

REUNIÓN DEL CONSEJO RECTOR DEL IAC

Consejo Rector

“Los centros de investigación tienen que estar gestionados mediante el sistema más eficiente posible”, señaló en rueda de prensa la Ministra de Ciencia y Tecnología, Anna M. Birulés, quien presidió el pasado 17 de julio, en La Laguna (Tenerife), la reunión del Consejo Rector del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). La Ministra insistió en la necesidad de tomar medidas “que permitan atraer y retener a los mejores científicos y tecnólogos en el ámbito de la Astrofísica” y destacó que los objetivos del IAC son totalmente acordes con la política del Ministerio de Ciencia y Tecnología, que pretende hacer de este Instituto un verdadero “centro de excelencia” y del conjunto de los telescopios “una gran instalación europea”. Todo ello para conseguir que la Organización Europea de Astronomía en el Norte (ENO) “no sea sólo una realidad de hecho, sino que tenga, además, el reconocimiento jurídico e institucional para ser más competitiva con respecto a los otros grandes observatorios del mundo”.

Birulés resaltó “el gran avance y el desarrollo científico alcanzado por el IAC, como demuestra el importante número de colaboraciones científicas internacionales y la presencia en este centro de científicos tanto españoles como extranjeros procedentes de muchos países”. En especial se refirió a “los descubrimientos de primer orden, tanto en el ámbito de la Astrofísica y de los grandes telescopios como en las áreas de ingeniería, mecánica y software”. Asimismo, dijo que se tomarán medidas con el fin de permitir una mayor difusión tecnológica de las capacidades del IAC para un mejor aprovechamiento de las empresas canarias, españolas y extranjeras.

Sobre el Gran Telescopio Canarias (GTC), la Ministra mostró su satisfacción al comprobar que el proyecto “no sólo está cumpliendo los plazos y el presupuesto, sino que dentro del marco ya establecido se han definido unas mayores especificaciones que lo hacen aún más competitivo, más innovador y con una mayor participación de la industria y de las universidades”. “El propósito era —explicó— que la mayor parte del telescopio, excepto un par de componentes muy específicos, se pudiera hacer en Canarias y en la Península, y que no hubiera que comprar, importar o pagar patentes fuera de España”. Según Birulés, “la realidad supera lo que se esperaba, puesto que la respuesta de las empresas y de las universidades ha sido claramente positiva”.

La Ministra recordó que el Ministerio de Ciencia y Tecnología tiene marcado “un objetivo ambicioso” en cuanto al gasto de Investigación, Desarrollo e Innovación: “pasar del 0,9% del Producto Interior Bruto actual a un 2% al final de la legislatura, con una contribución más alta del sector privado, que supere el 50% con que contamos en la actualidad”.

El presidente del Gobierno de Canarias, Román Rodríguez, coincidió con la Ministra en señalar la importancia de “vincular los centros de investigación con las empresas y generar así sinergias que contribuyan a la modernización del país”. El Presidente de Canarias añadió que ya se han mantenido conversaciones acerca de la necesidad de cooperación entre la Administración del Estado y la Comunidad Autónoma, y destacó como ejemplos de esta simbiosis el IAC y la empresa pública “GRANTECAN, S.A.”, la sociedad pública creada para la construcción del GTC.

Anna Birulés anunció para después del verano un avance en la constitución de un convenio marco con Canarias para cubrir las distintas necesidades científicas y tecnológicas entre el Ministerio de Ciencia y Tecnología y la Comunidad Autónoma. Este convenio tendrá su principal expresión en los centros de investigación y cubrirá, además de la Astrofísica, otras materias científicas relevantes en Canarias, como las Ciencias del Mar.

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).

Miembros del Consejo Rector que asistieron a esta reunión:

- La Ministra de Ciencia y Tecnología, **Anna M. Birulés**.
- El Presidente del Gobierno de Canarias, **Román Rodríguez**.
- El Rector Magnífico de la Universidad de La Laguna, **José Gómez Soliño**.
- La Subsecretaria de la Presidencia, **Ana Pastor**.
- El Vicepresidente del CSIC, **Miguel García Guerrero** (en sustitución del Presidente del CSIC, César Nombela).
- El Presidente del Cabildo Insular de Tenerife, **Ricardo Melchior**.
- El Presidente del Cabildo Insular de La Palma, **José Luis Perestelo**.
- El Director del Instituto de Astrofísica de Canarias, **Francisco Sánchez**.



Momento de la reunión del Consejo Rector.

Investigación

La Vía Láctea se formó en su mayor parte en un proceso rápido, que duró entre 500 y 1.000 millones de años, un cinco por ciento de su edad total. Estos datos contradicen lo que sostenían algunos resultados científicos publicados en los últimos años, que establecían períodos de hasta 4.000 ó 5.000 millones de años. Investigadores del grupo de Poblaciones Estelares del IAC y del grupo de Cúmulos Estelares de la Universidad de Padua (Italia) han llegado a esta conclusión, que ayuda a esclarecer el debate sostenido en los últimos veinte años entre quienes opinaban que la Vía Láctea se formó lentamente y los defensores de un esquema de formación rápida. El estudio, que ha analizado las edades de 52 cúmulos globulares de nuestra galaxia (los objetos estelares más viejos conocidos), aporta además nuevos datos sobre las características del Universo primitivo y ha sido publicado recientemente en la revista especializada *Astronomical Journal*.

LA VÍA LÁCTEA SE FORMÓ EN UN TIEMPO RÉCORD

"EL ESQUEMA DE LA FORMACIÓN LENTA DE LA GALAXIA, QUE HABÍA ACUMULADO RESULTADOS CIENTÍFICOS FAVORABLES EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, QUEDA EN PARTE INVALIDADO POR ESTE ESTUDIO."

Investigadores del Grupo de Poblaciones estelares del IAC y del grupo de Cúmulos Estelares de la Universidad de Padua han publicado recientemente en la revista especializada *Astronomical Journal* un estudio sobre el tiempo de formación de nuestra galaxia, que resulta ser mucho más corto de lo que indicaban las investigaciones de los últimos años. El estudio concluye que la Vía Láctea se formó en unos pocos cientos de millones de años -entre 500 y 1.000 millones de años-

y en él han participado Alfred Rosenberg (astrofísico del IAC y autor de la tesis que recoge los resultados), Ivo Saviane (Universidad de Padua), Giampaolo Piotto (investigador principal del grupo de Cúmulos Estelares de Padua) y Antonio Aparicio (investigador principal del grupo de Poblaciones Estelares del IAC). Este estudio ha sido también objeto de un artículo de divulgación publicado en julio por la revista *Newton*, del que son autores Antonio Aparicio y Alfred Rosenberg.

50 años de estudios

El estudio moderno de la formación de la Vía Láctea comenzó hace cincuenta años, cuando los investigadores pudieron medir, con ciertas garantías de precisión, las edades de los cúmulos globulares. Gracias a estas primeras investigaciones, se pudo determinar que la Vía Láctea y las demás galaxias se formaron poco después del origen del Universo. En 1962, los astrónomos Olin J. Eggen, Donald Lynden-Bell y Allan Sandage propusieron un esquema de formación sencillo. Nuestra galaxia se habría formado por una práctica caída libre de la nube de materia original por efecto de la gravedad. Éste es el origen de un esquema de formación rápida. Durante esta caída se formó la mayor parte de los cúmulos globulares de la Vía Láctea, que por tanto deberían tener todos aproximadamente la misma edad.

Sin embargo, en 1979, Leonard Searle y Robert Zinn plantearon que las condiciones físicas en que se encontraban un cierto tipo de estrellas dentro de estos cú-

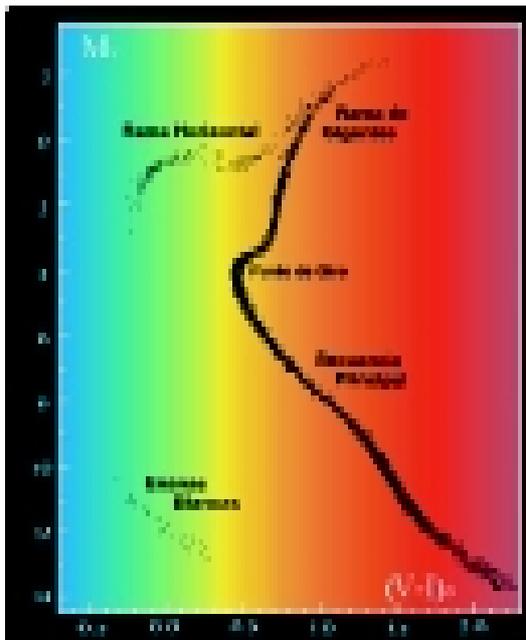


Diagrama color-magnitud, en el que se distribuyen las estrellas de un cúmulo y se puede observar su evolución. Cuanto más a la derecha se encuentra, más fría es la estrella; cuanto más arriba, más brillante.

mulos (en concreto, las estrellas de la llamada «rama horizontal»: unas estrellas viejas que producen energía mediante la combustión termonuclear del helio de su interior) se debían a que sus edades serían muy distintas en diferentes cúmulos. Esto implicaba que también las edades de los cúmulos deberían ser muy diferentes y, por tanto, que la formación de la Vía Láctea habría sido un proceso lento, de 4.000 ó 5.000 millones de años de duración. Si la formación rápida se explicaba por la caída libre del material por efecto de la gravedad, la formación lenta implica un proceso más caótico que conlleva encuentros fortuitos entre nubes de materia que se desplazan lentamente. A partir de ellos podrían haber nacido los cúmulos globulares. Este esquema para la formación de la Vía Láctea había acumulado resultados favorables en los últimos años. Sin embargo, queda en parte invalidado por el nuevo estudio.

Los investigadores del Grupo del IAC y de la Universidad de Padua han estudiado las edades de 52 cúmulos globulares de nuestra galaxia, los conjuntos de estrellas más viejos conocidos. Por sus edades, de entre 12.000 y 13.000 millones de años, estos cúmulos constituyen una útil herramienta para estudiar el proceso de evolución inicial de las galaxias. Usando dos telescopios, el "Jacobus Kapteyn" (JKT), en el Observatorio del Roque de los Muchachos, del IAC, y el "Dutch", en

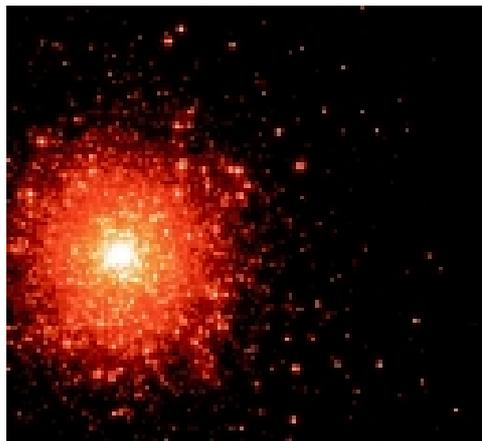
La Silla (Chile), los investigadores lograron precisar, con un margen de error mucho menor que el conseguido hasta ahora, que la mayoría de las edades de estos cúmulos difieren entre sí menos de unos 500 ó 1.000 millones de años. Es decir, a escala cósmica, se formaron casi a la par y muy rápidamente, y sus órbitas casi radiales en torno a la galaxia —que describen un movimiento alternativo hacia dentro y hacia fuera— demuestran que son fruto de un gran y rápido colapso de la materia de la protogalaxia primigenia.

Los autores indican que este proceso puede servir para explicar también la formación del resto de las galaxias del Universo. Señalan, además, que han encontrado algunos casos de cúmulos globulares claramente más jóvenes y dispersos que la mayoría, lo que les lleva a extender su trabajo a cúmulos globulares situados a distancias mayores del centro galáctico. Hasta ahora, habían analizado los 60.000 años-luz centrales que, de hecho, contienen la mayor parte de los cúmulos globulares de la Vía Láctea (nuestro Sol se encuentra a 25.000 años-luz del centro). Los científicos aseguran, sin embargo, que encontrar cúmulos globulares de menor edad no invalidará el resultado principal de su trabajo, pues se cree que la Vía Láctea sigue incorporando material estelar procedente de su exterior, que no estaba presente durante su formación.

"LA TESIS DE ALFRED ROSENBERG DEMUESTRA QUE LA MAYORÍA DE LOS CÚMULOS GLOBULARES CON RAMAS HORIZONTALES DIFERENTES TIENE, NO OBSTANTE, EDADES MUY SIMILARES."

INVESTIGADORES:

- Alfred Rosenberg (IAC)
- Ivo Saviane (Univ. de Padua, Italia)
- Giampaolo Piotto (Univ. de Padua, Italia)
- Antonio Aparicio (IAC)



Uno de los 52 cúmulos estelares estudiados, el NGC 7708, situado en la constelación de Pegaso y observable con un pequeño telescopio.

Investigación

Un equipo de astrónomos internacional liderado por el *National Solar Observatory* (NSO) de Estados Unidos publicaron, el pasado 1 de marzo, en la revista científica *Science*, el descubrimiento de nuevas variaciones periódicas en el movimiento de la materia situada por debajo de la superficie solar, en una zona crítica de transición de propiedades físicas llamada en inglés *tachocline*. Es precisamente en esta capa donde se podría encontrar el secreto mejor guardado del Sol: el origen del ciclo de 11 años en la actividad solar, que posiblemente influya de forma directa en el cambio climático. Este descubrimiento ha sido posible tras el estudio de casi cinco años de datos obtenidos por la red internacional de Sismología Solar GONG (*Global Oscillation Network Group*), uno de cuyos instrumentos se encuentra instalado en el Observatorio del Teide (Tenerife), del IAC. Los datos han sido además confirmados con los obtenidos por el satélite solar SOHO, una misión conjunta de la ESA y la NASA en la que también ha participado el IAC con dos instrumentos heliosismológicos. SOHO pudo confirmar la existencia de variaciones periódicas utilizando un instrumento diferente y aplicando unas técnicas de análisis completamente distintas a las de GONG.

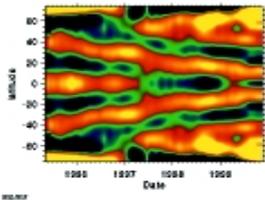
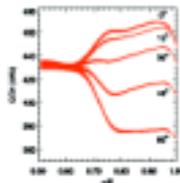


Gráfico con las diferentes bandas de la rotación solar: más rápida en rojo y amarillo y más lenta en verde y azul. En la imagen se ve cómo las bandas avanzan hacia el ecuador con el ciclo de actividad.

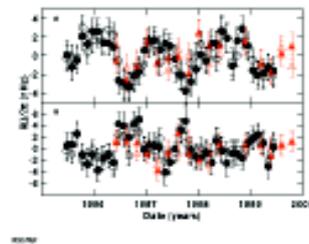
NUEVOS RITMOS EN EL SOL

Del mismo modo que los movimientos sísmicos y las erupciones volcánicas sirven a los geólogos para conocer mejor la composición interna de nuestro planeta, la Sismología Solar o Heliosismología es la única herramienta que la Física Solar tiene para estudiar en detalle la estructura interna invisible del Sol a partir de la propagación de las ondas por su interior. Existen millones de ondas de resonancia

que se propagan por el interior solar y que pueden observarse por su efecto en la luz emitida en la superficie. Los períodos de estas ondas dependen de su velocidad de propagación y de las propiedades de su cavidad de resonancia, cuyo estudio permite a los científicos sondear la temperatura, la composición química y los movimientos que se producen inmediatamente debajo de la superficie



Promedios temporales de la rotación solar en función del radio y para diferentes latitudes. La "tachocline", una región donde la rotación pasa de ser diferencial en la zona de convección a ser constante en el interior, aparece claramente en la base de la zona de convección, localizada a $r=0,71R$ (donde R es el radio solar).



Variación con el tiempo de la velocidad de rotación respecto a un promedio temporal a dos profundidades diferentes del ecuador del Sol ($0,72R$ arriba y $0,73R$ abajo). En negro, los datos obtenidos con los instrumentos de la red GONG y, en rojo, con el instrumento MDI en SOHO.

y que se prolongan hasta el mismo núcleo del Sol.

Los astrónomos buscaban la posible existencia de cambios sistemáticos en la velocidad del material en movimiento por debajo de la superficie solar y ahora han encontrado que cerca de la base de la capa convectiva, aproximadamente a un 30% del radio solar (210.000 km por debajo de la superficie), el índice de rotación varía periódicamente en un ciclo que dura 15 meses. Esta búsqueda sistemática se hizo en la región comprendida entre la superficie solar hasta aproximadamente la mitad de la distancia hasta el núcleo del Sol y desde el ecuador hasta los polos solares.

La superficie del Sol gira sobre sí misma aproximadamente una vez cada 27 días a nivel del ecuador. Sin embargo, a diferencia de la Tierra, todos los puntos de la superficie solar rotan a ritmos diferentes. El ecuador rota a mayor velocidad que los polos, donde el índice de rotación es de un giro cada 35 días. Esta 'rotación diferencial', que durante mucho tiempo ha sido el gran misterio de la física solar, se extiende a través de la zona convectiva para luego desvanecerse justo por debajo de ella. Es precisamente en este punto de transición donde los investigadores de GONG han observado esa variación rítmica de 15 meses en la rotación. La forma en que esta rotación profunda afecta al ciclo solar y por qué varía con un periodo de 15 meses y no de 11 años constituye un misterio. En palabras del Dr. Antonio Eff-Darwich, experto teórico en el campo y miembro de GONG, **"sorprenden encontrar variaciones en la velocidad de rotación de la materia en la mitad interna del Sol, lo que afecta a los actuales modelos teóricos que explican los procesos físicos a largo plazo en el interior de estrellas de tipo solar"**. Según el Dr. Pere Lluís Pallé, investigador principal por parte española de la red GONG, **"este nuevo descubrimiento supone una pieza adicional sólida a tener en cuenta y a reproducir en cualquier modelo que intente explicar la estructura y dinámica del Sol"**.

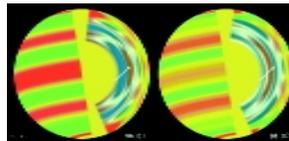
La red GONG

La red internacional de Sismología Solar GONG (*Global Oscillation Network Group*) es un programa internacional para el estudio detallado del interior del Sol liderado por el *National Solar Observatory* (NSO) norteamericano que, a su vez, forma parte de los NOAO (*National Optical Astronomy Observatories*) operados por AURA (*Association of Universities for Research in Astronomy, Inc.*), en virtud

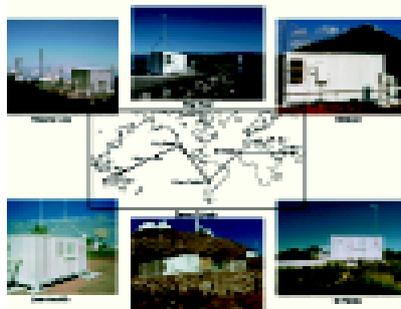
de un acuerdo de colaboración con la *National Science Foundation* norteamericana. Uno de sus instrumentos se encuentra instalado en el Observatorio del Teide.

La Física Solar fue una de las primeras ramas de la Astrofísica en la que se empezó a trabajar en el Observatorio del Teide. Los primeros telescopios instalados fueron telescopios solares y, hoy en día, este observatorio cuenta con una de las más completas baterías de telescopios solares del mundo. El Grupo de Sismología Solar del Instituto de Astrofísica de Canarias goza, además, de un gran prestigio internacional y ha participado de forma significativa en el desarrollo del proyecto GONG. Estas dos circunstancias explican que el NSO propusiera el Observatorio del Teide como uno de los nodos de su red internacional y que fuera, además, el primer destino de uno de los seis instrumentos que conforman la red internacional GONG. Las obras para la instalación de la estación GONG del Observatorio del Teide comenzaron en enero de 1994, y la estación vio su «primera luz» el 15 de febrero de 1995. El conjunto de la red, constituida por seis estaciones, comenzó a funcionar el 5 de octubre de 1995 y continuará obteniendo datos durante varios años.

Los observatorios de Big Bear (California), Learmonth (Australia), Udaipur (India), Cerro Tololo (Chile) y Mauna Loa (Hawaii) completan los seis emplazamientos de la red heliosismológica GONG que, repartidos por todo el planeta, observan permanentemente el Sol sin que la alternancia día-noche suponga ya un obstáculo.



Instantáneas de la rotación solar en dos tiempos distintos.



Instrumentos de la Red de Sismología Solar GONG.

"LA SUPERFICIE DEL SOL GIRA SOBRE SÍ MISMA APROXIMADAMENTE UNA VEZ CADA 27 DÍAS A NIVEL DEL ECUADOR. SIN EMBARGO, A DIFERENCIA DE LA TIERRA, TODOS LOS PUNTOS DE LA SUPERFICIE SOLAR ROTAN A RITMOS DIFERENTES."

Investigación

"LA POLARIZACIÓN ES UNA CARACTERÍSTICA DE LA LUZ QUE INTERESA MUCHO A LOS ASTROFÍSICOS PORQUE LES PERMITE OBTENER INFORMACIÓN SOBRE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS EN EL UNIVERSO."

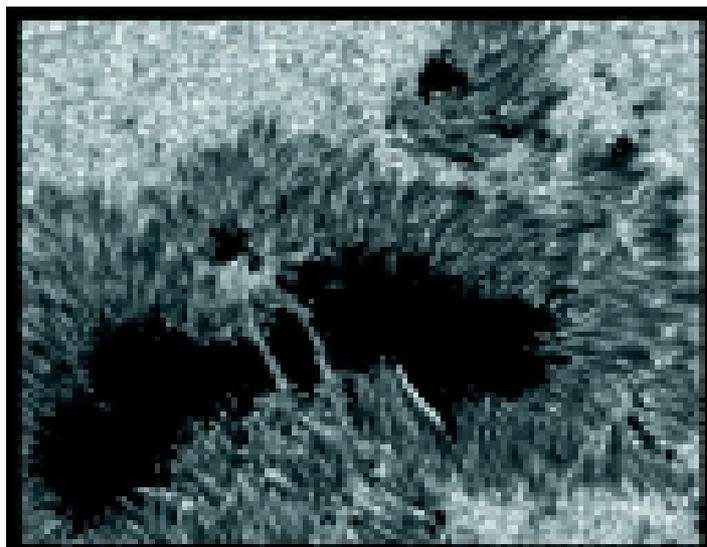


Imagen de una mancha solar obtenida con el telescopio SVST (Swedish Solar Vacuum Telescope), del Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma. (c) G. Scharmer, L. Rouppe van der Voort (KVA) et al., SVST.

La combinación de observaciones de la polarización de la luz solar realizadas con el telescopio alemán Gregory Coudé, del Observatorio del Teide, en Tenerife, y su interpretación teórica con simulaciones numéricas de transporte radiativo en plasmas magnetizados han permitido a tres investigadores del IAC (Héctor Socas Navarro, Javier Trujillo Bueno y Basilio Ruiz Cobo) descubrir el mecanismo por el que se producen los llamados "destellos umbrales", aumentos repentinos y periódicos que se producen en el brillo de las líneas espectrales que se forman en la "umbra" o parte central más oscura de las manchas solares. Estas investigaciones aportan nueva información sobre estos "destellos" y sobre las oscilaciones del gas ionizado o plasma en la cromosfera de las manchas solares, ambos fenómenos estrechamente vinculados a los campos magnéticos más intensos del Sol. La revista científica *Science* publicó, en su número del 26 de mayo, estos resultados, que son importantes para entender el origen y los mecanismos del magnetismo en astrofísica en general y en física solar en particular.

LUCES EN LA SOMBRA:

Últimas investigaciones sobre los fenómenos dinámicos y magnéticos en las manchas solares

El Sol, nuestra estrella más cercana y fuente de la vida en la Tierra, resulta ser un sistema astrofísico mucho más complejo y enigmático de lo que aparenta a simple vista o, incluso, con la ayuda de un pequeño telescopio. Cuando se observa y estudia el Sol haciendo uso de po-

tentes telescopios e instrumentos basados en la más avanzada tecnología, se descubre que, lejos de manifestarse con la aparente serenidad que inspira cuando lo contemplamos al atardecer, se está comportando de una forma que, además de exótica y fascinante, interesa mucho a los científicos. Para ellos, el Sol continúa siendo el laboratorio que les permite investigar en detalle la física que rige en muchas otras estrellas del Universo.

Plasma solar

El plasma solar (una mezcla de gases formada en su mayor parte por hidrógeno y helio) es un gas muy caliente, con una buena proporción de electrones libres y de iones, es decir, está parcialmente ionizado. El plasma solar es, por tanto, un excelente conductor de la electricidad, sobre todo en el interior estelar donde la conductividad supera incluso a la del cobre metálico. Todo el Sol en su conjunto tiene una capacidad enorme para conducir corrientes eléctricas. Como consecuencia, los campos magnéticos se ven atrapados por el plasma y son arrastrados a medida que éste se mueve hacia arriba y hacia abajo en la llamada "zona de convección", situada bajo la superficie visible del Sol. Mediante un complejo proceso que aún no es comprendido en su totalidad, ta-

les campos magnéticos se concentran, se intensifican y se agrupan hasta formar las gigantescas manchas solares que se vienen observando desde los tiempos de Galileo. Estas sombras oscuras en la superficie solar (oscuras por estar relativamente más frías que sus alrededores) pueden apreciarse en ocasiones a simple vista utilizando un filtro adecuado, y su número va en aumento a medida que la actividad solar se acerca a su máxima intensidad, algo que sucede cada 11 años. Casualmente, en el año 2000 se está produciendo lo que los astrofísicos llaman un "máximo solar" y que marca el final de un ciclo en la actividad del astro.

Una mancha solar puede llegar a tener un diámetro tan grande como 50.000 kilómetros, lo que equivale aproximadamente a unas cuatro veces el diámetro de la Tierra. Intensos campos magnéticos se extienden por todo su volumen y atraviesan su superficie, con una intensidad de unos 3.000 gauss (comparativamente, el campo magnético terrestre que hace funcionar una brújula tiene un valor de medio gauss, mientras que un imán casero genera un campo magnético de unos 100 gauss). Campos magnéticos tan intensos como los de las manchas solares pueden de hecho generarse en los laboratorios terrestres con la ayuda de electroimanes. En el seno de ellos una cacerola de hierro saldría disparada para pegarse de inmediato en el polo más cercano al imán.

Sin embargo, los campos magnéticos de las manchas solares tienen un comportamiento muy distinto respecto de lo que podemos experimentar en el aire no conductor que respiramos. Hasta cierto punto se pueden simular sus efectos en gases calientes confinados por campos magnéticos generados en los laboratorios terrestres, lo que constituye la base de la idea para producir energía mediante la fusión de hidrógeno en helio. No obstante, dadas las enormes dimensiones de una mancha solar, y del Sol en su conjunto, hay un amplio dominio de la física que no es accesible mediante experimentos en los laboratorios terrestres. En cambio, el Sol realiza continua y gratuitamente nuevos experimentos en su propio laboratorio.

Magnetismo

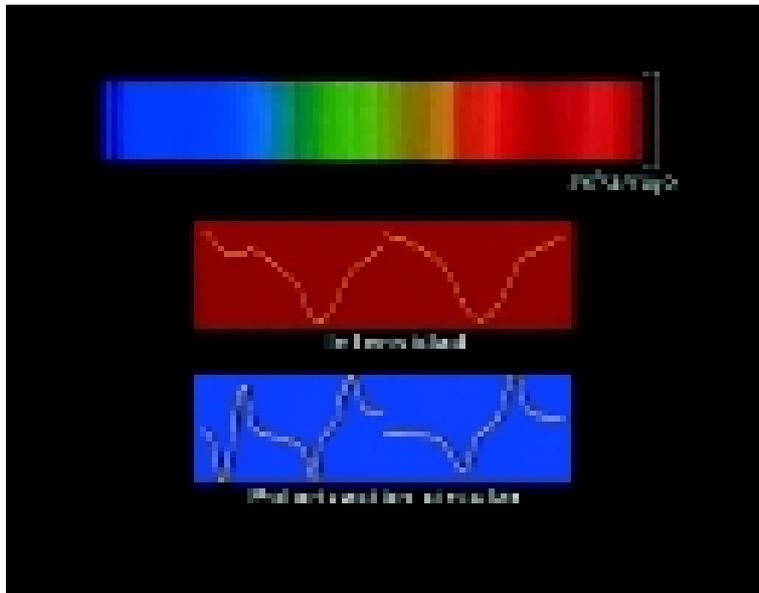
Recogiendo la luz estelar mediante modernos telescopios, analizándola con instrumentos adecuados (en particular,

con espectro-polarímetros en los telescopios de los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos) e interpretando las observaciones mediante simulaciones numéricas del proceso de generación y transporte de radiación polarizada en plasmas magnetizados, un grupo de científicos del IAC dirigido por el Dr. Javier Trujillo Bueno, Científico Titular del CSIC e investigador del IAC, está explorando de esta manera un campo de la física que, hoy por hoy, resulta inaccesible de otra forma. **"Esta física -comenta este investigador- es necesaria para poder llegar a entender el origen y los mecanismos del magnetismo en astrofísica. En el caso concreto del Sol es, además, crucial porque el clima terrestre está modulado por la propia actividad magnética del Sol"**.

La investigación realizada por este grupo del IAC aporta nueva información sobre el fenómeno de las oscilaciones del plasma en las manchas solares, la variación espacial de sus campos magnéticos, el enigma de sus periódicos y repentinos brillantamientos (o destellos umbrales) que se detectan en las líneas espectrales cromosféricas y la posibilidad de que este fenómeno (que muchos consideran potencialmente importante para el calentamiento de la cromosfera solar) esté de hecho teniendo lugar en todas las manchas solares, indepen-

INVESTIGADORES:

- Héctor Socas Navarro
(High Altitude Observatory, EEUU)
- Javier Trujillo Bueno
(CSIC/IAC)
- Basilio Ruiz Cobo
(IAC/ULL)



Espectro de intensidad y polarización circular de tres líneas espectrales en el infrarrojo cercano de la umbra de una mancha solar. Las dos líneas más intensas son del calcio ionizado, mientras que la más débil corresponde al hierro neutro..

"DESDE HACE MUCHOS AÑOS, ESTE GRUPO DEL IAC HA VENIDO DESARROLLANDO LOS MÉTODOS MATEMÁTICOS Y TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO DE PLASMAS ADECUADAS PARA PODER HOY INTERPRETAR RIGUROSAMENTE ÉSTAS Y OTRAS OBSERVACIONES ESPECTRO-POLARIMÉTRICAS MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE SIMULACIONES NUMÉRICAS DEL TRANSPORTE DE RADIACIÓN POLARIZADA EN PLASMAS MAGNETIZADOS QUE SE ENCUENTRAN EN CONDICIONES FÍSICAS MUY ALEJADAS DEL EQUILIBRIO."

dientemente de su tamaño. **"La clave ha sido la observación y la interpretación de la polarización de la luz solar"**, señala Basilio Ruiz Cobo, Profesor Titular del Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna e investigador del IAC. La luz es radiación electromagnética. Y ésta no sólo se caracteriza por su intensidad para cada longitud de onda, sino además por su estado de polarización para cada longitud de onda. **"La polarización es una característica de la luz que interesa mucho a los astrofísicos porque proporciona información directa sobre los campos magnéticos y las condiciones físicas en el Universo"**, señala Héctor Socas Navarro, actualmente investigador del *High Altitude Observatory*, de Boulder (EEUU). La luz emitida por los átomos e iones en presencia de un campo magnético está polarizada, tanto más cuanto mayor es la intensidad del campo magnético.

Polarización

Lo novedoso de esta investigación que publicó el 26 de mayo la revista científica *Science* se debe a dos razones fundamentalmente. Por una parte y contrariamente a lo que científicos de otros centros habían hecho previamente en el campo observacional, los autores de este trabajo han tenido la idea de medir cada 30 segundos, y a lo largo de varias horas independientes de observación durante varios días, no sólo la intensidad de la luz proveniente de la parte central más oscura (umbra) de varias manchas solares, sino que en particular han sido capaces de cuantificar correctamente el estado de polarización de la luz en varias líneas espectrales simultáneamente. Esto ya de por sí les llevó al descubrimiento, puramente observacional, de que los perfiles de polarización circular de las líneas espectrales más intensas sufren cada tres minutos unas fuertes y repentinas alteraciones en su forma, que detectaron en todas las manchas observadas, incluso en aquéllas para las que no hay indicio alguno (en los perfiles de intensidad observados tradicionalmente) de los conocidos "destellos umbrales" que vienen intrigando a los astrofísicos desde su descubrimiento hace 30 años.

Interpretación teórica

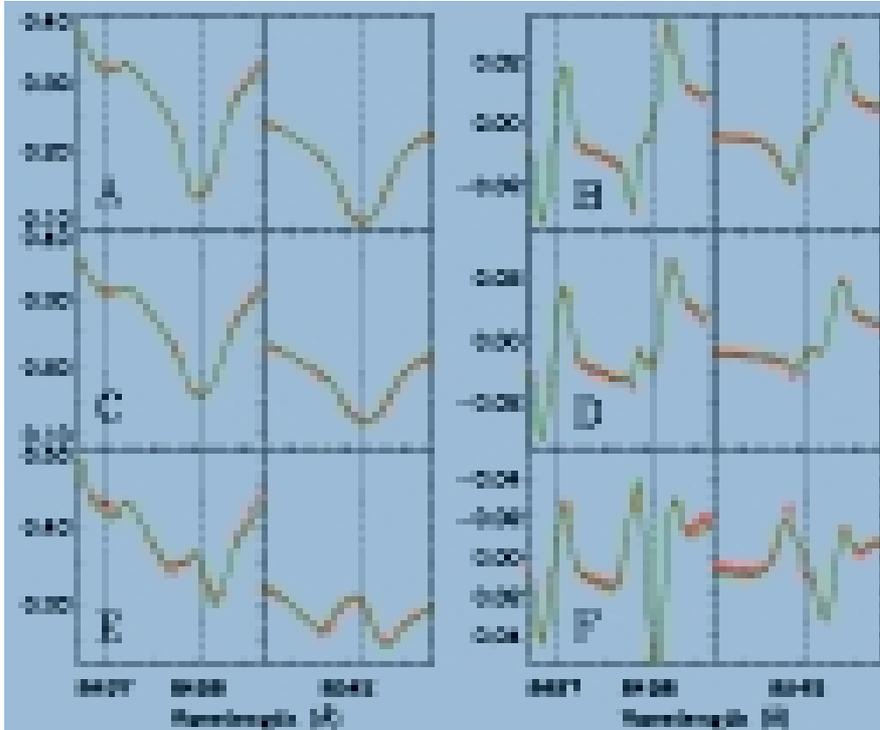
Por otra parte, esta investigación ha sido particularmente novedosa porque, desde hace muchos años, este grupo del

IAC ha venido desarrollando los métodos matemáticos y técnicas de diagnóstico de plasmas adecuadas para poder hoy interpretar rigurosamente éstas y otras observaciones espectro-polarimétricas mediante la realización de simulaciones numéricas del transporte de radiación polarizada en plasmas magnetizados que están en condiciones físicas muy alejadas del equilibrio.

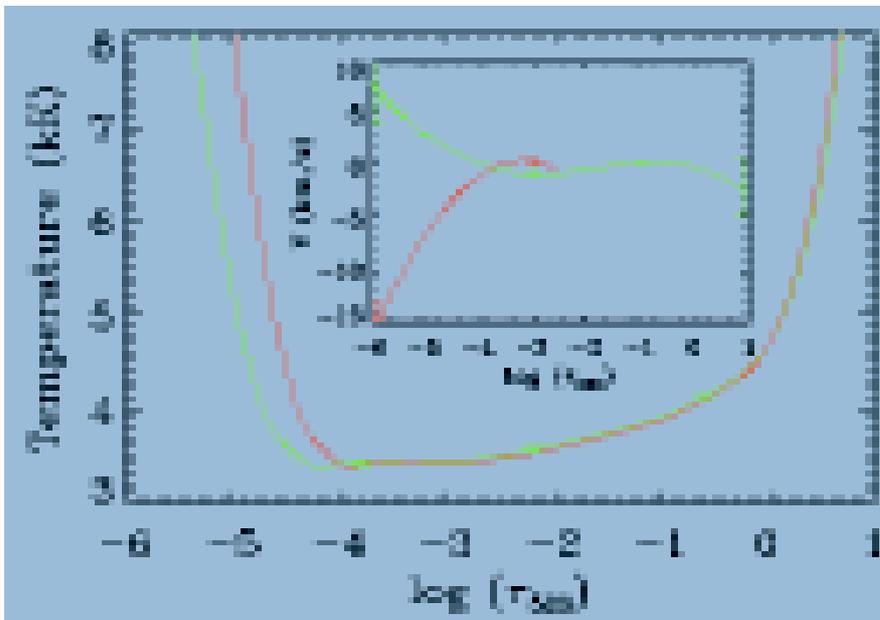
Como explican los autores de esta investigación, el análisis y la interpretación teórica de estas observaciones espectro-polarimétricas ha permitido obtener el siguiente modelo sobre las condiciones físicas (dinámicas y magnéticas) en las manchas solares. En primer lugar, todo el plasma magnetizado de las regiones externas (cromosfera) de la umbra de las manchas solares se está moviendo continuamente hacia las regiones más internas con una velocidad de 1 km por segundo aproximadamente.

Sin embargo, en el seno de este flujo continuo de materia que se está hundiendo surgen repentinamente, y cada tres minutos aproximadamente, componentes adicionales del plasma que se mueven hacia la superficie estelar con velocidades de hasta 10 km por segundo. **"Esto podría ser debido –indican los investigadores- a ondas generadas en el interior de las manchas solares y que luego se propagan dando lugar a la formación de choques en las regiones más externas, o bien debido a verdaderas eyecciones periódicas de masa que salen disparadas hacia la superficie desde las regiones interiores (fotosfera) de las manchas solares."**

En definitiva, es como si estos investigadores hubiesen logrado "filmar e interpretar una película" de la evolución temporal de varias manchas solares usando cámaras especiales sensibles a la polarización circular de la luz y simultáneamente para varias longitudes de onda de dicha radiación. De esta manera han logrado detectar los "latidos del corazón" de las manchas solares. Es como si de repente pudiésemos ver las estrellas durante el día. Quizás esta metáfora nos puede ayudar a comprender mejor lo que un reducido grupo de astrofísicos dispersos por todo el mundo están poco a poco descubriendo mediante la medida e interpretación rigurosa de la polarización de la luz que recibimos de todos los confines del Universo.



Perfiles de intensidad (paneles de la izquierda) y polarización circular (paneles de la derecha) observados (puntos rojos) en la umbra de dos manchas solares. Los perfiles sintéticos (líneas verdes) obtenidos con el modelo teórico propuesto ajustan de forma notable las observaciones, incluso en el caso de perfiles tan extraordinariamente anómalos como los que se muestran en los paneles D y F (los cuales corresponden a dos manchas solares diferentes). A medida que pasa el tiempo los perfiles de polarización circular observados en la cromosfera de una mancha solar pasan de ser "normales" (panel B) a ser "anómalos" (panel D), oscilando con una periodicidad de 3 minutos aproximadamente.



Esquema del modelo teórico obtenido para un instante de tiempo dado. Las gráficas muestran la temperatura y la velocidad del material en función de la profundidad en la atmósfera solar. Valores positivos de la velocidad indican que el material se está hundiendo hacia el interior estelar, mientras que valores negativos indican que está ascendiendo hacia su superficie. La línea verde representa el modelo "en calma" de la mancha solar, mientras que la línea roja representa la componente "energética" de su plasma constituyente. Ésta aparece cada tres minutos y llega a cubrir hasta un 30% de la superficie de la umbra. Esta segunda componente activa con velocidades tan grandes como 10 kilómetros por segundo es la responsable de la aparición de los enigmáticos "destellos umbrales".

Investigación

Investigadores del IAC, en colaboración con la Universidad de Múnich, han determinado por primera vez con fiabilidad en nuestro entorno galáctico la masa de estrellas supergigantes azules del orden de 100 veces la masa del Sol. Por su brillo, las supergigantes azules actúan como «faros cósmicos» de regiones estelares inmensas, a las que proporcionan su energía luminosa. Las conclusiones fueron publicadas en el mes de febrero, en el Vol. 354 de la revista *Astronomy & Astrophysics*.

LOS FAROS DE LA VÍA LÁCTEA

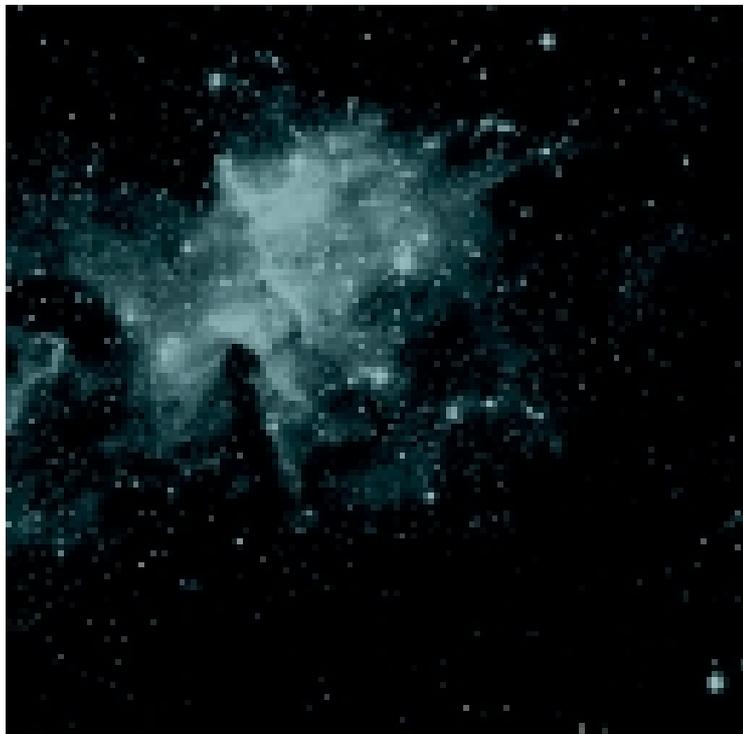
Identifican cerca del Sol algunas de las estrellas con más masa de nuestra galaxia

"AL DETERMINAR LA MASA ESTELAR, LOS INVESTIGADORES DEL IAC HAN CONSIDERADO TAMBIÉN EL PAPEL DE LOS VIENTOS ESTELARES, QUE PROVOCAN UNA PÉRDIDA DE MASA DE LA ESTRELLA POR EL VIOLENTO EMPUJE DE LA RADIACIÓN QUE EMERGE DESDE SU INTERIOR."

Un equipo de investigadores del IAC ha determinado la masa de estrellas supergigantes azules situadas a tan sólo unos 7.000 años-luz de la Tierra, relativamente cerca a escala galáctica. Por primera vez se han logrado medir las masas de un conjunto de estrellas del orden de 100 veces la del Sol de una manera fiable. Entre otras, se ha establecido la masa de la estrella HD15570, con más de 110 veces la masa del Sol, y HD15558, situada como la anterior en la Constelación de Casiopea, con 90 masas solares;

Cygnus OB2#7, una estrella muy joven situada en el Brazo del Cisne de la Vía Láctea, podría haber nacido con 105 masas solares.

Los investigadores realizaron cálculos numéricos para ajustar los datos de observaciones realizadas con el Telescopio "Isaac Newton", del Observatorio del Roque de los Muchachos, del IAC. Las conclusiones han aparecido recientemente publicadas en la revista *Astronomy & Astrophysics*. El estudio ha sido dirigido por el investigador prin-



El cúmulo galáctico IC1805. La gran estrella del centro de la imagen es HD 15570; arriba y a la derecha está HD 15558, otra de las supergigantes estudiadas.
©ESO Digital Sky Survey (DSS).

principal del proyecto de Estrellas Masivas Azules del IAC, el Dr. Artemio Herrero, quien califica de novedosa esta medición en un campo de investigación en el que **«sólo se han determinado de una manera fiable las masas de muy pocas estrellas supergigantes»**.

La «regla perdida»

En el estudio se exponen las dificultades de la medición de la masa de estas estrellas supergigantes, en especial HD15570, que como consecuencia podría tener incluso una masa mayor de la obtenida en el estudio y rivalizar así con las que se consideran las mayores estrellas conocidas de la galaxia, como la estrella de la Pistola –a la que se atribuyen hasta 250 masas solares– o algunas de la Asociación de Carina, de hasta 130.

El mejor modo de determinar la masa de una estrella es estudiar cómo influye su gravedad en una estrella compañera y viceversa. Esto es posible en sistemas binarios o múltiples (formados por dos o más estrellas), pero resulta imposible para estrellas aisladas, para cuya medición los astrofísicos recurren a métodos menos directos. El más fiable es determinar su gravedad mediante la densidad de su atmósfera. Éste ha sido el método empleado por los investigadores del IAC y sus colaboradores.

Pero este indicio no es siempre seguro. Según Artemio Herrero, **«la 'regla de medir' se pierde para las mayores supergigantes azules»**. Algunos métodos, relativamente sencillos, habían determinado ya las masas de estas estrellas, pero no tenían en cuenta aspectos influyentes. Los investigadores del IAC han intentado corregir esta imprecisión al considerar también el papel de los vientos estelares, una pérdida de masa de la estrella por el violento empuje de la radiación que emerge desde su interior.

En general, cuanto más masa tiene una estrella, mayor es su brillo y, por tanto, la radiación que emite. Pero esta radiación empuja el material de la estrella hacia el espacio exterior en contra de su atracción gravitatoria y, en los casos más extremos, puede llegar a ocultar la estrella. HD15570 y HD14947 –otra estrella incluida en el estudio, con casi 50 veces la masa del Sol– son ejemplos extremos de esta dificultad. Para estrellas más masivas, como la mencionada de la Pistola en el centro de la Vía

Láctea, sólo pueden utilizarse otros métodos aún más indirectos e imprecisos.

Las estrellas más masivas

En el interior de una estrella se produce una gigantesca combustión alimentada por la masa. Las estrellas masivas tienen por tanto mucho que consumir, pero lo hacen de una manera tan rápida que su existencia es relativamente fugaz, del orden de un millón de años. Una nadería en comparación con la longevidad de una estrella enana como el Sol, con 10.000 millones de años de vida en su estado actual. Se puede afirmar que una estrella es el fruto de una pugna entre esa combustión nuclear –que hace que se expanda– y la fuerza de la gravedad –que impulsa a la materia de la estrella a concentrarse y a comprimirse–. Aquí estriba el dramático final de las gigantes azules. Una vez consumidos en su interior todos los elementos químicos que producen energía al fusionarse, como el hidrógeno, el helio o el silicio, las reacciones nucleares internas comienzan a absorber energía en lugar de producirla. La razón por la que ocurre este fenómeno está en que los elementos que se obtienen de la reacción nuclear son cada vez más estables y se obtiene menos energía a través de ellos.

Como resultado, ninguna fuerza frena la gravitatoria y las capas exteriores de la estrella caen hacia el núcleo violentamente. Ese derrumbamiento, denominado «colapso gravitatorio», hace que la estrella explote finalmente como una supernova, lanzando al espacio la materia que se ha transformado en su interior y que, debido a su gran masa, termine como agujero negro. Por este motivo, el número de agujeros negros de nuestra galaxia depende del número de estrellas muy masivas que se hayan formado en su seno. Un número nada fácil de calcular si no es posible medir las masas de las supergigantes, como han logrado los investigadores del IAC en este estudio.

Pero antes del catastrófico final, estas estrellas actúan como verdaderos faros cósmicos en extensas regiones de la galaxia, como las nebulosas de hidrógeno ionizado (regiones HII), que son visibles gracias a su aporte energético. También pueden estudiarse en otras galaxias con los grandes telescopios modernos, con lo que los científicos cuentan con un vínculo directo entre los campos de la física extragaláctica y la física estelar que ayuda a entender mejor el Universo primitivo.

"EN GENERAL, CUANTO MÁS MASA TIENE UNA ESTRELLA, MAYOR ES SU BRILLO Y, POR TANTO, LA RADIACIÓN QUE EMITE. PERO ESTA RADIACIÓN EMPUJA EL MATERIAL DE LA ESTRELLA HACIA EL ESPACIO EXTERIOR EN CONTRA DE SU ATRACCIÓN GRAVITATORIA Y, EN LOS CASOS MÁS EXTREMOS, PUEDE LLEGAR A OCULTAR LA ESTRELLA."

INVESTIGADORES:

- Artemio Herrero (IAC/ULL)
- Joachim Puls (Univ. Múnich, Alemania)
- M. Rosario Villamariz (IAC)

Científicos del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y del IAC, en colaboración con investigadores de la Universidad de Monterrey (México) y el Centro Astronómico Hispano-Alemán de Calar Alto (CAHA) en Almería, han detectado por primera vez los destellos luminosos producidos por el choque de pequeños fragmentos del cometa *Tempel-Tuttle* sobre la superficie de la Luna. Estos fragmentos – pertenecientes a la lluvia de estrellas de las Leónidas– originan cráteres de hasta 30 metros de diámetro, según la estimación de los científicos. Las conclusiones de la observación, realizada en noviembre de 1999, fueron publicadas en el número del 22 de junio de la revista *Nature* y abren nuevas vías de estudio de este violento fenómeno.

LAS LEÓNIDAS BOMBARDEAN LA LUNA

"A PESAR DE QUE LA SUPERFICIE DE LA LUNA ESTÁ PLAGADA DE CRÁTERES, TODOS PRODUCIDOS POR COLISIONES DE METEOROIDES, ASTEROIDES Y COMETAS, NUNCA ANTES SE HABÍA OBSERVADO NINGÚN IMPACTO DIRECTAMENTE."

Por primera vez se han podido observar los destellos producidos en la Luna por el choque de pequeñas partículas desprendidas del cometa *Tempel-Tuttle*, que origina en la Tierra la lluvia de estrellas fugaces conocida como Leónidas. Estos fragmentos (denominados *meteoroides*) impactaron violentamente contra el suelo lunar a unos 260.000 kilómetros por hora y provocaron cráteres de entre 5 y 30 metros de diámetro –según la estimación del estudio–, que no son visibles desde la Tierra ni con la ayuda de grandes telescopios. A pesar de que la superficie de la Luna está plagada de cráteres, todos producidos por colisiones de meteoroides, asteroides y cometas, nunca antes se había observado ningún impacto directamente.

En opinión de los científicos, es imposible que un fenómeno similar ocurra en la Tierra gracias a que la atmósfera de nuestro planeta frena y desintegra los fragmentos impidiendo que impacten contra su superficie. Según los cálculos del artículo "*Optical detection of meteoroidal impacts on the Moon*" (Detección óptica de impactos de meteoroides en la Luna), que aparece publicado en *Nature*, los fragmentos pesaban entre 100 gramos y 5 kilogramos. La masa del mayor de los meteoroides hace suponer que liberaron una energía equivalente a la explosión de unos 3.000 kilogramos de TNT.

Los destellos corresponden a una lluvia de meteoroides caídos sobre la zona oscura de la cara visible de la Luna en



noviembre de 1999. Los investigadores presentan indicios de otro impacto de características parecidas ocurrido en el mes de julio, debido posiblemente a un fragmento de otro cometa. La técnica utilizada ha permitido conocer mejor el proceso de choque —este tipo de impactos no se puede reproducir en un laboratorio— y algunas de las propiedades de los fragmentos desprendidos del cometa *Tempel-Tuttle*. Las observaciones fueron realizadas en México con un telescopio que llevaba acoplada una cámara de vídeo.

Hasta la fecha, no se había observado ninguno de estos destellos, que duran menos de dos centésimas de segundo, por la insuficiente sensibilidad de las cámaras utilizadas.

Pero la intensa lluvia de Leónidas de 1999, debida a una mayor concentración de partículas en el espacio, facilitó la observación de impactos en la superficie de la Luna como los cinco detectados por los investigadores.



INVESTIGADORES:

- José L. Ortiz
(IAA/CSIC)
- Pedro V. Sada
(Univ. de Monterrey, México)
- Luis R. Bellot
(IAC)
- Francisco J. Aceituno
(Alhamar 40)
- Javier Aceituno
(CAHA, Almería)
- Pedro J. Gutiérrez
(IAA/CSIC)
- U. Thiele
(CAHA, Almería)

Secuencia de imágenes artísticas que ilustran el impacto de un fragmento del cometa Tempel-Tuttle contra la superficie lunar (Gabriel Pérez, IAC)

El "Experimento Boomerang" ha establecido recientemente, a partir de unas precisas imágenes de la radiación de fondo cósmico, que el Universo es abierto, se expandirá indefinidamente y tenderá a enfriarse. Los datos coinciden con unas investigaciones del IAC, lideradas por el astrofísico Rafael Rebolo, disponibles en la revista electrónica *Astro-ph*. Este investigador es también uno de los impulsores del "Experimento VSA", instalado en el Observatorio del Teide, que conseguirá imágenes de mejor calidad que "Boomerang", hasta alcanzar a 'ver' quizá la huella que dejó en el fondo de microondas la formación de las primeras galaxias.

UN UNIVERSO PLANO

El "VSA" obtendrá imágenes aún más nítidas que "Boomerang" del Universo primitivo

«Los resultados de 'Boomerang' son incuestionables», afirma Rafael Rebolo, Profesor del CSIC e investigador del IAC, especialista en el fondo cósmico de microondas (radiación aún hoy perceptible de la Gran Explosión que originó el Universo y fuente principal de información sobre sus primeros instantes). Para Rebolo, «Boomerang ha establecido que la densidad de la materia del Universo no es lo suficientemente grande para provocar que llegara a colapsar por la gravedad», lo que se conoce como 'gran colapso' o Big Crunch. «El experimento ha demostrado que el Universo es abierto y seguirá expandiéndose y enfriándose indefinidamente», señala.

Estos resultados dan la razón a la mayoría de las interpretaciones sobre el origen y el destino del Universo de los últimos veinte años: «El Universo tendrá, dentro de decenas de miles de millones de años, una vida muy triste, oscura y fría –señala Rebolo– con temperaturas cada vez más próximas al cero absoluto (273 grados bajo cero)».

Los análisis de este astrofísico y su grupo sobre el fondo cósmico coinciden con los del experimento Boomerang. Los resultados del IAC aparecerán próximamente en la revista mensual de la Royal Astronomical Society y están ya disponibles en el servicio de publicaciones electrónico *Astro-ph* bajo el título «Medida del primer pico acústico del fondo cósmico de microondas con el interferómetro de 33 gigahertzios». El artículo ha sido realizado conjuntamente con José Alberto Rubiño y Carlos Gutiérrez, también del IAC, y otros investigadores de las universidades de Cambridge y Manchester.

Las semillas de las galaxias

El equipo de Rebolo trabaja actualmente en un nuevo experimento, denominado VSA (siglas de *Very Small Array*), insta-

lado en el Observatorio del Teide (ver artículo sobre el VSA en este mismo número de *IAC Noticias*) e impulsado por el IAC, el Grupo de Astrofísica Cavendish (Universidad de Cambridge) y el Observatorio Jodrell Bank (Universidad de Manchester). Los objetivos científicos de VSA son similares a 'Boomerang', pero el nuevo experimento conseguirá imágenes del fondo cósmico de microondas más nítidas, de hasta un sexto de grado de resolución. Para ello se emplearán catorce pequeñas antenas de radio que apuntarán al mismo lugar en el Universo y combinarán sus señales, con una técnica conocida como interferometría.

De acuerdo con la teoría de expansión del Universo, las variaciones espaciales de la temperatura en el fondo cósmico de microondas son la huella de las semillas que generaron las galaxias y los cúmulos que las agrupan. Algunas de estas huellas de la estructura actual del Universo –llamadas "cosmosomas" por los astrofísicos del IAC- ya fueron localizadas en 1994 gracias al 'Experimento de Tenerife', también instalado en el Observatorio del Teide. Por efecto de la expansión del cosmos y de la gravedad, estos cosmosomas darían lugar a los gigantes supercúmulos de galaxias. «Cuanto mejor resolución tengan las imágenes del fondo de microondas, más riguroso será nuestro conocimiento sobre el origen del cosmos», señala este investigador. VSA abre el camino a observar las huellas de objetos menores que los cúmulos de galaxias. «Gracias a la precisión que ofrece el experimento quizá alcancemos a 'ver' las variaciones térmicas que originaron las primeras formaciones de galaxias en el Universo», aventura Rebolo, con una amplia experiencia en este campo que le ha llevado a obtener los resultados obtenidos con el interferómetro JBO-IAC, del Observatorio del Teide.

Texto del artículo:
[http://www.arxiv.org/abs/
astro-ph/0004357](http://www.arxiv.org/abs/astro-ph/0004357)

MAPA DE LA RADIACIÓN DEL BIG BANG

Imagen obtenida a partir de los datos registrados por el Experimento de Tenerife, desde el Observatorio del Teide, entre 1990 y 1997

RAFAEL REBOLO (CSIC/IAC)

La imagen inferior que acompaña a este texto corresponde al mapa de la radiación que emergió de la Gran Explosión tal y como ha sido registrado por el Experimento de Tenerife, en el Observatorio del Teide, a partir de datos obtenidos en el periodo 1990-1997.

Las observaciones realizadas por investigadores del IAC y del Observatorio de Jodrell Bank, de la Universidad de Manchester, ponen de manifiesto el nivel de inhomogeneidad en la distribución de materia y radiación en épocas muy cercanas al Big Bang.

El mapa, que ha sido obtenido con una resolución de 5 grados y a la frecuencia de 15 GHz, cubre cerca de un diez por ciento de la bóveda celeste con una sensibilidad y resolución superior a la del satélite COBE.

Observaciones a más baja frecuencia, confirman que la mayor parte de las inhomogeneidades detectadas son de carácter cosmológico limitando severamente la posible contaminación de otras fuentes.

La amplitud de las fluctuaciones, con un nivel de una parte en cien mil, es consistente con las encontradas a escalas más grandes por COBE y son explicables en el escenario cosmológico de la Gran Explosión si existió una fase de expansión inflacionaria en los primeros instantes del Universo.

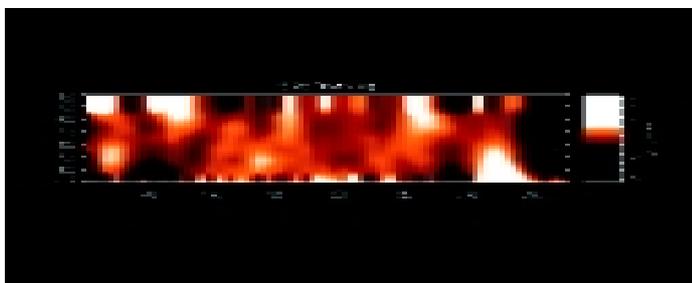
Las variaciones espaciales en la radiación de microondas detectadas por el Experimento de Tenerife proporcionan información sobre las inhomogeneidades en la densidad de materia del Universo primitivo asociadas a procesos de carácter cuántico-gravitatorio que todavía no están bien establecidos.

Este trabajo ha sido publicado en la revista Astrophysical Journal vol. 529, p 47 (2000) y se enmarca dentro del proyecto de investigación del IAC "Anisotropías del Fondo Cósmico de Microondas" que dirigen R. Rebolo (CSIC/IAC) y C. Gutiérrez (IAC).

*Colaboran en esta investigación:
Jodrell Bank Observatory: R.D. Davies, R. A. Watson
Cavendish Astrophysics Group: A. Lasenby, A. Jones*



Uno de los radiómetros del Experimento de Tenerife, instalado en el Observatorio del Teide.



El VSA es la última incorporación a la colección de experimentos dedicados al estudio de las anisotropías del fondo cósmico de microondas (CMB, en sus siglas en inglés), la radiación residual fría (3K) que quedó tras el Big Bang, que será emplazado en el Observatorio del Teide. Utiliza un diseño nuevo basado en una red interferométrica, similar al concepto del *Very Large Array* (VLA) instalado en Nuevo México, pero a una escala mucho menor: 3 m en lugar de 27 km, de ahí su nombre. Estas características lo sitúan a la vanguardia de la nueva generación de telescopios tipo CMB diseñados para obtener un mapa de las estructuras cosmológicas a las escalas de sub-grado críticas, donde los picos acústicos que se esperan en el espectro angular de potencias promete dar respuesta a algunas de las preguntas fundamentales de la naturaleza del Universo. Con los experimentos en globo atmosférico BOOMERANG y MAXIMA hemos podido comprobar los resultados de esta generación de telescopios, que el VSA ampliará, con mayor resolución y sensibilidad, para estudiar alguno de sus resultados inesperados.

EL VSA (*VERY SMALL ARRAY*)

ROBERT WATSON

(Universidad de Manchester)

El telescopio está compuesto por 14 pequeñas antenas montadas sobre una plataforma de acero de 3,5 por 4 metros que se puede mover verticalmente en torno a un eje este-oeste en su lado norte. Cada antena se puede considerar como un radiotelescopio independiente compuesto por un reflector parabólico fuera de eje movido por un motor acoplado a una bocina cónica corrugada que alimenta a un receptor de bajo ruido enfriado criogénicamente. El haz de cada antena tiene 4,5 grados, aunque con la síntesis de apertura se consigue una resolución mayor según el tamaño de la batería de detectores (*array*). Esto corresponde a 10 minutos de arco en la configuración más grande, para la que será necesario añadir un reflector de bocina adicional más grande con un tamaño de haz de 2 grados que será incorporado al equipo a lo largo del año. Los receptores son amplificadores HFET pseudomórficos de 26-36 GHz diseñados en el NRAO con una temperatura de sistema de 25K. Dentro de esta rango



Imagen artística del VSA con el Teide al fondo.

se puede seleccionar cualquier banda de 1,5 GHz de ancho mediante el correspondiente cambio de la frecuencia del oscilador local, algo necesario para la detección de emisión galáctica no térmica que se realiza observando hacia los extremos de este rango de frecuencia. El seguimiento se realiza mediante el movimiento combinado de los reflectores en torno a un eje sobre el centro de los cuernos y la elevación de la mesa con todas las antenas orientadas al mismo punto del cielo.

Las observaciones se llevan a cabo tomando pares de antenas y midiendo la amplitud, llamada 'visibilidad', de la distribución de la interferencia inducida por el brillo del cielo dentro del haz, mediante la combinación de las dos señales. Las 'visibilidades' tienen la maravillosa característica de que su amplitud es una medida directa del espectro angular de potencias, de modo que los datos pueden clasificarse automáticamente según su tamaño angular con el fin de buscar los picos acústicos esperados. La tarea de medir las visibilidades corresponde al correlador que procesa los datos procedentes de los 14 instrumentos para producir como resultado las 91 visibilidades complejas (reales e imaginarias) y almacenarlas cada segundo. La síntesis de apertura puede entonces procesar las visibilidades, a partir de las cuales se pueden elaborar mapas de alta resolución del CMB dentro de un área de 4,5 grados con una resolución de 20-10 minutos de arco alcanzando después de unos dos meses de observación una sensibilidad de unos 7 microkelvin. Esta técnica, además de sus superiores sensibilidad y resolución con respecto a los métodos de conmutación de haz tradicionales, es par-

ticularmente buena a la hora de eliminar los efectos atmosféricos y ambientales, lo que la convierte en ideal para un instrumento terrestre.

La razón fundamental por la que los interferómetros son capaces de eliminar las señales atmosféricas es porque las visibilidades corresponden a un rango muy estrecho de frecuencias espaciales en las que la contribución de la atmósfera es muy pequeña. En los experimentos de conmutación de haz, como el "Experimento de Tenerife", el perfil de haz final ha de generarse a partir de un conjunto de haces gaussianos simples, cada uno de los cuales se ve afectado por una serie de gradientes y de componentes atmosféricas variables en el tiempo, por lo que es necesario contar con unas condiciones atmosféricas excepcionalmente estables. Además, la "rotación de franja" ayuda a eliminar esas interferencias. A medida que el conjunto de detectores realiza el seguimiento del campo que se está observando, se producen diferencias en el camino recorrido por la radiación que dan lugar a una rotación de fase o franjas en los datos. Con la rotación de la Tierra, el seguimiento de las fuentes astronómicas produce cambios en estas franjas a un ritmo bien determinado, mientras que se reducen en gran medida otras señales contaminantes, como las procedentes de la atmósfera o del entorno (suelo).

La aplicación de las redes de interferómetros a las observaciones del CMB fue desarrollada e introducida por primera vez por el Grupo de Astrofísica de Cavendish (CAG), que construyó un prototipo del VSA basado en tan sólo tres antenas de 15 GHz que denominó "Telescopio de Anisotropías de Cavendish" (CAT). A pesar del cielo de Cambridge, el instrumento produjo las primeras imágenes de alta resolución del CMB a escalas de 0,5 grados, en 1996. Fue en esa época cuando se comenzó a trabajar en el diseño y construcción del VSA, una versión mucho más amplia y sensible que trabajaría a frecuencias más altas y que contó con el apoyo de becas de investigación del PPARC.

En 1997, las tres instituciones científicas involucradas desde hace quince años en el estudio del CMB a través del "Experimento de Tenerife" del IAC, el Observatorio de Jodrell Bank (JBO) y el CAG acordaron aunar esfuerzos para formar un consorcio y construir, instalar y gestionar el VAS en el Observatorio del Teide. El CAG construiría el complejo correlador necesario para extraer las señales entre los pares de antenas, la mesa, los reflectores y la cubierta protectora. El JBO construiría los amplificadores de bajo ruido, los criostatos y los subsistemas IF y electrónicos. El IAC se ocuparía de la construcción de los cuernos, de facilitar y preparar el emplazamiento y de la gestión y el mantenimiento del VSA,

instalando también una línea paralela de procesamiento de datos para valorar de forma independiente los efectos sistemáticos y los resultados científicos.

En noviembre de 1999 estaba ya en funcionamiento la mesa con 6 antenas montadas y se habían realizado todas las pruebas que podían hacerse bajo el cielo de Inglaterra, de modo que se desmanteló y se envió a Tenerife, donde el emplazamiento estaba ya preparado. Entre diciembre de 1999 y enero de 2000 hubo mucha actividad para conseguir instalarlo todo antes de que se adentrara el invierno. Fue en marzo cuando comenzó el período de pruebas, se llevó a cabo la cuadratura, la calibración y la eliminación de los efectos sistemáticos restantes. En abril se instalaron las dos antenas parabólicas de 4 metros, que configuran un único interferómetro norte-sur para la monitorización de fuentes puntuales. En el mes de junio empezó la campaña principal de observación con 12 antenas en tres campos seleccionados por estar relativamente libres de fuentes brillantes puntuales y de emisión galáctica.

La monitorización de fuentes es una parte importante de la estrategia del programa VSA, pues las observaciones del telescopio Ryle de Cambridge indican que las fuentes puntuales podrían ser un importante foco de contaminación. Dado que a estas frecuencias se trata en la mayoría de los casos de fuentes variables de espectro plano, la monitorización en el momento de las observaciones es esencial para poder sustraerlas correctamente del mapa. Actualmente existe un programa capaz de detectar fuentes sospechosas a 15 GHz en el telescopio Ryle dentro del área de los campos previstos para el VSA, de modo que se dispondrá de un conjunto de datos corregidos para el análisis estadístico del espectro angular de potencias.

Los resultados del proyecto "Boomerang" despertaron gran interés en el público en general por sus mediciones de los primeros picos acústicos que demostraban que el Universo se encuentra muy cerca del modelo de densidad crítica plana que se venía barajando desde hacía algún tiempo. Suscitó también mucho interés entre la comunidad cosmológica ante la falta del siguiente pico acústico, pues es en los tamaños y en las posiciones relativas de estos picos donde deberían contenerse, codificados, los parámetros fundamentales del Universo (la constante de Hubble, la fracción bariónica, la constante cosmológica, etc.). Aunque comenzará entre el 2° y el 4° pico, el VSA es capaz de medir hasta el 7° pico en la batería ampliada con una sensibilidad dos veces superior a la de los resultados presentados por "Boomerang", para adentrarse en el largo camino que queda hasta el conocimiento de la naturaleza del Universo, sea ésta cual sea.



Experimento VSA, en el Observatorio del Teide.



Detalle de las once antenas del VSA

Varios equipos de astrónomos conectados a través de Internet y emplazados en Madrid, Tenerife, Suecia, Italia, Finlandia y Dinamarca consiguieron, los pasados 18 de mayo y 13 de junio, operar a través de Internet el telescopio NOT (*Nordic Optical Telescope*), instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma. La experiencia fue posible gracias a DYNACORE, una nueva herramienta informática que permite el control remoto de grandes instalaciones científicas como son los telescopios de Canarias.

PROBADO CON ÉXITO EL PROTOTIPO DE DYNACORE

Los participantes de estas observaciones comprobaron cómo este prototipo DYNACORE (*DYNamically Configurable Remote Experiment Monitoring & Control*) permitía la operación remota del telescopio como si estuvieran todos ellos en el propio observatorio.

La herramienta permite que un usuario autorizado participe desde cualquier lugar del mundo en un experimento científico utilizando los equipos más avanzados cualquiera que sea su emplazamiento. Únicamente se precisa una conexión a Internet, un ordenador con un navegador estándar y una autorización.

Consortio europeo

DYNACORE ha sido desarrollado por un consorcio europeo liderado por la empresa española "TCP, Sistemas e Ingeniería", que lleva a cabo actividades de investigación y desarrollo tecnológico en el campo de la operación remota, supervisión y control de grandes instalaciones científicas desde hace más de tres años.

El sistema, además de permitir la operación remota de grandes telescopios, proporciona las herramientas necesarias que hacen posible la colaboración de varios científicos ubicados en distintos centros



Imagen del telescopio NOT, instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma). Con este telescopio se han realizado las primeras pruebas de observación por control remoto utilizando Dynacore.



Equipo de astrónomos del IAC conectados por control remoto al telescopio NOT, la noche del 18 de mayo, desde La Laguna.

Más información sobre el proyecto DYNACORE en:
<http://www.tpsi.es/dynacore>

de trabajo alrededor del mundo, quienes pueden participar activamente durante toda la sesión de trabajo. De este modo, usuarios y equipos remotos colaboran en un mismo proyecto como si de un laboratorio virtual se tratase.

Durante los pasados meses de mayo y junio se probó el sistema con el telescopio NOT para comprobar su correcto funcionamiento y ver cómo se comportaba al ser utilizado por los distintos usuarios conectados simultáneamente desde distintos lugares del mundo. Durante estas sesiones de prueba se pudo comprobar la rapidez del sistema en la distribución de información e imágenes entre los distintos centros de investigación participantes, la disposición de información sobre las condiciones de observación en tiempo real, y un excelente comportamiento al ser operado simultáneamente por media docena de usuarios.

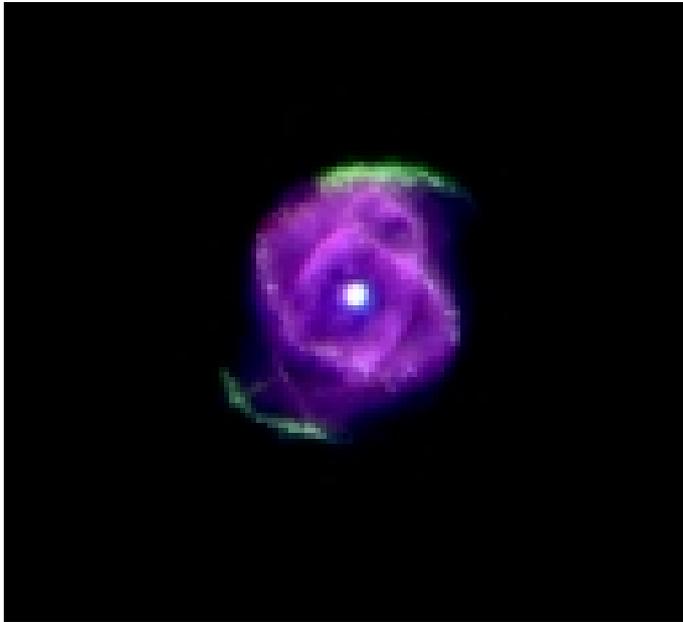
El manejo a distancia de grandes telescopios abre nuevas vías para el aprovechamiento del costoso tiempo de observación. Este tipo de herramientas, que sin duda

alguna será esencial para el futuro, es de inestimable valor también para la formación de futuros investigadores que desde sus propias universidades podrán seguir y participar en una observación astronómica con telescopios profesionales en tiempo real.

El proyecto internacional DYNACORE ha sido financiado por la Comisión Europea a través del IV Programa Marco de apoyo a la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico (I+D) y en él han participado instituciones de Suecia, Alemania, Italia, Francia, Holanda y España. Entre las españolas, además de "TCP Sistemas e Ingeniería", han participado la Universidad Politécnica de Madrid, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial / Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental (INTA/LAEFF) y el IAC. En esta iniciativa se contempla el desarrollo de dos prototipos, cada uno de los cuales es aplicable en campos de la ciencia donde la operación remota de grandes equipos es de gran interés: la astrofísica y la física del plasma.

Participantes en el proyecto DYNACORE:

- TCP Sistemas e Ingeniería
- Universidad Politécnica de Madrid
- INTA/LAEFF
- IAC
- Universidad de Utrecht (Países Bajos)
- Forschungszentrum Jülich GmbH (Alemania)
- Osservatorio Astronomico di Trieste (Italia)
- Consorcio NOT, S.A. (Noruega, Finlandia, Dinamarca, Islandia y Suecia)
- Université Louis Pasteur Strasbourg I / Centre de Donnes de Strasbourg (Francia)



Nebulosa NGC 6543, también conocida como "Ojo de gato". Composición de tres imágenes (filtros V, R e I) tomadas la noche del 13 de junio operando el telescopio NOT por control remoto con ayuda de DYNACORE. La observación fue realizada por un equipo de astrónomos desde la sede central del IAC en La Laguna.

La óptica adaptativa permite obtener una imagen más nítida del Universo al corregir el efecto distorsionador que introduce la turbulencia atmosférica en las observaciones. Un experimento realizado desde el Observatorio del Roque de los Muchachos con el Telescopio Nacional italiano "Galileo" (TNG) ha demostrado por primera vez que la turbulencia puede medirse de forma tridimensional. De este modo se eliminan las limitaciones que hasta ahora tenía la óptica adaptativa, pues la técnica puede aplicarse a toda la esfera celeste. Los resultados de este trabajo fueron publicados en la revista *Nature* en su número del 6 de enero de 2000, en un artículo donde Roberto Ragazzoni y Gianpaolo Valente, de la Universidad de Padua (Italia), junto con Enrico Marchetti, del TNG, demuestran la viabilidad de realizar tomografía atmosférica para óptica adaptativa.

TOMOGRAFÍA ATMOSFÉRICA CON EL TELESCOPIO "GALILEO"

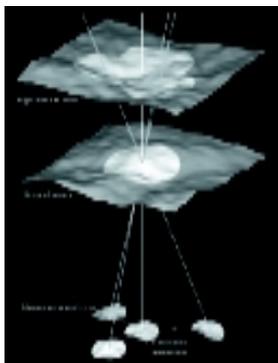
La luz estelar procedente de las galaxias más distantes recorre intacta el Universo desde hace miles de millones de años y es sólo en los últimos 20 km de su trayecto hasta los instrumentos astronómicos donde el efecto perturbador de la atmósfera terrestre distorsiona su trayectoria. Los telescopios espaciales evitan este efecto a expensas de unos costes muy elevados y de no menores riesgos. En tierra, la óptica adaptativa puede lograr resultados muy interesantes introduciendo en el telescopio una perturbación equivalente pero opuesta a la que produce la atmósfera. De este modo, ambos efectos distorsionadores se contrarrestan, dando como resultado una capacidad de resolución extraordinaria.

Sin embargo, es mucho más sencillo explicar en qué consiste la técnica que aplicarla con éxito en el entorno de un telescopio de alta montaña, pues la turbulencia atmosférica varía rápidamente con el tiempo; de hecho, es necesario valorar el efecto de la distorsión cada pocos milisegundos. La perturbación medida se transfiere a un espejo deformable que adopta la posición adecuada también en un lapso de pocos milisegundos. El proceso puede conseguirse por medio de sensores especiales que toman varias fotografías de una estrella brillante en muy poco tiempo.

El espejo deformable utilizado para introducir las distorsiones compensadoras consiste en una lámina muy fina adjunta a una placa base dotada de una serie de actuadores muy pequeños, de gran precisión y velocidad de funcionamiento. La precisión en el posicionamiento del espejo debe ser de una fracción de longitud de onda de la luz que se observa, es decir, del orden de menos de una milésima de milímetro.

Los problemas técnicos que se plantean son ya importantes, pero hay uno en concreto que dificulta el enfoque descrito. Para poder conocer la distorsión atmosférica de la luz procedente de la estrella se necesita una estrella de referencia lo bastante brillante y muy cercana al objeto a estudiar. Las estrellas sintéticas generadas artificialmente

La medición tomográfica de los frentes de onda de la luz procedente de cada una de las estrellas puede aprovechar la distribución tridimensional de la turbulencia. La luz estelar se ve perturbada por las diferentes capas de la atmósfera terrestre. En este caso se examinaron dos capas distintas (una cerca del suelo, como es habitual). Estudiando tres estrellas situadas a una cierta distancia de la línea de visión del telescopio (líneas grises) se obtienen tres deformaciones diferentes del frente de onda, ninguno de los cuales puede utilizarse para corregir la distorsión. La reconstrucción tomográfica de este efecto repartida entre las capas permite reconstruir el frente de onda en una dirección determinada.



lanzando al cielo potentes haces de láser producen fuentes demasiado cercanas al telescopio en comparación con la distancia casi infinita de los objetos astronómicos como para que constituyan una solución definitiva.

Desgraciadamente, la distancia que debe haber entre la estrella brillante y el objeto de estudio no tiene mucho margen. De hecho, sabemos que la forma en que oscila el brillo de las estrellas varía de unas a otras. La zona útil en torno a las estrellas brillantes es tan pequeña que, a pesar de su elevado número, la región del cielo que se puede aprovechar es del orden del 0,1%: sólo una milésima parte.

La solución al problema está en la tomografía. Esta técnica es capaz de analizar la turbulencia atmosférica en tres dimensiones, detectando la posición de las "burbujas" de turbulencia sobre el observatorio desde el que se trabaja. Analizando cada una de las capas de turbulencia atmosférica se pueden computerizar fácilmente los efectos turbulentos en cualquier dirección del cielo, independientemente de que tengamos o no una estrella brillante cercana de referencia.

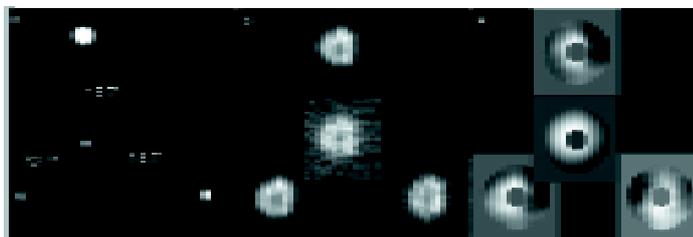
La técnica de la tomografía se ideó en 1989 y, en los años sucesivos, se realizaron varios trabajos teóricos detallados. Ahora, el Telescopio Nacional Galileo (TNG) ha llevado a cabo en el cielo de Canarias un experimento de demostración, comprobando una predicción correcta de la turbulencia atmosférica a través de medidas obtenidas de tres estrellas bastante alejadas de la dirección de apuntado del telescopio.

El TNG tomó varias fotografías de cuatro estrellas de la constelación del Águila de tal manera que, a partir de cada una de ellas, se puede medir la turbulencia atmosférica que se interpone entre la estrella y el telescopio. Tres de las estrellas marcaban aproximadamente los vértices de un triángulo equilátero, mientras que la cuarta se encontraba en el centro de la pequeña "constelación". Utilizando las medidas de las tres estrellas que forman el contorno se pudo "predecir" el comportamiento de la atmósfera en la región central del triángulo, confirmando así la validez de la técnica.

Ragazzoni, Marchetti y Valente, utilizando los datos obtenidos con el telescopio, demostraron que esta técnica puede aplicarse a toda la esfera celeste. La relevancia de estos resultados es mayor para los telescopios con mayor apertura, siendo especialmente interesante para telescopios de la clase 4 m, como el TNG. También resulta de interés para telescopios de la clase 8 y 10 m, como el VLT o el GTC, y aún más para la nueva generación de grandes telescopios actualmente en estudio por el ESO (*European Southern Observatory*). Estos gigantes ojos dependen de la óptica adaptativa para dar los magníficos resultados de que son capaces y, por supuesto, el hecho de poder abarcar la totalidad del cielo es un factor crucial. El trabajo realizado por este equipo italiano con el TNG, que mereció la portada de la revista *Nature*, supone un gran impulso a la aplicación de la tomografía en Astronomía.

INVESTIGADORES:

- Roberto Ragazzoni
(Univ. de Padua, Italia)
- Enrico Marchetti
(Centro Galileo, ORM)
- Gianpaolo Valenti
(Univ. de Padua, Italia)



Las cuatro estrellas observadas, un ejemplo de datos en bruto y los correspondientes mapas de frente de onda. **a** Distribución de las estrellas utilizadas para el estudio formando un triángulo. **b** Imagen de las estrellas tal y como se verían en un telescopio sin óptica adaptativa. **c** Forma del frente de onda de las estrellas observadas. El frente de onda se puede reconstruir a partir de las imágenes desenfocadas empleando la técnica propuesta por los autores.

INSTRUMENTACIÓN ASTRONÓMICA PARA EL SIGLO XXI

CARLOS MARTÍN DÍAZ

(Jefe de Ingeniería del Área de Instrumentación del IAC)

Bajo el nombre de Simposio SPIE/ESO *"Astronomical Telescopes and Instrumentation 2000"* se celebró en Múnich (Alemania), del 27 al 31 de marzo, una reunión internacional sobre la instrumentación que se está desarrollando para los grandes y muy grandes telescopios de nueva generación que se construyen en estos momentos en el mundo o que están en proyecto. Entre los más de 1.200 participantes (se presentaron unas 1.000 ponencias) se encontraban representantes del Área de Instrumentación del IAC. Carlos Martín Díaz, Jefe de Ingeniería del Área de Instrumentación del IAC, resume en este artículo las novedades presentadas en el simposio.

LA PRESENCIA ESPAÑOLA, FUNDAMENTALMENTE DEL IAC, SE CONCENTRÓ EN LAS SESIONES DEDICADAS A INSTRUMENTACIÓN Y DETECTORES ÓPTICOS E INFRARROJOS, SOFTWARE DE CONTROL AVANZADO PARA TELESCOPIOS E INSTRUMENTACIÓN, INTERFEROMETRÍA EN ASTRONOMÍA ÓPTICA Y TECNOLOGÍA DE SISTEMAS DE ÓPTICA ADAPTATIVA.

Los Simposios SPIE/ESO se celebran cada dos años alternativamente en Europa y Estados Unidos y constituyen el mayor punto de encuentro de las instituciones y centros que participan en la construcción de grandes telescopios y su instrumentación. La presencia española en esta edición fue numerosa. En varias comunicaciones se presentaron los distintos trabajos en marcha para el diseño y la construcción del Gran Telescopio Canarias (GTC), los instrumentos LIRIS, OSIRIS y EMIR, así como otros resultados de proyectos de investigación y desarrollo.

La presencia española, fundamentalmente del IAC, se concentró en las sesiones dedicadas a instrumentación y detectores ópticos e infrarrojos, software de control avanzado para telescopios e instrumentación, interferometría en astronomía óptica y tecnología de sistemas de óptica adaptativa. Estas sesiones fueron las más directamente relacionadas con el trabajo actual del Área de Instrumentación del IAC, donde el 80% de los ingenieros están participando en alguno de los futuros grandes instrumentos (LIRIS para el WHT o EMIR y OSIRIS para el GTC). El resto de sesiones se centraron en astronomía de rayos X, astronomía espacial o desde aviones, radiotelescopios, comunicaciones globales aplicadas a la astronomía o diseño, fabricación y operación de telescopios. En estas últimas, los representantes del proyecto del Gran Telescopio

Canarias intervinieron presentando varias ponencias (ver *Suplemento especial del GTC*).

Infrarrojo y óptico

En instrumentación infrarroja y óptica ha llamado la atención la masiva presencia de instrumentos para grandes telescopios (8-10 metros). Esto es debido a que los grandes telescopios llevan muy poco tiempo funcionando y es ahora cuando están recibiendo o van a recibir toda una nueva generación de instrumentos.

En cuanto a los aspectos técnicos de la instrumentación presentada ha habido pocas novedades. El instrumento típico es una cámara espectrógrafo a la que en algunos casos se le incrementan las prestaciones con opciones para polarimetría y coronografía. Aunque algunos incorporan un módulo para óptica adaptativa, en la mayoría de los instrumentos se cuenta con disponer de la infraestructura de óptica adaptativa de uso común suministrada por el propio telescopio.

Espectroscopía

En este ámbito está causando gran expectación la posibilidad de usar las VPH (*Volume Phase Holographic grating*), elemento dispersivo que incrementa la eficiencia del instrumento, pero que introduce un elemento móvil más al sistema y

cuyo rendimiento aún no está suficientemente contrastado. Por otro lado, los espectrógrafos de rendija larga exclusivamente están siendo relegados al pasado y ya todos apuestan por el uso del campo integral (IFU, *Integral Field Unit*) basado en fibras ópticas o en espejos (*image slicing*), y/o en técnicas multiobjeto. Además, estas técnicas espectroscópicas y el incremento en dimensiones y peso de los instrumentos diseñados para los grandes telescopios obliga a prestar gran atención a la estabilidad mecánica. La mayoría de los instrumentos anclados a las estaciones focales de los telescopios sufren flexiones estructurales provocadas por su movimiento durante la observación. La resolución de este problema por métodos convencionales, aumentando la rigidez de la estructura del instrumento, resulta insuficiente para los requerimientos actuales de calidad de tal manera que algunos grupos se han planteado el desafío de compensar las flexiones mediante dispositivos activos funcionando en bucle abierto o cerrado. Este reto ofrece grandes ventajas escondidas tras una enorme complejidad técnica. Aún no conocemos sus resultados.

Software de control

En cuanto al software de control de instrumentos y telescopios hay que mencionar el rápido declinar de los entornos EPICS (*Experimental Physics and Industrial Control System*), que estaban en pleno auge hace cuatro años, y que hoy en día están siendo sustituidos por las tecnologías orientadas a objetos, C++, Java, CORBA. Esta sustitución de tecnologías se está llevando a cabo allí donde se puede sin introducir un gran impacto en los desarrollos ya realizados. Los grandes

telescopios que en su día adoptaron EPICS todavía tardarán un tiempo en cambiar. El Gran Telescopio Canarias es el primero que desde su concepción está adoptando estas nuevas tecnologías y es un punto de referencia que está siendo seguido con gran interés por los otros grupos. Los planteamientos del proyecto GTC en este sentido son pioneros y van adquiriendo credibilidad.

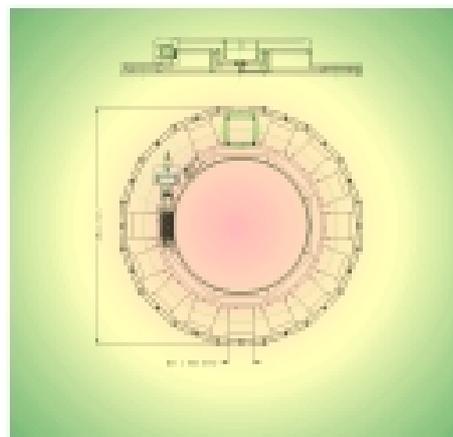
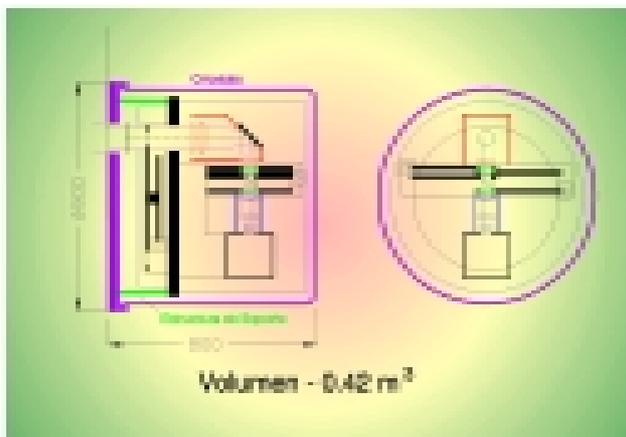
En telescopios más pequeños también se está notando un incremento del uso del sistema operativo LINUX, que poco a poco está haciéndose un hueco entre los grandes, Windows o UNIX. También se vio en estas conferencias el uso del entorno LabView de *National Instruments*, que al estar concebido expresamente para el control y la adquisición de datos de instrumentos tiene muchas funcionalidades implementadas.

Los problemas del desarrollo de software no han cambiado mucho; las modificaciones de requerimientos a última hora o la falta de una buena documentación actualizada siguen estando presentes. No obstante, en estas conferencias y por primera vez, se ha dado bastante importancia a aspectos tales como la trazabilidad de los requerimientos, el uso del control de configuración y a la participación del usuario desde el principio en el desarrollo. También se abordaron temas como la seguridad, la fiabilidad de los sistemas, la observación remota y la gestión.

Detectores

En el mundo de los detectores astronómicos, las tecnologías han seguido avanzando y hemos podido constatar que las decisiones tomadas por los pro

EL GRAN TELESCOPIO DE CANARIAS ES EL PRIMERO QUE DESDE SU CONCEPCIÓN ESTÁ ADOPTANDO LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE SOFTWARE DE CONTROL Y ES UN PUNTO DE REFERENCIA QUE ESTÁ SIENDO SEGUIDO CON GRAN INTERÉS POR LOS OTROS GRUPOS.



Esquema general del espectrógrafo LIRIS, a la izquierda, y de la rueda de rendijas de este instrumento, a la derecha.

LOS PROYECTOS DE TELESCOPIOS EXTREMADAMENTE GRANDES (DE 25 A 100 METROS DE DIÁMETRO) VIENEN AVALADOS POR JUSTIFICACIONES CIENTÍFICAS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES DE INGENIERÍA. DADO QUE TODAS LAS GRANDES SUPERFICIES ÓPTICAS DE ESTOS TELESCOPIOS ESTARÍAN CONSTITUIDAS POR ESPEJOS SEGMENTADOS DE UN TAMAÑO MÁS RAZONABLE, LOS PROBLEMAS PRÁCTICOS DE ESTOS PROYECTOS YA NO SON LOS RELACIONADOS CON LA ÓPTICA EN SÍ MISMA, SINO CON LA MECÁNICA QUE DEBE SOPORTARLA, CON LOS SISTEMAS DE CONTROL Y EL RESTO DE INFRAESTRUCTURAS NECESARIAS.

yectos OSIRIS y EMIR desarrollados por el IAC para el GTC son las adecuadas dentro de sus longitudes de onda de trabajo. No obstante, los sistemas de adquisición de datos para estos detectores de última generación no son fáciles de conseguir. Varios grupos que ya tienen una tradición en estos desarrollos han adoptado la estrategia de seguir desarrollando ellos mismos sus sistemas de adquisición, lo que les permite estar en la cresta de la ola en estas tecnologías, pero a un coste alto en medios y personas.

Nuevos materiales

La ausencia de grandes novedades tecnológicas en el campo de la instrumentación infrarroja y óptica para telescopios tiene su contrapartida con los desarrollos para el *Next Generation Space Telescope* (NGST). Es en este proyecto donde realmente se están produciendo las innovaciones tecnológicas en los campos de la optomecánica y la óptica con el uso, principalmente, de nuevos materiales. Estos materiales y los procesos para su tratamiento todavía no están al alcance, económicamente hablando, de los proyectos en telescopios terrestres. Por otro lado, sus prestaciones técnicas se adecuan más a los problemas presentes en la astronomía espacial y que tienen otras soluciones técnicas en los telescopios terrestres.

Óptica adaptativa

La I+D en óptica adaptativa continúa con un crecimiento sostenido. Las publicaciones científicas con los resultados de los primeros sistemas realmente de uso común (Keck, Calar Alto...) están siendo muy numerosas y el anuncio de la creación de un nuevo centro de ciencia y tecnología de la *National Science Foundation* en Estados Unidos dedicado a la óptica adaptativa generó un gran interés entre los asistentes. El centro CfAO aplica las técnicas de óptica adaptativa a la astronomía y a las ciencias de la visión (visualización de las células de la retina en oftalmología, por ejemplo) y es un magnífico exponente de la aplicación médica o industrial de técnicas surgidas en el ámbito de la astronomía.

Entre las nuevas tecnologías que se están usando en óptica adaptativa cabe señalar el sensor de pirámide y los *arrays* de APD (*Avalanche Photo Diodes*), más sensibles que los CCDs trabajando como contadores de fotones. Un método de óptica adaptativa en auge es el llamado *Multiconjugate Adaptive Optics* (MCAO) que consiste en la corrección de la perturbación atmosférica con espejos deformables situados en los planos con-

jugados a las capas atmosféricas turbulentas correspondientes. Mediante técnicas de tomografía se mide la turbulencia en distintas direcciones utilizando para ello varias referencias dentro del campo de visión (ya sea mediante estrellas naturales o láser). De esta manera se consigue una reconstrucción 3D y utilizando varios espejos deformables se realiza una compensación tridimensional (por capas) de la perturbación.

La gran ventaja que se consigue con estos sistemas es que el campo de visión corregido es mucho mayor que con un sistema de óptica adaptativa convencional. La desventaja es su complejidad en cuanto a los sensores, los espejos deformables y la enorme capacidad de procesado que se necesita.

Telescopios gigantes

Por último, la sesión dedicada a la presentación de los proyectos de telescopios extremadamente grandes (de 25 a 100 metros de diámetro) causó gran expectación. No se trata de meras especulaciones futuristas, vienen avalados por justificaciones científicas y propuestas de soluciones de ingeniería. Dado que todas las grandes superficies ópticas de estos telescopios estarían constituidas por espejos segmentados de un tamaño más razonable, los problemas prácticos de estos proyectos ya no son los relacionados con la óptica en sí misma, sino con la mecánica que debe soportarla, con los sistemas de control y el resto de infraestructuras necesarias.

Finalmente, no me gustaría concluir sin mencionar lo importante que es y ha sido para el Área de Instrumentación la asistencia a estas conferencias. Hemos tenido la oportunidad de ver en una semana todo lo que se está haciendo en el mundo en este campo de la instrumentación astronómica. Para los más jóvenes ha sido una oportunidad única de recibir esa información en vivo y conocer a las personas y a los grupos directamente involucrados. Para los más expertos ha sido el foro donde han compartido experiencias y han expuesto sus desarrollos. Para ellos, la información que se ha intercambiado en los pasillos o a la salida de las conferencias ha sido tanto o más importante que la que han recibido formalmente en las presentaciones orales o pósters.

Quiero agradecer las aportaciones y comentarios de todos los miembros del IAC que estuvieron en estas conferencias sin cuya ayuda no hubiera sido posible recopilar la información para este artículo.

EL CIELO, EL ESPACIO NATURAL MÁS ABANDONADO DE LA PROTECCIÓN DEL HOMBRE

FRANCISCO JAVIER DÍAZ CASTRO (OTPC, IAC)

Desde la creación en 1992 de la OTPC (Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo) en el IAC, se ha fomentado el apoyo a todas las instituciones y asociaciones que luchan por un cielo más oscuro donde se puedan contemplar las estrellas. Este esfuerzo se ha vinculado al enorme ahorro energético en las instalaciones de alumbrado que iluminan de forma racional y eficiente y, por consiguiente, reducen el envío indeseable de luz hacia el cielo.

Fruto de estas iniciativas y del trabajo incansable de las asociaciones de astrónomos aficionados es que el Parlamento Español haya aprobado la creación de una comisión para reducir la contaminación lumínica y fomentar el ahorro energético en el alumbrado exterior.

También se espera que, a finales de este año, se apruebe la Ley de Protección Atmosférica en la Comunidad de Cataluña, donde se incluye la protección de la contaminación lumínica.

A nivel nacional, hay decenas de municipios que han aprobado ordenanzas para la protección de la contaminación lumínica. En Canarias, que sepamos, sólo se ha aprobado en Santa Cruz de Tenerife (en alumbrados públicos) y, próximamente, se aprobará una Ordenanza Municipal en Candelaria (para todo tipo de alumbrado exterior).

No es descabellado pensar que tarde o temprano se regulará, en todos los países desarrollados, el uso racional y eficiente de la energía en las instalaciones de alumbrado. Lo más triste es que, Canarias, siendo pionera en la normalización y limitación de esta contaminación en los observatorios del IAC, se esté quedando rezagada en impulsar el uso racional y eficiente de la iluminación exterior, máxime cuando por todos es conocido que la ubicación y el clima de las islas confiere una transparencia a sus cielos casi única en el mundo que es óptima para la observación nocturna del Universo.

La no-normalización y limitación de la contaminación está degradando este medioambiente nocturno y robando a sus habitantes la posibilidad de contemplar este maravilloso paisaje natural. Además, cada vez hay más estudios que prueban el grave impacto que el resplandor del cielo produce en los insectos y en el equilibrio depredador/presa.

Por otro lado, la normalización y la limitación de la contaminación en zonas alejadas de observatorios astronómicos se basa en las recomendaciones sobre iluminación de los comités internacionales, tomando sus valores mínimos como valores objetivo.

Estas recomendaciones tienen como fin principal la seguridad y el bienestar de los ciudadanos, así como el uso racional de la energía, lo cual supone una mejora en la calidad de vida. Y no sólo se refieren a los niveles y calidad de la iluminación en nuestras calles, plazas y carreteras. También hablan de limitar el deslumbramiento a los usuarios (pérdida de visibilidad) para mejorar su seguridad y bienestar, reduciendo el brillo de las luminarias en los ojos, los niveles de iluminación en letreros luminosos y fachadas, etc. Asimismo, se limita la luz intrusa en propiedades ajenas, reduciendo los niveles de iluminación en las ventanas de los edificios (dormitorios).

Al normalizar los niveles máximos, se evita el "efecto dominó", que significa duplicar o triplicar los niveles en cualquier tipo de iluminación ya que, por el comportamiento del ojo humano, las instalaciones vecinas, aunque estuvieran bien iluminadas, nos parecerían oscuras en comparación con las excesivamente iluminadas. Este efecto se está produciendo en nuestras grandes ciudades, donde el ciudadano no consciente de este fenómeno pide más luz en sus calles, tras una nueva instalación con exceso de iluminación en su vecindad.

Otro punto importante en estas normativas es la de prohibir utilizar el cielo con fines lucrativos o comerciales (cañones de luz, láser, etc.).

Con todo ello se consigue, además, proteger este maravilloso patrimonio público natural que es nuestro cielo.

TARDE O TEMPRANO SE REGULARÁ, EN TODOS LOS PAÍSES DESARROLLADOS, EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO.

"-Ves- le dijo. No estoy apagando la luz. ¡No, de ningún modo! Simplemente estoy encendiendo la Noche. Se la puede encender o apagar igual que una lámpara, con el mismo interruptor". (RAY BRADBURY, 1955)

FORMACIÓN DE PLANETAS

Del 24 al 28 de enero, el IAC organizó, en el Puerto de la Cruz (Tenerife), la Euroconferencia "Disks, Planetesimals & Planets" ("Discos, Planetesimales y Planetas"). Con 110 participantes de 17 países, esta Euroconferencia sirvió de marco para la presentación y puesta en común de los resultados de diferentes grupos dedicados a la detección y estudio de planetas extrasolares. Se abordaron las distintas fases en la formación de un planeta y su estudio mediante diferentes técnicas y desde los distintos rangos del espectro electromagnético. Incluida en el V Programa Marco de I+D de la Comisión Europea (*Improving Human Research Potential Programme*), la Euroconferencia contó además con la financiación del Ministerio de Educación y Cultura, del Cabildo de Tenerife, de la Universidad Autónoma de Madrid y de la Sociedad Española de Astronomía (SEA), así como con la colaboración del Banco Bilbao-Vizcaya y de DISA Corporación Petrolífera, S.A.

"TENEMOS UN CASO MUY CLARO DE UN SISTEMA DE DOS ESTRELLAS RODEADAS CADA UNA DE ELLAS DE UN DISCO CON GAS SUFICIENTE PARA FORMAR UN SISTEMA PLANETARIO PARECIDO AL NUESTRO. ES UN RESULTADO MUY IMPORTANTE PORQUE INDICA QUE LA FORMACIÓN DE DISCOS PROTOPLANETARIOS Y, POR ENDE, DE PLANETAS, ES UN PROCESO MUY ROBUSTO QUE SE DA AÚN EN CONDICIONES QUE A PRIORI PODRÍAMOS CONSIDERAR ADVERSAS."

Tras décadas sin éxito en la búsqueda de planetas en torno a otras estrellas, en los últimos años el campo de los planetas extrasolares ha empezado a dar resultados y hoy la detección de nuevos planetas es cada vez más frecuente. Esta Euroconferencia abordó las distintas fases en la formación de un planeta: el *disco de gas* y *polvo*, la materia que gira en torno a una estrella y que procede de la nube originaria del sistema; el *planetesimal*, que es un cuerpo intermedio entre partícula de polvo y planeta; y el propio *planeta* y su *sistema planetario* ya formados.

Observaciones desde Canarias

Los Acuerdos Internacionales de Astrofísica prevén la asignación del 5% del tiempo de observación disponible en cada uno de los telescopios instalados en Canarias a proyectos de colaboración internacional. En 1998 este porcentaje de observación fue asignado en su integridad a un equipo internacional con una propuesta para la detección y estudio de planetas extrasolares. "Los recientes descubrimientos de planetas extrasolares y los avances en los estudios de discos en torno a estrellas de la Secuencia Principal y en fases previas a ella ponen de manifiesto la necesidad de estudiar la formación y la evolución de los sistemas planetarios", explica Francisco Garzón, astrofísico del IAC y uno de los organizadores. "El tiempo asignado para observaciones internacionales desde los Observatorios del IAC en 1998 —añade Garzón— se dedicó plenamente a investigaciones relacionadas con estos temas, utilizando técnicas de espectroscopía, polarimetría y fotometría en el rango infrarrojo cercano del espectro." En la reunión se presentaron, además, las aportaciones de los nuevos modelos teó-

ricos y de las observaciones realizadas en todas las longitudes de onda.

Entre los participantes en la Euroconferencia se encontraban algunos representantes de la astronomía mexicana, como Francisco L. Rodríguez, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Experto en astronomía milimétrica y en el estudio de estrellas jóvenes, Rodríguez presentó los resultados de observaciones realizadas con una gran resolución angular, "lo que permite observar detalles muy pequeños en el disco y estudiar la región muy cercana a la estrella que, por analogía con nuestro propio sistema solar, sería donde se forman los planetas de tipo terrestre", explica Rodríguez, que trabaja con el *Very Large Array* (VLA), un interferómetro de radio instalado en Estados Unidos.

Sistemas binarios

Uno de los resultados más interesantes presentados por este investigador ha sido el hallazgo de discos protoplanetarios en estrellas binarias, algo sorprendente, pues "se pensaba que estas estrellas no presentarían discos porque las dos se disputarían el gas y acabarían perdiendo el material para formarlos. Sin embargo, -continúa Rodríguez- resulta que tenemos un caso muy claro (en L1551 IRS5, una región de formación estelar a unos 500 años luz) de un sistema de dos estrellas rodeadas cada una de ellas de un disco con gas suficiente para formar un sistema planetario parecido al nuestro. Es un resultado muy importante porque indica que la formación de discos protoplanetarios y, por ende, de planetas, es un proceso muy robusto que se da aún en condiciones que a priori

podríamos considerar adversas." Este hallazgo tiene una importante trascendencia teórica, pues permite comprobar los modelos de formación de planetas. "Ahora —explica este científico— estudian factores como, por ejemplo, el tamaño que pueden alcanzar los discos con respecto a la separación entre las estrellas, causado, se cree, por el truncamiento gravitatorio." Estos discos son pequeños pero muy compactos y, "aunque no tienen tamaño como para formar los planetas externos como Urano, Neptuno y Plutón—añade Rodríguez—, sí lo tienen para formar planetas tipo terrestre."

De discos a planetas

Tras muchos siglos en los que los astrónomos sólo han tenido el Sistema Solar como ejemplo de sistema planetario, en los últimos cinco años se han encontrado otros sistemas planetarios y, quizá en unos diez o veinte años, tengamos ejemplos de discos protoplanetarios, discos en los que se estén formando planetas. "Este campo está adentrándose en una nueva era en la que las cosas están cambiando muy rápidamente —asegura Alan Boss, de la Institución Carnegie de Washington—, una era con una evolución muy rápida y dinámica y con mucha gente nueva. Este congreso es una muestra de las nuevas tendencias científicas en el estudio de la formación de planetas."

Alan Boss, asesor de la NASA en la búsqueda de planetas externos al Sistema Solar y autor de un libro de divulgación sobre el descubrimiento de planetas extrasolares ("*Looking for Earths – The race to find new Solar Systems*", Wiley, 1998), sostiene que las ideas que se tenían desde hace varias décadas sobre los procesos de formación de planetas siguen siendo válidas. Como él mismo explica: "la formación de planetas de tipo terrestre arranca de pequeños granos de polvo, del tamaño quizá de micras, que 'coagulan' chocando entre sí hasta formar cuerpos sólidos en un período de tiempo de tan sólo unos diez mil años. Una vez alcanzan el tamaño del orden de los diez kilómetros, estos cuerpos son capaces de ejercer entre sí una atracción gravitatoria que los lleva a colisionar y dar lugar a cuerpos mayores. Esta segunda fase precisa ya unos cien mil años. Luego esos planetesimales del tamaño de un cometa crecen hasta convertirse en embriones planetarios del tamaño de la Luna. La fase final que los lleva a convertirse en planetas de tipo terrestre podría llevar del orden de cien millones de años, pues tienen que 'excitar' la excentricidad de los demás, es decir, atraer a los otros hacia órbitas donde se desplazan a grandes distancias y, aún así, deben colisionar entre sí. Este proceso es muy lento, la formación de un planeta de tipo terrestre puede llevar unos cien millones de años."

En muchos de los discos de los que se habló en este congreso, como el disco de β -Pictoris, cuya edad se estima en unos veinte millones de años, los planetas de tipo terrestre estarían aún en proceso de formación. "La mayoría de los planetas de tipo gaseoso, los tipo Júpiter, pueden haberse formado ya, si es que los hay —aclara Boss—, pero los posibles planetas tipo Tierra aún necesitan de varias grandes colisiones para poder formarse. Por supuesto, en sistemas como β -Pictoris hay pruebas de la existencia de gran cantidad de granos de polvo en el disco exterior, aunque aparentemente no son granos que estén formando planetas, sino producto de las colisiones entre otros granos de polvo más pequeños que son los restos de los procesos de formación planetaria."

Aún no se han encontrado planetas tipo terrestre, pero sí varios planetas gaseosos gigantes tipo Júpiter y Saturno. "Lo sorprendente de estos objetos —asegura Alan Boss— es que los primeros 'júpiteres' que se encontraron se hallan muy cerca de su estrella, aún no comprendemos cómo pueden haberse formado a esa distancia y los astrofísicos han tenido que modificar las teorías para aceptar que los planetas deben 'desplazarse' después de su formación. "Esa es la primera gran sorpresa con la que nos hemos encontrado y para la que quizá tengamos una solución." La segunda sorpresa es que muchos de los planetas a distancias similares a la de la Tierra tienen órbitas muy excéntricas, muy distinto del caso de la Tierra o de Júpiter, donde las órbitas son bastante elípticas. "Aún no se ha podido entender este fenómeno —advierte Boss—, con lo que los teóricos están haciendo un gran esfuerzo en explicar la gran excentricidad de las órbitas, pero no se puede decir que haya un consenso unánime en torno a este punto." La tercera gran sorpresa es que muchos de estos objetos son bastante masivos. El tamaño de los que se han encontrado hasta ahora oscila entre 1-10 masas de Júpiter, a pesar de que los teóricos creían que Júpiter era el límite para el tamaño que podía alcanzar un planeta. "Ahora sabemos que el límite es, al menos, diez veces superior; de hecho, en el caso de ϵ -Andrómeda, donde tenemos un sistema de al menos tres planetas, la masa total es diez veces la de Júpiter, con lo cual estamos ante un sistema que es al menos diez veces más masivo que nuestro sistema solar, y no está claro que podamos explicar su formación", concluye Boss.

Misiones espaciales

La NASA ha aprobado varias misiones para la búsqueda de planetas extrasolares. La primera, denominada *Full-Sky Astrometric Mapping Explorer* (FAME), se lanzará hacia el año 2004 y tratará de encontrar obje



Alan Boss

"LA FORMACIÓN DE PLANETAS DE TIPO TERRESTRE ARRANCA DE PEQUEÑOS GRANOS DE POLVO, DEL TAMAÑO QUIZÁ DE MICRAS, QUE 'COAGULAN' CHOCANDO ENTRE SÍ HASTA FORMAR CUERPOS SÓLIDOS EN UN PERÍODO DE TIEMPO DE TAN SÓLO UNOS DIEZ MIL AÑOS."

Congresos



Michel Mayor

"PODRÍA DECIRSE QUE ESTAMOS ANTE UNA NUEVA ERA EN LA DETECCIÓN Y ESTUDIO DE PLANETAS EXTRASOLARES Y DE OTROS SISTEMAS SOLARES DISTINTOS AL NUESTRO."

tos tipo Júpiter en torno a estrellas cercanas. Más tarde, hacia el 2006, se lanzará la *Space Interferometry Mission* (SIM). "Las dos tratarán de buscar planetas mediante técnicas astrométricas distintas –tal y como explica Boss- de las búsquedas basadas en la velocidad radial que han tenido tanto éxito hasta la fecha. SIM tendrá aún mayor precisión que FAME y podrá encontrar no sólo júpiteres, sino también objetos de la masa de Urano y, quizá, incluso hasta de varias veces la masa de la Tierra, con lo cual se acercará mucho a la búsqueda de planetas tipo terrestre habitables en torno a estrellas cercanas." Si SIM tiene éxito, la NASA tiene prevista otra misión que podría lanzarse sobre el 2010, la *Terrestrial Planet Finder* (TPF), que es muy similar a los planes europeos de construcción de un gran interferómetro espacial, la misión DARWIN. "Quizá podría haber una misión conjunta NASA-ESA -sugiere Boss-, que podría consistir en un gran interferómetro espacial de cien o varios cientos de metros que trabajase en el infrarrojo y tendría la capacidad de detectar planetas de forma directa, pues podría cancelar la luz procedente de la estrella central y detectar los planetas directamente. Incluso se podrían obtener datos de los planetas tales como los ejes principales de su órbita, su velocidad de giro en torno a la estrella o hasta el espectro de su atmósfera si se observase un período de tiempo lo suficientemente largo."

Nuevas técnicas

Durante muchos años se ha tratado de buscar planetas aplicando la astrometría, una técnica que comenzó a utilizarse hace 60 ó 70 años y que nunca llegó a dar fruto. Sólo en fechas relativamente recientes se ha empezado a detectar planetas utilizando técnicas de velocidad radial. Con esta técnica el equipo de Michel Mayor, del Observatorio de Ginebra (Suiza), detectó, en 1994, el primer planeta extrasolar, orbitando en torno a la estrella 51 Peg. Fue la primera confirmación real de la existencia de exoplanetas, pero lo que resultó realmente estimulante para la investigación fue que el período del planeta era extremadamente corto, algo completamente inesperado. "Nos dimos cuenta entonces de que podíamos detectar planetas en pocos días –afirma Mayor-, sin tener que esperar años para confirmarlos. Así fue como muchos investigadores comenzaron a interesarse por este campo de la astrofísica; actualmente es impresionante ver cómo, sólo cuatro años y medio después, hemos detectado ya 31 planetas, ¡y la mitad de ellos fueron descubiertos el año pasado! El éxito en las detecciones nos ha servido para conseguir más tiempo de observación en los telescopios, de modo que somos más eficientes, hemos mejorado la técnica, etc. La razón del aumento en el número de descubrimientos es evidente."

No obstante –anuncia Mayor-, están apareciendo nuevas técnicas en la búsqueda de exoplanetas, "se está realizando un gran esfuerzo en el desarrollo de satélites que hagan astrometría, es decir, la técnica antigua pero con el método nuevo. En un futuro no muy lejano estaremos hablando no de treinta, sino de miles de planetas extrasolares detectados con estos nuevos satélites. Existe también el método llamado de 'microlensing', es decir, de observar estrellas lejanas para ver si detectamos el tránsito de un planeta por el efecto de 'intensificación gravitatoria de la luz'. Esta técnica ofrece la posibilidad de detectar planetas de muy baja masa y creo que será de gran interés en el futuro. Otra posibilidad es la búsqueda en el infrarrojo con grandes telescopios. Hasta hace poco los científicos eran muy reacios a dar crédito a la posibilidad de detectar planetas y poder obtener imágenes, porque el contraste con la luz de la estrella es enorme, pero, cuando se trata de estrellas muy jóvenes, los grandes planetas gaseosos pueden ser relativamente más luminosos y la dificultad es menor."

Una nueva era

Lo realmente sobresaliente de este congreso ha sido que, por primera vez, se han reunido en un mismo foro equipos de investigadores de distintos países para poner en común los resultados de la búsqueda de planetas extrasolares utilizando diferentes técnicas. "El resultado -comenta Antonella Natta, del Observatorio de Arcetri, en Florencia (Italia) y encargada de presentar las conclusiones del congreso- es que todos han podido complementar sus trabajos con los resultados de los otros. Podría decirse que estamos ante una nueva era en la detección y estudio de planetas extrasolares y de otros sistemas solares distintos al nuestro." En los últimos 5 ó 6 años el acceso a grandes telescopios con mayor resolución espacial y de mayor sensibilidad ha permitido que esta nueva rama de la astrofísica experimentara un auténtico despegue. "Estas circunstancias -sostiene Natta- han servido de catalizador para el descubrimiento de nuevos planetas extrasolares y explican el hecho de que en los últimos cinco años se hayan detectado más planetas nuevos de los que se habían detectado en todos los años anteriores".

Natta destacó la contribución de los estudios realizados en los rangos milimétrico, óptico e infrarrojo medio y cercano del espectro electromagnético, así como de los estudios de los discos de estrellas de sistemas jóvenes, que han proporcionado ideas nuevas a esta investigación, han propiciado la detección de nuevos planetas y han facilitado el estudio de las propiedades de los nuevos cuerpos descubiertos. Por último, la aportación de la comunidad

cometaria a este congreso y al estudio de los exoplanetas ha sido de gran importancia. **“No hay que olvidar –advierte Antonella Natta- que tanto los cometas como los planetas se forman a partir de la nube primigenia de gas y polvo que rodea la estrella y el estudio de la naturaleza y la trayectoria de los cometas puede servir de gran ayuda a la hora de**

estudiar la composición química de los planetas y su evolución. Pero lo más notable es quizá el hecho de que líneas de investigación hasta ahora sin relación entre sí estén convergiendo para proporcionar una visión de conjunto de estos nuevos objetos, tal y como hemos podido comprobar en esta Euroconferencia.”



Participantes en la Euroconferencia "Disks, Planetesimals & Planets".



Cartel anunciador de la Euroconferencia.

COMITÉ ORGANIZADOR CIENTÍFICO:

E. van Dichoek, C. Eiroa, R. Ferlet, M. Mayor, A. Natta, F. Faresce, A. Penny, A. Quirrenbach, H. Rauer, L. F. Rodríguez, P. R. Wesselius, D. de Winter

COMITÉ ORGANIZADOR LOCAL:

F. Garzón, H. J. Deeg, B. Montesinos, D. de Winter, T. Karthaus, J. Araoz

Dirección en Internet:
<http://www.iac.es/proyect/planet/planet.html>

Tesis

CARLOS DEL BURGO DÍAZ

Nació en Madrid, el 19 de febrero de 1971. Se licenció en Ciencias Físicas (especialidad de Astrofísica) por la Universidad Complutense de Madrid en 1994 (primero de su promoción). En febrero de 1995 obtuvo una beca de Formación de Personal Investigador para realizar su tesis doctoral. Desde enero de 1999 ha trabajado en el IAC, en el desarrollo de software, y desde febrero de 2000 se encuentra en el *Institute d'Astrophysique de Paris*, con una beca postdoctoral del *Commissariat à l'Energie Atomique* francés.

TRIBUNAL

- Carlos Martínez (IAC)
- José Acosta (IAC)
- Luis Colina (IFCA)
- José Ignacio González (IFCA)
- Rosa María González (IAA)

CARLOS DEL BURGO DÍAZ presentó su tesis doctoral titulada «*INTEGRAL Field Spectroscopy of M31, M32 and NGC1068 at the WHT: Stellar Populations and Kinematics*» ("Espectroscopía de campo con INTEGRAL de M31, M32 y NGC1068 en el WHT: Poblaciones y cinemática estelares"), el 24 de marzo de 2000, en el Aula magna de la facultad de Físicas de la Universidad de La Laguna, obteniendo la máxima calificación, de Sobresaliente "cum laude". Esta tesis fue dirigida por Santiago Arribas, Investigador del CSIC en el IAC, y Evencio Mediavilla, Profesor de la Universidad de La Laguna e investigador del IAC.

“Espectroscopía de campo con INTEGRAL de M31, M32 y NGC1068 en el WHT: poblaciones y cinemática estelares”

La espectroscopía bidimensional con fibras ópticas es una técnica reciente que permite obtener simultáneamente la información espacial y espectral de un objeto extenso. Esta técnica puede ser aplicada en varios campos de la Astrofísica, como las regiones circumnucleares de galaxias. En esta tesis se analizan los resultados obtenidos en este área con un nuevo sistema de fibras ópticas (INTEGRAL) para llevar a cabo espectroscopía bidimensional en el telescopio "William Herschel" (WHT). En el desarrollo de este instrumento se han realizado algunas pruebas para su caracterización y algunos programas para la reducción de los datos. Se ha aplicado este nuevo instrumento para el estudio de la cinemática de las componentes estelar y del gas ionizado en las regiones circumnucleares de dos galaxias muy bien estudiadas (M31 y NGC1068). No sólo se han confirmado algunos resultados previos sino que también se han obtenido otros nuevos acerca de la distribución y la cinemática estelar y gaseosa de estas galaxias.

Se ha descubierto emisión en H β , [OIII] $\lambda\lambda$ 4959, 5007, H α y [NII] $\lambda\lambda$ 6548, 6584 en la región interna de M31 a partir de datos obtenidos con INTEGRAL y otro sistema similar (2D_FIS). El gas ionizado parece tener una distribución irregular con nubes muy densas que presentan características LINER o intermedias entre LINER y Seyfert. Estas nubes podrían estar formando un disco en un plano próximo o casi coincidente con el estelar. Sin embargo, las estrellas y el gas ionizado en la región con $r < 10''$ están desacoplados cinemáticamente: a) las estrellas están rotando rápidamente alrededor de un objeto central muy masivo, y b) las nubes de gas ionizado están probablemente sujetas a fuertes movimientos radiales. También se han encontrado diferencias en metalicidad y edad entre la región nuclear y el bulbo de M31 (datos de rendija larga de Trager *et al.* 1998), que sugieren que hubo un brote estelar hace unos 5×10^9 años en su región circumnuclear. Las diferencias en la cinemática estelar obtenida en el rango azul ($\sim 5000 \text{ \AA}$) y el rojo ($\sim 8000 \text{ \AA}$) están de acuerdo con una

mayor concentración de estrellas más masivas hacia el centro de M31. Para concluir, la alta ionización observada en esta galaxia es un resultado destacable teniendo en cuenta que no hay evidencias de un núcleo Seyfert. Este resultado favorece la existencia de un "cuásar muerto" en el centro de M31 y resalta el carácter híbrido del fenómeno LINER.

Respecto a NGC1068, se ha obtenido espectroscopía bidimensional de su región nuclear en el extremo rojo del rango visible con alta resolución espacial. Se han analizado las peculiares características del gas ionizado a partir de la línea de emisión [SIII] λ 9069 y la cinemática estelar a partir del triplete de calcio. Estas líneas no están muy afectadas por el polvo que alberga NGC1068. La descomposición multi-gaussiana realizada del perfil de la línea de [SIII] λ 9069 indica la presencia de ocho componentes de gas ionizado en la región nuclear de NGC1068. Una de ellas es muy ancha ($s \sim 1000 \text{ km s}^{-1}$) y las otras muestran anchuras intermedias ($s \sim 200 \text{ km s}^{-1}$). El gas ionizado parece estar influido por fuertes movimientos radiales con un origen a $1,5''$ del pico del continuo. Los resultados obtenidos confirman que las estrellas dentro de los $5''$ centrales están rotando alrededor de un eje desplazado con respecto a aquel de las más externas ($r > 10''$). Las estrellas también presentan un mínimo en su campo de dispersión de velocidades que está próximo al pico del continuo. Además, los centros de las isofotas están desplazados a lo largo del eje NE, hasta $0,3''$ entre la isofota con $3,25''$ de semieje mayor y el pico del continuo. Estas características cinemáticas y morfológicas respaldan la hipótesis de un proceso de fusión menor en NGC1068.

Finalmente, se ha incluido a modo de apéndice un estudio de poblaciones estelares de la muy bien conocida galaxia elíptica M32 a partir de los datos obtenidos con 2D_FIS. De acuerdo al análisis realizado en este trabajo, esta galaxia presenta una edad intermedia de unos 4×10^9 años y una metalicidad parecida a la solar en su región interna $9'' \times 12''$.

CARMEN DEL PUERTO VARELA presentó su tesis doctoral titulada "Periodismo científico: la astronomía en titulares de prensa", el pasado 10 de mayo, en el Salón de Actos de la Facultad de Ciencias de la Información de la Universidad de La Laguna, obteniendo la máxima calificación, de Sobresaliente "cum laude". Esta tesis fue dirigida por el Prof. Francisco Sánchez, catedrático de Astrofísica de la Universidad de La Laguna y director del IAC, y el Prof. Alfonso Nieto, catedrático de Empresa Informativa de la Universidad de Navarra.

"Periodismo científico: la astronomía en titulares de prensa"

En esta tesis se aborda el periodismo científico, una práctica periodística muy joven en España (los primeros suplementos de ciencia y tecnología en la prensa española aparecieron en los años ochenta) y lo es aún más como disciplina académica (recientemente incorporada como asignatura, optativa en la mayoría de los casos, a los programas de algunas facultades de Ciencias de la Información o Comunicación).

El estudio epistemológico y multidisciplinar realizado en este trabajo de investigación revela la necesidad de la especialización periodística, sobre todo en el campo de la ciencia y la tecnología. Se demuestra aquí que el periodismo científico cumple una función social como difusor de la cultura científica, tan omnipresente en la sociedad de fin de milenio. Se trata de una especialidad con problemas propios, no ajena a las nuevas tecnologías de la información y que tendrá un peso específico cada vez mayor en los medios de comunicación del siglo XXI.

Tras el análisis de las encuestas, entrevistas y seguimiento de prensa realizados (especialmente en los diarios *Abc* y *El País*), destaca la presencia creciente de la astronomía y especialidades afines en los medios. El *Telescopio Espacial Hubble* (HST) y el *Instituto de Astrofísica de Canarias* (IAC) tienen mucho que ver con este incremento de noticias astronómicas, reflejado en los titulares de prensa. La astronomía se revela, además, como una ciencia con un lenguaje propio, que ha sabido exportar a otros contextos muy diferentes, y una terminología aún por normalizar en castellano, que justifica la creación de una comisión especial para ello.

El estudio detallado de casos concretos de términos astronómicos acuñados en este siglo -*Big Bang*, *Agujero negro*,

Cuáasar, *Púlsar*, *Enana marrón* y *Gran Atractor*-, incluida su historia y su aparición más o menos frecuente en la prensa española, pone de manifiesto que su éxito depende en gran medida de su poder de atracción y comunicación, y no tanto de su adecuación científica.

La evolución y repercusión del término "*Cosmosomas*", acuñado en el IAC como experimento para esta tesis, ha servido para avanzar en el entendimiento de los mecanismos de implantación de los nuevos términos en la comunidad científica. Resulta un privilegio para los centros de vanguardia la posibilidad de enriquecer el lenguaje científico con palabras de su propio idioma. El IAC destaca como un centro de investigación implicado, también, en la divulgación de la ciencia e impulsor del periodismo científico, especialmente en su entorno geográfico más inmediato.



CARMEN DEL PUERTO VARELA

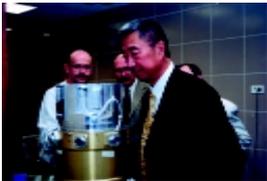
Nació en Madrid, el 13 de agosto de 1961. Se licenció en Ciencias de la Información (Periodismo), por la Universidad Complutense, de Madrid, en 1985. Durante dos años trabajó como periodista en el diario *Abc* (en las páginas de Ciencia y en el suplemento semanal "Ciencia y Futuro"). Actualmente y desde 1986 desarrolla su actividad profesional como periodista especializada en el Gabinete de Dirección del IAC, donde es Jefa de Información y Ediciones.

TRIBUNAL:

- Javier Fernández del Moral (UCO)
- Adrián Alemán Armas (ULL)
- Pilar de Vega Martínez (UNED)
- Juan Antonio Belmonte (IAC/ULL)
- Margarita Antón Crespo (ULL)

Entrevista

SAMUEL TING, Premio Nobel de Física en 1976 por su descubrimiento de una partícula fundamental (el mesón J/psi), fue invitado por el IAC a visitar sus instalaciones y el Observatorio del Teide, los días 15 y 16 de mayo, acompañado del físico Manuel Aguilar Benitez de Lugo, Subdirector General del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). El Prof. Ting pronunció una conferencia en la Facultad de Físicas de la Universidad de La Laguna sobre los primeros resultados del Espectrómetro Magnético ALPHA (AMS), instalado en la Estación Espacial Internacional, a 400 kilómetros sobre la superficie de la Tierra. Según Ting, este proyecto espacial permitirá dilucidar una de las grandes cuestiones acerca del Universo: dónde está la antimateria, formada con las mismas partículas que el mundo visible pero de carga eléctrica contraria y que posiblemente "se extravió" en los primeros instantes tras el Big Bang. El proyecto AMS es fruto de la colaboración entre la NASA, el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y varias instituciones europeas, entre ellas el CIEMAT.



Samuel Ting, firmando en el Libro de Honor del IAC.

ENTREVISTA

SAMUEL TING:

"Las ideas innovadoras contribuyen más al avance de la ciencia que la tecnología"

¿Qué es la antimateria?

"La antimateria es exactamente igual a la materia, excepto en que sus propiedades eléctricas son contrarias. Cuando materia y antimateria colisionan, se aniquilan y la masa se convierte en energía.

La antimateria se produce en laboratorios, por ejemplo en las tomografías, que emplean positrones, antipartículas de los electrones similares a éstos pero de carga positiva. Todas las partículas tienen su antipartícula correspondiente. Creemos, entre otros, gracias a las investigaciones del IAC, que tras el origen del Universo en el Big Bang se crea un universo simétrico con casi la misma cantidad de materia y antimateria. La cuestión es, después de unos 15.000 millones de años, qué ha pasado con la parte de antimateria creada en la Gran Explosión, con ese universo formado por antimateria.

Sabemos que hay núcleos de helio y carbono en el espacio, pero ¿hay también antihelio o anticarbono, procedentes de un universo lejano constituido por antimateria? No pueden ser detectados desde la Tierra, porque cuando llegan a la atmósfera y chocan con partículas, se aniquilan. Para encontrar trazas e identificar antimateria hay que salir al espacio exterior."

¿Cómo contribuirá el proyecto Alpha Magnetic Spectrometer (AMS) al conocimiento de la antimateria?

"AMS pondrá por primera vez en el espacio un espectrómetro magnético capaz de medir la carga de las partículas, utilizando tecnología que ha sido desarrollada durante años en el MIT y en el CIEMAT. La finalidad de este experimento es obtener estadísticas de gran precisión y realizar mediciones a largo plazo de los espectros de los rayos cósmicos energéticos cargados en el espacio. Esto permitirá buscar antimateria en el espacio ampliando en 4 o 5 órdenes de magnitud los límites actuales. La existencia o no de antimateria está estrechamente relacionada con la formulación de las teorías de la física de partículas elementales, las Teorías de Gran Unificación (TGU), la violación de CP (simetría de carga y paridad), la no conservación del número bariónico, etc. El experimento facilitará también la búsqueda de materia oscura. El AMS será el primer espectrómetro magnético de amplia aceptación en el espacio.

En los últimos 40 años se ha realizado un avance espectacular en nuestra visión del Universo, en nuestra forma de entenderlo, gracias entre otras cosas a los experimentos con satélites y también a experimentos llevados a cabo desde tierra,

"CREEMOS QUE TRAS EL ORIGEN DEL UNIVERSO EN EL BIG BANG SE CREA UN UNIVERSO SIMÉTRICO CON CASI LA MISMA CANTIDAD DE MATERIA Y ANTIMATERIA. LA CUESTIÓN ES, DESPUÉS DE UNOS 15.000 MILLONES DE AÑOS, QUÉ HA PASADO CON LA PARTE DE ANTIMATERIA CREADA EN LA GRAN EXPLOSIÓN, CON ESE UNIVERSO FORMADO POR ANTIMATERIA."

Entravista

como los que se han hecho desde el Instituto de Astrofísica de Canarias. Pero estos experimentos se han dedicado casi siempre a estudiar las propiedades de las radiaciones electromagnéticas. Por ejemplo, ayer tuve ocasión de conocer el descubrimiento de las enanas marrones por parte de Rafael Rebolo, un hallazgo extraordinariamente importante.

En el espacio, en el cosmos, existen también partículas cargadas (electrones, protones, núcleos) que, al llegar a la Tierra, son absorbidas fácilmente por la atmósfera terrestre. Dado que se trata de partículas cargadas, para medirlas es necesario un imán, este es el espíritu del experimento AMS, poner en el espacio exterior un instrumento con un espectrómetro magnético."

¿Cuál es la situación actual de la física de partículas y qué previsiones hay para el futuro? ¿Existen alternativas para los aceleradores?

"Es difícil para los físicos predecir el futuro, y podemos ilustrar esta afirmación con varios ejemplos. Uno de ellos lo tenemos a principio de siglo en el profesor Ernest Rutherford, que dijo que la energía atómica era totalmente inútil excepto para la investigación porque no podía utilizarse en la práctica. Lord Kelvin, cuando se le preguntó por la aplicación de los rayos X, señaló que no creía posible su



uso para aplicaciones de ningún tipo. Y en los años 20, un célebre físico norteamericano manifestó sobre la televisión que podía ser de utilidad científica, pero que no tenía aplicación comercial alguna. Así que no creo que deba aventurarme a decir nada sobre el futuro."

La astrofísica y la física de partículas son campos estrechamente vinculados. ¿Qué relación existe entre ambos? El avance en estos terrenos ¿es solamente cuestión de mejoras tecnológicas?

"El progreso científico está fundamentalmente dictado por las nuevas ideas, pero también es muy importante el desarrollo de nuevas tecnologías, como el GTC, con instrumentación novedosa que, junto con nuevas ideas, será una herramienta para el progreso. Existe una gran diferencia entre la física de partículas, que se realiza en aceleradores donde las colaboraciones son grandes, los experimentos muy costosos, y en los que intervienen miles de personas de modo que la identidad de un joven investigador se pierde, con instalaciones de alta tecnología como las que hay en el Observatorio del Teide, donde una o dos personas pueden tener una idea brillante y contribuir de manera importante a conseguir un avance científico notorio. Esta es la diferencia que encuentro entre la masificación en la experimentación en física de altas energías y la experimentación en astrofísica."

¿Cree que los neutrinos tienen masa y qué supondría el hecho de que así fuera?

"La implicación científica de que los neutrinos tuvieran masa es clara, pues todos los modelos que organizan nuestro conocimiento de la física de partículas, de partículas elementales, se basan en el supuesto que asume que los

"EL PROGRESO CIENTÍFICO ESTÁ FUNDAMENTALMENTE DICTADO POR LAS NUEVAS IDEAS, PERO TAMBIÉN ES MUY IMPORTANTE EL DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, COMO EL GTC, CON INSTRUMENTACIÓN NOVEDOSA QUE, JUNTO CON NUEVAS IDEAS, SERÁ UNA HERRAMIENTA PARA EL PROGRESO."



Imágenes del Prof. Ting en el Observatorio del Teide.

Entrevista



El Premio Nobel, durante su visita al Instituto.



Samuel Ting, en rueda de prensa, acompañado de Francisco Sánchez, a la izquierda de la foto, y Manuel Aguilar Benítez de Lugo, a la derecha.

neutrinos tienen masa nula. Por tanto, el hecho de que el neutrino tuviese masa tendría implicaciones profundas en la teoría de partículas elementales y de interacciones. En cuanto al estado de los experimentos sobre la masa del neutrino, no puedo expresar una opinión porque, a menos que uno haya realizado el experimento por sí mismo, es muy difícil formarse una opinión al respecto. Si los experimentos son correctos, otros investigadores llegarán a la misma conclusión u obtendrán los mismos resultados, si no es correcto, los resultados no se repetirán en otros casos. En las últimas décadas ha sido frecuente el anuncio de resultados extraordinarios aparentemente correctos que luego han resultado no serlo, con lo cual, no puedo opinar."

La posibilidad de buscar antimateria, ¿qué nuevas vías abre en la investigación espacial?

"Si creemos en el Big Bang, debemos pensar en la existencia de antimateria. Si las medidas que hacemos hasta el borde último del Universo no demuestran que existe antimateria, tendremos que preguntarnos a dónde ha ido a parar esa antimateria producida en la creación del Universo, en el escenario del Big Bang. En este momento, se trata simplemente de una actividad puramente científica del conocimiento entender dónde está la antimateria producida en el primer momento del Universo. No se ha detectado antimateria de manera natural en la naturaleza. Los experimentos que se realizan en globos sonda a 40 kilómetros de la superficie terrestre no tienen la sensibilidad suficiente. De ahí el esfuerzo por instalarlo fuera de la atmósfera, a 400 kilómetros, con una exposición de 3 a 5 años, con la sensibilidad necesaria para acotar si existe antimateria en el Universo.

Para los científicos es muy importante no tener nada preconcebido a la hora de abordar los problemas, sino desarrollar instrumentación nueva, hacer medidas precisas. El experimento que estamos construyendo no sólo abordará el problema de cuantificar la cantidad de antimateria, sino también el origen de la materia oscura y de los rayos cósmicos. En este campo, será capaz de medir la composición del Berilio-9 y del Berilio-10, un tema en el que Rafael Rebozo ha trabajado hace bastantes años y en el que está muy interesado, y nos permitirá extender medidas de rayos gamma realizadas en el IAC hasta energías muy altas."

¿Por qué es tan escurridizo el bosón de Higgs: por su masa o por la limitación de los aceleradores actuales? ¿Qué conllevaría su descubrimiento?

"Son muchas las razones. Una de ellas es porque quizá no exista. La otra posibilidad es que su masa sea más alta de lo esperado, por eso muchos grupos en Europa tratan de detectar partículas de mayor masa. El descubrimiento del bosón de Higgs supondría un mejor conocimiento del mecanismo de generación de masas. Según la teoría actual, en el Big Bang todas las partículas tenían la misma masa y es la interacción del campo con el bosón de Higgs, con las distintas partículas todas con la misma masa, lo que genera estas diferencias de masa. Pero el descubrimiento del bosón de Higgs no es el final de todo, como no lo fue en los años 40 el descubrimiento del mesón pi (pión), una partícula cuya existencia había sido propuesta a finales de los años 30 por el físico japonés Yokawa y que finalmente se descubrió que era la partícula propagadora de la fuerza nuclear y que los científicos habían buscado durante años. Cuando por fin la descubrieron pensaron que habían conseguido explicarlo todo en física de partículas elementales. Hoy sabemos que hay cientos de partículas como el mesón y que queda mucho por descubrir."

¿Realmente se trata de las partículas más elementales o habrá otro nivel inferior, más elemental aún?

"Probablemente tenga razón. Cien años atrás, creíamos que la tabla periódica de los elementos recogía las partículas más fundamentales. Pero luego se descubrió el electrón, el protón y el neutrón, de modo que a finales de los años 30 se consideraba que había tres partículas elementales de la materia. Luego, con los aceleradores de partículas en los años 40, se descubrieron más partículas, de modo que a finales de los 60, se conocían en torno a 200 partículas consideradas verdaderamente elementales. Hoy, creemos que las fundamentales son los 6 quarks y otros 6 leptones. Basándonos en esto, no es aventurado suponer que dentro de cien años pensaremos en algo más elemental aún. Lo que nosotros creemos que es la verdad es un criterio que cambia continuamente."

¿Hasta qué punto los nombres de las partículas, algunos robados de la literatura, ayudan a acercar una materia tan complicada?

"Muchos físicos teóricos han predicho muchas partículas nuevas con nombres muy distintos, pero muy pocas de ellas se han podido encontrar. Las partículas descubiertas finalmente no lo han sido por lo atractivo de sus nombres sino porque la técnica ha permitido su detección."

EL IAC, ADSCRITO AL NUEVO MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Por el artículo 5 del Real Decreto 557/2000, de 27 de abril, de reestructuración de Departamentos Ministeriales, se crea el nuevo **Ministerio de Ciencia y Tecnología** como Departamento responsable de la política científica y tecnológica, de las telecomunicaciones y del impulso de la sociedad de la información.

En virtud del Real decreto 696/2000, de 12 de mayo, por el que se establece la estructura orgánica básica de este Ministerio, el Instituto de Astrofísica de Canarias (regulado por la Ley 13/1986, de 14 de abril, y por el Real Decreto 795/1989, de 23 de junio) se relacionará administrativamente con el Departamento a través de la **Secretaría de Estado de Política Científica y Tecnológica**, que asume las competencias en materia de investigación científica y desarrollo tecnológico (que correspondían a la Secretaría de Estado de Educación, Universidades, Investigación y Desarrollo y a la Oficina de Ciencia y tecnología, así como las atribuidas a la Dirección General de Industria y Tecnología).

ACUERDO CON LA COLABORACIÓN "MAGIC" PARA LA INSTALACIÓN Y LA OPERACIÓN DE UN TELESCOPIO CHERENKOV DE 17 m DE DIÁMETRO

El pasado 5 de junio, en el Deutsche Museum de Múnich (Alemania), se firmó el acuerdo de tercer nivel entre el Instituto de Astrofísica de Canarias, representado por su Director, Francisco Sánchez, y la *MAGIC telescope collaboration*, representada por el Director del Max Planck Institut für Physik (Múnich), Siegfried Bethke, y por el Director del Instituto de Física de Altas Energías de Barcelona, Enrique Fernández, para la instalación y operación de un nuevo telescopio en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma).

MAGIC (*Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov Telescope*) es una colaboración de universidades e institutos de investigación que, por este acuerdo, instalará un telescopio Cherenkov de 17 m de diámetro para la observación de rayos gamma de alta energía y rayos cósmicos, dentro del área del Experimento HEGRA. Como en otros telescopios de los Observatorios del IAC, España dispondrá del 20% del tiempo de observación, más el 5% en programas de colaboración internacional.

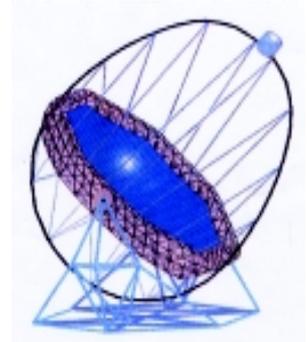


Diagrama de diseño de ingeniería del telescopio MAGIC, de 17 m de diámetro.

CONVENIO DE COLABORACIÓN CON LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA

El Rector de la Universidad de Valencia, Pedro Ruiz, y el Director del IAC, Francisco Sánchez, firmaron el pasado 19 de abril un convenio de colaboración que facilitará la colaboración científica y tecnológica entre ambas instituciones para desarrollar investigaciones en los campos de la Astronomía y la Astrofísica.

Este convenio, que tendrá una duración de tres años prorrogables, será coordinado en la Universidad de Valencia por su Observatorio Astronómico. En virtud de este acuerdo, se facilitará la colaboración en la enseñanza universitaria y en la divulgación científica de la Astronomía, así como la movilidad del personal investigador entre ambos centros, promoviendo el intercambio de profesores y estudiantes de tercer ciclo universitario y de material bibliográfico. Asimismo, el acuerdo prevé la cooperación para el diseño y la construcción de instrumentación astronómica que la Universidad de Valencia instalará en los telescopios de los Observatorios del IAC.

CONVENIO DE COLABORACIÓN CON EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

El 28 de febrero se firmó en Santa Cruz de Tenerife un convenio de colaboración entre el IAC, representado por Francisco Sánchez, y el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), representado por José A. Hernández Ballesteros, con la finalidad de establecer un marco de colaboración que permita el trabajo conjunto y el aprovechamiento de los medios de ambas entidades en el entorno empresarial, comercial y de entidades públicas.

El ITC, empresa pública dependiente de la Consejería de Industria y Comercio, tiene entre otros objetivos el de promocionar, ayudar y difundir la calidad de las Pequeñas y Medianas Empresas, así como mejorar su productividad en el ámbito de su sector.

El IAC, en virtud de un convenio de colaboración con la mencionada Consejería, posee un Laboratorio de Calibración en Metrología de Magnitudes Eléctricas, acreditado por el ENAC (Entidad Nacional de Acreditación), y con el fin último de apoyar a las empresas ubicadas en Canarias necesitadas de este tipo de servicios en sus productos y procesos.

Dada la demanda detectada en la Comunidad Autónoma de Canarias de calibración de pinzas amperimétricas, el IAC ha recomendado, a solicitud del ITC, la adquisición de un calibrador Eléctrico multifunción modelo 5520 A de Floke, como equipo adecuado para dar respuesta a dicha demanda y facilitar al entorno empresarial y comercial la calibración de pinzas amperimétricas (por el método de bobina).

Ambas entidades se comprometen por este acuerdo, que tendrá un vigencia de tres años prorrogables, a promocionar conjuntamente el Laboratorio mediante los instrumentos que se estime convenientes en el entorno descrito.

CONVENIO CON TELEFONICA SERVICIOS MOVILES S.A. PARA LA ORGANIZACIÓN DEL PRIMER PREMIO A LA INNOVACIÓN UNIVERSITARIA

El IAC, a través de su Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI), y Telefónica Servicios Móviles S.A., firmaron el pasado 24 de abril el convenio de colaboración para la organización del Primer Premio a la Innovación Universitaria.

El Premio tiene como objetivo apoyar aquellas ideas, proyectos, publicaciones o cualquier otra manifestación original de estudiantes universitarios o recién titulados de las universidades de La Laguna y las Palmas de Gran Canaria, encaminados a fomentar el desarrollo de actividades de interés empresarial, y que tengan su base en el mundo académico.

Las actuaciones de este tipo pueden ser:

- Proyectos científicos innovadores de clara aplicación tecnológica basados en resultados de investigación generados en la Universidad.
- Desarrollo de instrumentos o adaptación de los existentes que tengan una novedosa utilidad empresarial.
- Publicaciones que analicen la relación entre los entornos científico, tecnológico y empresarial de la Comunidad Autónoma de Canarias, en cualquier área de conocimiento y/o sector empresarial.
- Cualquier idea innovadora, desarrollada o por desarrollar, encaminada a impulsar un aprovechamiento empresarial de resultados y/o tecnología generados en el mundo universitario.
- Tendrán especial consideración, aunque no se descarta ningún área de conocimiento, aquellos trabajos de interés empresarial basados en el uso de tecnología WAP (*Wireless Application Protocol*).

EL IAC, CENTRO "MARIE CURIE" DE LA UNIÓN EUROPEA

La Unión Europea ha aprobado la solicitud del Instituto de Astrofísica de Canarias para ser un centro de formación de doctorandos "Marie Curie" (*Marie Curie Training Site*), conjuntamente con los otros cuatro institutos de la Asociación Europea para la Investigación en Astronomía (EARA): el Instituto de Astronomía de Cambridge (Reino Unido), el Instituto Max Planck de Astrofísica de Múnich (Alemania), el Instituto de Astrofísica de París (Francia) y la Universidad de Leiden (Países Bajos).

Este acuerdo permite que, con financiación de la Unión Europea, estudiantes de doctorado de otras instituciones puedan disfrutar de estancias de entre 3 y 12 meses en los institutos de EARA y viceversa.

RENOVACIÓN DEL ACUERDO DE COOPERACIÓN CON IBERIA

El Director del IAC, Francisco Sánchez, el Delegado de Iberia en Canarias Occidental, Manuel Hernández Sigut, acompañado de la Jefa de la Unidad de Ventas Directas de Iberia, María Rosa García Domínguez, firmaron el pasado 23 de junio la renovación del acuerdo por el cual Iberia concede al IAC descuentos del 40% sobre tarifas completas y 20% sobre tarifas promocionales publicadas hasta un importe de 10 millones de pesetas, así como facilidades especiales para congresos que organiza el Instituto.

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



El Delegado de Iberia en Canarias Occidental, Manuel Hernández Sigut, y el Director del IAC, Francisco Sánchez, en el momento de la firma del acuerdo.

VISITAS ORGANIZADAS A LAS INSTALACIONES DEL IAC

En el primer semestre del año, entre alumnos de diferentes centros de enseñanza (medias y superiores), así como participantes en congresos, equipos de filmación y particulares, 97 personas visitaron el Instituto de Astrofísica, 1.838 subieron al Observatorio del Teide y 1.084 al Observatorio del Roque de los Muchachos.

CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN

ROMANO CORRADI dio la charla "El destino del Sol", el 8 de enero, en el Teatro Chico de Santa Cruz de La Palma, dentro del ciclo de conferencias organizado con motivo de la Exposición "20 años de Astronomía en La Palma".

LUIS CUESTA dio la charla "El mensaje de la luz", el 15 de enero, en el Teatro Chico de Santa Cruz de La Palma, dentro del ciclo de conferencias organizado con motivo de la Exposición "20 años de Astronomía en La Palma".

MIQUEL SERRA dio la charla "La aventura de la ciencia: eclipses y leónidas", el 22 de enero, en el Teatro Chico de Santa Cruz de La Palma, dentro del ciclo de conferencias organizado con motivo de la Exposición "20 años de Astronomía en La Palma".

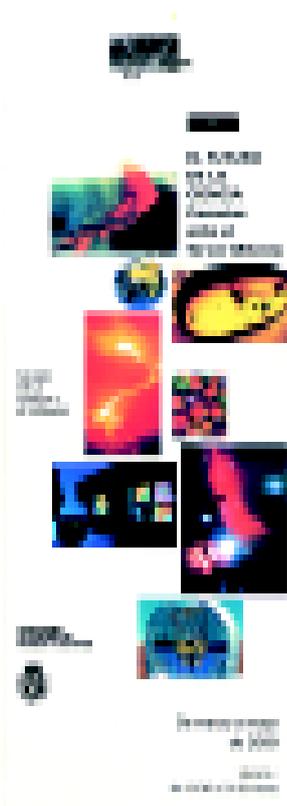
FRANCISCO SÁNCHEZ, director del IAC, dio las siguientes conferencias de divulgación: "El Gran Telescopio Canarias", en el club militar "Paso Alto", de Santa Cruz de Tenerife, el 10 de febrero; "Catástrofes Cósmicas", en la Fundación Santander Central Hispano, dentro del ciclo de conferencias "Nuevos enigmas científicos", el 17 de febrero; "El Gran Telescopio Canarias", en el Club Oliver de Santa Cruz de Tenerife, organizado por el Club de Rotarios, el 14 de marzo; "Es el planeta Tierra un lugar exótico y peligroso", en la Casa de las Ciencias de La Coruña, el 30 de marzo; "Es el planeta Tierra un lugar exótico y peligroso", dentro de un curso de extensión universitaria organizado por la Universidad de Vigo, el 31 de marzo; "Papel de Canarias en la Astrofísica del próximo siglo", en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife, el 7 de abril; "Papel de Canarias en la Astrofísica del próximo siglo", en la Fundación Pérez Galdós, en Las Palmas d Gran Canaria, el 5 de mayo; "El papel de Canarias en la Astrofísica del siglo XXI", dentro del ciclo "La investigación y ciencia en el siglo XXI", organizado por el Instituto de Bio-Organica "Antonio González", en La Laguna, el 12 de mayo.

El Director del IAC también fue invitado por el Círculo de Bellas Artes de Madrid, con motivo del Día Mundial del Libro, a leer un pasaje del Quijote desde el Observatorio del Teide, intervención que fue transmitida el 13 de abril por videoconferencia.

JUAN ANTONIO BELMONTE dio la charla "Los adoradores del Sol y de la Luna: astronomía y cultura en el norte de Africa y canarias", el día 13 de enero, en el aula del IAC. También dio la charla "La evolución del pensamiento astronómico", el día 13 de abril, dentro del curso "Obradoiro de Astronomía y Astrofísica", organizado por la Universidad de Vigo y celebrado en el Paraninfo de dicha universidad. El día 15 de abril, en el Planetario de Castellón, durante las Jornadas Anuales de Astronomía, dio la charla "Astronomía y cultura en el antiguo Egipto". También dio la charla "El cielo de los majos y de los magos", en el Parque Etnográfico "Pirámides de Güímar" (Güímar, Tenerife), el día 16 de junio, durante los Encuentros Culturales FERCO. El 31 de marzo, junto con RENATA SPRINGER, y durante el curso celebrado en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, en La Laguna (Tenerife), dio la charla "Estudio comparativo de las escrituras libico-bereberes de Canarias y el norte de Africa".

RAFAEL REBOLO participó en la mesa redonda "Cosmología 2000", el día 18 de enero, en Madrid, organizada por el Foro Complutense, donde dio la charla "Parámetros Cosmológicos. Fondo Cósmico de Microondas y Nucleosíntesis Primordial". El día 13 de abril, dentro del Ciclo Astrofísica 2000, que tuvo lugar en el Centro de Exposiciones y Congresos de Ibercaja, Zaragoza, dio la charla "Fronteras de la Astronomía: de los planetas a los agujeros negros". En el mes de mayo dio la charla "Fronteras de la Astronomía", en el Museo de la Ciencia y el Agua de Murcia.

MARC BALCELLS dio la charla "El conocimiento del Universo", el día 18 de febrero, en el Colegio Público "Susana Villavicencio" de los Campitos, Santa Cruz de Tenerife.



ANTONIO MAMPASO dio la charla "Noticias del Universo", el día 22 de febrero, en el Instituto de Estudios Hispánicos del Puerto de la Cruz (Tenerife).

JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ ESPINOSA dio la charla "La Astrofísica actual y los grandes telescopios", el pasado 7 de marzo, dentro de "La Semana de la Ciencia 2000", organizada por el Ayuntamiento de Málaga. El 8 de marzo, también dio la charla "Astrofísica y grandes telescopios", organizada por el Grupo de Astronomía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid. Por último, dio la charla "La nueva generación de telescopios: un reto tecnológico", el 6 de abril, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife, dentro del ciclo "El futuro de la ciencia".

HANS DEEG dio la charla "Otros mundos, la búsqueda de vida en el Universo", el día 17 de marzo, para el Club de Montañeros de Nivaria, en sus locales de Santa Cruz de Tenerife.

ANSELMO SOSA dio la charla "Salidas profesionales para Titulados Superiores: primeros pasos en I+D+", en la Universidad de La Laguna, el día 11 de abril en la Facultad de Físicas y el día 18 de mayo en la Facultad de Biológicas. También dio la charla "Servicio de Estudios Técnicos de Posicionamiento Tecnológico", el día 30 de junio, dentro del Seminario final del Curso sobre "Gestión de la Innovación Tecnológica" organizado y celebrado en el Instituto Tecnológico de Canarias.

MANUEL VÁZQUEZ dio la charla "Cambio climático: causas y consecuencias", el 13 de abril, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife, dentro del ciclo "El futuro de la ciencia".

INÉS RODRÍGUEZ HIDALGO dio la charla "Una estrella de película", en el mes de abril, invitada por la Asociación Sevillana de Estudiantes de Física (ASEF), en la Facultad de Física de la Universidad de Sevilla.

ANTONIA VARELA dio la charla "Caracterización de la calidad del cielo en un Observatorio Astronómico. Resultados obtenidos en los Observatorios de Canarias", el día 18 de mayo, en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (Granada).

IGNACIO GARCÍA DE LA ROSA dio la charla "Más allá de la Vía Láctea", el día 16 de junio, en el IES "San Hermenegildo" (La Laguna, Tenerife).

"CANARIAS INNOVA" en RADIO NACIONAL DE ESPAÑA EN CANARIAS

El domingo 2 de julio, a las 12:10 horas, comenzó una nueva edición de CANARIAS INNOVA, un programa radiofónico que emite semanalmente Radio Nacional de España en Canarias (Radio 1), dirigido por la Oficina de Transferencias de Resultados de Investigación (OTRI) del IAC. Este programa pretende acercar al oyente la ciencia y la tecnología, especialmente de las Islas, de una forma rigurosa y amena. Aun tratándose de una iniciativa del IAC, en este espacio radiofónico tienen cabida todas las áreas de conocimiento. Asimismo, CANARIAS INNOVA pretende captar la atención de los empresarios de Canarias interesados en la investigación, la tecnología y la innovación.

A través de CANARIAS INNOVA, el oyente puede estar informado sobre la actualidad científico-tecnológica, conocer las últimas convocatorias tanto de ayudas a la I+D como de becas y descubrir curiosidades astronómicas. También puede hacer llegar sus dudas a un número de teléfono con funcionamiento las 24 horas del día, durante todo el año.

Esta iniciativa aprovecha la enorme difusión de la radio, y en particular la de Radio Nacional de España, para acercar al gran público el mundo de la ciencia y la tecnología.

CANARIAS INNOVA persigue abrirse un hueco como programa informativo en cuanto a la divulgación científica se refiere, al igual que contar con una participación activa de los oyentes, de manera que el programa cumpla con las expectativas por todos deseadas.

Más información e imágenes en: http://www.iac.es/otri/rne/radio_rne.htm
(ver cartel en última página)

Divulgación Premios

EXPOSICIONES

EXPOSICIÓN "20 años de Astronomía en Canarias"

El 7 de abril, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos del Cabildo de Tenerife, se inauguró la Exposición "20 años de Astronomía en Canarias". Esta Exposición, organizada por el IAC, con la financiación de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), y por el Museo de la Ciencia y el Cosmos, del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, conmemora el vigésimo aniversario de la firma de los Acuerdos Internacionales en Materia de Astrofísica, que tuvo lugar en el Cabildo Insular de La Palma, el 26 de mayo de 1979.

El Director del IAC, Francisco Sánchez, pronunció la conferencia titulada "Papel de Canarias en la Astrofísica del próximo siglo", que sirvió de introducción al acto de inauguración de esta exposición. En este acto estuvieron presentes, además de Francisco Sánchez, la Presidenta del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, Fidencia Iglesias, y el Director del Museo de la Ciencia y el Cosmos, Juan Antonio Belmonte.

Esta Exposición, que previamente estuvo durante dos meses en la isla de La Palma y que pretende ser itinerante por el resto de las Islas Canarias, muestra los pasos más importantes que ha seguido la observación del Universo desde los Observatorios Astrofísicos de Canarias y desde que en 1979 se firmaron los Acuerdos Internacionales de Astrofísica en Santa Cruz de la Palma.

La muestra ofrece a los visitantes la posibilidad de conocer, con más detalle, tanto las instalaciones telescópicas y la ciencia que se realiza con ellas, como la historia del IAC y sus Observatorios. Consta de unos 70 paneles gráficos informativos, 2 módulos interactivos, 2 maquetas de telescopios (una de ellas, del "Gran Telescopio Canarias"), fotografías murales y varios equipos informáticos con programas de divulgación científica.

Otras exposiciones

- El IAC ha participado con material expositivo para el Pabellón de España (apartado "La Isla de La Palma: Mirar el cielo, salvar la Tierra) en la Exposición Universal de Hannover (Alemania), inaugurada en mayo.

- El IAC colaboró con material expositivo en la I Feria de la Astronomía Escolar, organizada en el Instituto de Bachillerato "Viera y Clavijo", de La Laguna, el pasado mes de junio. Los alumnos hicieron una presentación de la exposición al Director del IAC, Francisco Sánchez.



I Feria de la Astronomía Escolar, organizada en el Instituto de Bachillerato "Viera y Clavijo", de La Laguna.

PREMIOS

Rafael Rebolo, Premio Iberdrola Ciencia y Tecnología 2000

El Premio Iberdrola Ciencia y Tecnología, distinción instituida para rendir anualmente homenaje público a personalidades que han contribuido con su obra científica e investigadora a enriquecer el patrimonio nacional de la ciencia y la tecnología, ha sido concedido este año al profesor Rafael Rebolo López tras las deliberaciones del Jurado celebradas durante los días 6 y 7 de abril en Bilbao. Este astrofísico nació en Cartagena en 1961. Es Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada (1984) y Doctor en Astrofísica por la Universidad de La Laguna (1987). Desde 1998 es Profesor de Investigación del Centro Superior de Investigaciones Científicas e investigador del IAC, centro donde ha desarrollado su carrera científica. Para la concesión del premio se han valorado sus trabajos sobre la radiación cósmica de microondas, el origen de los elementos ligeros y la estructura y evolución de estrellas de muy baja masa, enanas marrones y planetas gigantes. El Premio Iberdrola Ciencia y Tecnología está dotado con 12 millones de pesetas, además de una beca de 2 millones para la persona del equipo investigador que el premiado designe. El Jurado de esta 8ª edición del premio Iberdrola ha estado compuesto por prestigiosos nombres de la Ciencia Mundial: los Premios Nobel, Dudley Herschbach, Jean-Marie Lehn, Anthony Hewish y Claude Cohen-Tannoudji, el Premio Ramón y Cajal, Pedro Pascual, así como por los editores George Basbas y Peter Götz y Jaime Echevarría, Director de Iberdrola.

EDICIONES

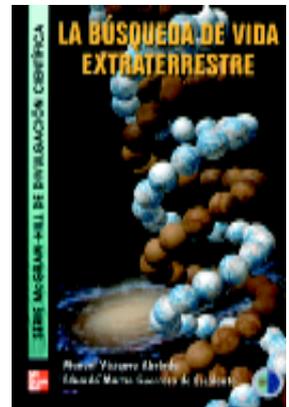
La búsqueda de vida extraterrestre

El 31 de enero, en el Salón de Actos de la sede central de Cajacanarias, en Santa Cruz de Tenerife, se presentó el libro *La búsqueda de vida extraterrestre*, de los Dres. **Manuel Vázquez Abeledo**, investigador del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), y **Eduardo Martín Guerrero de Escalante**, del Instituto Tecnológico de California, en Estados Unidos, y anteriormente astrofísico del IAC. Este libro forma parte de la *Serie de Divulgación Científica* de la editorial McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.

En un acto organizado por el CIT (Centro de Iniciativas y Turismo), fue presentado por **Juan Antonio Belmonte**, Director del Museo de la Ciencia y el Cosmos del Cabildo de Tenerife e investigador del IAC. También intervinieron en la presentación **Antonio García Brage**, editor de la *Serie de Divulgación Científica* de la editorial McGraw-Hill, y los autores, quienes hicieron una breve exposición sobre la génesis y el contenido del libro.

La existencia de vida fuera de la Tierra ha sido un tema de interés para el ser humano desde sus orígenes. En la actualidad nos podemos plantear su búsqueda. Naves espaciales recorren el Sistema Solar, la investigación astronómica nos permite conocer cada día mejor la evolución del universo y la biología terrestre nos amplía los límites de la vida. En esta obra se plantean los condicionamientos físicos de la vida, tanto a un nivel elemental como de inteligencia. Se pasa revista a los más importantes descubrimientos, debates y proyectos (vida fósil en Marte, océanos bajo la capa de hielo del satélite Europa, enanas marrones y planetas extrasolares, así como búsqueda de señales extraterrestres inteligentes).

Manuel Vázquez Abeledo nació en Vigo, en 1945. Es doctor en Ciencias Físicas e investigador del IAC, donde trabaja desde 1970. Hasta ahora ha publicado más de cien trabajos en revistas y congresos internacionales de su especialidad: la Física del Sol y sus relaciones con la Tierra. Es autor de la obra *La historia del Sol y el cambio climático*. Eduardo Martín Guerrero de Escalante nació en La Laguna, en 1964. Se doctoró en Ciencias Físicas por la Universidad de La Laguna en 1993 con una tesis sobre estrellas jóvenes y enanas marrones. Actualmente es investigador del Instituto Tecnológico de California, en Estados Unidos, aunque anteriormente fue astrofísico del IAC.



Nuevos carteles

El IAC ha editado los siguientes carteles:

- Convocatoria anual de Formación de Personal Investigador.
- Convocatoria de Becas de verano para realizar prácticas de Periodismo Científico en el Gabinete de Dirección del IAC.
- Congreso "The Solar Cycle & Terrestrial Climate". Santa Cruz de Tenerife, 25-29 de septiembre de 2000.
- Congreso "Helio & Asteroseismology at the Dawn of the Millennium". SOHO10/GONG2000 Workshop. Santa Cruz de Tenerife, 2-6 de octubre de 2000.
- XII Canary Islands Winter School of Astrophysics sobre "Espectropolarimetría en Astrofísica". Santa Cruz de Tenerife, 13-24 de noviembre de 2000.
- Canarias innova (anuncio del programa de radio)

