mundo*.

Facultad de Física de la Universidad de La Laguna. Foto: Inés Bonet (IAC).

Reunión del Comité Ejecutivo del JAD

El pasado 30 de abril se celebró en el Hotel Nivaria de La Laguna, en colaboración con el IAC, la reunión del Comité Ejecutivo del JAD (*Joint Astrophysics Division*) de la SPS/EPS (*Solar Physics Section of the European Physical Society*) y la EAS (*European Astronomical Society*). Este Comité está formado por un total de 15 científicos europeos y su objetivo es la promoción de la colaboración entre la Física y la Astronomía, para lo que llevan a cabo actividades tales como la organización de conferencias y reuniones interdisciplinares así como la participación en los foros de discusión. Presidió esta reunión el Prof. Mike Cruise, de la Universidad de Birmingham (Reino Unido).



MIKE CRUISE
Universidad de Birmingham
(Reino Unido)

••• **¿Qué papel cumple el JAD en la organización de la Astrofísica en Europa, en especial, respecto a otros organismos como la SPS, la EAS, OPTICON, etc.?** “El papel del JAD reside en el desarrollo de las áreas de Astrofísica y Cosmología que están en los límites entre la Física y la Astronomía. Éstas incluyen la búsqueda de ondas gravitatorias, el estudio de la fuerza gravitacional misma, la Física de Rayos cósmicos, algunos áreas de la Astronomía de Neutrinos, la búsqueda de materia oscura, energía oscura y nuevas fuerzas, y la Física Solar. En todas estas áreas hay físicos que trabajan en asuntos con una importancia directa en la Astrofísica y la Cosmología. El JAD es una sección común de la EPS y de la EAS y sirve a ambos organismos.”

••• **¿Cuál es la relación con otras iniciativas?** “Usted puede preguntar por qué Europa necesita un superorganismo nacional para hacer este trabajo y la respuesta está en la fuerza cada vez mayor de la UE en temas científicos, especialmente en la financiación de los proyectos importantes futuros. Por ejemplo, si hay un Observatorio Gravitacional Europeo en el futuro, los científicos necesitan un foro de discusión y debate en la formación de este proyecto y nosotros necesitamos mecanismos para asegurar un flujo de nuevos científicos en este ámbito para aprovechar el gasto europeo en estas disciplinas.”

••• **Según los resultados de la reunión, ¿es necesaria la existencia del JAD en el futuro?** “La reunión ha tratado muy intensamente la cuestión de si era necesario el JAD. Algo que los delegados tenían claro era que la mayoría de los temas que el JAD cubre tienen ya destinados una amplia gama de conferencias para su comunidad. Así que nosotros no necesitamos más conferencias, sólo más tiempo para ir a ellas. Hay, sin embargo, varias actividades que no se están organizando a nivel europeo en estos temas y JAD debe centrarse en ellas.”

••• **¿Cuáles son los planes de actuación acordados?** “El programa de trabajo que hemos fijado incluye un número de acciones para reunir a las comunidades que trabajan en campos relevantes. En el actual JAD tenemos una sección de Física Solar que funciona muy bien y tiene un buen nivel de actividades. En años recientes se ha instalado una sección gravitacional que todavía está activa. El equipo del JAD decidió instalar una sección de Astrofísica de Partículas para cubrir las áreas de búsqueda de materia oscura, de energía oscura, de Astronomía de Neutrinos y otras materias relacionadas. La lista de actividades que emprenderemos incluye:

- Mantenimiento de las páginas web de la EPS.
- Mantenimiento de la lista de correos electrónicos.
- Organización de talleres en pre-conferencias para jóvenes de postgrado que les permita disponer de una base de charlas informativas.
- Organización de pequeñas reuniones para llevar conferenciantes desde la Europa Occidental a nuevos países adheridos y de la Europa del Este, donde la posibilidad de

viajar para muchos científicos es aún difícil.
e. Intentar obtener fondos de movilidad para que los estudiantes asistan a las conferencias.

f. Organizar material público externo para que los miembros puedan utilizarlo en sus actividades locales de divulgación.
g. Proporcionar buenos gráficos, imágenes e informaciones a museos europeos para permitir una mejor información al público sobre ciencia.

••• **¿Cuál es el papel del IAC en el panorama europeo?** “El papel del IAC es tan significativo como siempre en el contexto europeo. Por lo que al JAD concierne, el trabajo del IAC en Física solar es muy importante y la dirección del Dr. Pere Pallé en la SPS de la EPS lo refleja.”

••• **¿Cree necesario que las comunidades de físicos y astrofísicos trabajen juntos?** “Está claro que es muy importante reunir a las comunidades de Astrofísica y de Física, especialmente en el nivel del estudiante de postgrado. Las dos comunidades tienen mucho que aprender la una de la otra, y los temas de Física y Astrofísica de Partículas realmente tienen pocos límites entre ellos porque el estudio del Universo, de su contenido y de sus interacciones está en la base de ambas disciplinas. Para que Europa continúe jugando un papel importante en este trabajo debemos tener buena coordinación entre los diversos organismos nacionales y entre el trabajo de los científicos, que es la tarea que el JAD continuará realizando.”

Reunión de "RadioNet"



Reunión de RadioNet en La Laguna. Foto: Miguel Briganti (SMM/IAC).

La Red de Institutos de Radioastronomía Avanzada en Europa (RadioNet) eligió el IAC, en La Laguna (Tenerife), para su reunión de coordinación con OPTICON (Red Europea de Astronomía Óptica e Infrarroja), el pasado 11 de marzo. Tras la reunión de la junta directiva, celebraron una serie de charlas de intercambio en el Aula del IAC con astrónomos de este centro de investigación. Después, los miembros de RadioNet visitaron el Observatorio del Teide (Tenerife).

RadioNet es un nuevo programa astronómico europeo, que formalmente se puso en marcha en marzo con la reunión en Tenerife. Es significativo que, aunque RadioNet sea una agrupación de observatorios de Radioastronomía, este encuentro se celebrara en la sede de un centro con observatorios en su mayor parte ópticos, que constituyen de hecho el *European Northern*

Observatory. Esto obedece a uno de sus principales objetivos: la construcción de puentes y la mejora de la comunicación entre todos los astrónomos de la Unión Europea. «Pensaron que sería bueno reunirse en un instituto ajeno a la red para interaccionar con los colegas que trabajan en otras longitudes de onda. Esto es muy importante para conseguir una visión global del Universo», comenta Artemio Herrero Davó, Coordinador de Investigación del IAC y catedrático de Astrofísica de la Universidad de La Laguna.

En los últimos años, la Radioastronomía se ha beneficiado de importantes fondos de la Comisión Europea (CE). RadioNet es una iniciativa de infraestructura integrada, financiada dentro del Sexto Programa Marco de la CE, actualmente en curso, con 12,4 millones de euros para los próximos 5 años. Cuenta con 20 socios, que llevarán a cabo diferentes actividades de coordinación, acceso a los radiotelescopios y proyectos conjuntos de desarrollo tecnológico en el campo de la Radioastronomía.

Entre otras metas, RadioNet busca el fortalecimiento de toda la comunidad científica europea, estrechando los lazos con OPTICON e ILIAS, programas de Astronomía también financiados por la CE.



PHILIP DIAMOND
Observatorio de
Jodrell Bank
(Reino Unido)

••• ¿Qué es RadioNet y qué tipo de comunidad quiere crear?

“RadioNet es una red de instalaciones radioastronómicas europeas, financiada por la Comisión Europea. Recientemente hemos recibido 12,4 millones de euros. Tenemos varias metas, pero básicamente queremos que la Radioastronomía en Europa sea más coherente, promoverla y hacer que sea más accesible a astrónomos ópticos, infrarrojos y de países de Europa del Este, que son los países que se están incorporando a la UE. Es intentar que la comunidad crezca y mejorar las instalaciones. Tenemos financiación para desarrollar nuevas tecnologías e intentar mejorar los telescopios, receptores e instrumentos, al igual que en el sector óptico. Ésa es su función, la de intentar conectar todas estas instalaciones y mirar hacia el futuro. ¿Cómo debería estar estructurada la Radioastronomía? Esta especialidad no forma parte de ESO, formalmente. Todos nuestros países sí son parte de ESO, pero no la Radioastronomía, con lo cual siempre hemos sido independientes, y la pregunta es: ¿queremos mantener esa independencia? Estamos considerando esta pregunta, pero básicamente estamos intentando unirnos a la comunidad.”

••• ¿Cuántos institutos componen esta red? ¿Hay institutos de toda la Unión Europea? Hay 20 institutos de toda la Unión Europea: Reino Unido, Francia, Países Bajos,



Alemania, España, Italia, Polonia... También colaboran australianos y suecos. Son muchos países. Aunque no hay grupos de Radioastronomía en todos los países.”

••• ¿Cómo se coordinará la colaboración entre OPTICON y RadioNet?

“Soy el coordinador de RADIONET. Gerry Gilmore es el coordinador de OPTICON, y le hemos invitado a esta reunión a propósito. Yo iré a su reunión, y podremos interactuar bastante. Además, cada año tendremos una mesa redonda en la JENAM, que este año es en Granada. En estos encuentros nos reuniremos con todos los astrónomos presentes, contestaremos a preguntas y resolveremos sus dudas. También vamos a ver si necesitamos desarrollar propuestas conjuntas para el siguiente programa. Por lo tanto, hay varias cosas que pasarán a nivel «senior». Ese es el modo de interactuar.”

••• ¿Hay alguna intención de colaborar con Estados Unidos?

“No hay conexiones formales entre Estados Unidos y RADIONET, pero uno de nuestros proyectos más importantes es, al igual que el VLT, un telescopio óptico de 100 m, el *Square Kilometer Array*, que será enorme, unas cien veces más sensible que los actuales instrumentos. Este proyecto se tiene que llevar a cabo con Estados Unidos, con lo cual Europa y Estados Unidos serán socios a partes iguales. RadioNet forma parte de esa organización, de ahí nuestra fuerte conexión con los americanos. También tenemos mucho contacto personal. Yo viví en Estados Unidos durante doce años.”

••• ¿Cuál es el fin de IAC-RadioNet?

“El IAC no forma parte de RadioNet, pero nos reuniremos dos veces al año: para la reunión de primavera queríamos visitar observatorios ópticos o institutos no radioastronómicos. La otra reunión será con grupos de Radioastronomía. La idea es establecer contactos e interacciones con los astrónomos ópticos. Es bueno ver que en esta sesión científica hay 15 miembros del IAC y 15 personas de RadioNet. Eso es lo que queremos, animar a esta colaboración, y que algunos científicos del IAC usen radiotelescopios.”

••• ¿Cuál será el papel del GTC y de Canarias en todo esto?

“El GTC será el telescopio más grande del Hemisferio Norte. Tengo entendido que España está negociando su entrada en ESO y creo que el GTC es parte de esa negociación. Pero tener un enorme telescopio infrarrojo en el Hemisferio Norte será muy complementario, ya que la mayoría de nuestras instalaciones radiotelescópicas se encuentran en el Hemisferio Norte. El VLT está en Chile, pero no hay muchos radiotelescopios en el sur. Tener un telescopio óptico muy cerca de los radiotelescopios grandes será fantástico porque todos sabemos que la ciencia moderna o la astronomía moderna necesita la observación en bandas múltiples: radio, óptico, infrarrojo, rayos x. Por lo tanto, imagino que se trabajará en conjunto.”

••• OPTICON y RadioNet han sido los proyectos más apoyados comparados con otros proyectos presentados por la comunidad científica. ¿Se debe a la suerte o prueba la importancia de estos proyectos?

“No creo que sea cuestión de suerte. La gente de OPTICON y de RadioNet trabajaron muy duro para crear una propuesta de gran calidad, y por supuesto nos comparan con otros físicos, otros científicos y otras ciencias como la biotecnología o la ingeniería. En mi país, Reino Unido, mis propuestas sólo se evalúan junto a otras propuestas de Astronomía, no con

propuestas de otras ciencias. Esta vez sí pasó, y tuvimos mucho éxito. La Astronomía recibió un sexto de la financiación europea para la infraestructura de investigación, lo cual es increíble. Creo que es porque la gente ve que el público muestra gran interés por la Astronomía. Se ve en los periódicos constantemente, nos llegan muchas preguntas. A la Comisión Europea le gusta la forma en la que nos hemos unido y convertido en un grupo coherente. Por eso creo que lo que nos ayudó a conseguirlo fue el trabajo duro.”

••• ¿En qué consisten los proyectos ALMA y SKA?

“Actualmente, ALMA está en construcción. Es una iniciativa conjunta entre Europa, Estados Unidos y Japón, que también se está involucrando. Se acerca a los 1.000 millones de euros. Se trata de una batería de 64 telescopios en Chile, a unos 5.000 metros de altura, un sitio fantástico. Esto creará un puente entre la Radioastronomía y la Astronomía óptica, y estudiará el polvo y gas frío de una gran variedad de objetos.

SKA es el radiotelescopio de próxima generación, que sobrepasa a ALMA. ALMA estará en funcionamiento cuando empecemos a construir SKA, pero SKA será 1.000 veces mayor que cualquier instrumento que tengamos en este momento. Hemos calculado un presupuesto de unos 1.000 millones de euros para SKA, por lo que hemos enviado una propuesta a la Comisión Europea para estudios de diseño, para desarrollar estas tecnologías. Si tenemos suerte, y si hacemos el trabajo bien, esperamos terminar SKA en el 2020, una fecha cercana a mi jubilación.”

••• ¿Qué opina de los últimos resultados del radiotelescopio VSA, instalado en el Observatorio del Teide, sobre el universo temprano?

“Ha sido una colaboración fantástica y ha funcionado muy bien para el IAC y para Cambridge. Los resultados que se están obteniendo son increíbles, muy comparables a los resultados del satélite WMAP.”





RAFAEL BACHILLER
Observatorio Astronómico
Nacional

••• ¿Hasta que punto son complementarias la Radioastronomía y la Astronomía óptica y en otras longitudes de onda?

“Son totalmente complementarias. No se puede concebir hoy en día un estudio en Astrofísica sin tener en cuenta la información que te proporcionan diferentes rangos de longitudes de onda. En Radioastronomía hay muchos fenómenos que sólo pueden ser estudiados de esa manera, utilizando ese rango de longitudes de onda. Todo lo que se llama el Universo frío, que está oscurecido por el polvo interestelar, y que es por lo tanto invisible en el óptico o en longitudes de onda más cortas y que sólo puede ser estudiado bien en el infrarrojo lejano o bien en ondas de radio.”

••• ¿Cuáles son los principales acuerdos en que se va a materializar la coordinación de OPTICON, por ejemplo, con RadioNet?

“La intención que se tiene es que OPTICON y RadioNet reserven una parte del esfuerzo de networking (del trabajo en red) a ponerse de acuerdo para el

séptimo programa marco y enviar propuestas coordinadas, o incluso una única propuesta europea.”

••• ¿Qué papel puede tener el IAC en esta red, y en concreto con el proyecto COSMOSOMAS?

“En el caso de RadioNet, COSMOSOMAS no forma parte formal de la red, pero lo que esperamos es que este tipo de reuniones, aquí en el instituto, lo que sí permita es desencadenar estos nuevos acuerdos, nuevas colaboraciones con institutos que, por el momento, no forman parte de la red oficialmente, pero que pueden llegar a colaborar con la red de una manera cada vez más estrecha.”

••• ¿En concreto en este proyecto, cómo sería esta colaboración?

“Uno de los objetivos centrales de la red es trabajar en grupo, concentrar y coordinar todos los esfuerzos europeos, hacia unos objetivos comunes, y espero que tanto para los proyectos de Radioastronomía de aquí del instituto como para otros institutos que no forman parte formalmente de la red todavía, se acabe coordinando dentro del sexto programa marco o del séptimo, tan pronto y de la manera más eficaz posible.”

••• ¿Qué papel pueden tener proyectos como el Gran Telescopio Canarias (GTC) en estas relaciones?

“En el marco de la Unión Europea, un papel central, porque el desarrollo de un telescopio de la envergadura del GTC va a tener una importancia crucial en el desarrollo de los grandes telescopios o de los telescopios gigantes de próxima generación. Toda la astronomía europea se dirige hacia el diseño y la construcción de un telescopio gigante, y entonces todas las herramientas que se desarrollen para el GTC, todo lo que es óptica adaptativa y demás, será de gran utilidad. Será un paso previo para luego aplicarlo a telescopios de varias decenas de metros: 30, 50 ó 100 metros de diámetro.”

••• El hecho de que hayan sido la Radioastronomía y la Astronomía óptica las áreas científicas que han contado con la financiación de la Unión europea comparadas con otras ciencias. ¿Ha sido casualidad o es que realmente, en el ámbito europeo, son ciencias de gran importancia?

“Sí, yo creo que la Astronomía, además de tener un gran tiro social, es una de las ciencias más atractivas desde siempre. En estos momentos, los temas de estudio son de mucho interés, no sólo en el seno de la Astrofísica, sino también para el estudio de la Física de altas energías. Estos proyectos de astrofísica tienen tanto éxito porque están dirigidos hacia estudios muy básicos de la naturaleza y hacia los temas que más le han preocupado al hombre tanto a nivel científico como filosófico durante toda la historia de la ciencia. No hay ninguna razón para que este interés decaiga en este momento.”

••• ¿Hasta qué punto el Observatorio Astronómico Nacional (OAN) está implicado en los proyectos ALMA y SKA?

“Dentro de los objetivos del OAN está integrarse y contribuir a estos proyectos internacionales. En Radioastronomía sucederá como con la Astronomía óptica próximamente, que a la hora de hacer un telescopio de 50 ó 100 m, un país solo no se lo podrá permitir, ni siquiera Estados Unidos, y por ello se terminará colaborando con Europa o con Japón. Y para tener acceso a estos instrumentos, a estos radiotelescopios gigantes de la próxima generación, hay que ponerse de acuerdo a nivel internacional, tratando de empujar todos en la misma dirección para llegar a tener esas observaciones de gran precisión y sensibilidad. Tanto ALMA como SKA están entre las prioridades más altas del OAN.”



GERARD GILMORE
Instituto de Astronomía de
Cambridge (Reino Unido)

••• ¿Qué es OPTICON?

“OPTICON consiste en un determinado número de personas, la mayoría de las cuales estudian Astrofísica. En la práctica, la organización de diferentes instalaciones se hace de forma distinta para la Radioastronomía y para la Astronomía óptica, y por esta razón tenemos dos redes, aunque sólo exista una comunidad de astrónomos, y nos unimos para asegurarnos de que nuestros planes se apoyan mutuamente y a la comunidad, no compitiendo y olvidando algo. No queremos permitir que un grupo entero de personas sean olvidadas accidentalmente y pasen inadvertidas.”

••• ¿Cuál es la función del GTC en esta colaboración?

“La coordinación de redes coordina a gente, no a telescopios. Los dueños de los telescopios manejan los telescopios. Nuestra función es permitir que los astrónomos utilicen los telescopios. La única manera en la que las redes son de importancia para los telescopios es reuniendo a los directores y a los dueños de los telescopios para que aseguren que los distintos telescopios se combinen los unos con los otros y no pierdan el tiempo haciendo las mismas observaciones. La verdadera meta del GTC y de OPTICON en todo esto es asegurarse de que el dinero que se está usando para construir instrumentos para el GTC es especial para el GTC, para mejorarlo y que sea más único de lo que sería de otra manera, y no sólo una copia.”

Visita del astronauta Miguel López-Alegría

El astronauta Miguel López Alegría visitó el Observatorio del Teide el pasado 5 de junio, después de participar en un coloquio sobre “Cómo se vive en el espacio” en el Museo de la Ciencia y el Cosmos del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife. Ingeniero de sistemas, piloto de pruebas y astronauta de la NASA, este madrileño de nacimiento participó en la misión espacial STS-73, la más larga en el espacio (1995), y en la misión STS-92, con la que se convirtió en el primer hispano en hacer una caminata espacial (2000). Por último, su tercera misión espacial fue la STS-113.



Miguel López Alegría, visitando la OGS y THEMIS en el Observatorio del Teide, en Tenerife. Fotos: Luis Cuesta (IAC).

Visita del astronauta Pedro Duque

El astronauta español Pedro Duque visitó el pasado 29 de enero, invitado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, el Observatorio del Roque de los Muchachos, del IAC, en el municipio de Garafía (La Palma). Le acompañaba José Manuel Leceta, Jefe del Departamento de Programas Tecnológicos y de Aplicaciones del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI).

En la rueda de prensa que tuvo lugar al término de la visita, Duque destacó la limpieza del cielo de Canarias: “Es la vez –dijo– que mejor he visto el cielo en toda mi vida” y subrayó la necesidad de promover leyes del cielo en todo el mundo como la que existe en Canarias para que los niños, sobre todo los que viven en las ciudades, normalmente con contaminación lumínica, también puedan ver las estrellas.

Duque comentó igualmente la necesidad de complementar la investigación en el espacio con telescopios en tierra, como el futuro Gran Telescopio CANARIAS (GTC), de 10,4m de diámetro, cuyas obras tuvo la oportunidad de conocer acompañado por Pedro Álvarez, director de GRANTECAN, la empresa que lo construye. Duque también visitó el Telescopio “William Herschel”, de 4,2m, del Grupo de Telescopios Isaac Newton, y el Telescopio Nacional “Galileo”, de 3,58m y de nacionalidad italiana.

El astronauta se mostró sorprendido por lo comprometido de la ciudadanía palmera con el desarrollo de la ciencia, aludiendo a la existencia de astrónomos aficionados en la isla y, en concreto, los miembros de la Agrupación Astronómica Isla de La Palma, con quienes realizó observaciones astronómicas durante la noche anterior.

En la rueda de prensa con los medios de comunicación intervinieron igualmente Vicente Peñate, Alcalde de Garafía, quien agradeció al astronauta su presencia en La Palma, y Francisco Sánchez, Director del IAC, quien recordó que en este Instituto se lleva muchos años trabajando también en proyectos espaciales, “una muestra clara –señaló– de que hay que hacer ciencia tanto en tierra como desde el espacio”.

ENCUENTRO CON ESCOLARES

Pedro Duque mantuvo posteriormente, en el Ayuntamiento de Garafía, un encuentro con más de 70 escolares de distintas edades y de la zona, que le hicieron preguntas sobre su formación profesional y su vida en el espacio. Duque contestó que para ser astronauta había que estudiar mucho y llevar una vida saludable (no fumar, no tomar drogas). También le preguntaron por lo que más había añorado durante los 10 días que ha permanecido en la Estación Espacial Internacional (ISS), formando parte de la misión “Cervantes”, a lo que respondió que, por ejemplo, no poder abrir las ventanas, no elegir la comida como en un restaurante y, por supuesto, la falta de gravedad.



Distintos momentos de la visita de Pedro Duque al Observatorio del Roque de los Muchachos y al municipio de Garafía, donde tuvo un encuentro con los niños de la localidad. Fotos: Luis Cuesta (IAC).

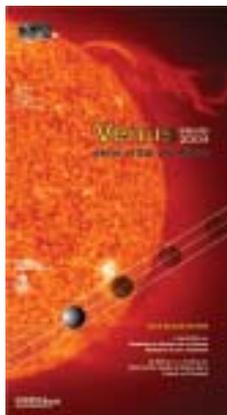
El tránsito de Venus

El día 8 de junio fue un día especial para la Astronomía. Se produjo un tránsito de Venus sobre el disco solar, algo que no sucedía desde hacía más de 100 años, en concreto, desde el 6 de diciembre de 1882. Con motivo de este tránsito, el IAC preparó una campaña de observación y de divulgación del acontecimiento. Desde diversos telescopios ubicados en los dos observatorios canarios se observó el tránsito, y las imágenes se distribuyeron en Internet a través del portal en <http://www.iac.es/tv2004>. Los telescopios DOT y SST, del Observatorio del Roque de los Muchachos, en Garafía (La Palma), y VTT, THEMIS, GONG y SLOOH, del Observatorio del Teide, en Izaña (Tenerife), así como el Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna, participaron en esta campaña. También, aficionados de la Agrupación Astronómica Isla de La Palma (AAP), desde el Observatorio del Roque de los Muchachos, así como aficionados de Gran Canaria, Madrid y Barcelona, contribuyeron a la campaña con sus imágenes.

El IAC también editó una Unidad Didáctica sobre ocultaciones y tránsitos en la que se explicaba la fenomenología de estos eventos astronómicos y se proponían actividades y prácticas relacionadas con ellos.

CAMPAÑA EN LA PALMA

En colaboración con los Centros de Profesores (CEP) de La Palma, el IAC organizó una campaña de observación y de divulgación del acontecimiento, especialmente dirigida a esta isla, donde se encuentra el Observatorio del Roque de los Muchachos. Esta



Diseño: Miriam Cruz.



Miembros de la AAP durante la observación en el ORM.

campaña consistió en la explicación del fenómeno a los centros de educación de la Isla que lo solicitaron, en concreto los CEP de Santa Cruz de La Palma (13 grupos, 363 alumnos) y de los Llanos (5 grupos, 128 alumnos). Estos grupos de alumnos, por turnos desde las 9:00 h hasta las 13:00 h a lo largo de toda la duración del tránsito en Canarias, recibieron en la sede de los CEP una charla explicativa del fenómeno junto con la retransmisión del tránsito, a cargo de los astrofísicos Luis Cuesta, del IAC, y Antonio García, del Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING). Finalizada esta explicación, se estableció también para cada turno una ronda de preguntas por videoconferencia con los astrofísicos del IAC Inés Rodríguez Hidalgo, Manuel Vázquez y Noelia Noel.

CAMPAÑA EN EL MUSEO

Por su parte, el Museo de la Ciencia y el Cosmos, del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, conectó desde las 6:30 de la mañana (hora local) con el Museo Miramón de San Sebastián, desde donde se recibieron las imágenes del comienzo del tránsito, que desde Canarias no se pudo ver al no haber salido el Sol. Desde las 7:30 hasta las 11:30 de la mañana (hora local), el Museo ofreció también una observación directa del fenómeno con comentarios de científicos y conexiones con telescopios de distintos observatorios.

TRÁNSITOS, ECLIPSES Y OCULTACIONES

Se pueden dar tres tipos de pasos de un cuerpo celeste sobre otro, según sus tamaños relativos. En un tránsito, un cuerpo de menor

A TRAVÉS DEL PRISMA

tamaño cruza por delante de otro mayor; en un eclipse, los dos cuerpos son de tamaños parecidos; y en una ocultación, un cuerpo de mayor tamaño pasa por delante y tapa a otro de menor tamaño. Por este motivo, sólo los planetas interiores producen tránsitos sobre el Sol, y sólo la Luna eclipsa al Sol, mientras que todos los planetas pueden ser ocultados por el Sol o la Luna. Sin embargo, no existen tránsitos sobre la Luna.

Al igual que sucede con los eclipses de Sol, no se producen tránsitos de Venus en todas las conjunciones (inferiores) del planeta, es decir, cuando la Tierra, el Sol y Venus están alineados. Esto es por la inclinación entre la órbita de Venus y la eclíptica; en la mayoría de las conjunciones, Venus pasa por encima o por debajo del Sol. Sólo cuando la conjunción se produce en el momento en que Venus se encuentra en los puntos en los que su órbita cruza la eclíptica, llamados «nodos», ocurren los tránsitos.

En un tránsito existen cinco momentos importantes: el contacto exterior inicial, que marca el inicio del tránsito; el contacto interior inicial, el primer momento en que Venus está completamente dentro del disco solar; el instante medio, cuando Venus está más cerca del centro del disco solar; el contacto interior final, la última vez que Venus está completamente dentro del disco solar; y el contacto exterior final, que marca el final del tránsito.

VISIBILIDAD EN CANARIAS

El tránsito de Venus del día 8 de junio fue visible en España, si bien desde Canarias no se pudieron observar los contactos iniciales. En Canarias, el tránsito se inició cuando el Sol aún no

había salido por el horizonte. Para el resto de España, estos contactos iniciales también se produjeron con el Sol muy bajo. El Sol salió ese día en Canarias a las 7:08 hora canaria, mientras que el tránsito se inició a las 6:21. En la Península Ibérica, el Sol salió entre las 6:20 y las 7:04, dependiendo de la posición geográfica, mientras que el tránsito se inició a las 7:20 con una ligera variación de pocos segundos con la posición geográfica. El primer contacto interior se produjo a las 7:40. El instante medio, en Canarias, a las 9:25 hora canaria, y en la Península Ibérica, a las 10:23. Finalmente, los contactos finales se produjeron en Canarias a las 12:07 y 12:26 hora canaria y en la Península Ibérica a las 13:05 y 13:25. Hubo una ligera variación de unos segundos para los instantes dados para la Península Ibérica en función de la posición geográfica. La duración total del fenómeno fue de más de 6 horas.

El próximo tránsito de Venus se producirá el 6 de junio de 2012, pero no será visible desde España. Los dos siguientes tránsitos tendrán lugar el 11 de diciembre de 2117 y el 8 de diciembre de 2125.

EL SEGUNDO PLANETA DEL SISTEMA SOLAR

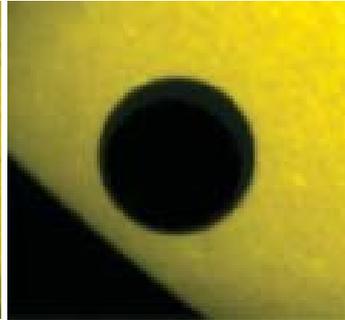
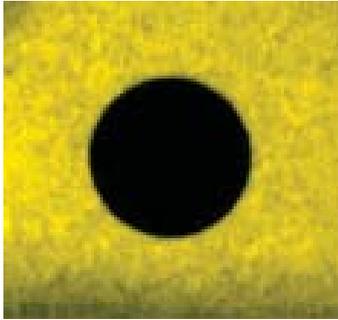
Venus es el segundo planeta más próximo al Sol, del que se encuentra a una distancia media de 108 millones de km, algo más de dos tercios la distancia de la Tierra a nuestra estrella. Su tamaño es muy parecido al terrestre, con 12.100 km de diámetro, no teniendo achatamiento. También la masa y la densidad son parecidas a las terrestres. El año venusiano, un poco más corto que el terrestre, dura 225 días. Sin embargo, las diferencias empiezan cuando hablamos del día en Venus. El planeta tarda 243 días en dar una vuelta completa sobre sí mismo; el día de Venus es más largo que su año. Además, lo hace en sentido retrógrado, allí el Sol y todas las estrellas salen por el Oeste y se ponen por el Este. Eso si se viesen, porque la atmósfera de Venus es tremendamente densa y opaca; tanto, que no podemos ver su superficie, ni con los mejores telescopios ni con las sondas en órbita allí enviadas. Sólo tenemos datos de la superficie gracias a las detecciones de radar y a las sondas que han conseguido llegar a la superficie y enviar imágenes antes de su destrucción. Su atmósfera está compuesta esencialmente de dióxido de carbono, aunque en las capas más altas aumentan las proporciones de oxígeno, nitrógeno y monóxido de carbono. También se encuentran en cantidades mucho menores dióxido de azufre y vapor de agua, que varían con la altura. Estos dos compuestos reaccionan y dan lugar a ácido sulfúrico, el cual produce lluvias corrosivas que modifican sustancialmente el paisaje. Ello también hace que el efecto invernadero sea intenso en Venus y se produzcan presiones de más de 90 atmósferas y temperaturas muy elevadas de hasta 460°C, más que en la superficie de Mercurio, que está más cerca del Sol. La superficie de Venus es bastante homogénea, con muy pocas elevaciones o simas. Tampoco hay muchas evidencias de impactos meteoríticos o de volcanes, aunque se piensa que Venus sigue siendo activo telúricamente; seguramente, la erosión y la corrosión han borrado estas evidencias. Los vientos en la atmósfera de Venus son también extremos, con valores que aumentan con la altura: en la baja atmósfera se dan vientos de unos 30 km/h, mientras que en la alta atmósfera alcanzan los 500 km/h, lo que provoca una rotación de la capa gaseosa 60 veces más rápida que el planeta sólido.

DATOS ESTADÍSTICOS:

- Intentos de acceso (*hits*): 194041
- Visitas totales: 12599
- Visitas desde ordenadores diferentes (*total unique sites*): 8896
- El mayor tráfico tuvo lugar entre las 10:00 h y las 12:00 h de la mañana.

A TRAVÉS DEL PRISMA

El tránsito de Venus



Venus sobre el disco solar (a la izquierda) y cerca del borde solar justo antes de formar la «gota negra». THEMIS (OT). THEMIS (OT).



Venus cerca del borde del Sol. THEMIS (OT).

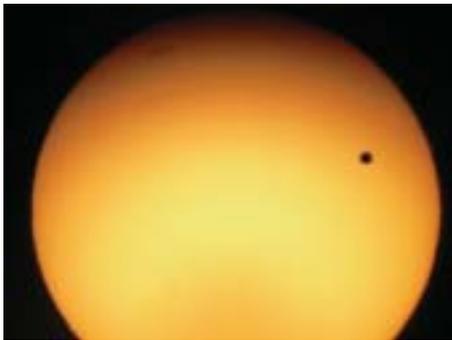
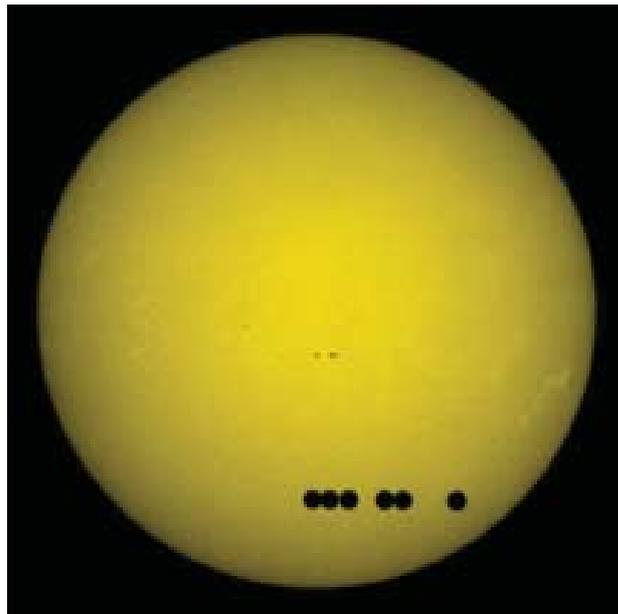


Foto del tránsito de Venus tomada con cámara digital sobre un telescopio de 20 cm. DA-ULL.



Foto del tránsito de Venus tomada con cámara digital acoplada a T-114mm. DA-ULL, en el Observatorio del Teide. Abajo, secuencia del eclipse.

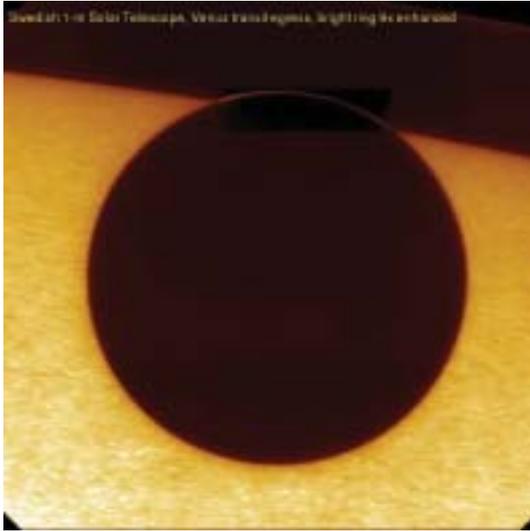


Composición de imágenes de Venus sobre el disco solar. GONG (OT).



A TRAVÉS DEL PRISMA

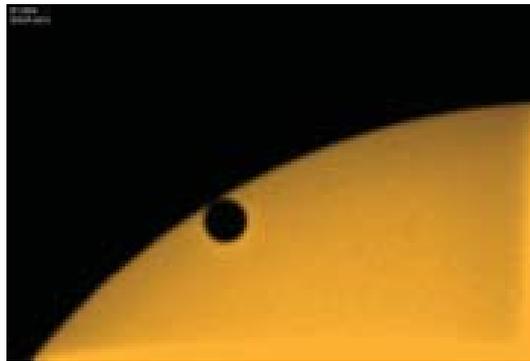
El tránsito de Venus



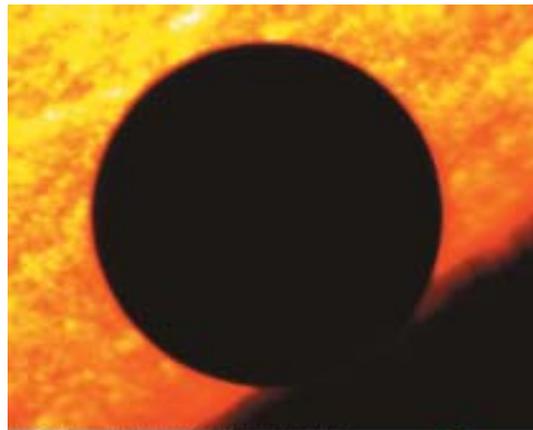
Venus atravesando el borde solar que destaca la atmósfera. SST (ORM).



Venus en el disco solar. SST (ORM).



Venus en el borde solar. SLOOH (OT).



De silhouete van de Venusomgving 2004, waargenomen door de Utrechtse Dutch Open Telescope (DOT) op La Palma om 13:01:34 (Nederlands 13:01). De stabilere structuur op de zon is de chromosfeer, het laagje gelagten direct van de zonnenuitwendige. De atmosfeer van Venus is amper een dubbel zo stabielere omdat deze heel even opgelicht wordt door het zonlicht.

Venus en el borde solar. DOT (ORM).



Venus en el borde del Sol. AAP.



Miembros del la AAP participantes en la observación en el ORM.

Concurso «Cuando la Luna se esconde»



Cartel anunciador del concurso "Cuando la Luna se esconde". Diseño: Gotzon Cañada.

Con motivo del eclipse total de Luna del pasado 4 de mayo, el IAC, a través del Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma) y de los Centros de Profesores (CEP) de esta isla, organizó el concurso «Cuando la Luna se esconde». La entrega de premios tuvo lugar el 25 de junio, en la Sala O'Daly de Santa Cruz de La Palma, donde durante una semana se expusieron los trabajos presentados.

Este concurso iba dirigido a los centros de enseñanza de la isla de La Palma y se convocaba en dos modalidades: dibujo infantil, para alumnos de primaria, y cartel explicativo, para alumnos de secundaria, sobre el eclipse total de Luna. Para orientar a profesores y alumnos, varios astrofísicos del IAC –Luis Cuesta, Mark Kidger, Karin Ranero, Miquel Serra y Laura Ventura-, dieron una serie de charlas sobre eclipses, los pasados días 27, 28 y 29 de abril, en los centros que lo habían solicitado. Previamente, Laura Calero había presentado el concurso en los centros de enseñanza de Santa Cruz de La Palma y los Llanos de Aridane.

El concurso «Cuando la Luna se esconde», coincidiendo con el eclipse de Luna del pasado 4 de mayo, se organizó con el objetivo de responder al creciente interés de la comunidad educativa de La Palma por los diferentes eventos astronómicos visibles desde la Isla. En el concurso han participado más de 200 alumnos de 10 centros de la isla de La Palma.

El jurado ha estado compuesto por Juan Carlos Pérez Arencibia, Laura Calero Hernández y Luis Cuesta Crespo, por parte del IAC, Ángeles Expósito Medina, del CEP de Santa Cruz, Martín Taño García, del CEP de los Llanos, y Juan Antonio González Hernández, de la Agrupación Astronómica Isla de La Palma (AAP).

El acto de entrega estuvo presidido por Primitivo Jerónimo, Consejero de Cultura del Cabildo de La Palma. También estuvieron presentes Juan Manuel Guillén, Vicepresidente de la Agrupación Astronómica Isla de La Palma (AAP); Francisco Sánchez Pérez, Vicepresidente Primero de Cajacanarias; Vicente

En este concurso, organizado por el IAC con motivo del eclipse de Luna del pasado 4 de mayo, han participado más de 200 alumnos de 10 centros de la isla de La Palma.

Concurso «Cuando la Luna se esconde»

Peñate, Alcalde de Garafia; Juan Guerra, Concejal del Ayuntamiento de Puntallana; y por parte del IAC, su director, Francisco Sánchez, junto con Juan Carlos Pérez Arencibia, Administrador del Observatorio del Roque de los Muchachos, y Laura Calero, de la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación del IAC, que actuaron estos últimos como Presidente y Secretaria del Jurado, respectivamente.

Los premios han consistido, entre otros, en mochilas con materiales didácticos sobre astronomía, prismáticos, un telescopio y visitas guiadas al Observatorio, según las modalidades.

MODALIDAD A: Mejor dibujo infantil

De los 45 participantes en esta modalidad, el primer premio ha correspondido a Ramón Ramos Cabrera, del CEIP Gabriel Duque Acosta, centro que también recibe premio. En esta modalidad, el jurado ha concedido dos accésit a los dibujos realizados por Felipe Rodríguez Galván (CPEIPS Santo Domingo de Guzmán) y Erik Santana Peña (CEOC de Barlovento).

MODALIDAD B: Mejor póster

De los 41 carteles presentados por los 161 participantes en esta modalidad, el primer premio ha correspondido al trabajo realizado por los alumnos Sergio Álvarez, Esther Cobiella y Patricia Bolaños. Tal y como aparece en las bases del concurso, se otorga también un premio al centro al que pertenecen los alumnos ganadores del primer premio, en este caso, el IES Luis Cobiella Cuevas. El jurado igualmente ha concedido un accésit al trabajo realizado por los alumnos Rosa M. Batista, Michelle Colmenars, Beatriz Gmelch y Pablo Rodríguez, pertenecientes a la Escuela de Arte de Santa Cruz de La Palma. Y se concede una mención especial al IES Alonso Pérez Díaz y al IES Virgen de Las Nieves.

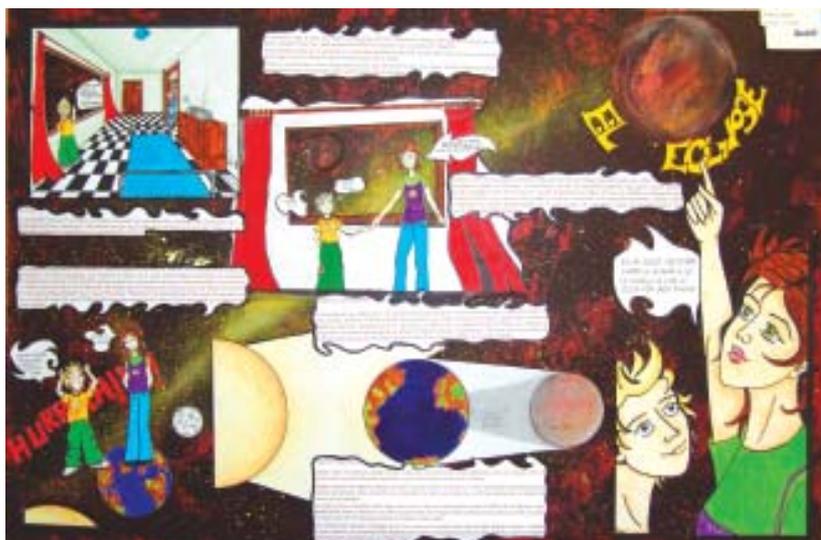


CENTROS PARTICIPANTES:

CPEIPS Sagrada Familia de Nazaret
Escuela de Arte
IES Alonso Pérez Díaz
IES Virgen de Las Nieves
IES Luis Cobiella Cuevas
IES Las Breñas
CEOC Barlovento
CEIP Gabriel Duque Acosta
CPEIPS Santo Domingo de Guzmán
CEIP Anselmo Pérez Brito

Fotos de los premiados, del jurado y algunos de los premios del concurso, en la sala O'Daly de Santa Cruz de La Palma. Fotos: Luis Cuesta (IAC).

Concurso «Cuando la Luna se esconde»



Arriba, primer premio en la modalidad de dibujo infantil, trabajo realizado por Ramón Ramos Cabrera (a la izquierda), del CEIP Gabriel Duque Acosta. Fotos: Luis Cuesta (IAC).

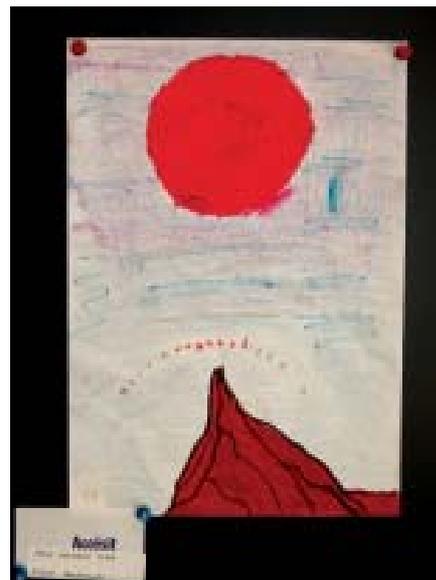
Abajo a la izquierda, accésit en la modalidad de póster, trabajo realizado por los alumnos Rosa M. Batista, Michelle Colmenars, Beatriz Gmelch y Pablo Rodríguez, pertenecientes a la Escuela de Arte de Santa Cruz de La Palma. Foto: Luis Cuesta (IAC).

Concurso «Cuando la Luna se esconde»



A la izquierda, primer premio en la modalidad de póster, trabajo realizado por los alumnos Sergio Álvarez, Esther Cobiella y Patricia Bolaños (arriba en la foto junto a su profesor), del IES Luis Cobiella Cuevas. Fotos: Luis Cuesta (IAC).

Abajo, los dos accésit en la modalidad de dibujo infantil, concedidos a Felipe Rodríguez Galván (CPEIPS Santo Domingo de Guzmán) por el dibujo de la izquierda, y a Erik Santana Peña (CEOC de Barlovento) por el dibujo de la derecha. Fotos: Luis Cuesta (IAC).



Concurso «Kdams para Ciencias?»

El programa de radio CANARIAS INNOVA convocó en noviembre de 2003 el concurso escolar «Kdams para ciencias?». Con este concurso, el equipo del programa pretendía fomentar entre los escolares de Enseñanza Primaria y Secundaria de las Islas el interés por la ciencia y la tecnología, por la investigación y por la divulgación científica. Por ello, les invitaron a producir su propio programa de radio sobre cualquiera de los temas científicos abordados por CANARIAS INNOVA.

El tema que los alumnos eligieran podía basarse tanto en el contenido central de esos programas emitidos, así como en la temática de cualquiera de las secciones, reportajes y entrevistas de CANARIAS INNOVA desde sus inicios (julio de 2000). «Kdams para ciencias?» (¿quedamos para ciencias?) consistía básicamente en la realización de un guión de radio junto con todos aquellos contenidos que los alumnos quisieran añadir, como entrevistas, reportajes, secciones, etc.

De todos los trabajos recibidos hasta el 28 de febrero, el jurado eligió los trabajos presentados por el IES San Hermenegildo de La Laguna (Tenerife) y el IES Guía de Gran Canaria.

El trabajo presentado por el instituto lagunero llevaba por título «Los museos científicos de

El IES San Hermenegildo de Tenerife y el IES Guía de Gran Canaria ganan el concurso organizado por el programa de radio CANARIAS INNOVA

Canarias» y en él los alumnos hacían un repaso por estas instituciones que, según ellos, constituyen «auténticos buques insignia de la didáctica».

Los alumnos del IES Guía de Gran Canaria titularon su trabajo «Cuando los elefantes sueñan con la Luna». En él abordaban como tema central el hombre y el satélite natural de la Tierra.

Este concurso establecía como premio que los alumnos pudieran hacer realidad su proyecto y lo emitieran en Radio Nacional de España en Canarias. De esta manera, el IES San Hermenegildo emitió su programa el 2 de mayo y el IES Guía el 9 de mayo. Ambos programas se emitieron en la franja horaria de CANARIAS INNOVA, de 12:10h a 13:00h. Los programas de radio se pudieron seguir tanto por internet en www.canariasinnova.com como por las frecuencias habituales de RNE en Canarias, Radio 1.

El programa CANARIAS INNOVA es fruto de una colaboración, iniciada en julio del año 2000, entre el IAC y Radio Nacional de España (RNE). Son ya más de 170 programas emitidos sobre ciencia y tecnología, para todos los públicos, sobre prácticamente todas las disciplinas científicas. Más de 300 expertos han pasado por los micrófonos del programa con el objetivo de tratar de hacer más comprensible la ciencia y la tecnología a la sociedad canaria.

Ganadores del concurso en las instalaciones de RNE en Canarias, desde donde se realiza CANARIAS INNOVA.



Concurso «Fotocósmica»



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

Con el fin de crear el Banco de Imágenes Astronómicas (BIA), el IAC ha organizado el concurso "Fotocósmica 2004". Esta iniciativa está financiada por el Programa de Difusión y Divulgación Científica y Técnica del Plan Nacional de I+D+I y forma parte de las actividades de divulgación científica del IAC. El concurso va dirigido a astrónomos aficionados, astrofotógrafos y personas interesadas en astronomía residentes en el territorio nacional.

El material presentado consiste en imágenes astronómicas y fotografías del cielo procesadas digitalmente. El concurso abarca las modalidades de telescopio y cámara fotográfica. Los temas a fotografiar se clasifican según los siguientes apartados: Luna, Sol, eclipses, planetas, cometas, nebulosas, galaxias, fotos de gran campo (que comprenda varios objetos) y atmósfera (auroras boreales, lluvias de estrellas, etc.).

Tras finalizar el plazo para la recepción de imágenes el 31 de octubre de 2004, el fallo se hará público el 30 de noviembre de 2004 y el jurado valorará positivamente el equilibrio entre la belleza y el valor científico de las imágenes. Las mejores fotografías de cada tema formarán parte del Banco de Imágenes Astronómicas del IAC y una selección final integrará

la exposición itinerante "Fotocósmica 2004". El autor de la mejor foto de cada categoría recibirá como premio una cámara digital. Se concederá un Primer Premio a la mejor imagen de entre las recibidas. Este premio consistirá en el viaje y la estancia en uno de los observatorios del IAC, para que el autor pueda realizar fotografías desde uno de los telescopios, a determinar. La estancia tendrá lugar durante el primer semestre de 2005.

Las imágenes podrán ser utilizadas, de manera gratuita, por profesores de enseñanza, divulgadores, medios de comunicación, agrupaciones de aficionados, revistas de divulgación científica, etc., siempre que su uso no tenga fines comerciales.

Los astrónomos aficionados disponen de una gran cantidad de imágenes muy valiosas y de gran calidad. Se pretende dar a conocer esas imágenes y sumarlas a las de los centros de investigación de manera que el resultado final sea un catálogo completo, útil y de fácil uso.

Página web del Concurso "FOTOCÓSMICA":
www.iac.es/fotocosmica

Conferencias

ANGEL R. LÓPEZ SÁNCHEZ

- «Bases de la espectroscopía de nebulosas y galaxias» (9/1). Casa de la Juventud de Córdoba.
- «Las vidas de las estrellas» (6/2). IES Calero, Telde (Las Palmas de Gran Canaria).
- «Formación estelar en galaxias: un enfoque astrofísico» (20/4). Facultad de Física y Matemáticas de la Universidad de la Laguna.

MARC BALCELLS

- «La historia del Universo» (19/1). Colegio Público Miguel Pintor, Santa Cruz de Tenerife.

JESÚS BURGOS MARTÍN

- «Formación y movilidad de investigadores en Europa» (30/1). En «I Jornada de Movilidad. Ayudas a nivel nacional y europeo», Instituto Canario de Ciencias Marinas, ICCM, Las Palmas de Gran Canaria.
- «Avances tecnológicos de la Astrofísica» (21/4). En el Curso de la Cátedra «Blas Cabrera Felipe» sobre «COSMOLOGÍA». El Universo y el Hombre: Perspectivas científicas y tecnológicas». Sociedad Económica de Amigos del País, La Laguna (Tenerife).
- «CANARIAS INNOVA, 4 años en antena» (29/6). Museo de la Ciencia y el Cosmos de La Laguna (Tenerife).

FRANCISCO SÁNCHEZ

- «Explotación astronómica del *Cielo Teidiano*». (marzo). Parques Nacionales, Teide Patrimonio de la Humanidad.
- «De la Astronomía aborígen a la moderna Astrofísica en Canarias» Y «La Astrofísica del siglo XXI pasa por Canarias». Las dos conferencias se dieron en el Palacio Salazar de Santa Cruz de La Palma (25 y 26/5) y en el Casino de Tenerife (27 y 28/5), en las «Jornadas Ejército y Sociedad», organizadas por la Cátedra General Gutiérrez (colaboración entre el Mando

Militar de Canarias y la Universidad de La Laguna).

CARME GALLART

- «La Vía Láctea y más allá: un Universo de galaxias» (11/3). Aula de la sede central del IAC a alumnos del IES Moli de la Vila de Capellades (Barcelona).

LUIS CUESTA

- «La Astrofísica del s. XXI: la Astronomía que viene» (24/3). XI Ciclo de Conferencias de Astronomía y Cosmología del Grupo Universitario de Astronomía de Valladolid.

ANTONIO MAMPASO

- «Las nebulosas planetarias y el origen de la vida» (25/3). Instituto de Estudios Hispánicos, Puerto de la Cruz (Tenerife).
- «Prehistoria de la vida: del cangrejo del Sur al ojo del gato» (17/6). Fundación César Manrique, Lanzarote.

RAFAEL REBOLO

- «Las Fronteras del Cosmos» (30/3). En V Jornadas de Astronomía de la Universidad Popular, en Murcia.

EDUARDO MARTÍN GUERRERO

- «Bioastronomía» (21/4). Real Sociedad Económica de Amigos del País, La Laguna (Tenerife).
- «Otros mundos, enanas marrones y exoplanetas» (13/5). Residencia de estudiantes «Eduardo Abril Martorell», Universidad Carlos III, de Madrid.

SERGIO CHUECA

- «El futuro de la exploración del Universo desde la Tierra» (23/4). La Casa Verde de Aguilar de Gáldar (Las Palmas de Gran Canaria), organizada por la Escuela de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, el Ayuntamiento de Gáldar y el Instituto Universitario de Ciencia y Tecnología Cibernética.

LAURA VENTURA

- «Investigación astrofísica en Canarias» (28/5). IES Sabino Berthelot, Ravelo (Tenerife).
- Curso «Introducción a la Astrofísica «Odyssey in the Space – Time» (17-19/6). Hotel Taburiente Playa (La Palma) a un grupo de profesores suecos de enseñanza secundaria de las asignaturas de Física, Matemáticas y Ciencias en general.

JORGE GARCÍA ROJAS

- «Un paseo por el cielo de los antiguos» (29/4). En «II Simposio de la Sociedad Canaria de Profesores de Latín y Griego INSULAE». Sede de la UNED en La Laguna.

MANUEL VÁZQUEZ ABELEDO

- «Marte: Historias de Agua y Vida» (29/4). Instituto de Bioorgánica «Antonio González», de la Universidad de La Laguna.

INÉS RODRÍGUEZ HIDALGO

- «Conviviendo con una estrella» (6/5). En ciclo «La ciencia ante el público», organizado por el Aula Cultural de Divulgación Científica –ACDC– de la Universidad de La Laguna. CajaCanarias de Santa Cruz de Tenerife.

LUIS A. MARTÍNEZ SÁEZ

- «La comunicación en un centro de investigación: el caso del IAC» (28/5). En Master en Comunicación Científica. Institución de Educación Continua. Universidad Pompeu Fabra, Barcelona.

Colaboraciones

- Karin Ranero y Laura Ventura han colaborado en la revisión de libros sobre Astronomía de la editorial SPES.

DIVULGACIÓN

CURSOS

• MARATÓN CIENTÍFICO SOBRE ASTROFÍSICA «LA ASTRONOMÍA QUE VIENE»

El 22 de abril tuvo lugar, en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (Madrid), un maratón científico sobre Astrofísica, dirigido por Francisco Sánchez, Director del IAC, en el que participaron e impartieron charlas las siguientes personas:

- «La evolución darwiniana del Universo». ANTONIO MAMPASO (IAC).
- «Formación y evolución del Universo y sus grandes estructuras». IGNACIO GARCÍA DE LA ROSA (IAC).
- «Evolución de los planetas y la vida». AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA (Univ. del País Vasco).
- «Marte es una estrella ... de la televisión». MÓNICA SALOMONE
- «El Gran Telescopio CANARIAS y los telescopios del futuro». JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ ESPINOSA (IAC).
- Mesa redonda con la participación del Director del IAC con todos los ponentes.

• CURSO DE ASTRONOMÍA «DESCUBRIENDO EL UNIVERSO»

Organizado por la Universidad Politécnica de Cartagena y la Caja de Ahorros del Mediterráneo, del 9 de febrero al 29 de marzo, celebrado en el aula de cultura de la Caja de Ahorros del Mediterráneo. Impartieron charlas las siguientes investigadoras del IAC:

- «Los grandes telescopios motores de la Astronomía del siglo XXI». JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ ESPINOSA (IAC).
- «Reflejo del Cosmos: Astronomía y Cultura en el Mediterráneo antiguo». JUAN ANTONIO BELMONTE AVILÉS (IAC).
- «Nuestra visión del Cosmos». RAFAEL REBOLO LÓPEZ (CSIC-IAC).

• CURSO «CIENCIAS Y PSEUDOCIENCIA: REALIDADES Y MITOS»

Organizado en el marco de los cursos interdisciplinares 2004 del Vicerrectorado de Extensión Universitaria de la Universidad de La Laguna, el curso «Ciencia y Pseudociencia: realidades y mitos», celebrado en la Facultad de Psicología, contó con la participación de varios investigadores del IAC. Como en años anteriores, el curso estuvo dividido en dos módulos, uno titulado «Un panorama en la Ciencia contemporánea (del 11 al 31 de marzo) y otro titulado «El individuo, la sociedad y las pseudociencias» (del 13 de abril al 4 de mayo).

- «Por qué la Ciencia se escribe con mayúscula». INÉS RODRÍGUEZ HIDALGO (IAC/ULL).
- «El origen del Universo». BASILIO RUIZ COBO (IAC/ULL).
- «Amenazas del Cielo». ÁNGEL R. LÓPEZ SÁNCHEZ (IAC).
- «Historias de Marte». MANUEL VÁZQUEZ (IAC).
- «Fuentes de energía y sus implicaciones medioambientales». MANUEL VÁZQUEZ (IAC).
- «La comunicación de los resultados científicos». RAMÓN J. GARCÍA LÓPEZ (IAC/ULL).
- «Astrología para escépticos». CÉSAR ESTEBAN (IAC/ULL).
- «Las Pirámides de Güímar». CÉSAR ESTEBAN (IAC/ULL).



Congresos

Personal del Gabinete de Dirección del IAC participó en los siguientes congresos de comunicación científica:

«8º Congreso Internacional de Comunicación Pública de la Ciencia y la Tecnología (PCST-8)», Barcelona. 3-6/6/04.

Comunicaciones presentadas:

LUIS A. MARTÍNEZ SÁEZ:

- «Scientific Research and Social Culture»
- «Social Responsibility of Research Centres»

CARMEN DEL PUERTO:

- «The brown dwarf do exist!!Las enanas marrones existen!»

NATALIA R. ZELMAN:

- «GTC: Outreach with a telescope under construction»

ANNIA DOMÈNECH

- «Caosyciencia»

BIBIANA BONMATÍ:

- «Astronomy as a scientific mind seducer»

«¿Cómo le salieron las galaxias al Universo?»

IGNACIO GARCÍA DE LA ROSA

Fecha: 30/04/2004

Lugar: Museo de la Ciencia y el Cosmos

El Universo no desvela fácilmente sus secretos. Cuanto más lo entendemos, mayores son las incógnitas. Una de ellas es el origen de las galaxias y de nosotros mismos. El plasma uniformemente caliente que surgió del Big Bang se ha convertido en un gélido vacío a 270°C bajo cero, salpicado de estrellas muy calientes, que se agrupan en galaxias. ¿Cómo pudo ocurrir esa transición? Sabemos que la fuerza de gravedad ha sido la herramienta utilizada, pero lo ignoramos casi todo sobre el protagonista principal, la enigmática “materia oscura”, sin la cual no existirían las galaxias de “materia luminosa”.



Diseño: Miriam Cruz.

«La nueva cara de Marte»



Diseño: Miriam Cruz.

«Seis números que definen el Universo»

JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ
ESPINOSA

Fecha: 18/06/2004

Lugar: Museo de la Ciencia y el Cosmos

Que el Universo está en expansión es bien conocido desde los trabajos de Hubble en los años 20 del siglo pasado. Por otra parte, esta expansión significa evolución, cambio... Evolución que está marcada por unas leyes físicas que se fijaron en los inicios del Universo. Estas leyes físicas además están acompañadas de unos parámetros, o constantes físicas, que marcan la escala, la intensidad de una determinada relación física. Y existen una serie de parámetros físicos que definen el Universo que observamos. Pequeñas variaciones de estos parámetros hubiesen dado como resultado universos muy distintos del Universo que conocemos.



Diseño: Miriam Cruz.

MARK KIDGER

Fecha: 30/01/2004

Lugar: Museo de la Ciencia y el Cosmos

Durante los últimos años, las ideas que hemos tenido de Marte han cambiado de forma radical. Aunque desde el Mariner IX en 1971 se ha sabido que las huellas de agua se encuentran en la superficie en sus enormes barrancos, su significado ha sido incierto. Se debate si Marte tuvo agua en su superficie sólo brevemente o si, en cambio, podría haber mantenido agua y atmósfera durante tiempo suficiente para que pudiera desarrollarse la vida. En los últimos años, el esfuerzo de investigación se ha dirigido hacia la búsqueda de agua en la superficie y el subsuelo para tratar de entender cómo han evolucionado las condiciones en la superficie y saber si Marte aún podría tener oasis aptos para la vida. Una flota de sondas con misiones complementarias trata de resolver algunos de esos problemas. Mientras que la NASA busca evidencias de la acción del agua en la superficie del planeta mediante sus coches robot, la ESA usa instrumentos desde su sonda orbital para buscar agua en el suelo y en el subsuelo.

«El turno de Saturno»

MARK KIDGER

Fecha: 02/04/2004

Lugar: Museo de la Ciencia y el Cosmos

Después de varios meses en los que Marte ha protagonizado las noticias, llega “El turno de Saturno”. Con este título, el Museo de la Ciencia y el Cosmos, perteneciente al Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, quiso ofrecer a sus visitantes la oportunidad de estar preparados para la llegada de la sonda espacial Cassini a Saturno. Este ingenio espacial que partió de la Tierra en 1997, alcanzó su destino el pasado 1 de julio, después de un viaje de 7 años. Poco después, el día de Navidad, la sonda Huygens descenderá hacia la misteriosa luna Titán, la única del Sistema Solar que cuenta con atmósfera. Si todo marcha bien, en los próximos meses tendremos la oportunidad de contemplar imágenes insólitas y de responder a muchos de los interrogantes que tenemos sobre el planeta de los anillos y sus muchas lunas.



Diseño: Miriam Cruz.

Jornadas de Puertas Abiertas

Durante el primer semestre del año, 2.383 personas visitaron el Observatorio del Teide, 1.505 el Observatorio del Roque de los Muchachos y 115 el Instituto de Astrofísica, en La Laguna.

Además, los pasados 18 de julio y 15 de agosto, se celebraron con gran éxito de asistencia las dos Jornadas de Puertas Abiertas correspondientes al año 2004 en el Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma). En estas jornadas se pudieron visitar seis instalaciones distintas: los telescopios «William Herschel», «Isaac Newton», «Galileo», «Mercator», NOT y MAGIC. La organización contó con la colaboración de 60 personas entre astrónomos de las distintas instituciones usuarias del Observatorio, personal propio de apoyo (administrativo, sanitario y de mantenimiento) y diversas entidades, como la Agrupación de astrónomos aficionados Isla de la Palma, AEA, Guardia Civil, Cruz Roja y el Cecopin, que coordinó el dispositivo. Todos ellos realizaron un gran esfuerzo para poder acercar el Observatorio al ciudadano, sin que se registrasen incidentes dignos de mención.

Las visitas se realizaron en tres idiomas: español, inglés y alemán, contabilizándose un total de 6.050 visitantes divididos en 90 grupos cada día, entre las 9:30 y las 15:45 h. El porcentaje estimado de visitantes españoles fue del 70%, mientras que el 30% correspondió a visitantes de otros países. La instalación más visitada fue el Telescopio «William Herschel», con 1.781

visitantes. Las visitas este año superaron en un 20% a las realizadas en las jornadas del año 2003.



Distintos momentos de las Jornadas de Puertas Abiertas en el Observatorio del Roque de los Muchachos. Fotos: Juan Carlos Pérez Arencibia (IAC).

Resumen de visitantes por instalación:

Instalación	N. grupos	N. visitantes
WHT	59	1.781
MAGIC	25	1.342
INT	24	1.064
TNG	26	933
MERCATOR	24	576
NOT	22	354
Total	180	6.050

AULA 2004

El IAC estuvo presente en el Salón Internacional del Estudiante y de la Oferta Educativa “Aula 2004”, que se celebró en el Parque Ferial Juan Carlos I de Madrid, entre el 10 y el 14 de marzo. La participación del IAC se ubicó en el espacio reservado al Ministerio de Ciencia y Tecnología, que en esta feria informó sobre las propuestas de varios organismos de investigación.

“Aula” está dirigida a estudiantes, profesionales de la enseñanza y familias, y da repuesta cada año a la demanda de formación educativa y profesional en España. El IAC presentó en esta feria, a través de material expositivo y personal del Gabinete de Dirección (M. Concepción Anguita, Luis Cuesta, Karín Ranero y Laura Ventura), su oferta educativa y de divulgación, con los proyectos “Cosmoeduca”, “Odisea en el Espacio-Tiempo”, “Caosyciencia” y “GTC digital”, entre otros, al tiempo que proporcionó información sobre los pasos necesarios para ser astrofísico/a del IAC.

“Cosmoeduca” pretende ayudar a los profesores de la ESO y Bachillerato en el desarrollo de temas que puedan tratarse haciendo uso de conceptos y contenidos del ámbito de la Astronomía, proporcionando, además, un enfoque científico-cultural-humano. “Odisea en el Espacio-Tiempo” es un conjunto de charlas en Power Point con imágenes, textos explicativos, ilustraciones y



Expositores del IAC en Aula 2004, dentro del espacio del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Foto: Luis Cuesta (IAC)

animaciones, útiles para astrónomos, profesores y todo aquel interesado en la divulgación de la Astrofísica. “Caosyciencia” y “GTC digital” son dos publicaciones “en red”; la primera intenta acercar la ciencia al público de forma amena, y la segunda supone un innovador proyecto divulgativo sobre el proceso de gestación del Gran Telescopio CANARIAS (GTC).



Distintos momentos en Aula 2004. Fotos: Luis Cuesta (IAC)

Folleto AULA 2004



Diseño: Gotzon Cañada.

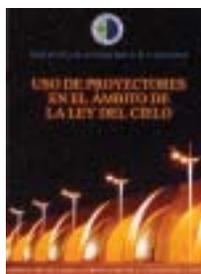
Con motivo de la participación del IAC en la Feria AULA 2004, se editó un folleto con información sobre revistas digitales y proyectos educativos del IAC, así como sobre los requisitos necesarios para ser astrofísico/a de este instituto.

EDICIONES



Memoria del IAC

El IAC ha editado, en papel y en CD-rom, la Memoria correspondiente al año 2003, donde se recoge la actividad anual del Consorcio Público IAC en todas sus áreas, así como la labor realizada en el campo de la divulgación. Se puede acceder a ella desde www.iac.es/memoria



Ley del Cielo

La Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC) del IAC ha editado el folleto «Uso de proyectores en el ámbito de la Ley del Cielo», con recomendaciones para una correcta iluminación de acuerdo con esta ley. Disponible en www.iac.es/proyect/otpc/uso_proy.pdf



CCI Annual Report

La Secretaría del Comité Científico Internacional (CCI) de los Observatorios de Canarias, radicada en el IAC, ha publicado el informe anual correspondiente al año 2003, cumpliendo así una de las funciones establecidas en el Protocolo de Acuerdo de Cooperación en Materia de Astrofísica, firmado en 1979. Se puede acceder a él desde www.iac.es/gabinete/cci/anual.htm



Suplemento GTC

Se han editado los habituales suplementos especial de *IAC Noticias* sobre el Gran Telescopio CANARIAS (GTC), uno de ellos sobre el II Congreso Ciencia con el GTC celebrado en México. Se puede acceder a este suplemento desde www.iac.es/gabinete/grante/separata/sepa8.pdf y www.iac.es/gabinete/grante/separata/sepa7.pdf



Winter School

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



Unidad didáctica «Ocultaciones»

Con motivo del Tránsito de Venus, el pasado 8 de junio, el IAC editó una nueva unidad didáctica, en esta ocasión dedicada a ocultaciones de cuerpos celestes por otro visto desde la Tierra. Los autores son Juan Carlos Casado, Miquel Serra-Ricart y Luis Cuesta. Se puede acceder a esta unidad didáctica desde www.iac.es/educa/ocultaciones/unidad.pdf

PREMIOS

«Física en Acción»

Los premiados en el concurso “Adopta una estrella” -Sergio Sanroma Tato, Antonio Muñoz Villanueva, Javier Martín Sobrino y Rafael Eduardo Gabaldón Pacheco (profesor), de Ciudad Real- visitaron el IAC y sus observatorios el pasado mes de abril. Este concurso era una de las modalidades de la actividad “Física en Acción 2003”, iniciativa de las sociedades españolas de Física y Matemáticas en la que participa el IAC patrocinando la modalidad relacionada con la Astronomía.



Diseño: Miriam Cruz.

El teatro de guiñón “La Mentira de la Luna”, diseñado y producido por el Museo de la Ciencia y el Cosmos, del OAMC del Cabildo de Tenerife, en colaboración con los alumnos de cine de la Escuela Westerdahl, ha resultado finalista en el 5º Concurso Nacional de Física en Acción, organizado por la Real Sociedad Española de Física y la Real Sociedad Española de Matemáticas. “La mentira de la Luna es una producción original, dirigida a niños y niñas de todas las edades, que combina técnicas tradicionales como los títeres con las nuevas tecnologías de imagen y sonido. El resultado es una amena imaginaria que pretende entretener al tiempo que enseñar conceptos básicos de astronomía y de algunos fenómenos naturales que se producen en nuestro planeta.



Ganadores del concurso «Adopta una estrella», en la OGS, del Observatorio del Teide. Foto: Luis Cuesta (IAC)

Programa de Doctorado

“Física del Cosmos” es uno de los cuatro programas de Doctorado de la Universidad de La Laguna que ha obtenido, como en convocatorias anteriores, la Mención de Calidad que anualmente otorga el Ministerio de Educación, Cultura y Deportes. Esta Mención supone un rasgo de excelencia para aquellos terceros ciclos que la consiguen. Además, facilita la obtención de un conjunto de ayudas referidas a la financiación de la movilidad de profesores y alumnos en esos programas, a infraestructura de investigación y a la concesión de becas para tesis doctorales.

Tesis doctoral

La tesis “An interferometric study of the Cosmic Microwave Background Anisotropies”, del astrofísico del IAC José Alberto Rubiño Martín, ha recibido el premio a la mejor tesis doctoral del año que concede la Sociedad Española de Astronomía. Esta tesis ha estado dirigida por los investigadores del IAC Carlos Gutiérrez y Rafael Rebolo.

AQVA 2004

El Comité de Selección del Grupo Avanza Business & Communication concede su galardón AQVA 2004 a la calidad y la gestión empresarial a «Gran Telescopio de Canarias, S.A.»

Nombramientos

Rafael Rebolo López, Profesor de Investigación del CSIC e investigador del IAC, ha sido nombrado «Académico Nacional Correspondiente» de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por sus contribuciones científicas.

LA JERGA DE LAS ESTRELLAS

Los cuásares



Carmen del Puerto
(IAC)

A principios de los años sesenta empezaron a identificarse unas estrellas débiles y azuladas, que emitían ondas de radio y producían un espectro anormal. Los científicos estaban consternados pues sabían que las estrellas normales emiten muy poca energía en radio. De hecho, sólo gracias a su cercanía es posible detectar el Sol con radiotelescopios, lo cual sería imposible si nuestro astro se encontrase a la distancia de la estrella más próxima. En 1963, el enigma de las radioestrellas se resolvió, si bien a costa de plantearse un misterio nuevo: el de los cuásares.

LA PRIMERA RADIOESTRELLA

Durante la década de los cincuenta, los radioastrónomos observaron y estudiaron fuentes de radio cada vez más pequeñas, tamaño que relacionaban con el futuro del Universo. En 1960, Tom Mathews, del Instituto Tecnológico de California y sucesor de Rudolph Minkowski como «cazador de radiofuentes», se interesó por una fuente de radio muy pequeña llamada *3C 48* (es decir, el objeto número 48 del tercer catálogo de fuentes de radio elaborado por el equipo de Cambridge y denotado *3C*) en la constelación del *Triángulo*.



Mathews le dio las coordenadas del objeto para su identificación óptica a Allan Sandage, de la Institución Carnegie en Pasadena y a cargo entonces del telescopio *Hale*. Sandage encontró, «para su gran sorpresa -señala el físico Kip Thorne¹-, no una galaxia, sino un simple punto luminoso azul; parecía una estrella».

Dennis Overbye², editor científico de *New York Times*, describe la reacción de Mathews ante aquella imagen: «Mathews (sic) tomó la placa impresionada y marcó en ella la situación de la radiofuente en relación con las estrellas. Las coordenadas correspondieron exactamente a un diminuto punto de magnitud dieciséis, que observado con el visor parecía contener una punta de nebulosidad. Una estrella no había sido nunca una radiofuente. Mathews devolvió la placa a Sandage unos días después con el comentario: Aquí tienes: una radioestrella.»

Sandage estudió detenidamente este objeto y descubrió que variaba su brillo, lo que reforzaba el hecho de que fuera una estrella, dado que las galaxias no variaban nunca. Tras obtener estos resultados -cuenta Overbye-, Sandage presentó el descubrimiento de la primera *radioestrella* en una reunión de la Sociedad Astronómica Americana que tuvo lugar en Nueva York entre el 28 y el 31 de diciembre de 1960.

La revista *Sky and Telescope* informó sobre la reunión diciendo: «Puesto que la distancia de *3C 48* es desconocida, hay una remota posibilidad de que pueda ser una galaxia de estrellas muy distante, pero los astrónomos que se ocupan de ella están de acuerdo en que se trata de una estrella relativamente próxima con propiedades muy peculiares».

En opinión de Thorne, «estos objetos extraños eran tan parecidos a estrellas que los astrónomos siguieron tratando de interpretarlos como un tipo de estrella en nuestra propia galaxia que nunca antes había sido vista, pero las interpretaciones eran horriblemente retorcidas y difíciles de creer».

NUEVOS OBJETOS EXTRAGALÁCTICOS

En Australia, cerca de Sydney, un equipo de radioastrónomos liderado por Cyril Hazard, observó en 1962 la ocultación por la Luna del objeto *3C 273* y pudo fijar así su posición con mucha precisión. Un astrónomo óptico holandés, Maarten Schmidt, que estaba trabajando en Caltech, obtuvo el espectro de esa fuente, el cual presentaba unas líneas de emisión muy brillantes. Sin llegar a comprender aún el significado de esas líneas, decidió publicar sus resultados.

En febrero de 1963, mientras estaba preparando el artículo, Schmidt dio con la explicación. Las cuatro líneas más brillantes del espectro de *3C 273* eran las cuatro *líneas de Balmer*, las que produce el hidrógeno gaseoso y, por tanto, muy conocidas. Sin embargo, sus longitudes de onda no eran normales, sino que estaban desplazadas hacia el rojo en un 16%. «*3C 273* debía ser un objeto que contiene una gran cantidad de hidrógeno gaseoso y se aleja de la Tierra a un 16% de la velocidad de la luz, enormemente más rápida que cualquier estrella que un astrónomo hubiera visto nunca», explica Kip Thorne.

Schmidt comunicó su descubrimiento a su supervisor Jesse L. Greenstein, quien a continuación también observó en el espectro del cuásar *3C 48* líneas de elementos químicos conocidas, de nuevo desplazadas hacia el rojo. En este caso, *3C 48* se alejaba de la Tierra a un 37% de la velocidad de la luz.

Estas fuentes de radio - *3C 273* y *3C 48* - no eran definitivamente estrellas de nuestra galaxia, sino objetos extragalácticos muy lejanos, situados a 2.000 y 4.500 millones de años luz, respectivamente. Se alejaban de la Tierra a gran velocidad como resultado de la expansión del Universo y, además, eran los objetos más luminosos, con una potencia cien veces mayor que las galaxias más luminosas nunca vistas.

LA JERGA DE LAS ESTRELLAS

Schmidt envió un artículo a *Nature* titulado «3C 273: A Star'-like Object with Large Red-shift» (3C 273: un objeto parecido a una estrella con un gran desplazamiento hacia el rojo). Greenstein, citando a Mathews como coautor, envió otro artículo titulado «Red-shift of the Unusual Radio Source 3C 48» (Desplazamiento al rojo de la inusual fuente de radio 3C 48). Ambos artículos aparecieron, con algunos más sobre fuentes de radio, en el número del 16 de marzo de 1963.

Estos objetos de apariencia óptica estelar recibieron posteriormente el nombre de “cuásares”, que no sólo tienen interés cosmológico, también son faros astronómicos que nos permiten estudiar objetos del Universo que se encuentran en su trayectoria y cuya luz absorben. Además, los cuásares también interesan por su variabilidad y porque aún sigue siendo un misterio cuál es la fuente de energía que genera tanta actividad y luminosidad en un volumen tan pequeño.

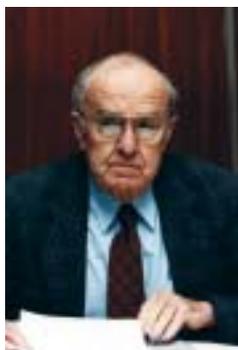
Durante muchos años pareció que ya se hubiera alcanzado un cierto límite en la distancia a la que podían encontrarse los cuásares. Recientemente se han descubierto varios con valores en torno a un corrimiento al rojo de $z=5$ ó superiores. La luz de estos cuásares comenzó el viaje hacia nosotros cuando el Universo tenía tan sólo el 5% de su edad actual. Si ésta fuera de unos 15.000 millones de años, la distancia de estos cuásares lejanos sería de unos 14.000 millones de años-luz, lo que los situaría realmente en el borde del Universo. Se dice incluso que pudo haber una *era de los cuásares*, en la que la densidad de estos objetos fue mucho mayor que en etapas posteriores de la evolución del Universo.

Los cuásares fueron un misterio propio de la época hasta el punto de que sus posiciones astronómicas permanecieron secretas durante cierto tiempo.

HISTORIA DEL TÉRMINO

La historia del término *cuásar*, al igual que el concepto que encierra, acusa falta de consenso, y tanto en el ámbito científico como en el terreno netamente lingüístico. Los cuásares recibieron inicialmente el nombre de *radiofuentes casi estelares* (*quasi-stellar radio sources*, en inglés), «como para subrayar -señala Overbye- la naturaleza provisional del diagnóstico de Allan Sandage», uno de sus descubridores. Parecían estrellas, pero no lo eran, como demostró Schmidt. Con esta denominación aparece, según el Diccionario de Oxford, en *Scientific American*, diciembre de 1963, 54/1: «En reconocimiento a su pequeño tamaño y a falta de un nombre mejor, fueron llamados *quasi stellar radio sources* (fuentes de radio casi estelares). De ahí las siglas *QSRS*. Pero a pesar de que los primeros cuásares se identificaron como fuentes de radio, apenas un 10% de los que se conocen en la actualidad emite en esta longitud de onda.

Fue un físico de la NASA llamado Hong Yee Chiu quien, tras encontrar demasiado largo el nombre de *quasi-stellar radio sources*, decidió quedarse sólo con una forma abreviada de *quasi-stellar*, acuñando el término *quasar*. Según el Diccionario de Oxford, este físico lo utilizó por primera vez en un artículo publicado en *Physics Today*, el 21 de mayo de 1964, donde decía expresamente:



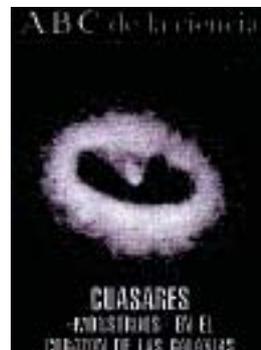
Allan Sandage, en el IAC.
Foto: Miguel Briganti (SMM/IAC)

“Hasta ahora, para describir estos objetos se usaba el nombre pesadamente largo de *quasi-stellar radio sources* (fuentes de radio casi-estelares). Debido a que la naturaleza de estos objetos es totalmente desconocida, cuesta disponer de una nomenclatura corta y apropiada para ellos de modo que sus propiedades esenciales sean obvias a partir de su nombre. Por conveniencia, a lo largo de este artículo se usará la forma abreviada *quasar*. Según Overbye, el nuevo término provocó «un descontento general; sin embargo, el nombre quedó. Más tarde [también en 1964], se cambió por *objetos cuasiestelares*», de donde proceden las siglas *QSO* (*QSOs* en plural).

Así vemos que aparece, según el Diccionario de Oxford, en la revista *New Scientist*, el 28 de mayo de 1964, 532/1: «Los altamente enigmáticos *objetos cuasi-estelares*, cuyo descubrimiento el año pasado ha sido considerablemente excitante para los astrónomos».

CUÁSARES O QSOs

¿Cuásares o QSOs?, preguntamos a los conferenciantes invitados a la reunión en Tenerife sobre «Quasar Hosts» (Galaxias que albergan cuásares) en septiembre de 1996. He aquí la respuesta del astrónomo John Hutchings, del Observatorio Astrofísico Dominion (Victoria, Canadá):



Portada de un suplemento de ciencia del diario ABC.

LA JERGA DE LAS ESTRELLAS

“Los términos no están muy bien definidos; de hecho, en todas estas reuniones siempre entablamos debates sobre cómo deberíamos llamar a las cosas, lo que a mi juicio no es demasiado interesante. Al principio se llamaban QSRS (*Quasi Stellar Radio Sources*), cuando se descubrieron en los años 60; de ahí se pasó a *cuásares*, hasta que se dieron cuenta de que la mayoría de los *cuásares* no eran en realidad fuentes de radio, con lo que le cambiaron el nombre a QSOs (*Quasi Stellar Objects*), que viene a ser el término más generalmente utilizado hoy en día. A veces la gente habla de *cuásares* para referirse a los que sí son fuentes de radio. Hay otros objetos, las *galaxias Seyfert*, que son como *cuásares* de poca potencia que, precisamente por su poca potencia, permiten observar las galaxias que los albergan. La mayoría de los astrónomos las considera una forma más del mismo fenómeno. No obstante, hay quienes mantienen una nomenclatura mucho más rígida y no hablan indistintamente de unos y de otros.

Según John Bahcall, hoy los astrónomos utilizan la terminología «de una manera muy laxa; normalmente recurren a la palabra *cuásar* para referirse a lo que antes denominaban QSOs». Pero el problema, subraya este científico, «no es una cuestión de terminología, sino de ciencia». “A lo que nos referimos normalmente cuando hablamos de *cuásares*, o lo que es más fácilmente definible mediante la palabra *cuásar*, es un objeto que es mucho más brillante que cualquier galaxia conocida, de modo que concentra mucha luz en una región compacta, más que la que esperaríamos encontrar en cualquier galaxia normal. Ésa es la definición que yo utilizo y que he utilizado durante muchos años. Es una cuestión más física que otra cosa, porque lo que realmente se pregunta es cuál es el origen físico de la energía que emiten los *cuásares*, con lo cual la forma más lógica de definirlos, a mi modo de ver, es en términos de su energía”.



Históricamente, recuerda Bahcall, los *cuásares* se identificaron en un principio como objetos casi estelares. «Pero aquello tenía más que ver con la resolución de los telescopios que con las características propias de los *cuásares*. Hemos visto que a medida que conseguimos imágenes de mayor resolución observamos que su naturaleza no es estelar y que, con toda seguridad, en la mayor parte de los casos tienen una galaxia cercana. Un *cuásar* es algo que le sucede a una galaxia, quizá incluso una fase por la que pasan las galaxias, pero no sabemos con certeza si sucede en todas las galaxias o no».

Para Richard McMahon, del Instituto de Astronomía de la Universidad de Cambridge, también es una cuestión de historia: “*Cuásar* significa ‘objeto casi estelar’; cuando se descubrieron los *cuásares*, todos ellos eran fuentes de radio, por lo que fueron estudiados sobre todo por radioastrónomos. Cuando los astrónomos ópticos comenzaron a trabajar en *cuásares* los llamaron QSOs. Los astrónomos de rayos X los llamaron AGN. Como vemos, se trata de diferencias culturales entre los distintos tipos de astrónomos. Yo me dedico fundamentalmente a la astronomía óptica, y utilizo las dos palabras. Es algo confuso, quizá. Si me dirijo al público en general utilizo la palabra *cuásar*, pero hablando entre colegas probablemente utilizaré QSO. Al fin y al cabo, *cuásar* es una palabra nueva; al público le gusta, pero yo prefiero QSO porque pienso que es una descripción más estricta. Se trata de una diferencia sutil, son adjetivos... Con el telescopio espacial *Hubble* se ha observado que muchos de los *cuásares* están en galaxias, con lo que no son QSOs”.

Javier Armentia, director del Planetario de Pamplona y conocido divulgador científico español, decía en un artículo de la revista *Universo*: «Independientemente de todo este babel de nombres, parece común hablar en general de *cuasares* [sic] y, si acaso por simplificar, de QSOs».

PROBLEMAS TERMINOLÓGICOS

A los anteriores problemas de nomenclatura científica, en castellano se añade una dificultad más, dado que conviven diferentes grafías del término *cuásar*, así como las variaciones geográficas de uso de la terminología.

¿QUASARO CUÁSAR?

Incluimos esta pregunta tanto en un cuestionario enviado a astrónomos y a periodistas científicos. Las respuestas son homogéneas, optando la mayoría por la grafía más castellana de *cuásar*, con «c», con tilde y con el plural de *cuásares*.

Menos consenso parece existir entre la Real Academia Española y la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Según la profesora de Lengua Pilar de Vega, de la UNED, en el caso del préstamo, se suele recurrir a una adaptación lingüística (gráfica y fonética, sobre todo) «que lo haga accesible para los hablantes, sin buscar la equivalencia semántica del concepto». Sin embargo, es frecuente la vacilación ortográfica en términos más recientes, o en casos especiales como el procedente de marcas registradas, topónimos, antropónimos y, en general, términos internacionalmente aceptados con su forma original. «Así se producen alternancias curiosas», señala De Vega, quien añade: «Opiniones encontradas mantienen las dos Academias por lo que respecta a *quásar* / *cuásar*, pues si la de la Lengua se decanta por la forma con q, admitiendo como variante la forma con c, la de Ciencias opta por la solución contraria».

¹ THORNE, Kip S. *Agujeros negros y tiempo curvo. El escandaloso legado de Einstein*. Crítica (Drakontos). Barcelona, 1995.

² OVERBYE, Dennis. *Corazones solitarios en el Cosmos*. Planeta. Barcelona, 1992.



Héctor Castañeda
(IAC)

La velocidad de la luz

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 vida diaria percibimos nuestro movimiento por el cambio en la perspectiva de los objetos que nos rodean, desde el rápido movimiento de los objetos cercanos hasta el casi imperceptible de los lejanos. Extrapolando esta experiencia al medio interestelar, uno de los lugares comunes más populares ha sido establecido en las películas cuando intrépidos viajeros aceleran a (presumiblemente) velocidades superiores a la de la luz. Cuando Han Solo a bordo del Halcón Milenario intenta escapar de la persecución de los destructores imperiales en *La Guerra de las Galaxias* (*Star Wars*, 1977), el campo estelar se deforma radialmente hacia el exterior, como si viajáramos tan rápidamente que las estrellas nos abrieran camino.

Pasemos por alto el pequeño problema de que la velocidad de la luz es un límite infranqueable para cualquier objeto material, y supongamos que esa nave espacial se acercara a esa velocidad. Lo más sorprendente es que el campo estelar observado en la dirección de movimiento tendría un comportamiento exactamente opuesto al representado por el cine.

El efecto clásico de aberración se produce cuando conducimos un automóvil bajo una lluvia o una nevada, donde las gotas de lluvia, que caen verticalmente (si no hay viento) aparecen golpeando nuestro cristal delantero, moviéndose casi horizontalmente, y apartándose de nuestro camino. Ese efecto intuitivo es el que esperamos ver en las estrellas cuando viajamos en nuestra nave espacial, modificado por el efecto de que las partículas de luz (los fotones) se mueven mucho más rápidamente que las gotas de lluvia al caer. Que no ocurra tal como esperamos es debido a que a ese régimen de velocidades nuestra experiencia diaria debe ser reemplazada por los resultados de la Teoría de la Relatividad Especial de Albert Einstein.

Para comprender lo que ocurre tenemos que hacer un poco de historia. Uno de los métodos que los astrónomos emplean para conocer la distancia a las estrellas se conoce como «paralaje», el desplazamiento aparente de los objetos cuando la Tierra se mueve en su órbita alrededor del Sol. Tomando el diámetro de la órbita de la Tierra como base, es posible obtener las distancias a las estrellas midiendo sus posiciones en el cielo en dos momentos diferentes separados por seis meses.

En 1725, el astrónomo inglés James Bradley encontró que, efectivamente, las posiciones de las estrellas cambiaban. Descubrió que la estrella Polar se movía en un círculo de 20", pero para su sorpresa encontró que todas las estrellas cercanas a la Polar se movían de la misma forma. No era un efecto de paralaje (que tuvo que esperar más de un siglo para ser medido por primera vez), sino aberración. La explicación era que la velocidad de la luz estaba modificada por nuestro sistema de referencia, y había que sumarle la velocidad de la Tierra (un 0,02% de la luz).

El resultado cambia radicalmente cuando nos movemos a velocidades relativistas. En el marco de la relatividad, el efecto es que los rayos de luz se

aproximan de cualquier otra dirección que la opuesta a la de movimiento y se van concentrando en un punto al frente del observador en movimiento. A medida que la velocidad aumenta, vemos más objetos que originalmente estaban fuera de nuestro campo visual, y se presenta una concentración de luz hacia la dirección de movimiento, con los objetos cada vez más agrupados. Mientras tanto, van desapareciendo objetos en la dirección opuesta a nuestro movimiento. Exactamente lo contrario a lo que estamos acostumbrados a ver en la pantalla cinematográfica.

También veríamos un cambio en la apariencia de los objetos. Las estrellas distribuidas en el espacio tienen un color determinado, que depende de la temperatura en la superficie de una estrella. Las estrellas calientes suelen brillar más

hacia el azul, mientras que las más frías suelen tener un aspecto más rojizo. Sabemos que ese color cambiará por el desplazamiento de la longitud de onda de luz, dependiendo de la velocidad relativa entre el observador y la fuente, el conocido como efecto Doppler. Pero este cambio también tiene que ser descrito utilizando la Teoría de la Relatividad.



Mientras que el efecto Doppler clásico (no relativista) predice que, para una aproximación a un objeto a una velocidad cercana a la de la luz, la longitud de onda disminuirá a la mitad, la fórmula relativista predice un desplazamiento al azul que se incrementa al infinito al acercarnos a la velocidad de la luz. Los objetos no serán simplemente más azulados. El color observado dependerá de sus propiedades espectrales, incluso aquellas que no ven en el espectro visible cuando se encuentra en reposo. Además veremos un aumento en el flujo de fotones recibidos, con lo que los objetos a los que nos acercamos parecerán más brillantes, mientras que aquellos de los que nos alejamos serán más débiles.

Tal como descubrimos a menudo en esta columna, el mundo real es mucho más extraño (y fascinante) que la ficción.

Astro Cultura

La supernova de los Anasazi



Ángel R.
López Sánchez
(IAC)

Temprano, durante el quinto mes en el primer año del reinado de Chih-ho, una estrella invitada apareció por la mañana, protegida al este por T'ien-kuan.

Era visible de día, como Venus. Tenía rayos que salían por todos sus lados y su color era blanco-rojizo.

Registro histórico chino sobre la supernova de 1054, de Sung-hui-yao.

T'ien-kuan es la estrella Zeta Tauri.

8:30 de la tarde del pasado 26 de junio, según el horario *de montaña* de Estados Unidos (en la Península Ibérica serían 8 horas más). Un astrofísico (en aquel momento, mejor definámoslo como astrónomo aficionado *emocionado*) y una ingeniera electrónica que trabaja en Astrofísica recorren el interior del **Cañón del Chaco** aprovechando las últimas horas de luz de la tarde. El Sol, saliendo entre las nubes justo antes de ponerse en el horizonte, baña de luz rojiza el valle, las paredes del cañón y las ruinas de los indios **Anasazi**, los pueblos ancestrales de América del Norte. El camino se adentra aún más en el cañón, las paredes muestran aquí y allí dibujos arcaicos dejados por los Anasazi 1.000 años antes. Pero ellos no buscan un petroglifo cualquiera. Buscan un pictograma concreto, situado cerca de **Peñasco Blanco**, en el que se ve una mano, una fina luna creciente y una estrella brillante. Saben que van en buena dirección, pero no en qué lugar concreto de todo el recorrido se encuentra.

Él se adelanta. Deja algunos rastros fáciles en el camino, sus únicas huellas sobre la arena lo ensucian. Ve una nueva señal con petroglifos y descubre una enorme pared vertical repleta de ellos. Hace una rápida foto (que saldrá movida por la falta de luz) porque no es eso lo que busca. El Sol ya se ha puesto. Vuelve al camino principal y recorre el camino hacia adelante, hacia el Oeste, cruzando el cañón al otro lado. Un cartel avisa de que se cruce el río con cuidado, puede ser muy fuerte. Afortunadamente, en esta época del año se encuentra seco. Un nuevo cartel: Peñasco Blanco, y una flecha hacia adelante. ¿Pero cuánta distancia? Ella lleva retraso, la noche cae y están lejos del coche. Él para, otea el horizonte y adivina lo que se esconde a lo lejos, pero tan cerca. Reflexiona un momento, suspira y decide. Da la vuelta, volviendo sobre sus propias pisadas.

- En otra ocasión. Esta vez hemos llegado demasiado tarde.

Encuentra a su compañera unos cuantos metros más atrás. Ella pregunta:

- ¿Está ahí? ¿Lo has visto?

- No - responde algo compungido.- Pero está ahí delante. He visto la señal de Peñasco Blanco.

Respira rápido y añade - ¿Cómo estás? Perdona que te haya dejado sola, lo mejor será darse la vuelta, se hace de noche.

- ¿Darse la vuelta? Si puede estar ahí, a unos pocos metros, ¿nos vamos a dar la vuelta justo al llegar? No, sigamos. Es emocionante y se te ve muy entusiasmado.

Siguen de nuevo, corriendo. Él tararea la música en la que, en cierta película, un enano,



En busca del pictograma perdido...



Imagen del pictograma del Cañón del Chaco tomada con luz crepuscular el día que se narra en esta historia.

un elfo y un futuro rey de los hombres corren detrás de los malos a través de valles y montañas. Comienzan a escalar la parte norte del cañón, siguiendo el sendero que ahora es de roca. Una nueva señal aparece. Indica claramente un angosto camino que se abre a la derecha, bajando de nuevo la roca. Se lee: **Supernova Pictograph**.

Saltan a esa desviación. El camino es más difícil de seguir ahora, pero de vez en cuando aparecen pequeñas señales indicando el rumbo correcto. Pasan más minutos. Corren más metros. El azul del cielo occidental pasa a ser más oscuro. Aunque la Luna, en cuarto creciente, brilla allá arriba, las nubes no dejan pasar mucha luz. Una última señal indica **Supernova Pictograph** y una flecha hacia el techo. Ahí está. El famoso pictograma de los Anasazi que se atribuye a la explosión de la supernova que originó la famosa **Nebulosa del Cangrejo**, M1, registrada con detalle por astrónomos chinos y japoneses en el año 1054. Lo habían conseguido.

La supernova de 1054

A finales de junio del año 1054 apareció una estrella muy brillante en la constelación de Tauro. Fue registrada por los minuciosos astrónomos chinos, quienes señalaron que era unas 4 veces más brillante que el propio planeta Venus (por lo que tendría una magnitud -6) y permaneció observable a plena luz solar durante 23 días. Por ende, era el objeto más brillante del cielo tras el Sol y la Luna. Se pudo seguir observando de noche durante un par de años más.

Hoy sabemos que esa *estrella brillante repentina* marcaba el fin de una estrella masiva que explotó como **supernova**. El mecanismo concreto de cómo una estrella masiva *revienta* aún no se sabe con exactitud, pero se intuye que es consecuencia de las enormes presiones a las que está sometido el núcleo interno de la estrella, compuesto sobre todo por núcleos de hierro, elemento que no puede fusionarse para dar nuevos elementos químicos más pesados (tampoco puede fusionarse en elementos químicos más ligeros; se trata pues del elemento más estable de la naturaleza). Una estrella se mantiene en equilibrio porque su fuerza gravitatoria (que tiende hacia dentro) se compensa con el *gradiente* de presión térmica consecuencia de las reacciones nucleares de su interior (que tira hacia afuera).

Sin reacciones nucleares, la gravedad gana la batalla y la estrella se colapsa hacia su centro. La enorme fuerza de gravedad comprime el material hasta que incluso se llegan a superar las densidades propias de los núcleos atómicos.



Los "intrépidos" aventureros de esta historia: María Herranz (LAEFF) y Ángel R. López (IAC), tras asistir al curso de Radio-Interferometría de NRAO (Socorro, Nuevo México).

Pero esta configuración es muy inestable, por lo que el núcleo se expande de repente hacia fuera: se dice que el núcleo *rebota*. Sin embargo, el material de las capas estelares superiores al núcleo sigue cayendo hacia el centro, provocándose una onda de choque que termina destrozando la estrella. La explosión también destruye los propios núcleos de hierro, que se fraccionan en elementos más ligeros (fundamentalmente magnesio), aunque algunos se combinan para dar núcleos mucho más pesados (como níquel, cobre, zinc, oro, plata o uranio). Se ha producido una **supernova de tipo II**. En todo este proceso también se generan una cantidad ingente de partículas esquivas, los neutrinos.

La parte central se condensa en una **estrella de neutrones**, un objeto muy masivo, muy caliente y muy pequeño (alrededor de 10 km) que gira rápidamente (30 veces por segundo en el caso de la estrella de neutrones de la nebulosa del Cangrejo). Posee un campo magnético muy intenso cuyo eje no suele coincidir con el eje de rotación de la estrella, por lo que la fuerte emisión que se produce en los polos magnéticos se observa a intervalos. De ahí deriva la designación de **púlsar** (pero no todas las estrellas de neutrones pueden observarse como púlsares; esto depende de si el haz de luz emitido por los polos magnéticos se orienta en algún momento hacia nosotros).

Desde que el hombre comenzó a mirar a los cielos se tienen sólo ocho registros históricos de un acontecimiento de este tipo, en los años 185, 386, 393, 1006, 1054, 1181, 1572 y 1604. Se conocen como las **supernovas históricas**, siendo las dos últimas vistas en pleno Renacimiento, descubiertas por los famosos astrónomos **Tycho Brahe** (la de 1572) y **Johannes Kepler** (la de 1604). Pero la de 1054 es especial e intrigante. Ha sido la más brillante pero, ¿por qué sólo la registraron los chinos y los japoneses? En Europa y en África no se menciona nada sobre ella (tengo algunas ideas al respecto, que algún día debería escribir, sobre cierta «pureza de los cielos», o quizás es que estábamos por entonces metidos en demasiadas guerras). Edwin Hubble, en 1928, fue el primero que sugirió que los restos de esta colosal explosión forman la **Nebulosa del Cangrejo**: si se rebobina la película de la expansión de la nebulosa, se encuentra que todo el material estaba junto hacia el 1050. El Telescopio Espacial Hubble ha podido confirmarlo, encontrando además cambios en la estructura interna de la nebulosa que son consecuencia del intenso campo magnético del púlsar central.

Sin embargo, en 1954 (justo 900 años después de la explosión), el científico **William C. Miller** encontró en el **Cañón del Chaco**, Nuevo México,



Secuencia de Imágenes de la zona central de la Nebulosa del Cangrejo, obtenidas con el Telescopio Espacial Hubble, mostrando el movimiento del gas.

un curioso pictograma de los indios Anasazi que representaba una luna creciente, una estrella brillante, una mano y, cerca, el grabado de un Sol. Se atribuyó a una representación de la **supernova de 1054**, algo que parecía apoyar el estudio presentado por **Simon Mitton** (*The Crab Nebula. Charles Scribner's Sons, New York, 1978*), según el cual desde esas regiones de América del Norte Occidental se habría visto en la mañana del 5 de julio de 1054 a la supernova muy cerca de una finísima luna menguante. **Carl Sagan**, en su inigualable *Cosmos*, recoge la anécdota. Por otro lado, en 1990 se anunció también el descubrimiento de cerámicas datadas entre 1050 y 1070 que mostraban continuamente una estrella de 23 puntas.

Pero, ¿se trata realmente de una representación de la supernova? Después de haber conocido de *primera mano* cómo se realizan los estudios arqueoastronómicos (por algo ya he hecho algo de *Indiana Jones* con mi director de tesis doctoral, **César Esteban**, que entre cálculos de abundancias en nebulosas como Orión y *peleas* con «mis galaxias enanas del tipo Wolf-Rayet con alta formación estelar», también estudia yacimientos antiguos desde el punto de vista de la Astronomía), sé que un dibujo sin más (esto es, sin un escrito que lo confirme) no sirve de mucho. Sólo nos podemos quedar en una *especulación simpática*. Consulté en el IAC a **Juan Antonio Belmonte**, verdadero experto en **Arqueoastronomía** (recomiando muy encarecidamente su fantástico libro *Las leyes del Cielo*), y me dijo que lo más seguro es que la estrella fuese Venus. También le pregunté a **César**, que encogió los hombros y me dijo que podría ser cualquier cosa: la supernova, Venus o una estrella brillante cercana al Zodiaco. Así es la Ciencia. No podemos confirmar sin *algo* adicional que lo que los Anasazi dibujaron en torno al 1050 en una de las paredes del Cañón del Chaco era la brillante supernova que originó la Nebulosa del Cangrejo. Sólo podemos dejarlo como especulación: quizás fue, quizás no. Podría serlo. Esto nos diferencia de ufólogos, astrólogos y demás charlatanes: dudamos, no aceptamos algo sólo porque nos lo parezca, aunque todo apunte a que fuera así, sino que necesitamos las pruebas necesarias para concretar los hechos. Nos encantaría creer, al menos pienso yo, que el dibujo representase tal extraordinario acontecimiento cósmico. Pero sin ese *algo adicional* sólo es una mera elucubración.

No obstante, ahí estábamos con la débil luz del crepúsculo vespertino, perdidos en mitad del Cañón del Chaco en pleno Oeste Americano, contemplando maravillados un singular y simple pictograma dejado por un indio Anasazi más de 1000 años antes de que saltásemos a la vida.

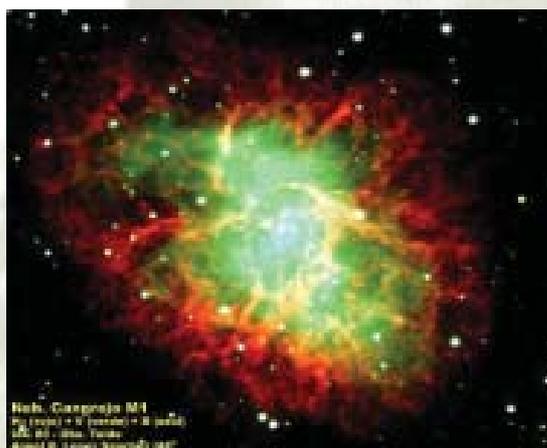


Imagen en falso color de la Nebulosa del Cangrejo, M1, tomada por el autor usando el telescopio IAC 80 del Observatorio del Teide.



Diseño: Inés Bonet (IAC).



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
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
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
Web: <http://www.iac.es/proyeci/otpc>

OBSERVATORIO DEL TEIDE (TENERIFE)
Tel: 34 / 922 329 100
Fax: 34 / 922 329 117
E-mail: 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
Web: <http://www.iac.es/gabinete/orm/orm.htm>