



LAEFF Reporter

Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
Villafranca del Castillo



<http://www.laeff.esa.es>

Año IX, núm. 37. Diciembre 2003

Neutrinos solares: un caso de triple personalidad

El 25 aniversario de VILSPA

La historia del fondo cósmico de rayos X

La exploración de Marte

250 años del Real Instituto y Observatorio de la Armada

Un origen común para tres fenómenos

Sistema planetario parecido al nuestro

El mayor telescopio del mundo

Chandra ha escuchado por primera vez un agujero negro

Cassini y la teoría de la relatividad

Una nueva partícula

SUMARIO



Composición artística con el castillo y la antena que durante más de 18 años envió los comandos al histórico satélite IUE en la Estación de Villafranca del Castillo.



Primera Plana

Neutrinos solares: un caso de triple personalidad

Benjamín Montesinos

3



La Tarima

El 25 aniversario de VILSPA

Valeriano Claros

7

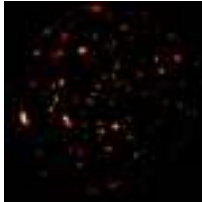


Dossier

250 años del Real Instituto y Observatorio de la Armada

Carmen Morales

11



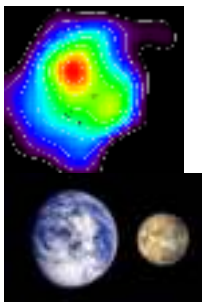
Apuntes

La historia del fondo cósmico de rayos X

Enrico Piconcelli

XXM-Newton (SOC/ESA)

14



Astronoticias

-Cassini y la teoría de la relatividad

-Un origen común para tres fenómenos

-Chandra ha escuchado por primera vez un agujero negro

-Sistema planetario parecido al nuestro

-El mayor telescopio del mundo

-Una nueva partícula

16

Última

La exploración de Marte

Miguel Mas Hesse

19

Director: Benjamín Montesinos
Redactora Jefe y Editora: Concha Prieto
Diseño: Concha Prieto
Distribución: Laboratorio

Depósito Legal: M-11899/95
ISSN: 1135-1802

Consejo de Redacción

David Barrado, Carmen Blasco, Itziar de Gregorio, Albert Domingo, Elena Jiménez, Miguel Mas, Bruno Merín, Benjamín Montesinos, Concha Prieto.



Neutrinos solares: un caso de triple personalidad

Benjamín Montesinos

El descubrimiento casual de los rayos X en 1895 por Wilhelm Röntgen llevó a Henri Becquerel, en menos de un año, al descubrimiento también casual de la radioactividad. La existencia de los neutrinos se postuló en 1930. En 1956 se logra la primera detección experimental de un neutrino.



Marie y Pierre Curie en su laboratorio. La fotografía corresponde a la primera década del siglo pasado.

La historia comienza en 1895 cuando Wilhelm Röntgen descubrió por casualidad, mientras estudiaba algunos fenómenos eléctricos, una radiación misteriosa, tan energética que podía penetrar a través de algunos tejidos humanos e impresionar una placa fotográfica mostrando los huesos. Röntgen la llamó "rayos X". Un año después, el francés Henri Becquerel, mientras estudiaba la fluorescencia de sales de uranio, intentó encontrar alguna relación entre ésta y los rayos X, y lo que halló fue otra extraña radiación, que llamó "rayos U" (de uranio), también capaz de atravesar cuerpos opacos a la luz visible: acababa de descubrir la radioactividad, un fenómeno que caracteriza a algunos materiales y en el cual los núcleos atómicos emiten partículas o radiación electromagnética.

En menos de diez años, y gracias a las aportaciones de nombres tan ilustres como Rutherford y los Curie, se pudieron identificar los tres tipos de lo que entonces se llamaban "radiaciones" emitidas por la materia y presentes en

Primera Plana

En el Universo existen alrededor de 330 millones de neutrinos por metro cúbico procedentes del Big Bang, 6 neutrinos por metro cúbico provienen del interior de las estrellas y 200 de explosiones de supernovas.

la radioactividad: los “rayos α ” resultaron ser núcleos de He, es decir, dos protones y dos neutrones (los rayos U de Becquerel correspondían a este tipo de radioactividad), los “rayos β ” eran electrones y los “rayos γ ” eran fotones, es decir luz, realmente los únicos que merecían el título de “radiación”, ya que las otras dos clases son realmente partículas.

La radioactividad β era un fenómeno particularmente intrigante: cuando un núcleo atómico emitía una partícula β , es decir, un electrón, parecía que se violaba una de las leyes fundamentales de la Física, la conservación de la energía. Sucedió algo misterioso: el balance de energía entre el producto final y el inicial en una reacción de este tipo no era el correcto. En 1930 Wolfgang Pauli en una famosa carta dirigida a colegas físicos y encabezada por un “*Dear radioactive ladies and gentlemen...*”, proponía la existencia de una partícula sin carga eléctrica, con unas propiedades tales que la hacían

prácticamente indetectable. Esta partícula equilibraría el balance de energía. La idea de “inventarse” una partícula era algo que no satisfacía totalmente a Pauli, aunque como comentaba en la carta “...no pensemos mucho en ella, como hacemos cuando nos cobran impuestos nuevos”.

En 1933, Enrico Fermi bautizó la nueva partícula con el nombre de neutrino (“ ν ”) y desarrolló una teoría de la radioactividad β que sirvió como punto de partida para los estudios más modernos de este fenómeno. A partir de aquí comenzó una apasionante carrera para intentar detectar neutrinos, partículas que resultaron ser tremendamente escurridizas. En 1956 Frederick Reines y Clyde Cowan detectaron los primeros neutrinos procedentes de un reactor nuclear.

¿Se producen neutrinos en las estrellas? En los años 30 Eddington había propuesto que la energía del Sol se origina en un núcleo muy caliente donde tendrían lugar reacciones nucleares en las que, entre otras cosas, se producirían neutrinos. Si esta hipótesis era cierta, deberíamos ser capaces de detectarlos. En 1967, Ray Davis y John Bahcall propusieron un experimento consistente en un enorme tanque que con-

tenía 600 toneladas de un disolvente industrial con un alto contenido en cloro, que actuaría como detector. Para evitar equivocaciones y no “cazar” partículas provenientes de reacciones causadas por los rayos cósmicos en la atmósfera terrestre, hubo que situar el tanque en una mina. Se eligió una a 1500 metros de profundidad, en Homestake (Dakota del Sur). El experimento Homestake demostró efectivamente que los neutrinos eran partículas muy difíciles de detectar: el Sol produce unos 2×10^{38} neutrinos por segundo, y en la Tierra recibimos aproximadamente 40.000 millones de



El tanque que sirve como detector en el experimento Homestake.

Primera Plana

neutrinos por segundo y centímetro cuadrado... pues bien, durante los más de 30 años de operaciones en Homestake el instrumento ha identificado una media de un neutrino cada dos días, es decir, menos de 6.000 neutrinos en total.

El resultado del experimento, confirmado por otros en las décadas posteriores, es que *el número de neutrinos detectados era tan sólo la tercera parte de los predichos por los modelos solares*. Se habían logrado detectar neutrinos, pero un nuevo problema acababa de aparecer: el llamado “problema de los neutrinos solares”.

Existen tres tipos o “sabores” de neutrinos, asociados al electrón y las partículas μ y τ . Sus símbolos son

Una persona contiene alrededor de 20 mg de potasio radioactivo en el cuerpo. Sin darnos cuenta, emitimos 340 millones de neutrinos cada día.

ν_e , ν_μ y ν_τ . Dentro del llamado “modelo estándar” proporcionado por los físicos de partículas, ninguno de ellos tiene masa, aunque ningún experimento lo ha probado de forma concluyente. Estas seis partículas, junto con seis quarks, constituyen los ladrillos con los cuales se pueden construir las demás partículas elementales y describir sus interacciones.

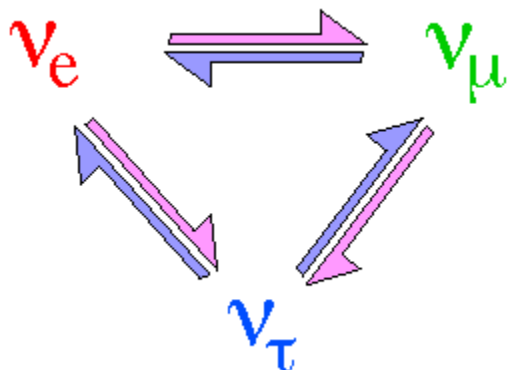
El Sol *únicamente* produce neutrinos electrónicos, ν_e , de modo que los físicos de partículas retaron a los astrónomos a probar que su

modelo del Sol y las predicciones teóricas basadas en él eran correctas. Sin embargo los estudios teóricos del interior del Sol realizados en los últimos treinta años y los resultados proporcionados por la heliosismología, han demostrado que la descripción de lo que sucede en el núcleo del Sol es lo suficientemente exacta como para considerar que las predicciones acerca del número de neutrinos emitidos son excelentes.

En 1985, dos físicos soviéticos, Mikheyev y Smirnov, desarrollaron una idea del americano Wolfenstein. La teoría es conocida como “efecto MSW”, y su implicación es muy atractiva: ¿podría deberse el déficit de neutrinos solares ν_e a una “oscilación” de los neutrinos en su camino a la Tierra? La oscilación es el término teórico que los físicos dan a un “cambio de personalidad” de los neutrinos: un tipo de neutrino podría cambiar de “sabor” cuando viaja por el interior del Sol; un neutrino electrónico, en unos pocos cientos de metros podría cambiar su máscara y convertirse en un neutrino de uno de los otros dos tipos.

El experimento Homestake, y otros inmediatamente posteriores, *sólo* podían detectar neutrinos electrónicos. Por tanto, ¿qué necesitamos?

Los últimos experimentos parecen confirmar que los neutrinos “oscilan”, es decir, que pueden cambiar su personalidad mientras viajan por el espacio.



Primera Plana

Obviamente, un experimento que sepa detectar los tres sabores de neutrinos. Desde 1985 se dieron los primeros pasos para la construcción de tal experimento. Un consorcio de 11 universidades y laboratorios de Canadá, Reino Unido y Estados Unidos construyó en una mina en Sudbury (West Ontario), el Sudbury Neutrino Observatory (SNO), un inmenso detector que utiliza agua pesada (D_2O , donde D es deuterio). El agua pesada tiene la propiedad de que es capaz de proporcionarnos información acerca de los tres tipos de neutrinos. A mediados de 2001, el consorcio SNO publicó los resultados de sus experimentos: en unas unidades apropiadas el flujo observado de *todos* los tipos de neutrinos era 5.44 ± 1.00 mientras que el flujo de *neutrinos electrónicos* predicho por el modelo solar más sofisticado era 5.05 ± 0.20 ... experimento y teoría coinciden y parecen decirnos que efectivamente los neutrinos electrónicos oscilan y al llegar a la Tierra tenemos una mezcla de los tres sabores.

El problema parece resuelto aunque quedan bastantes cabos por atar. Los neutrinos que hasta ahora se han estudiado son los de más alta energía emitidos por el Sol: es necesario ver qué sucede con los de menos ener-

gía, que son los más numerosos. Por otro lado, si los neutrinos oscilan, *deben tener masa* (aún no han sido medidas) y esa posibilidad no está contemplada en el "modelo estándar". En palabras de John Bahcall, uno de los más ilustres físicos de neutrinos: "Los físicos de partículas están contentos

porque tienen un fenómeno interesante -oscilaciones- para estudiar; los astrónomos están contentos porque su modelo del Sol ha resultado ser muy robusto... pero la tarea no ha hecho más que empezar. Este es un buen momento para trabajar en física de neutrinos".



Montura esférica geodésica donde están montados los fotomultiplicadores en el Sudbury Neutrino Observatory.

La Tarima

El 25 aniversario de VILSPA

Valeriano Claros

Director de la Estación de Seguimiento de Satélites



Vista panorámica de VILSPA (VILSPA es el acrónimo de “Villafranca” y “Spain”).

La Estación de Seguimiento de Satélites de Villafranca del Castillo de la ESA, VILSPA, está situada en el Valle del Guadarrama, a 30 kilómetros al oeste de Madrid. Es una instalación de alta tecnología cuyas imponentes antenas contrastan fuertemente con un entorno de encinas y álamos, y con el castillo en ruinas, del siglo XV, que domina el paisaje.

VILSPA forma parte de la red mundial de estaciones de tierra avanzadas de la ESA, llamada ‘ESTRACK’, administrada por el Centro Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC), en Darmstadt, Alemania. Es por tanto responsable de dar soporte en la telemetría, seguimiento y comando a satélites, tanto de la ESA como ajenos, durante la crítica fase de lanzamiento y “Órbita Temprana”, así como durante las fases posteriores.

No siempre un Director de una Estación de Seguimiento de Satélites tiene la gran suerte de poder participar en la celebración de las bodas de plata de un centro que ha visto crecer desde su fundación en 1976 e inauguración, por sus Majestades los Reyes de España, en 1978.

Aunque con responsabilidades distintas -Ingeniero Jefe de Mantenimiento y Operaciones de INTA entre 1976 y 1989 y Director desde esa fecha hasta la actualidad- llevo más de 27 años en Villa-

La Tarima

franca y, quizá por ello, he vivido con más intensidad los actos que, con gran dedicación y esfuerzo, ha programado el Comité Organizador y ha ejecutado magistralmente todo el personal de ESA e INSA.

La presencia de tres Directores de ESA (J.J. Dordain, Director General, D. Southwood, Director del Programa Científico y G. Winters, Director de los Servicios Técnicos y Operaciones), representantes del Ministerio de Ciencia y Tecnología (G. León, Secretario General de Tecnología en representación del Secretario de Estado de Ciencia y Tecnología y V. Gómez, Director General del CDTI), miembros de la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados de España, Embajadores y representantes de las Embajadas de países miembros de ESA, autoridades locales, representantes de la industria espacial española, directivos de las empresas contratistas de la estación y, natu-

ralmente, la de la mayoría de los que trabajamos en VILSPA, ha contribuido al éxito de la celebración.

Como dije en mis palabras de bienvenida al comienzo del acto, este ha sido un momento para recordar los esfuerzos que hicieron los que nos han precedido para poder llegar hasta donde estamos, tales como los miembros de CONIE generales Azcarrága y Sanz Aranguez y el coronel Bastos, que participaron en la formulación del acuerdo para el establecimiento de la Estación de Villafranca para el proyecto *IUE* y la instalación del centro de operaciones de ISO, respectivamente. El Dr. Ingeniero Manuel Bautista, que rastreó, con los ingenieros de INTA, la zona para encontrar un lugar adecuado en los alrededores de Madrid. El Dr. Ingeniero Andrés Ripoll, primer Director de la Estación y artífice de que ESA ampliase sus actividades en ella a programas de telecomunicaciones y meteorolo-



De izquierda a derecha: V. Claros, D. Southwood, G. León, J.J. Dordain y G. Winters.

lógicos. El Prof. Álvaro Giménez, que negoció con ESA el establecimiento del Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental (LAEFF) en este centro y otros muchos, tanto personal de ESA como de contratistas, que dieron durante su permanencia en Villafranca lo mejor de ellos mismos para elevar el prestigio de nuestro centro a sus niveles actuales.

En la primera parte del acto oficial de la celebración, los directores de ESA y el representante del Ministerio de Ciencia y Tecnología no sólo nos hablaron del pasado de Villafranca, sino que expusieron los planes para su futuro, que debemos considerar esplén-

dido, ya que como indicaron, existe la voluntad de ESA de ampliar sus actividades en la Estación y también decisión política de España de apoyarlas.

El reciente Acuerdo entre el Reino de España y la Agencia Europea del Espacio para la instalación de su segunda Estación de Seguimiento de Satélites en el Espacio Lejano en la antigua estación de NASA/JPL en Cebreros (Ávila), cedida a ESA por 75 años por el Ministerio de Defensa e INTA, ha abierto una nueva perspectiva en el futuro de VILSPA: su actividad en el seguimiento de las misiones planetarias de ESA (cuyos archivos,

MISIONES DE LA ESA CON SEDE EN VILSPA

1974: ESRO decide crear VILSPA

1978: Inauguración oficial de la Estación. Lanzamiento de los satélites *IUE* (MOC y SOC en VILSPA) y *OTS*.

1979: Instalación de una estación GOEs y participación en el "NOAA Global Weather Experiment".

1981: Lanzamiento de *Marecs-A*

1984: Lanzamiento de *Marecs-B2* y *ECS-2*

1988: Lanzamiento de *ECS-5*

1989: Soporte a *Meteosat MOP-1*, *Olympus* e *Hipparcos*

1990: Soporte a *Italsat-1* y *-2*

1991: Soporte a *ERS-1* y *MOP-2*

1995: Lanzamiento de *ISO* (MOC y SOC en VILSPA)

1998: Apertura del Archivo de Datos de *ISO*

1999: Lanzamiento de *XMM-Newton* (SOC en VILSPA)

2000: Lanzamiento de *Cluster*

2002: Soporte en el LEOP de *Envisat*, *Meteosat* (MSG-1) e *INTEGRAL*. Apertura del Archivo Científico de *XMM-Newton*.

2003: Lanzamiento de *SMART-1*, con la consiguiente modernización de la Estación para permitir la transmisión/recepción en las bandas X y Ka.

La Tarima

junto con los ya existentes de misiones astrofísicas, también van a ser instalados en el centro), en un nuevo concepto dual de las operaciones en dos estaciones (Villafranca-Cebreros) y un solo control (Villafranca) similar al desarrollado para las estaciones de Perth y Nueva Norcia en Australia. Esta actividad, junto con las actuales y futuras como centro de operaciones de misiones científicas, harán que VILSPA se consolide como uno de los principales centros de excelencia de ESA en el mundo.

En apoyo a la tesis de que VILSPA es ya un centro al servicio de la comunidad científica mundial, en la segunda parte del acto los doctores Isabella Pagano del INAF- Osservatorio Astrofísico di Catania (Italia), Thijs de

Graauw de SRON- (Groningen, Holanda) y Mike Watson de Leicester University (Gran Bretaña) expusieron la contribución que VILSPA ha hecho a la comunidad científica mundial en las misiones *IUE*, *ISO* y *XMM*.

Espero que estos planes se materialicen en los próximos años (se estima que en septiembre de 2004 estará establecido en Villafranca el Centro de Operaciones Científicas de la misión INTEGRAL) y los más jóvenes puedan continuar las actividades que los mayores empezamos hace muchos y que puedan seguir disfrutando de la cooperación entre ESA e INTA/CSIC y contribuyendo a mantener y mejorar el alto nivel científico y técnico alcanzado en este centro.



Autoridades de la ESA y CDTI.

250 años del Real Instituto y Observatorio de la Armada

Carmen Morales

Dentro de los actos conmemorativos del 250 aniversario de la fundación del Real Instituto y Observatorio de Cádiz en el año 1753, el Observatorio de la Armada organizó unas jornadas científicas del 22 al 26 de septiembre de 2003 en San Fernando (Cádiz), en el transcurso de las cuales se realizó la Asamblea ordinaria de la Sociedad Española de Astronomía.



El Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando en Cádiz.

cortesía del ROA

Fueron unas jornadas astronómicas muy amplias y con un cierto carácter histórico, en el sentido de que estaban incluidos temas tales como historia de la Astronomía en España y observaciones antiguas y actuales. Por otro lado la reunión fue más multidisciplinar que de costumbre puesto que reunió a matemáticos y físicos dedicados a todas las ramas de la Astronomía.

Dentro de la historia de la Astronomía en España, casi todos los grandes centros de investigación astronómica de España e Hispanoamérica mostraron su trayectoria científica y los logros conseguidos desde su fundación. En lo referente a las Matemáticas contamos con la presencia de una nutrida representación de la rama matemática de nuestra Astronomía, pertenecientes a departamentos universitarios y observatorios astronómicos

Dossier



de toda España, a los que no estamos acostumbrados a ver con frecuencia en las reuniones de la Sociedad Española de Astronomía.

En el apartado "Observaciones antiguas y actuales" se nos mostró de manera muy interesante cómo se combinan dichas observaciones en la determinación de movimientos propios de estrellas. Por una parte, se está realizando la reducción astrométrica de las placas fotográficas originales que dentro del programa internacional "Carte du Ciel" fueron tomadas por el Real Observatorio de la Armada entre 1892 y 1937 desde San Fernando. Por otra parte los dos círculos meridianos en los que están involu-

crados astrónomos del ROA, uno en Argentina, propiedad del ROA y otro en el Roque de los Muchachos en la Palma, del Observatorio de la Universidad de Copenhague, nos proporcionan con gran precisión las posiciones actuales de las estrellas, entre otras las situadas en la zona asignada al Observatorio de San Fernando en 1887 para realizar la Carta fotográfica del Cielo (entre -3° y -9° de declinación).

Dentro de los actos sociales de las jornadas se organizó una visita turística al antiguo emplazamiento del observatorio en Cádiz, el Castillo de la Villa, lugar donde a petición del marino y científico Jorge Juan y Santacilia se instaló un observatorio en 1751 para proporcionar a los guardiamarinas los conocimien-



Cortesía del ROA.

Un momento de la visita a las instalaciones del Real Instituto y Observatorio de la Armada.



cortesía del ROA

Participantes de las Jornadas Astronómicas en la puerta del Observatorio.

tos de Astronomía en aquellos tiempos necesarios para la navegación.

También se visitó la sede actual del Observatorio en San Fernando, bellissimo edificio de estilo neoclásico construido en 1798 que en la actualidad alberga la exposición de instrumentos antiguos y, ocupando la mayor parte del edificio, la importante biblioteca del Observatorio. Sus fondos bibliográficos de cerca de 30.000 volúmenes junto con su colección de publicaciones periódicas constituyen la

más importante biblioteca científica del país. Es especialmente importante el fondo bibliográfico antiguo, con obras de los siglos XV a XVIII, entre las que destaca una primera edición de "De revolutionibus orbium celestium" de Nicolás Copérnico y varios tratados de Astronomía en edición incunable.

En la actualidad la actividad del Observatorio se centra en cuatro líneas de investigación: cálculo de efemérides, astronomía de posición, determinación de la hora y sección de geofísica. Citaremos aquí algunos de sus trabajos más representativos: además de haber sido el primer observatorio geomagnético de España, es desde 1956 el primer centro europeo de seguimiento de satélites y actualmente uno de los tres puntos geodésicos de la península para la observación del posicionamiento global por satélite o GPS. Los dos círculos meridianos gemelos situados en Argentina y en el Roque de los Muchachos, operados por el ROA en colaboración con la Universidad de Copenhague y la de San Juan en Argentina constituyen el sistema astrométrico más avanzado del momento. Además del cálculo y publicación de efemérides utilizadas en navegación, Astronomía y Geodesia, el reloj atómico del ROA marca la hora oficial de España que establece y mantiene la escala de Tiempo Universal Coordinado desde 1976.

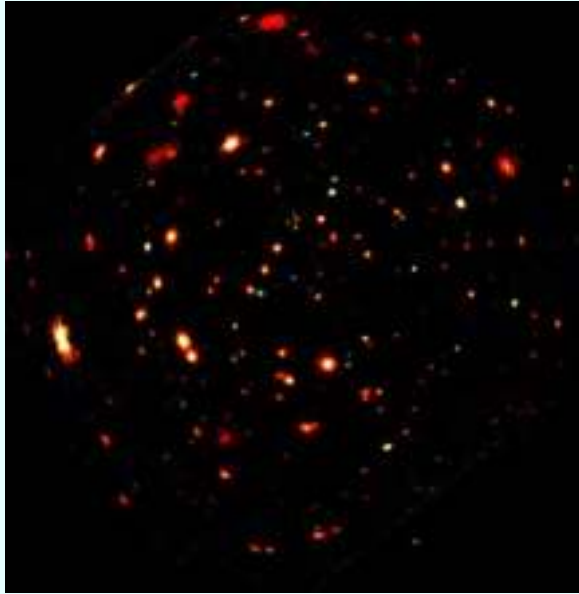
Las jornadas astronómicas reunieron en San Fernando a astrónomos de todos los Institutos y Universidades del país en unas sesiones muy interesantes científicamente y de impecable organización. Reciban desde aquí los marinos/astrónomos del ROA la felicitación del LAEFF, con el deseo de que la brillante trayectoria del Observatorio continúe de la misma manera en el futuro.

Información adicional en: <http://www.roa.es>

La historia del fondo cósmico de Rayos X

Enrico Piconcelli

XMM-Newton SOC/ESA



Una imagen profunda del "agujero" de Lockman obtenida con EPIC a bordo de *XMM-Newton*. La imagen tiene un tamaño de 30x30 minutos de arco. La mayor parte del FCX se resuelve en muchas fuentes individuales. Los diferentes colores muestran la energía de los fotones de acuerdo a su dureza en rayos X: rojo, verde y azul corresponden a las bandas de energía 0.5-2.0, 2.0-4.5 y 4.5-10.0 KeV respectivamente.

El fondo cósmico de rayos X (que abreviaremos con las iniciales FCX) fue la primera radiación difusa descubierta globalmente en el cielo, incluso no habiendo sido predicha por ninguna teoría cosmológica. Fue detectado de forma casual por Giacconi et al. (1962) como una emisión débil de fondo, desde cualquier dirección del cielo, con una intensidad uniforme. El descubrimiento se realizó durante una observación destinada al estudio de la posible emisión por la Luna de rayos X por fluorescencia.

Inmediatamente el FCX se convirtió en un tema de intenso debate, aunque la verdadera naturaleza de este débil brillo en altas energías permaneció oculta durante muchos años. Excepto un pequeño exceso asociado con el plano Galáctico, se encontró que la emisión del FCX por encima de 2 keV era altamente isotropa y este hallazgo apuntó inmediatamente a un origen extragaláctico del fenómeno.

HEAO-1 proporcionó el primer espectro (y único disponible hasta la actualidad!) del FCX en banda ancha entre 3 y 60 keV. Este espectro era

descrito de una manera aceptable por un modelo de *bremssstrahlung* (radiación de frenado) isoterma con $kT \sim 40$ keV. Esta forma del espectro favoreció inicialmente la hipótesis de una emisión ópticamente delgada del gas intergaláctico para explicar el origen del FCX. Además, según hicieron notar De Zotti et al. en 1982, ninguna de las clases conocidas de fuentes emisoras en rayos X mostraba un espectro parecido al del FCX. A esta evidencia observacional se le dio el nombre de "paradoja espectral".

Sin embargo, cuanto más profundas eran las búsquedas en rayos X y se encontraban más y más fuentes, comenzó a ser evidente que el FCX era debido a la emisión integrada de fuentes discretas. En otras palabras, la forma del espectro era sólo el resultado de una "conspiración cósmica" (ver por ejemplo el artículo de revisión de Barcons y Fabian de 1992). El origen del FCX a partir de un "plasma difuso" fue definitivamente descartado por las medidas de *COBE* con las que se demostró que el fondo de emisión de microondas se ajustaba a un cuerpo negro perfecto; esto imponía un severo límite superior del 0.01% a la contribución

del gas caliente intergaláctico al FCX (Wright et al. 1994).

Setti y Woltjer (1989) propusieron una mezcla de espectros de núcleos activos de galaxias (NAGs) absorbidos y no absorbidos (teniendo en cuenta la correspondiente función de luminosidad y la evolución cosmológica) para explicar la forma peculiar del FCX en el marco de los modelos unificados. Este modelo sintético estaba basado en la idea clave de que el espectro del FCX se puede obtener como una combinación de espectros de NAGs más y más absorbidos. Dado que la pendiente del FCX en la banda 2 - 10 keV ($\Gamma \sim 1.4$) es más dura que la observada típicamente en NAGs no oscurecidos ($\Gamma \sim 1.7 - 2.0$ según Nandra y Pounds, 1994) se postuló la existencia de una gran fracción de NAGs altamente absorbidos como el mayor factor constituyente del FCX. Siguiendo esa primera sugerencia, se publicaron varios modelos sintéticos del FCX (Comastri et al. 1995; Gigli et al. 1999) que eran capaces de reproducir la distribución espectral del mismo y el número de fuentes en las bandas de rayos X duros y blandos.

Una investigación crucial sobre el FCX en rayos X blandos fue realizada durante el proyecto *ROSAT Ultra-Deep Survey* (UDS, Hassinger et al. 1998). En él se logró resolver el $\sim 80\%$ del FCX blando en fuentes discretas hasta un nivel de flujo $F_{0.5-2} = 1.5 \times 10^{-15}$ erg/cm²/s. Además, la exactitud en el apuntado del detector HRI de *ROSAT* permitió realizar la identificación del $\sim 90\%$ de las fuentes UDS, descubriéndose, en su mayor parte, NAGs con emisión de líneas anchas y no oscurecidos (es decir, galaxias Seyfert 1 y QSOs) hasta $z=4.45$. UDS dio pie a construir con bastante exactitud la función de luminosidad en rayos X de NAGs de tipo 1.

Sin embargo las pendientes espectrales de las fuentes UDS resultaron ser demasiado escarpadas para explicar la forma del FCX por encima de 1 keV. En consecuencia, se planeó una búsqueda en rayos X duros de NAGs de tipo 2 que se realizaría tan pronto como los observatorios *ASCA* y *BeppoSAX* se pusieran en órbita. Las búsquedas de estas misiones en grandes áreas resolvieron independientemente el $\sim 20 - 30\%$ del FCX duro hasta $F_{2-10} \sim 5 \times 10^{-14}$ erg/cm²/s, a la vez que pusie-

ron de manifiesto un progresivo endurecimiento a flujos bajos de los espectros que se iban progresivamente apilando en las búsquedas. Este endurecimiento se interpretó inmediatamente como la prueba de la existencia de la población de fuentes absorbidas de rayos X que tanto tiempo se llevaba buscando. Programas de observación en el rango óptico de esas fuentes confirmaron que los NAGs eran la clase dominante de emisores a esos niveles de flujo.

La llegada de los nuevos telescopios de rayos X a bordo del *XMM-Newton* y *Chandra* ha tenido como consecuencia una mejora significativa en la investigación del FCX. Su sensibilidad y resolución angular permiten realizar imágenes y espectros con una exactitud que no había sido alcanzada hasta el presente. Búsquedas muy profundas en rayos X realizadas con estos dos observatorios han resuelto en fuentes puntuales más del $\sim 90\%$ y el $\sim 80\%$ del FCX en las bandas blanda y dura respectivamente (Moretti et al. 2003). Se han alcanzado flujos límite muy débiles en ambas bandas: $F_{0.5-2} \sim 10^{-17}$ y $F_{2-10} \sim 10^{-16}$ erg/cm²/s. Este último valor corresponde a una luminosidad de 10^{41} erg/s a $z=1$. Este hecho implica que hoy en día es posible investigar en detalle la evolución en tiempos cosmológicos tanto de fuentes cuya emisión está controlada por acrecimiento (por ejemplo NAGs), como de fuentes donde este mecanismo no actúa (por ejemplo cúmulos de galaxias, galaxias normales y con brotes de formación estelar). La pendiente del espectro global de todas las fuentes en el rango 1- 10 keV, $\Gamma \sim 1.38$, coincide muy bien con la forma del FCX duro no resuelto y, por tanto, la "paradoja espectral" se puede considerar solucionada. Por otra parte, la hipótesis de que se encuentren espectros cada vez más y más planos cuando se observen fuentes más débiles ha sido confirmada por estos estudios. El siguiente gran paso para mejorar nuestra comprensión del FCX será la realización de imágenes y espectroscopía de fuentes de rayos X que emitan en el rango 30 - 50 keV, es decir alrededor del pico del espectro del FCX. Las propiedades de esa población de objetos, que domina la emisión del FCX, están prácticamente sin explorar y por tanto las expectativas en ese área son particularmente atractivas.

Astronoticias

Recopilación de Carmen Blasco e Itziar de Gregorio

CASSINI Y LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

La sonda Cassini, que actualmente se encuentra en camino hacia Saturno, ha participado en un experimento que confirma la teoría general de la relatividad con una precisión 50 veces mayor que cualquier medición anterior.

El experimento se realizó en el verano de 2002, cuando la sonda y la Tierra se encontraban en lados opuestos del Sol. Los investigadores observaron el cambio de frecuencia de las ondas de radio que procedían de Cassini mientras éstas pasaban cerca del Sol. También midieron el tiempo de viaje de una señal desde que fue enviada por las estaciones de seguimiento hasta la sonda y desde ésta de nuevo hasta la Tierra.

Según la teoría general de la relatividad de Einstein, un objeto masivo como el Sol hace que el espacio-tiempo se curve en sus cercanías, por lo que la luz o las ondas de radio que pasen cerca de él tendrán que viajar durante más tiempo debido a la curvatura. La distancia extra que las señales tuvieron que recorrer procedentes de Cassini, retrasó su llegada. La cantidad de retraso proporciona una prueba sensible de las predicciones de la teoría de Einstein.



Cortesía de JPL.

Ahora, Cassini continúa su marcha hacia Saturno (llegará el 1 de julio de 2004) participando en otros experimentos, como la búsqueda de ondas gravitatorias de baja frecuencia.

UN ORIGEN COMÚN PARA TRES FENÓMENOS

Según las últimas investigaciones realizadas por un grupo internacional de astrofísicos, liderado por el Instituto Caltech de California, tres de los fenómenos cataclísmicos más extraordinarios de nuestro Universo podrían tener un origen común. Se trata de los estallidos de rayos gamma, los destellos de rayos X y las supernovas de tipo Ic. Al parecer estos tres fenómenos podrían ser producidos por una estrella moribunda, dependiendo de la ruta de escape seguida por la energía que emite la estrella al convertirse en un agujero negro.

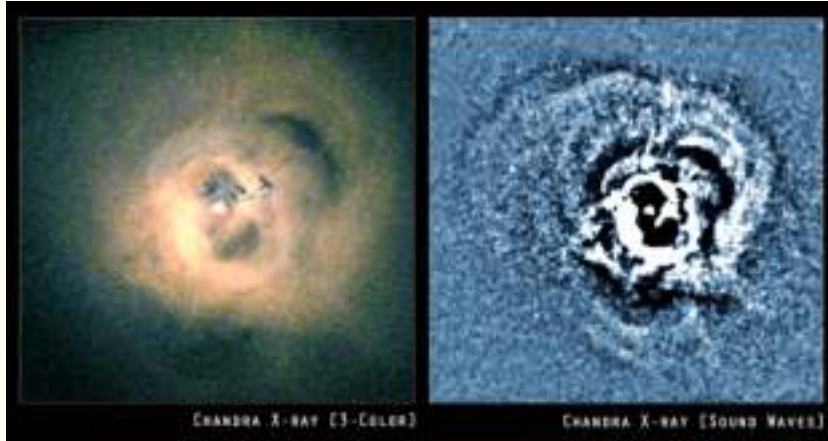
Para realizar este experimento se apuntaron el Very Large Array del National Radio Astronomy Observatory y el Owens Valley Radio Observatory, de Caltech, Estados Unidos, hacia un estallido de rayos gamma localizado por el satélite HETE

El mismo fenómeno que parecía una supernova de tipo Ic, estaba lanzando gran cantidad de ondas de radio. Esto implica que en este tipo de regiones podrían producirse explosiones en otras longitudes de onda no estudiadas hasta el momento.



Astronoticias

CHANDRA HA 'ESCUCHADO' POR PRIMERA VEZ UN AGUJERO NEGRO



NASA/CXC/IoA/A.Fabian et al.

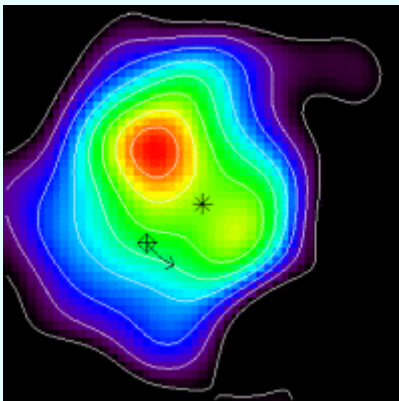
El observatorio de rayos X Chandra ha detectado, por primera vez, ondas de sonido procedentes de un agujero negro supermasivo, que se encuentra en el cúmulo de Perseo, a 250 millones de años luz de la Tierra. Las ondulaciones que se observan en la imagen tomada por Chandra son la evidencia de ondas de sonido. Éstas se piensa que pudieran haberse producido por eventos explosivos ocurridos en los alrededores del agujero negro supermasivo en Perseus A, una enorme galaxia que se encuentra en el

centro del cúmulo. La frecuencia de este sonido está muy lejos del alcance del oído humano.

La imagen también muestra dos cavidades grandes en forma de burbuja alejándose del centro, donde se encuentra el agujero negro supermasivo. Estas cavidades, que se observan en radio como fuentes brillantes, tienen en su interior partículas muy energéticas y campos magnéticos, que empujan el gas caliente emisor de rayos X, creando así las ondas de sonido.

Los eventos explosivos que ocurren alrededor del agujero negro se producen, probablemente, por las grandes cantidades de gas que caen al mismo, tal vez pequeñas galaxias que Perseus A 'engulle'. Los grumos oscuros que se observan en la zona central de la imagen de Chandra podrían ser fragmentos de esas pequeñas galaxias.

SISTEMA PLANETARIO PARECIDO AL NUESTRO.



Cortesía del Joint Astronomy Center. **El asterisco representa la estrella central. El cuadrado representa la predicción de la posición del planeta neptuniano.**

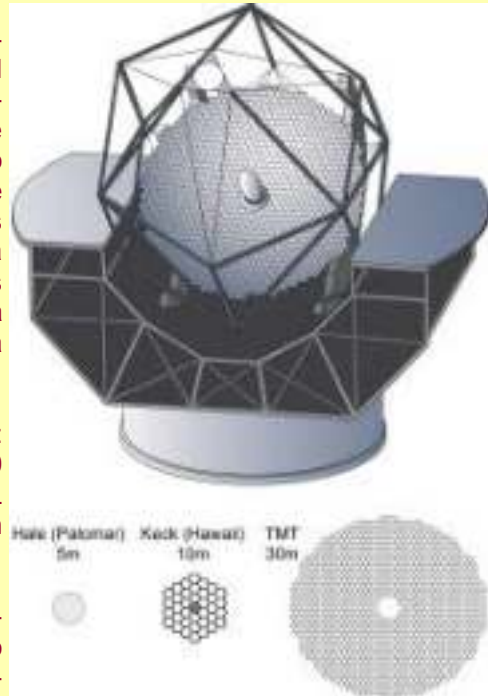
Astrónomos británicos han descubierto evidencias de un sistema planetario similar al nuestro en una de las estrellas más brillantes del firmamento. Se trata de Vega, en la constelación de Lira. Observaciones con la cámara submilimétrica SCUBA, del James Clerk Maxwell Telescope en Hawái, desvelaron un disco de polvo de forma irregular alrededor de la estrella. El posterior tratamiento de la imagen con nuevas técnicas de modelado informático concluyeron que la estructura de este disco podría ser explicada si existiera un planeta parecido a Neptuno girando a una distancia semejante a la que separa a éste del Sol. Así habría mucho espacio en el interior de la órbita de este planeta neptuniano para la existencia de otros más pequeños y rocosos, como la Tierra. Hasta ahora, todos los planetas descubiertos alrededor de otras estrellas eran semejantes a Júpiter y localizados muy cerca de su estrella. Nuevas generaciones de telescopios y cámaras ayudarán a precisar lo predicho por el ajuste de estos modelos.

EL MAYOR TELESCOPIO DEL MUNDO

El California Institute of Technology y la Universidad de California van a diseñar el telescopio óptico más grande del mundo. Provisionalmente se llamará TMT (Thirty Meter Telescope), y tendrá un espejo segmentado de 30 metros de diámetro. Este telescopio podrá realizar observaciones tanto en el óptico como en el infrarrojo. Gracias a la adición de óptica adaptativa, que permite contrarrestar las turbulencias atmosféricas, su agudeza visual será 12 veces superior a la del Telescopio Espacial Hubble, que aunque mucho más pequeño que otros telescopios terrestres, goza de la ventaja de encontrarse en el espacio, lejos de la influencia de la atmósfera.

Al otro lado del Atlántico, ya hay dos serios competidores: Euro50, dirigido por Suecia, con un espejo segmentado de 50 metros y que se construirá en La Palma (Islas Canarias). OWL (Overwhelmingly Large Telescope), diseñado por el European Southern Observatory, de 100 metros de diámetro.

Tras esta fase de diseño preliminar, debería seguir la construcción propiamente dicha del telescopio, para lo cual aún no hay fondos presupuestados. El instrumento debería ser construido en Hawái, Chile o México. Las primeras observaciones quizá podrían realizarse en 2012.



Cortesía de Caltech



Cortesía de Fermi National Accelerator Laboratory.

Una nueva partícula

Un equipo de científicos japoneses del High Energy Accelerator Research Organisation en Tsukuba, ha descubierto una misteriosa partícula subatómica que ha creado polémica entre físicos teóricos de todo el mundo. Se trata de un mesón bautizado como X(3872). Su peso es similar al de un átomo de helio y su tiempo de existencia se ha estimado entre la billonésima y la trillonésima parte de un segundo (una eternidad, en el mundo de las partículas subatómicas). Lo que hace peculiar a esta partícula es que es inexplicable desde el punto de vista de las teorías modernas. En el actual paradigma del Modelo Estándar, un mesón está formado por un par quark-anti quark unidos por la llamada fuerza fuerte. Sin embargo X(3872) está formado por dos quarks y dos anti quarks, lo que hace necesario modificar el Modelo Estándar para poder explicar su existencia. El resultado del experimento ha sido confirmado por investigadores estadounidenses del Fermi National Accelerator Laboratory, en Illinois, Estados Unidos.

Teléfonos y direcciones electrónicas

Para acceder al Laboratorio hay que marcar el 918131 (para llamadas desde dentro de España) o el 34-918131 (para llamadas desde otro país) antes de la extensión de teléfonos. Las direcciones electrónicas se componen añadiendo al código de usuario la terminación @laeff.esa.es.

Secretaría: 161 / Fax: 160
WWW: <http://www.laeff.esa.es/>

Doctores:

David Barrado Navascués	261	barrado
Álvaro Giménez Cañete	155	ag
José Francisco Gómez Rivero	267	jfg
Miguel Mas Hesse	196	mm
Benjamín Montesinos Comino	195	bmm
Carmen Morales Durán	188	morales
Lourdes Sanz F. de Córdoba	193	lourdes
Enrique Solano Márquez	154	esm
María Rosa Zapatero Osorio	309	mosorio

Colaboradores:

Celia Sánchez Fernández	257	celia
Luis M. Sarro Baro	138	lsb

Postgraduados:

Carmen Blasco Fuertes	264	cblasco
M. Dolores Caballero García	198	mcaballe
Itziar de Gregorio Monsalvo	194	itziar
Albert Domingo Garau	266	albert
Cristina García Miró	138	cgm
Beatriz González García	138	bmgg
Raúl Gutiérrez Sánchez	260	raul
Pilar Herrero Sinovas	163	herrero
Elena Jiménez Bailón	266	elena
Bruno Merín Martín	194	bruno
Daniel Risquez Oneca	198	risquez
Carlos Rodrigo Blanco	260	crb
Olga Suárez Fernández	163	olga

Personal Administrativo:

Margie Guitart Martín	161	margie
Concha Prieto Alas	234	concha

Servicios Informáticos:

Jesús García Jiménez	263	jess
----------------------	-----	------

Direcciones postales

Servicios normales

Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental
Apartado 50.727
E-28080 - Madrid - España

Servicios COURIER

Estación de Seguimiento de Satélites - ESA
Villafranca del Castillo. E-28691 -
Villanueva de la Cañada - Madrid - España

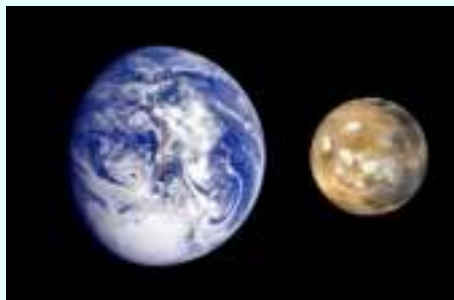
ÚLTIMA

La exploración de Marte

Marte, con su color rojo y sus movimientos relativamente rápidos en el cielo, ha ejercido desde siempre una profunda atracción sobre la Humanidad. En julio de 1965 se convirtió en el primer planeta que fue visitado por una sonda de la NASA, la *Mariner 4*, que obtuvo las primeras fotografías detalladas de su superficie. Desde entonces han sido numerosas las misiones enviadas para explorar este planeta en detalle. Pero el empeño no ha sido sencillo: sólo 15 de las 33 misiones lanzadas hasta la fecha (casi todas por rusos y americanos) han logrado su objetivo. El resto no consiguió despegar, se pasó de largo o se estrelló contra la superficie marciana.

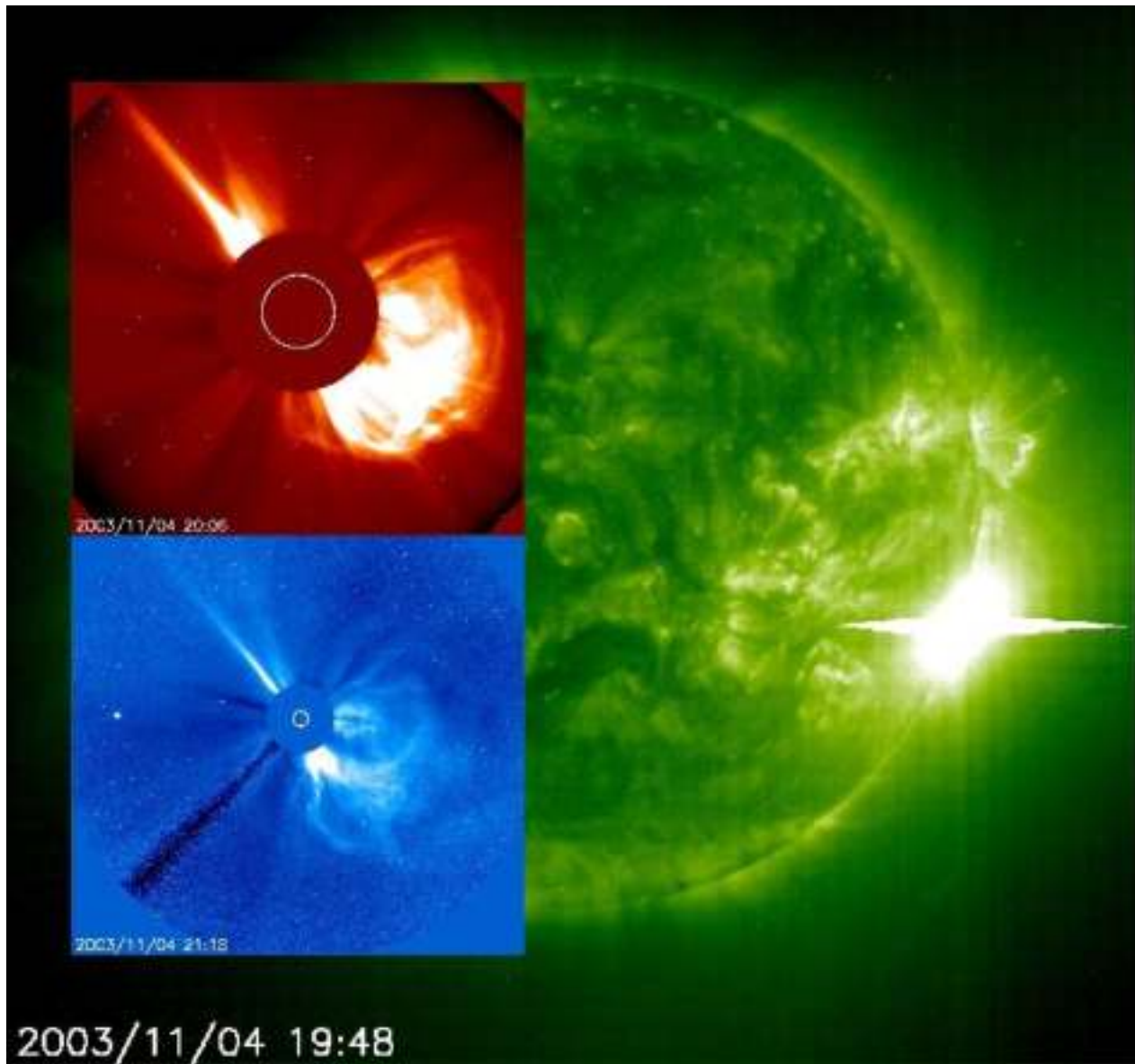
El pasado 25 de diciembre entró en órbita alrededor de Marte la primera nave europea de exploración marciana, la *Mars Express*. Si bien la nave nodriza, en órbita alrededor del planeta, funciona perfectamente y comenzará a enviar datos científicos dentro de pocos días, no se pudo establecer contacto con el pequeño módulo de aterrizaje que la acompañaba, el *Beagle-2*. No obstante, se tiene la certeza de que el *Beagle-2* alcanzó la superficie marciana. Pocos días después aterrizó la sonda *Spirit*, de la NASA, dotada de un pequeño vehículo robotizado, que afortunadamente ha comenzado ya a enviar magníficas imágenes de su entorno. A finales de enero se espera la llegada de una segunda nave gemela, la *Opportunity*, que estudiará otras regiones de la superficie marciana. Junto con la *Mars Odyssey* y la *Mars Global Surveyor*, ambas en órbita desde hace varios años, una auténtica flotilla espacial se dispone a desentrañar los misterios que aún plantea nuestro planeta vecino. Pero, sobre todo, el objetivo principal es descubrir si en Marte hubo en algún momento del pasado agua en abundancia, y si en estos océanos se desarrolló la vida en paralelo a lo que ocurría en nuestro planeta, la Tierra. Es posible que no se encuentre aún una respuesta definitiva, pero la fascinación que nos produce hará que la Humanidad siga explorando Marte en los próximos años, abriendo el camino para que una misión tripulada aterrice allí.

Miguel Mas Hesse



El Consejo de Redacción
no se responsabiliza del
contenido de los artículos.

Galería



A pesar de que el Sol no se encuentra en uno de sus picos de actividad magnética, el día 4 de noviembre de 2003 a las 19:29 TU (Tiempo Universal) una región activa explotó en una "megallamarada", una de las más poderosas observadas. La composición de imágenes que ofrecemos, todas ellas cortesía del observatorio *SOHO* de la Agencia Espacial Europea, muestra el desarrollo de la llamarada en tres instantes distintos. La imagen en tonos verdosos se obtuvo en longitudes de onda de rayos X a las 19:48 TU, y en ella se aprecia cómo los detectores del instrumento EIT (Extreme ultraviolet Imaging Telescope) se saturaron en el momento de la observación. En la parte ecuatorial del Sol, justo por encima de la llamarada, se puede ver una espectacular formación de lazos magnéticos, que son en última instancia los responsables de estos fenómenos tan espectaculares. Las dos imágenes de la izquierda fueron tomadas con el instrumento LASCO (Large Angle and Spectrometric Coronagraph) a las 20:06 y 21:18 TU, respectivamente. En ellas, la superficie del Sol ha sido ocultada con un coronógrafo, para apreciar cómo viaja por el espacio la materia expulsada violentamente por la llamarada. La circunferencia blanca indica el tamaño del disco solar. En la página web http://sohowww.nascom.nasa.gov/hotshots/2003_11_04/ se puede encontrar más información y espectaculares películas de este fenómeno.