LAEFF Reporter

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

http://www.laeff.esa.es

Año X, núm. 40. Diciembre 2004

LAEFF Reporter: 10 años

Estudio de las envolturas y discos protoplanetarios alrededor de estrellas jóvenes

El zoo planetario: la primera imagen de un posible planeta

Exploración de Marte. El Planetary Fourier Spectrometer a bordo de *Mars Express*

La misión *Planck*

Un nuevo horizonte para el programa científico de la ESA: "Visión cósmica 2020"

Cinco años de *XMM-Newton*

El Observatorio *INTEGRAL*

PARTNeR, un proyecto educativo en marcha

La "First NEON Archive Observing School"

VI Reunión Científica de la SEA

Planetas en El Escorial

SUMARIO

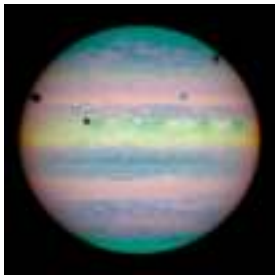
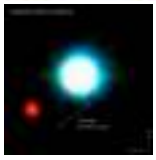


Imagen de Júpiter obtenida con la cámara NICMOS del Telescopio Espacial Hubble el 28 de marzo de 2004. Sobre la superficie del planeta se ven las sombras de Ganímedes (izquierda), Calisto (derecha) e Io. La imagen ha sido procesada y muestra las diversas bandas en falso color.

Cortesía de E. Karkoschka (Univ. Arizona) y NASA.



LAEFF Reporter: 10 años 3
Benjamín Montesinos

Estudio de las envolturas y discos protoplanetarios alrededor de estrellas jóvenes 4
Bruno Merín

El zoo planetario: la primera imagen de un posible planeta 7
David Barrado

La Tarima 12
Exploración de Marte. El Planetary Fourier Spectrometer a bordo de Mars Express
Rafael Rodrigo
La misión Planck 16
Enrique Martínez
Cinco años de XMM-Newton 21
Xavier Barcons
Un nuevo horizonte para el programa científico de la ESA: "Visión cósmica 2020" 25
Álvaro Giménez

Dossier 28
El Observatorio INTEGRAL, dos años de operaciones
María Dolores Caballero y Daniel Rísquez
PARTNeR, un proyecto educativo en marcha 31
Olga Suárez

Noticias más destacadas de los últimos diez años del LAEFF Reporter 33

Apuntes 46
Planetas en El Escorial
Benjamín Montesinos
VI Reunión Científica de la SEA 47
Benjamín Montesinos
La "First NEON Achive Observing School" 48
María Morales

Astronoticias 49

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, Miguel Mas, Benjamín Montesinos, Concha Prieto, Olga Suárez.

El LAEFF es un laboratorio del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial en el que investigan científicos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en virtud de un convenio de colaboración firmado entre ambas entidades.

LAEFF Reporter: 10 años

Diez años de nuestro LAEFF Reporter... y parece que fue ayer cuando en una de las Juntas de Laboratorio se propuso crear una revista, que creemos, fue pionera en los centros españoles de investigación en Astrofísica.

Son ya 40 números, contando el que tienes en tus manos, empezando desde los artesanales de ocho páginas, compuestos por nosotros mismos en formato A3 y fotocopiados en blanco y negro, hasta el número 26, cuando dimos el salto al color, al papel satinado y a un más amplio abanico de contenidos.

Nuestro objetivo ha sido, y es, acercar la ciencia que hacemos en el LAEFF a toda la comunidad científica. Publicamos 600 ejemplares por número que se distribuyen a institutos de investigación, departamentos universitarios, laboratorios, centros de divulgación científica, agrupaciones astronómicas y particulares, y puesto que los destinatarios son heterogéneos, intentamos mantener un nivel accesible en los artículos de modo que sean comprensibles para la mayor parte de los lectores.

Si uno hojea y ojea nuestra revista podrá encontrar artículos sobre los proyectos en los que el LAEFF ha tenido y tiene un papel destacado (*MINISAT-01*, *INTEGRAL*, PARTNeR), contribuciones sobre temas tan variopintos como la posibilidad de viajar en el tiempo, formación estelar, la detección de bancos de sardinas desde satélites, el Sol, redes neuronales, el cambio climático, la actividad en los núcleos de galaxias, planetas extrasolares, estallidos de rayos gamma, enanas marrones, binarias de rayos X y lentes gravitatorias. Las páginas centrales están abiertas en "La Tarima" a contribuciones de científicos de otros centros de investigación, para que, en la medida de lo posible, el LAEFF Reporter sirva de escaparate también a lo que se cuece en otros lugares. Una batería de "Astronoticias" intenta dar una pincelada de lo que ha sucedido en la Astronomía desde la publicación del último número.

Este es el tercero de tres números extraordinarios que hemos elaborado, uno trató ampliamente sobre *MINISAT-01*, el primer satélite científico español, y el segundo se dedicó al décimo aniversario del LAEFF. Desde aquí, nuestra gratitud a todos los que han contribuido con su trabajo continuo o sus contribuciones puntuales a que el LAEFF Reporter sea lo que es hoy. Aunque es imposible resumirlas todas en un número, hemos intentado en este tercer extraordinario tejer un tapiz con trozos de las noticias más destacadas que se han publicado. Hemos respetado la redacción original, por lo que muchos textos, escritos en presente, pertenecen ya a la pequeña historia del LAEFF. Lanzamos también nuestra invitación a los que queráis colaborar con nosotros en el futuro. Este Reporter -así como este Laboratorio- es también vuestra casa.

Benjamín Montesinos
en nombre del Consejo de Redacción

El LAEFF Reporter es accesible a traves de la página web del LAEFF
www.laeff.esa.es

Estudio de las envolturas y discos protoplanetarios alrededor de estrellas jóvenes

Bruno Merín
Universidad de Leiden (Holanda)

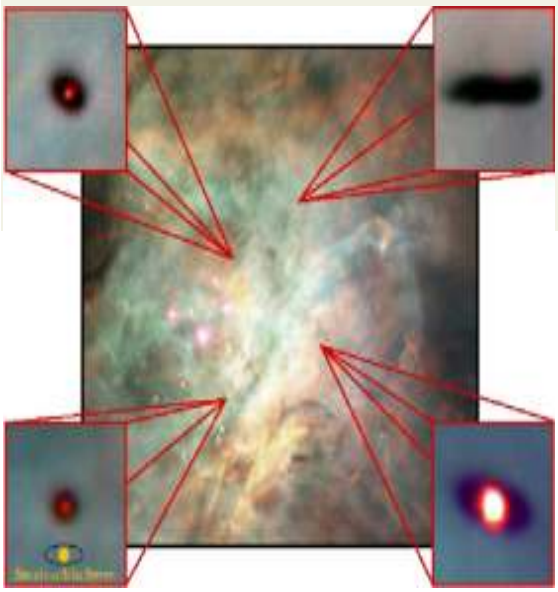


Figura 1: Región de formación estelar en la Gran Nube de Orión en la que se muestran algunas estrellas jóvenes con discos circunestelares de gas y polvo en los que se pueden estar formando nuevos planetas. La elipse en la imagen inferior izquierda muestra el tamaño del Sistema Solar como referencia.

Cortesía de C.R. O'Dell y S.K. Wong (Rice University) y NASA

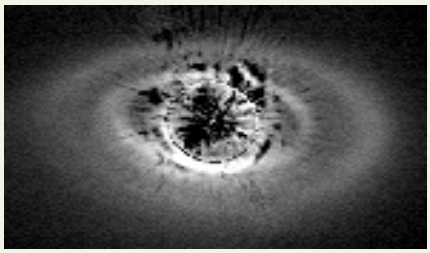
Desde el descubrimiento en 1995 del primer exoplaneta alrededor de la estrella 51 Pegasi por astrónomos del Observatorio de Ginebra, el estudio de la formación y evolución de los discos protoplanetarios alrededor de estrellas jóvenes ha experimentado un auge espectacular. La razón es que se han encontrado mayoritariamente sistemas planetarios muy distintos del nuestro en los que planetas gigantes similares a Júpiter orbitan a distancias muy pequeñas de sus estrellas centrales. Este inesperado resultado hace necesaria una revisión profunda de la teoría actual de formación de planetas en los discos circunestelares.

Durante las primeras etapas de su vida, las estrellas se encuentran en regiones de formación estelar, rodeadas de envolturas de gas y polvo, y con unos discos circunestelares densos a través de los cuales el material de la nube cae por atracción gravitatoria a la estrella central. La figura 1 muestra un ejemplo de una región de formación estelar con varias estrellas rodeadas por discos circunestelares. Según la teoría actualmente aceptada (y que precisa confirmación observacional), en estas fases iniciales de la estrella pre-secuencia principal, los granos de polvo del disco, inicialmente de tamaños típicos de milésimas de micra, empiezan a crecer pegándose unos a otros hasta alcanzar tamaños máximos del orden de metros. Una vez crecidos, estos granos "llueven" hacia el plano central del disco, donde eventualmente podrían seguir creciendo hasta formar protoplanetas y planetas que absorben gas del resto de disco y se estabilizan en su órbita definitiva. En el caso de que forme planetas, hablaríamos de un disco protoplanetario. En una última etapa, la estrella se encuentra ya en la secuencia principal y su disco es plano, contiene poco gas y presenta emisión compatible con la presencia de granos de polvo pequeños.

La presencia de discos de polvo y gas alrededor de las estrellas jóvenes se hace evidente a través de un exceso de emisión en el infrarrojo (IR) que se observa en sus distribuciones energéticas. Este exceso de emisión

es producido por la emisión térmica del disco circunestelar que es calentado por irradiación de la estrella central o por viscosidad debida al acrecimiento de masa hacia la estrella central. El uso de técnicas de alta resolución angular permite observar directamente sólo los discos circunestelares de unos pocos objetos cercanos (ver por ejemplo las figuras 1 y 2). La mayoría de las estrellas jóvenes se encuentran a distancias que hacen imposible la detección directa de sus discos, por ello habitualmente se usa la caracterización del exceso IR en las Distribuciones Espectrales de Energía (SEDs en sus siglas en inglés, normalmente usadas) de las estrellas para estudiar sus discos. Además, en general se necesitan modelos físicos para poder relacionar con fiabilidad la forma del exceso infrarrojo con una geometría, inclinación y estado físico del disco.

Figura 2: Observación coronográfica obtenida con el *Hubble Space Telescope* de una estrella joven en la que se observa un disco circunestelar. Tomada de Clampin et al.



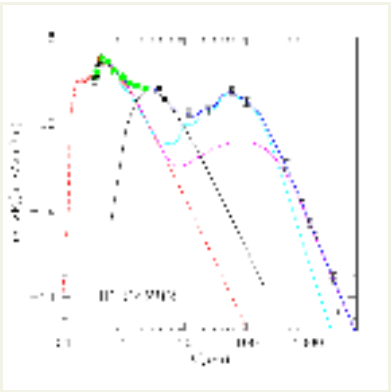
La contribución del LAEFF

Con objeto de estudiar la evolución de los discos protoplanetarios, en el LAEFF analizamos SEDs con observaciones desde el ultravioleta hasta radio de una muestra de 70 estrellas jóvenes con distintos excesos IR y un amplio rango de masas y edades. Este trabajo se encuadra dentro de la colaboración internacional EXPORT[1] (Eiroa et al. 1999), que consiguió el total del tiempo internacional de los observatorios de las Islas Canarias en 1998 y obtuvo datos simultáneos y homogéneos, espectroscópicos y fotométricos, de gran calidad de todas las estrellas de la muestra. Con los datos fotométricos simultáneos en el óptico e IR cercano de EXPORT más otros datos de archivos o de la literatura, pudimos trazar las SEDs más detalladas disponibles para algunas de las estrellas de la muestra y así afrontar un estudio sistemático de la evolución temporal de los discos protoplanetarios con una base observacional sólida.

Para la interpretación física de las SEDs utilizamos los modelos de disco de la Dra. Paola D'Alessio (Universidad Nacional Autónoma de México) y colaboradores, con quienes trabajamos desde entonces. Estos modelos son reconocidos como uno de los más elaborados y físicos de que se dispone en la actualidad para estudiar estrellas jóvenes con discos circunestelares. Con ellos se pueden generar SEDs sintéticas a partir de los parámetros físicos de la estrella central y del disco que se comparan con las SEDs observadas para caracterizar los discos protoplanetarios que rodean a cada objeto.

La figura 3 muestra un ejemplo del estudio de la SED de una estrella pre-secuencia principal de la muestra EXPORT con ayuda de los modelos físicos de disco de D'Alessio et al. El ajuste de las observaciones con los modelos permite obtener gran cantidad de información sobre el estado físico del disco circunestelar alrededor de la estrella. En este estudio descubrimos que dos estrellas muy similares en edad y masa pero con discos en muy distinto estado evolutivo presentaban diferentes metalicidades. Este fue un resultado novedoso que indica que una mayor concentración de materiales pesados en un disco podría contribuir a facilitar el crecimiento de granos y por lo tanto a la formación de planetas en dicho disco, acele-

1: htttp://www.laeff.esa.es/EXPORT



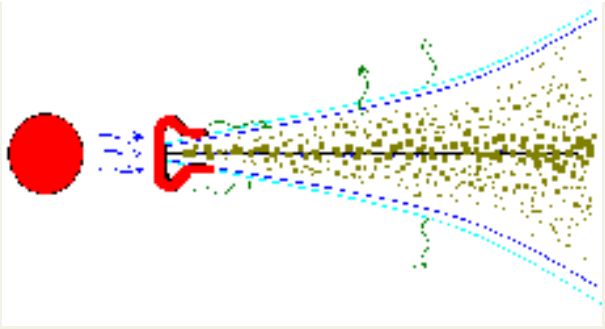


Figura 3: Izquierda. Distribución espectral de energía de la estrella HD 34282 (puntos) ajustada con un modelo de atmósfera estelar (línea discontinua roja), dos modelos físicos de disco de D'Alessio et al. más un cuerpo negro (líneas continuas: en morado, el modelo del plano medio del disco, en azul, modelo de superficie, en negro, emisión de la pared y en azul oscuro, la suma de las componentes). El ajuste desde el óptico hasta radio de la emisión de la estrella con modelos no paramétricos permite describir el estado físico del disco con relativa fiabilidad. Derecha. Dibujo esquemático del disco mostrando la interpretación física del ajuste de la SED de la izquierda: el disco circunestelar de HD 34282 presenta segregación vertical de granos de polvo, está acreciendo materia hacia la estrella, es relativamente masivo y está truncado en su parte cercana a la estrella por una pared frontalmente irradiada por la estrella. Adaptado de Merín et al. (A&A, 2004).

rando su evolución con respecto a objetos con menor metalicidad.

También descubrimos grupos de estrellas con SEDs similares, y por lo tanto con posibles similitudes en sus discos, que en algunas de las estrellas habían sido detectados con alta resolución angular. Esto hace plantearse la posibilidad de intentar observar con la misma técnica las otras estrellas del grupo para aumentar el escaso censo de discos circunestelares observados directamente.

Futuro y posibles aplicaciones prácticas

El estudio de este conjunto de SEDs continúa en curso dentro del laboratorio así como otros dos proyectos derivados del anterior y que describimos a continuación.

Como proyecto a largo plazo para poner estos poderosos modelos a disposición de la comunidad científica, en colaboración con el grupo de estrellas jóvenes del Smithsonian Astrophysical Observatory (Cambridge, EEUU), creamos una gran red de modelos de disco que cubriese todo el espacio de parámetros relevante, tanto para la estrella central como para el disco, y publicamos las correspondientes SEDs sintéticas en una página web[2]. Esta librería *on-line* permitirá acortar el tiempo necesario para caracterizar físicamente una SED a partir de los modelos mediante la búsqueda del mejor ajuste de los datos a la librería y puede ser extremadamente útil, tanto para el estudio de las SEDs de las estrellas observadas por EXPORT aún sin ajustar, como para los cientos de SEDs de estrellas jóvenes que el Observatorio Infrarrojo *Spitzer* de NASA obtendrá en los próximos años.

También, en colaboración con el Grupo de Operaciones y Archivos del LAEFF y el departamento de Inteligencia Artificial de la UNED, desarrollamos una aplicación para el Observatorio Virtual Español (SVO) que permita crear SEDs de manera automática combinando los archivos astronómicos en el VO y ajustarlas con técnicas de minería de datos y distintos modelos, según proceda en cada caso.

2: http://www.laeff.esa.es/models/dalessio/

El zoo planetario: la primera imagen de un posible planeta

David Barrado

Primera imagen directa de un planeta orbitando alrededor de una enana marrón

Cuando se mira hacia atrás en el tiempo, se observa que diferentes disciplinas científicas pasan por Edades de Oro, momentos en los cuales esos campos se ven revolucionados por la cantidad y la calidad de descubrimientos relacionados con ellos, por nuevas visiones de fenómenos conocidos con anterioridad, y por el impacto que esos campos tienen en la vida cotidiana. Así fue en el caso de la Física Cuántica durante la primera mitad del siglo XX (especialmente en los años 20). Ahora es el momento de la Astronomía Exoplanetaria.

Menos de diez años han transcurrido desde el descubrimiento en 1995 del primer planeta fuera del Sistema Solar por Michel Mayor y Didier Queloz. Desde entonces se han hallado más de 100 planetas por la técnica de la velocidad radial (la impronta que la atracción gravitacional del planeta deja en el espectro de la estrella al orbitar en torno a ésta, debido al efecto Doppler). En algunos casos son verdaderos sistemas planetarios, formados por una estrella y dos o más planetas. Las masas de éstos van desde diez veces la de Júpiter a valores similares a la de Neptuno. Estos descubrimientos no han estado exentos de polémica sobre la verdadera naturaleza de estas señales, ya que algunos investigadores han señalado la posibilidad de que el efecto medido en los espectros fuera

Cortesía de ESO

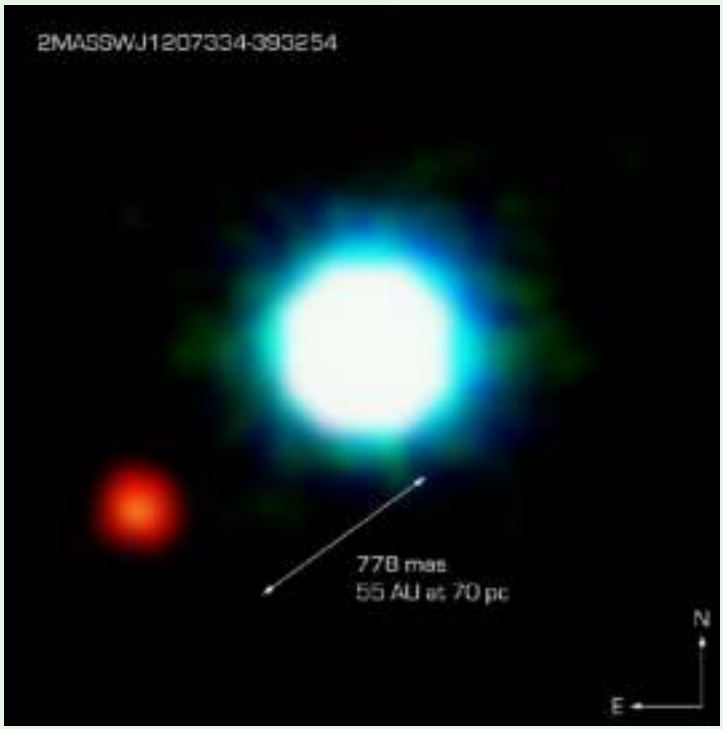


Figura 1: Imagen infrarroja tomada con el Very Large Telescope y *NAOS/CONICA* (Chauvin et al. 2004). En ella se aprecia un objeto mucho más débil y rojo que la enana marrón 2M1207 hacia el Sur-Este, a 0.778 segundos de arco.

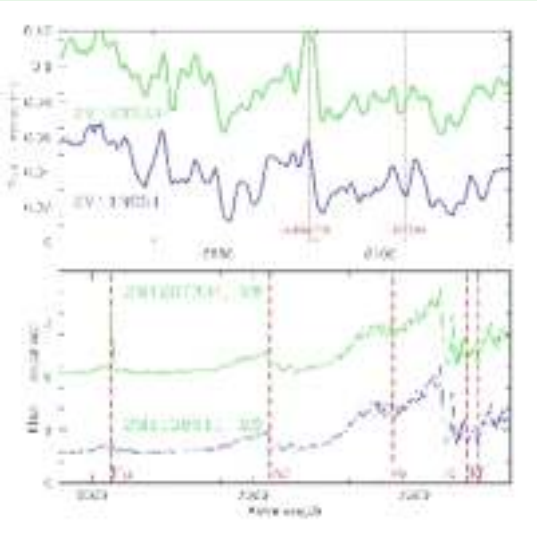


Figura 2: Espectros ópticos de 2M1139 y 2M1207. Éstos corresponden a enanas marrones de tipo espectral M8, que sí pertenecen al grupo de movimiento común asociado a la estrella TW Hydrae (denominado TWA por sus siglas en inglés). Varias características espectrales se indican en rojo. El panel superior muestra el detalle alrededor de la línea de resonancia del litio a 6708 Å. El espectro de 2M1207 también contiene la línea de emisión de helio a 6678 Å, característica que indica la presencia de acrecimiento desde un disco que circunda a la enana marrón.

debido a la actividad estelar que acompaña a las estrellas de tipo solar. La verdadera confirmación del descubrimiento de exoplanetas ha venido por una técnica bien distinta: los tránsitos planetarios. En 1999, David Charbonneau y colaboradores identificaron en la curva de luz de la estrella HD209458 unas disminuciones periódicas de la luminosidad, e interpretaron el fenómeno como debido al paso de un planeta de tipo Júpiter por delante del disco de la estrella. Poco más tarde confirmaron esta interpretación obteniendo la curva de velocidad radial, lo que permite, al considerar toda la información disponible, derivar una masa y un radio muy precisos para el planeta (poco menos masivo que Júpiter, pero con un tamaño sensiblemente superior). Hasta el momento se han descubierto seis sistemas planetarios por esta técnica, el último de ellos por un equipo español (Alonso Sobrino y colaboradores, 2004).

A pesar de todos estos avances, el vellocino de oro corresponde al descubrimiento de planetas similares a la Tierra y en la obtención de imágenes directas de exoplanetas. Tal vez tengamos que esperar a la próxima década para conseguir lo primero (con *Darwin*, el proyecto de la Agencia Espacial Europea, aunque misiones tales como *Eddington* o *Kepler*, de ESA y NASA, respectivamente, pueden proporcionar una grata sorpresa). Un primer avance en el segundo campo fue realizado en el año 2000, cuando otro equipo español descubrió cerca del cinturón de Orión (en el cúmulo de Sigma Orionis) los primeros objetos subestelares de masa planetaria, que no se encuentran ligados gravitacionalmente a ninguna estrella en particular, aunque son miembros de asociaciones estelares (ver LAEFF Reporter 34, marzo 2003).

Hace unas semanas, ESO (acrónimo en inglés del Observatorio Europeo del Sur) anunció el descubrimiento del primer planeta por imagen directa (para ser más exacto, del primer candidato, figura 1). Este planeta candidato no orbita en torno a una estrella, sino alrededor de una enana marrón, denominada 2M1207. Las enanas marrones son objetos de apariencia estelar, pero que no tienen la masa requerida (7% de la solar) para alcanzar una temperatura y una densidad centrales suficientes como para fusionar hidrógeno (núcleo formado por un sólo protón), aunque sí fusionan deuterio (el isótopo del hidrógeno integrado por un protón y un neutrón). Por si fuera poco, la enana marrón posee un disco circunsubestelar, que está cediendo materia al objeto central, fenómeno denominado acrecimiento (ver el artículo de Merín en este número y los LAEFF Reporter 35 y 36, junio y

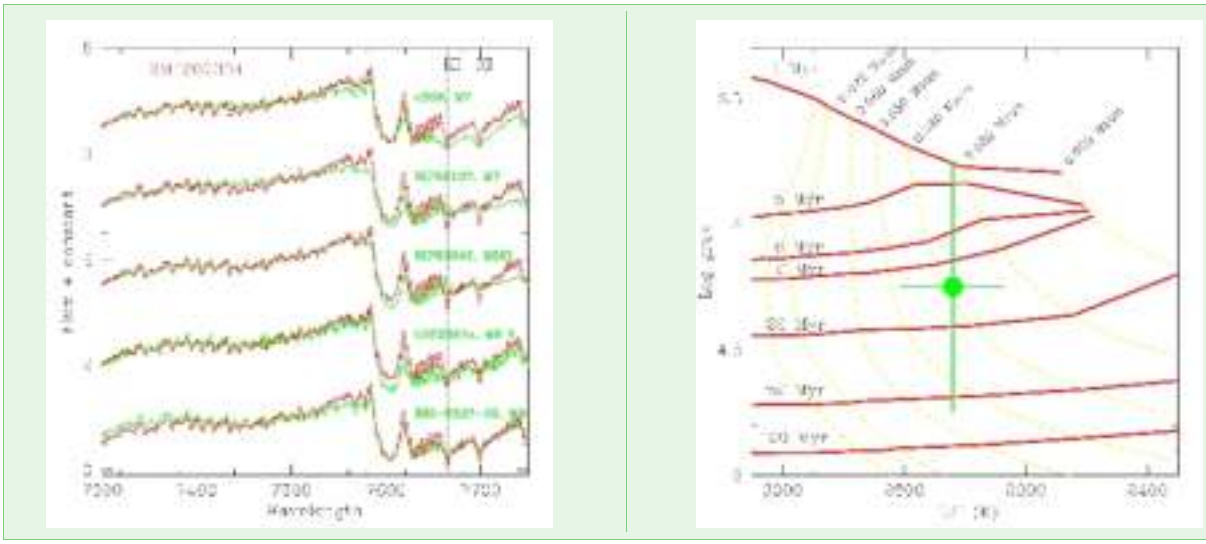


Figura 3: Comparación del espectro de la enana marrón 2M1207 con el de varias estrellas y objetos subestelares de tipos espectrales M (con temperaturas efectivas en el rango 3700-2400 K), tanto gigantes (baja gravedad superficial) como enanas (alta gravedad superficial). En esta región del espectro se localizan varias características que son muy sensibles a la temperatura efectiva y a la gravedad superficial, tales como bandas moleculares de óxido de vanadio (VO) y líneas atómicas de potasio (K I 7700). El segundo panel muestra que mediante el uso de modelos teóricos es posible estimar la gravedad efectiva basándose en la medida de la anchura equivalente del doblete de potasio y su comparación con estrellas de diferentes tipos de luminosidad (enanas y gigantes). En este caso, se representan isocronas (modelos con las mismas edades, en rojo) y trazas evolutivas (modelos con las mismas masas, en amarillo), junto con los valores estimados para 2M1207 (en verde, las líneas representan las barras de error). El diagrama indica que este objeto tiene una edad promedio de 15 millones de años, con una masa cercana a 0.040 masas solares (aproximadamente 40 masas de Júpiter). En cualquier caso, parece claro que esta enana marrón tiene que pertenecer a TWA, dado su rango de edad y localización en el cielo.

septiembre 2003). Una vez más, la Naturaleza nos vuelve a sorprender con la variedad, totalmente insospechada, que presenta en ésta y en otras áreas. ¡Y los descubrimientos dentro del zoo planetario no han hecho más que empezar!

Si un descubrimiento es excitante, la interpretación correcta del mismo lo es aún más. Para entender el estado evolutivo del sistema 2M1207 (formado por la enana marrón y el planeta candidato) y los posibles mecanismos de formación, es necesario realizar un estudio global del mismo. En primer lugar, la imagen obtenida por G. Chauvin y su equipo muestra un objeto con un color muy rojo (como corresponde a su baja temperatura) localizado a 0.778 segundos de arco, lo que equivale, si en verdad están asociados, a 55 Unidades Astronómicas (55 veces la distancia media entre la Tierra y el Sol). De hecho, tanto sus índices de color infrarrojos como el espectro de baja resolución del candidato indican que su tipo espectral se encuentra entre L5 y L9.5, lo que sugiere una temperatura efectiva de 1250 K y una masa cinco veces superior a la de Júpiter. Sin embargo existen grandes incertidumbres en estos cálculos: desde la distancia al sistema, que se estima en 70 parsecs, pasando por la edad o por los modelos teóricos utilizados para la interpretación. En gran medida, estos resultados dependen de la pertenencia de la enana marrón 2M1207 al grupo de movimiento común asociado a la estrella TW Hydra, denominado TWA, que se encuentra localizado a aquella distancia (valor medio) y que tiene una edad de alrededor de ocho millones de años.

Debido a la posible pertenencia de 2M1207 al grupo TWA, señalada por John Gizis en 2002, nosotros iniciamos un estudio de esta

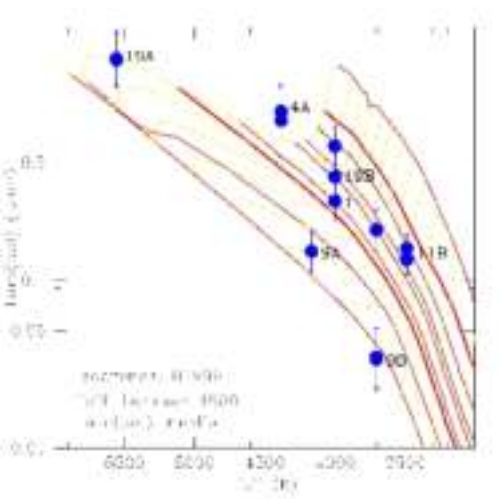


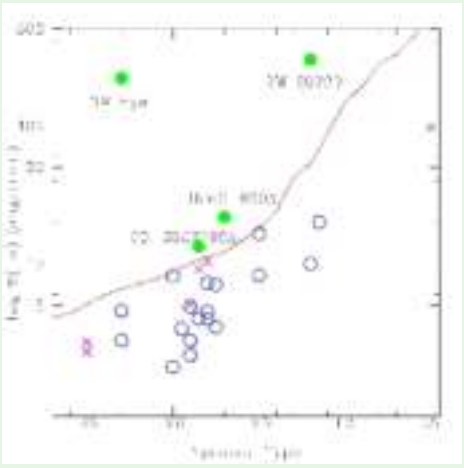
Figura 4: Diagrama Hertzprung-Russell para aquellos miembros de grupo de movimiento común TW Hydrae (TWA) que tienen la distancia individual medida por el satélite de la ESA Hipparcos. El sistema binario TWA09 parece no pertenecer a la asociación. El conjunto tiene una edad media aproximada de ocho millones de años.

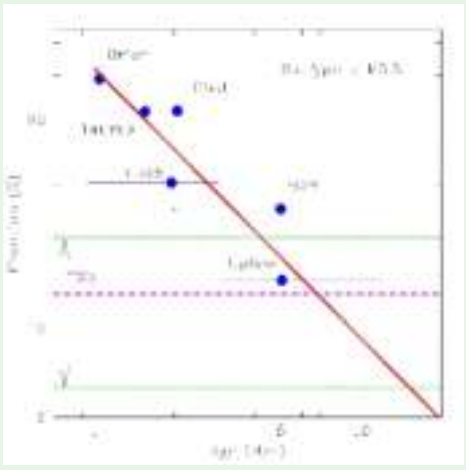
enana marrón un año después, junto con otros objetos de la asociación. Nuestro objetivo era determinar si, debido a su edad, se encontraba acreciendo. Nuestro análisis mostró, por primera vez, que esto era así (ver Mohanty, Jayawardhana y Barrado y Navascués 2003, Astrophysical Journal Letters 593, 109). Ahora, utilizando esos datos y la nueva información sobre 2M1207, nos hemos propuesto realizar un estudio de la edad verdadera tanto de la enana marrón como de TWA en su conjunto.

La edad de la enana marrón 2M1207.

En marzo de 2003 realizamos una campaña con el telescopio de 6.5 metros Magellan II y el espectrógrafo B&C, que proporciona resolución de tipo bajo y medio. Entre los objetos observados se encuentran 2M1207 y 2M1139, ambos de tipo espectral M8. Como se puede apreciar en la figura 2, los espectros son muy similares, son "mellizos subestelares". Sin embargo, la intensidad de la línea del hidrógeno Hα a 6563 Å es bien diferente. La gran intensidad en el primer caso indica acrecimiento, interpretación avalada por la presencia de helio en emisión a 6678 Å y confirmada dos meses más tarde con espectroscopía de alta resolución realizada con el mismo telescopio. En ambos casos el litio se encuentra presente, mediante la detección de Li I 6708 Å, lo que valida la naturaleza subestelar y/o la juventud de ambos objetos.

Figura 5: El panel de la izquierda muestra la anchura equivalente de la línea Hα frente al tipo espectral. Objetos con y sin acrecimiento se han representado con círculos verdes rellenos y vacíos azules, respectivamente. Aquellos posibles miembros que no tienen una asociación clara a TWA aparecen como cruces de color magenta. La línea punteada roja muestra el criterio que separa estrellas T Tauri Clásicas (CTT) de las que sólo tienen líneas débiles (WTT). El número relativo entre ambos tipos permite una estimación independiente de la edad, aproximadamente ocho millones de años, como se observa en el panel de la derecha, mediante la comparación con otras regiones de formación estelar.





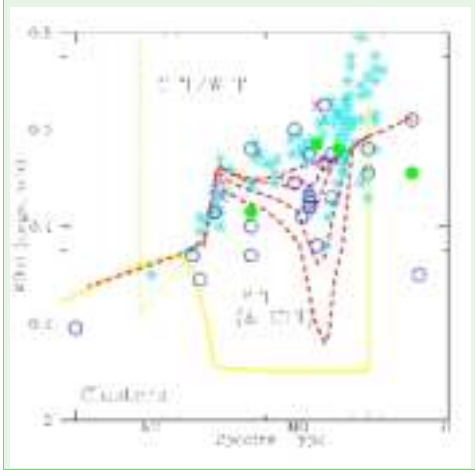


Figura 6: La línea de litio a 6708 Å proporciona información esencial sobre los interiores estelares y subestelares. Además, permite realizar una estimación independiente de la edad al comparar la anchura equivalente en objetos de diferentes tipos espectrales y edades. En este caso hemos representado miembros del joven cúmulo Lambda Orionis (la cabeza de Orión) como asteriscos (azul celeste), datos de posibles miembros de TWA como círculos (verdes rellenos para aquellos objetos que están acreciendo, azules vacíos para aquellos que no muestran ninguna característica propia de este proceso). Las cruces magenta corresponden a posibles miembros de TWA que por alguna razón pudieran no pertenecer a la asociación. Las líneas amarillas permiten clasificar diferentes objetos en estrellas de tipo T Tauri Clásicas (CTT), T Tauri con líneas débiles (WTT), post-T Tauri (PTT) o miembros de cúmulos abiertos. También hemos incluido modelos teóricos (en este caso de Baraffe et al. 1998). Estos corresponden a isocronas de destrucción de litio para edades de 1, 8, 10, 15 y 20 millones de años (líneas discontinuas en rojo).

Sin embargo, la verdadera evidencia sobre la juventud de ambos objetos la proporciona la gravedad superficial, derivada por comparación con estrellas y enanas marrones de distintos tipos espectrales y clases de luminosidad. En ambos casos (2M1139 y 2M1207), el valor se encuentra entre aquellos característicos de las gigantes y las enanas. Así, es posible localizar ambos objetos en un diagrama (ver figuras) que represente la gravedad superficial y la temperatura efectiva (derivada a partir de los tipos espectrales). De esta manera es posible afirmar, aunque con importantes incertidumbres, que las masas son del orden del 4% de la masa del Sol, con una edad muy inferior a la de éste, 15 millones de años.

La edad de la asociación TWA

Debido a que la información que proporciona 2M1207 y su mellizo 2M1139 acerca de la edad de aquél y de su posible planeta no tiene una calidad óptima, hemos intentado utilizar su probable pertenencia a TWA con este objetivo. Un diagrama Hertzprung-Russell, que representa las luminosidades frente a las temperaturas efectivas, sólo es de ayuda cuando las distancias se conocen con precisión, lo que únicamente ocurre para una fracción de los miembros de este grupo. La edad, según el diagrama adjunto, se encuentra en torno a los ocho millones de años.

Otras propiedades, que también se pueden usar desde el punto de vista estadístico (esto es, comparando los miembros de varias asociaciones de edades diferentes) tales como las anchuras equivalentes de litio e hidrógeno a 6708 y 6563 Å, respectivamente, proporcionan valores similares. Por tanto, es posible afirmar que TWA tiene una edad de unos ocho millones de años, con una incertidumbre reducida, y que 2M1207 en verdad pertenece a dicha asociación. El próximo paso será confirmar que el objeto localizado en las proximidades de 2M1207 está asociado físicamente a él, mediante la medida del movimiento propio, lo cual ocurrirá en uno o dos años. Además la ausencia de excesos en el infarrojo cercano (de 1 a 5 micras) y la detección del mismo en el infrarrojo medio (más allá de 10 micras), indica que puede existir un hueco central en dicho disco, que podría haber sido excavado por un planeta localizado cerca de la enana marrón. De existir, este segundo planeta podría ser descubierto mediante la obtención de la curva de velocidad radial del sistema.

Sin duda, tanto por la presencia del planeta candidato como por el disco de acrecimiento y por su extrema juventud, este sistema está llamado a desempeñar un papel esencial en los modelos de formación de objetos de baja masa y de sistemas planetarios.

La Tarima

Exploración de Marte. El Planetary Fourier Spectrometer a bordo de *Mars Express*

Rafael Rodrigo
Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)

*La exploración de Marte está produciendo en los últimos meses un aluvión enorme de información y resultados. La puesta en órbita por parte de la Agencia Espacial Europea (ESA) del orbital Mars Express y la llegada de los rovers de NASA Spirit y Opportunity constituyen un hito en la exploración espacial. Gracias a dos de los instrumentos de Mars Express (*OMEGA y Planetary Fourier Spectrometer*) se han obtenido las primeras evidencias observacionales de la existencia de hielo de agua en el casquete polar sur y los primeros indicios de la existencia de metano en la atmósfera marciana. Asimismo, Spirit, que se posó en la superficie de Marte en el cráter Gusev, posiblemente un antiguo lago, y el vehículo Opportunity en su desplazamiento por la región conocida como Terra Meridiani, donde ya se conocía la existencia de hematites, han analizado el suelo marciano y aportado diferentes pruebas de que las zonas estuvieron, hace miles de millones de años, recubiertas de agua. Entre las pruebas de Opportunity cabe destacar el hallazgo de grandes cantidades de azufre en forma de sales de sulfato, la detección de jarosita –un sulfato de hierro hidratado que pudo haberse formado en un lago ácido- o la toma de imágenes con diversas texturas, como pequeñas esferas o cavidades rocosas, cuya formación parece también estar relacionada con un prolongado contacto con agua líquida. Aunque todos estos hallazgos pueden relacionarse con la búsqueda de ambientes compatibles con la existencia de vida en Marte, tanto en el pasado como en el presente, aún es prematuro asegurar nada a la espera de nuevos datos y de la llegada de las nuevas misiones previstas para explorar Marte en los próximos años.*

En lo que sigue, me centraré en *Mars Express* y en especial en los resultados obtenidos por uno de sus instrumentos a bordo, el Planetary Fourier Spectrometer (PFS). *Mars Express* es la primera, así llamada, "Misión Flexible" del programa científico Horizonte 2000 de la ESA. Fue lanzada hacia el planeta rojo desde la base de Baikonur en Kazajstán el 2 de junio de 2003. *Mars Express* es un orbital estabilizado en sus tres ejes con una antena de alta ganancia y seis instrumentos científicos dedicados al estudio de la superficie, subsuperficie, atmósfera y medio ambiente del planeta. Los objetivos genéricos de la misión son:

- Estudio global de la superficie y su interpretación geológica mediante imágenes globales en color y estereográficas.
- Cartografiado mineralógico de la superficie.
- Sondeo mediante radar de la estructura de la subsuperficie hasta la capa de *permafrost.*
- Circulación global atmosférica y su composición.
- Interacción de la atmósfera con la superficie y con el medio interplanetario.
- Ciencia en radio para inferir información crítica sobre la atmósfera, ionosfera, superficie e interior.

La Tarima

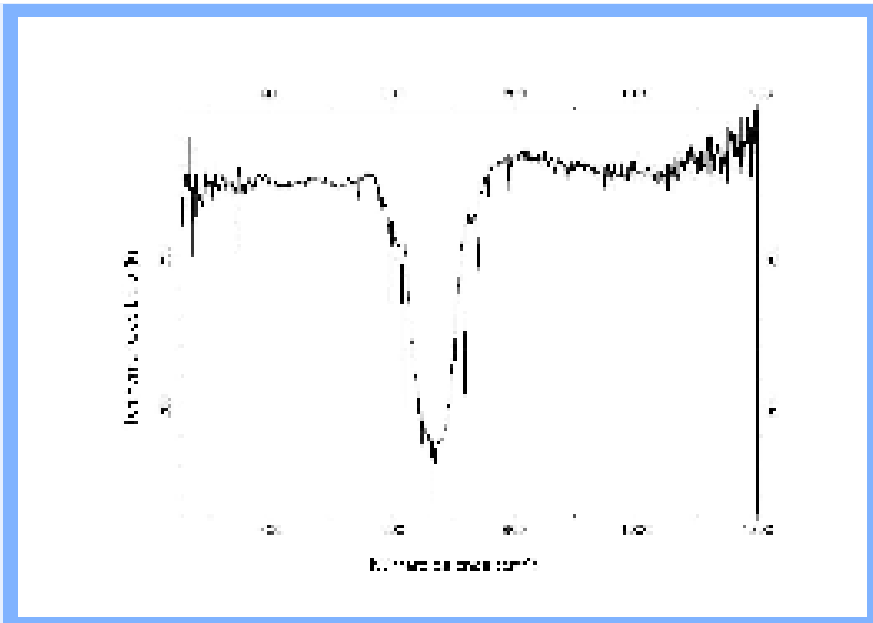


Figura 1: Promedio de los 30 primeros espectros de la atmósfera marciana en torno al ecuador del planeta obtenidos por el instrumento PFS a bordo de *Mars Express*.

El orbital *Mars Express* entró en órbita el 25 de diciembre de 2003 y tras las primeras maniobras hacia una órbita de captura muy elíptica se colocó en su órbita operativa (cercana a una órbita polar) en enero de 2004. Así, los primeros espectros de PFS se midieron el 10 de enero y las primeras imágenes se tomaron con la High Resolution Stereo Camera (HRSC) el 14 de enero de 2004.

El instrumento PFS (Formisano *et al*. 2004), en el que participa el Instituto de Astrofísica de Andalucía, tiene entre sus objetivos la determinación de la composición de la atmósfera marciana a partir de espectros, tanto en absorción como en emisión en el infrarrojo (de 1.2 a 45 micras). En particular, está capacitado para medir el perfil vertical de presión, temperatura y CO_2 y está realizando la búsqueda de constituyentes minoritarios incluyendo agua, monóxido de carbono, metano y formaldehído.

La figura 1 muestra un promedio de los primeros 30 espectros medidos, cerca del ecuador, en el que se aprecia la banda de CO_2 centrada en 15 µm, que se suele utilizar para obtener la temperatura superficial. En este caso, el espectro nos informa de una temperatura de unos 2-3ºC en la superficie de la región de Isidis Planitia (donde estaba previsto el aterrizaje de la sonda *Beagle-2*). Las líneas débiles que se observan cerca de 350 cm^{-1} forman parte de una banda rotacional de H_2O. Uno de los primeros descubrimientos de PFS en Marte fue la detección en el polo sur de la presencia de hielo de agua mezclado con los hielos de CO_2. Estas medidas deben considerarse complementarias y confirman las realizadas por el espectrómetro de imagen OMEGA a bordo de *Mars Express* (Bibring *et al*. 2004). En la figura 2 se muestran los espectros tomados por PFS en la región del polo sur en la décima órbita alrededor de Marte. En la parte superior izquierda se muestra la "huella" de la zona que observó PFS. En los espectros siguientes se ven claramente las señales características de la absorción de hielo de agua en el espectro infrarrojo. En la parte superior derecha se muestran las medidas de laboratorio de Hansen (1997) del hielo de CO_2 (línea azul) y de hielo de CO_2 y H_2O (línea roja). Probablemente la proporción de hielo de agua en Marte es mayor que la considerada en estas medidas. En la parte inferior izquierda se muestra el espectro promediado tomado por PFS sobre

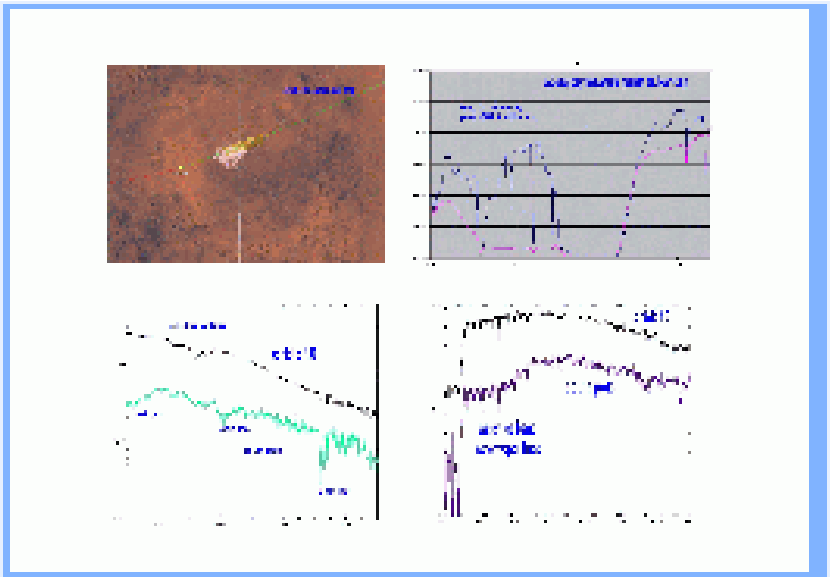


Figura 2: Información sobre el polo sur marciano obtenida por el instrumento PFS. En la imagen superior izquierda se aprecian las trazas de hielo de agua en la superficie. Ver texto para más detalles sobre los espectros.

el casquete polar sur comparado con uno similar sobre el ecuador. Se ve claramente la presencia de bandas de hielo de CO_2. Finalmente, en la parte inferior derecha se muestra un espectro promediado tomado por PFS sobre el casquete polar sur comparado con uno similar sobre el ecuador, en otra región del espectro infrarrojo. Nótese la banda de hielo de agua mostrada en el intervalo 3750-3950 cm^{-1}. Superpuestas a esta banda hay muchas líneas de agua debidas al vapor de agua atmosférico.

PFS también puede estudiar variaciones de la razón de mezcla de los constituyentes minoritarios, por ejemplo CO, si existen. Así, sobre el Monte Olimpo se ha observado una disminución del contenido de CO_2 como era de esperar (Formisano *et al*. 2004b). Sobre el volcán (ver figura 3), la razón de mezcla de CO disminuye en un factor 2.3, en contra de lo esperado (también se ha detectado esta disminución sobre el Monte Ascraeus). Dados los mecanismos químicos de producción y pérdida de CO, el tiempo de vida químico de CO es de unos tres años, lo que implica que la razón de mezcla del CO debería ser uniforme en la atmósfera de Marte. Estas observaciones indican que es necesario un mecanismo local para la pérdida de CO, que puede ser uno de los siguientes: a) más pérdida por CO+OH, lo que implica un aumento en el contenido de vapor de agua en la baja atmósfera (también observado por PFS); b) existencia de química heterogénea en presencia de hielo de agua y de aerosoles. Por otro lado, los primeros datos de PFS, ya comunicados el 24 de enero de 2004, mostraron que la distribución de CO varía de un hemisferio a otro.

Finalmente, es necesario destacar que PFS ha obtenido claros indicios de la existencia de CH_4 en la atmósfera marciana, aunque con una relación señal/ruido pequeña y en una parte del espectro (3.3 μm) que se encuentra altamente contaminada por el espectro solar. Así, teniendo en cuenta un promedio de más de 100 espectros, se ha podido deducir, a partir de espectros sintéticos, una razón de mezcla de 10±5 ppb (valor similar al encontrado por Krasnopolsky *et al*., 2004). Además, analizando espectros en distintas órbitas tomados a diferentes masas de aire, se obtiene un gradiente de la razón de mezcla conforme aumenta la masa de aire, como correspondería a una típica emisión atmosférica. Para la explicación de la existencia de metano se barajan varias posibilidades. El

La Tarima

CH_4 puede ser liberado por aporte de meteoritos y cometas. Otra posibilidad es que sea primordial, almacenado en el interior del planeta o que proceda de la desgasificación de fuentes geotérmicas como manchas calientes. De todas formas, todo apunta a que ya que el tiempo de vida medio del CH_4 es de unos 400 años, la fuente de CH_4 debe ser reciente o contínua. Por otro lado, también podría pensarse que la fuente es biológica, como en el caso de la Tierra donde sistemas microbianos comunes en acuíferos subterráneos liberan CH_4 como producto metabólico de CO y/o H_2: $4CO+2H_2O \rightarrow CH_4+3CO_2$; $4H_2+CO_2 \rightarrow CH_4+2H_2O$. También puede suceder que la fuente de metano no sea actual sino que éste podría estar "secuestrado" en clatratos hidratados y ser liberado gradualmente a la atmósfera (de nuevo este CH_4 podría ser primordial o provenir de vida extinta en un pasado más húmedo y caliente de Marte). El valor de 10 ppb requiere una fuente de unas 700 toneladas métricas anuales en la atmósfera. Por comparación, el flujo de CH_4 en la atmósfera terrestre es más de un millón de veces mayor, y como consecuencia, tenemos unas 200 veces más razón de mezcla en la Tierra. La detección de CH_4 no implica la presencia de vida en Marte, ahora o en el pasado, es sólo una posibilidad, y de hecho otras fuentes son igualmente posibles o incluso potencialmente más verosímiles. Para poder discernir entre ellas y estar completamente seguros de la existencia de metano en las proporciones indicadas, es necesario continuar con las medidas que nos permitan aumentar la relación señal/ruido de las actuales.

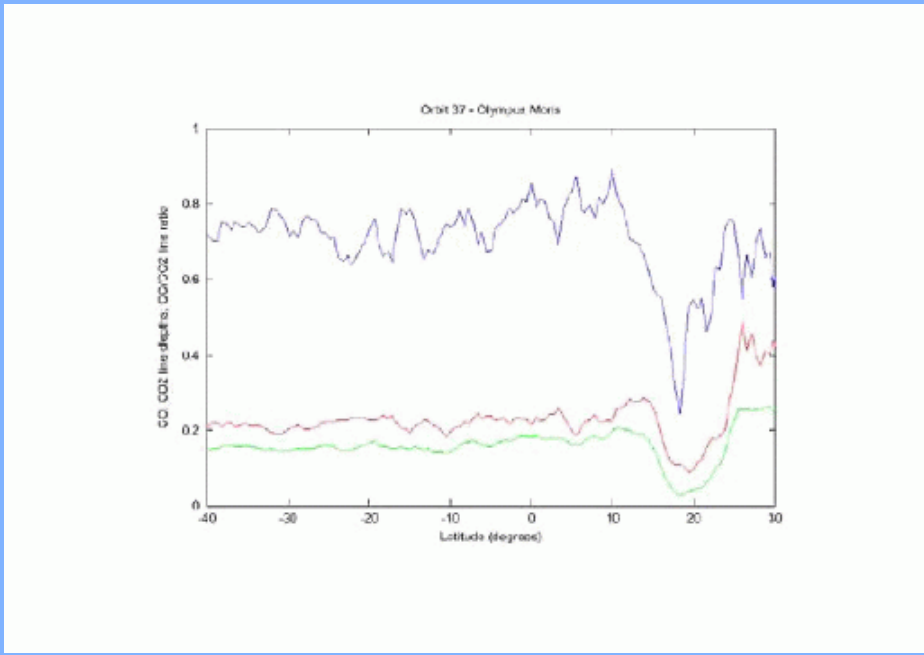


Figura 3. Perfiles de intensidad de líneas de CO y CO_2 a lo largo de la órbita 37 sobre el Monte Olimpo. Las líneas roja y verde muestran las líneas espectrales a 2037 cm^{-1} (CO_2) y 2105-2120 cm^{-1} (CO), respectivamente. La línea azul proporciona la razón CO/CO_2, proporcional a la razón de mezcla del CO. Nótese la disminución, en un factor 2.3, de la razón de mezcla del CO sobre el volcán.

La misión Planck

Enrique Martínez
Instituto de Física de Cantabria (CSIC-Universidad de Cantabria)

Desde que por primera vez el experimento DMR a bordo del satélite COBE de la NASA detectó en 1992 anisotropías en la temperatura de la RCFM (Radiación Cósmica de Fondo de Microondas), ha habido numerosos experimentos que han confirmado dicha detección y que han ampliado la información que se tiene sobre esas anisotropías. El enorme interés que suscita su medida radica en las importantes consecuencias cosmológicas que su conocimiento implica sobre la teoría de la Gran Explosión del Universo (siendo uno de los tres pilares fundamentales en los que se basa), y más concretamente, sobre los primeros estadios de la historia del Universo y sobre la formación y evolución de las galaxias. En la última década se han desarrollado un gran número de experimentos basados en tierra, globo estratosférico o satélite, con el fin de ampliar nuestros conocimientos sobre la distribución de temperaturas de esta radiación en la esfera celeste y especialmente sobre la distribución de polarización, recientemente detectada. Los experimentos a bodo de satélites tienen la gran ventaja de no estar afectados por las emisiones de la atmósfera terrestre y por otros efectos sistemáticos.

El objetivo de los experimentos que se están desarrollando actualmente es el de medir las anisotropías tanto de la intensidad como de la polarización de la RCFM en todo el cielo (o al menos una fracción importante del mismo) con mucho más detalle espacial y con mucha más sensibilidad de lo que fue capaz la misión COBE-DMR. Dependiendo del rango espectral en que se mide, los detectores utilizados son radiómetros o bolómetros, siendo estos últimos más sensibles por encima de 100 GHz. Recientemente se ha lanzado una nueva misión espacial, la Misión WMAP de la NASA con cinco canales de frecuencia en el rango 20-100 GHz y detectores basados en radiómetros. WMAP ha dado ya a conocer los resultados del primer año de datos, estableciendo el espectro de potencias de la radiación más preciso hasta el multipolo 400 y con el que, entre otros logros, se confirma la consistencia del modelo inflacionario del Universo y se determina que la reionización del Universo ocurrió en z~20, una época mucho más temprana que la que se pensaba anteriormente. Actualmente se está a la espera de que se hagan públicos los datos del segundo año con los que se podrán actualizar estos resultados.

La misión Planck de la Agencia Espacial Europea (ESA) se espera que obtenga resultados todavía más espectaculares sobre la historia de nuestro Universo después de su lanzamiento en 2007. Es esta misión la que ha motivado nuestros esfuerzos en los últimos años y también a la que esperamos contribuir con los desarrollos tecnológicos y científicos que describimos a continuación.

La misión *Planck* (conocida inicialmente como *COBRAS/SAMBA*) fue elegida por el Comité del Programa Científico (SPC) de la ESA en diciembre de 1996 para ser la tercera misión científica de tamaño medio del Programa Horizonte 2000 de la Agencia. El objetivo científico más importante de la misión *Planck* es la medida de la temperatura de la RCFM en 9 canales de frecuencia dentro del rango 30-900 GHz y con una sensibilidad de $\Delta T/T \sim 10^{-6}$ por pixel. La resolución angular estará comprendida entre 30'-5'. Los nueve canales de frecuencia proveerán nueve imágenes del cielo con una resolución angular y sensibilidad sin precedentes que permitirán obtener información sobre las diferentes emisiones cercanas (radiaciones sincrotrón, *free-free* y debida al polvo en la Galaxia, fuentes puntuales extragalácticas desde radio

hasta la región submilimétrica, efecto Sunyaev-Zeldovich en cúmulos) y así separarlas de la señal intrínseca de la RCFM. Los mapas de la misión permitirán medir con buena precisión las anisotropías de la temperatura de la RCFM desde el multipolo l=1 hasta $l\cong$2500, lo que supondrá una sustancial mejora sobre el satélite anterior *COBE*/DMR que sólo obtuvo información sobre los multipolos más bajos l<20. Por otro lado, también supondrá una mejora sustancial respecto a la misión *WMAP* de la NASA tanto en relación al rango espectral, 22-100 GHz, como en resolución angular, 54'-15'. Además de las medidas de intensidad para las que fue diseñada la misión *Planck,* también tendrá capacidad para medir la polarización de la RCFM (tanto el modo E como el B, modos invariantes de la polarización lineal) con sensibilidad mucho mayor que *WMAP* (con esta última misión sólo se espera detectar el modo E y con poca precisión). La información obtenida con la misión *Planck* será esencial para resolver las siguientes cuestiones fundamentales: el escenario inflacionario, la forma del espectro primario de las fluctuaciones en la densidad, detección de (o cotas sobre) la amplitud de las ondas gravitatorias primordiales, la geometría y el contenido material del Universo, la conexión entre las anisotropías a pequeña escala y el agrupamiento de las galaxias, la historia de la ionización del Universo, la formación y evolución de los cúmulos de galaxias a través del efecto Sunyaev-Zeldovich, velocidades peculiares de los cúmulos, las emisiones de nuestra galaxia, etc.

La misión *Planck* requiere una instrumentación con unas especificaciones exigentes en resolución angular, sensibilidad y rango de frecuencias de medida para poder alcanzar los objetivos científicos planteados. La resolución angular debe ser mejor de 10' en las frecuencias en que la señal de la RCFM domine sobre las demás emisiones cercanas. Para ello la apertura efectiva del telescopio debe ser al menos, 1.5 metros de diámetro. La detección de las anisotropías de la RCFM fija unos niveles de sensibilidad instrumental en los 14 meses de operación mejores que $\Delta T/T \sim 2 \times 10^{-6}$ en los canales en que la señal de la RCFM domina. Por otro lado, el espectro frecuencial tan amplio que será explorado en esta misión permitirá eliminar de forma precisa las fuentes de emisión que enmascaran las anisotropías de la RCFM. Los resultados de las simulaciones indican que el rango cubierto por *Planck* 30-900 GHz, es más que suficiente para efectuar esta labor con garantía. Ese espectro de exploración tan amplio necesita dos tipos de detectores: receptores electrónicos para el rango entre 30-80 GHz y bolómetros en el resto del rango de frecuencias, 80-900 GHz. La utilización de dos tecnologías distintas hace necesaria la formación de dos consorcios para la alta y baja frecuencia, HFI (Instrumento de Alta Frecuencia) y LFI (Instrumento de Baja Frecuencia), con el fin de llevar a cabo la construcción de ambos instrumentos de la misión.

La carga útil se estructura en tres partes: el telescopio, con los espejos primario y secundario, y los dos conjuntos de detectores. La estructura del telescopio es la de un sistema de tipo Gregoriano con dos espejos paraboloides. El HFI está formado por un conjunto de más de 50 bolómetros, dispositivos de estado sólido en los que la radiación produce un aumento de temperatura, que deben ser enfriados a temperaturas inferiores a 0.15 K para obtener las sensibilidades requeridas en la misión *Planck*. Estos detectores están divididos en seis canales que permitirán sustraer la emisión de polvo galáctico así como la contribución de fuentes puntuales infrarrojas y detectar el efecto Sunyaev-Zeldovich. Aunque España contribuye con el prerregulador

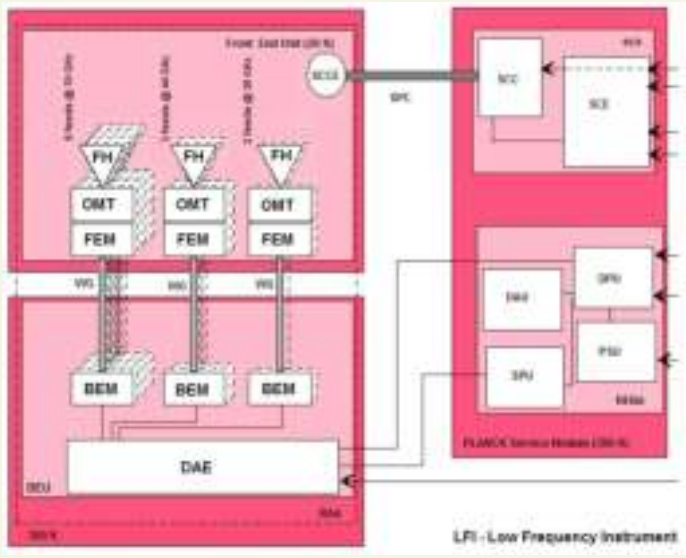


Figura 1: Esquema de bloques del LFI.

- **Subsistema de los radiómetros (Radiometer Array Assembly = RAA)**
- **Subsistema de enfriamiento por criogenia (Sorption Cooler Subsystem =SCS)**
- **Caja electrónica de los radiómetros (Radiometer Electronics Box Assembly = REBA)**

para el sistema de enfriamiento de 4K del HFI (cuyo responsable es Eduardo Battaner de la Universidad de Granada y es coinvestigador del consorcio del HFI), la contribución española se centra en el LFI con la fabricación de la caja electrónica de los radiómetros y los módulos posteriores de los radiómetros a 30 y 44 GHz descritos más abajo (los responsables, en este caso, Rafael Rebolo del Instituto de Astrofísica de Canarias y el autor, ambos coinvestigadores del consorcio del LFI). El LFI consta de más de una veintena de receptores divididos en tres canales: 30, 44 y 70 GHz. La radiación captada por el telescopio se conduce a los receptores a través de antenas de bocina cónica corrugada, optimizadas para obtener bajas pérdidas, estabilidad y minimizar los lóbulos laterales. Cada receptor está formado por dos cadenas de amplificación y detección conectadas en paralelo de forma que, en el transcurso de la medida, se realiza una comparación continua entre la señal del cielo y una carga de referencia enfriada a 4 K. Esta estructura se ha adoptado con el fin de minimizar el efecto nocivo de las fluctuaciones 1/f de la ganancia sobre la estabilidad de la medida. Las primeras etapas de amplificación utilizan transistores de alta movilidad electrónica (HEMT) en tecnología InP, que es la que ha demostrado los mejores resultados de amplificación y bajo ruido. La distribución final, así como la temperatura del recinto donde irán alojados los receptores han sido diseñadas para conseguir un óptimo funcionamiento de los mismos. Es factible alcanzar una temperatura de 50 K mediante disipadores pasivos pero las primeras etapas de amplificación del LFI deberán ser enfriadas a 20 K mediante un sistema activo de criogenia tipo “sorption cooler”. Esto último implica una mejora sustancial tanto de la sensibilidad como del ruido 1/f de los radiómetros.

Los radiómetros de la misión *Planck*-LFI a 30 y 44 GHz.

El instrumento de baja frecuencia (LFI) de la misión *Planck* está diseñado para obtener medidas de alta sensibilidad, en distintas bandas de microondas, de la radiación difusa del cielo en el rango de 30 a 80 GHz. Estas frecuencias se han escogido para tener una excelente señal de anisotropía de la RCFM, con suficiente margen para separar las seña-

les galácticas y las de la RCFM. Como se muestra en la figura 1 el LFI consta de varios subsistemas:

El subsistema de los radiómetros incluye el frontal de RF (*Front End Unit* = FEU), enfriado a la temperatura de 20 K, y la unidad posterior (*Back End Unit* = BEU) con regulación termostática a la temperatura ambiente de 300 K. En dicha unidad se incluyen los módulos posteriores (*Back End Modules* = BEM) y la electrónica de adquisición de datos (Data Acquisition Electronics = DAE).

El LFI usa como concepto del radiómetro un receptor de pseudo-correlación también conocido como receptor diferencial. Según dicho esquema, mostrado en la figura 2, el radiómetro mide en cada momento la diferencia entre las señales del cielo y de una carga de referencia. Para eliminar las inestabilidades debidas a los módulos frontales y posteriores (por fluctuaciones de ganancia) se realiza una conmutación de fase en la unidad frontal. El efecto final es que se pueden eliminar los efectos de las inestabilidades de las ramas amplificadoras del radiómetro, que se manifiestan como ruido de muy baja frecuencia con espectro del tipo 1/f, cuyo efecto es totalmente pernicioso sobre las señales a medir. El estudio del efecto de este ruido es uno de los puntos más importantes del concepto del radiómetro, y ha sido objeto de una atención especial por parte de los grupos participantes en el consorcio internacional de la misión *Planck.*

El instrumento LFI, así como el HFI, de la misión *Planck* está actualmente en fase de calibración e integración de los diferentes módulos y unidades de los que consta. La fabricación de los equipos de vuelo (FM) de los BEM a 30 y 44 GHz se está llevando a cabo en la empresa Mier Comunicaciones

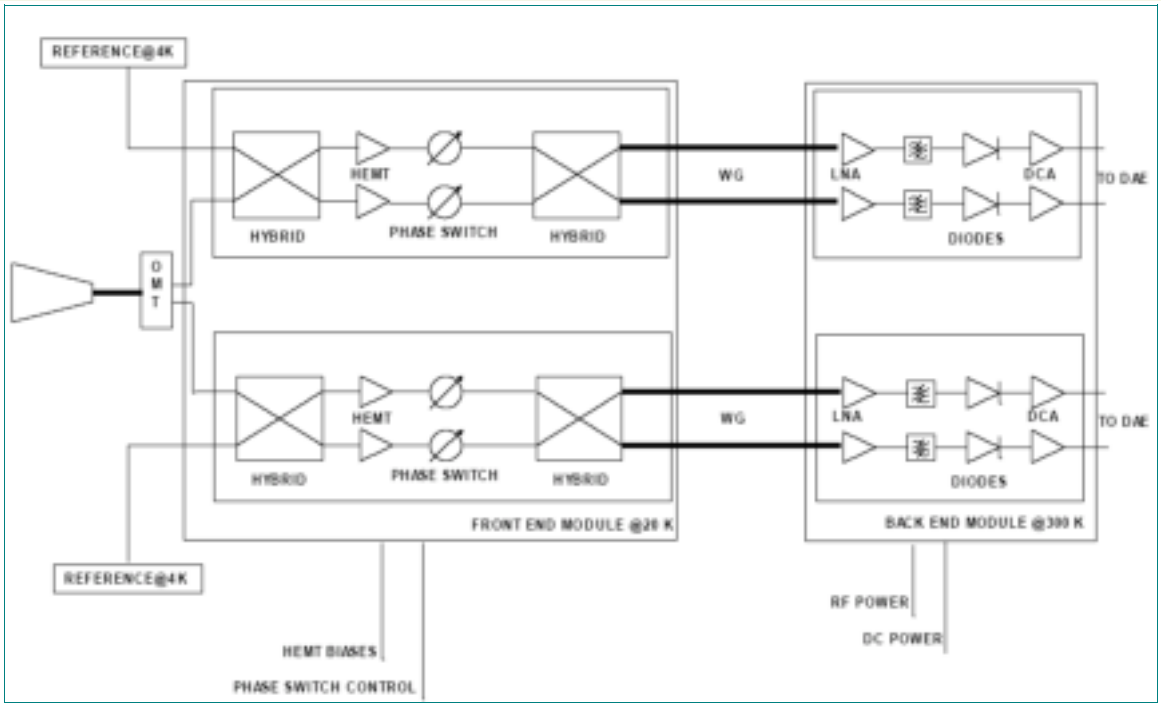
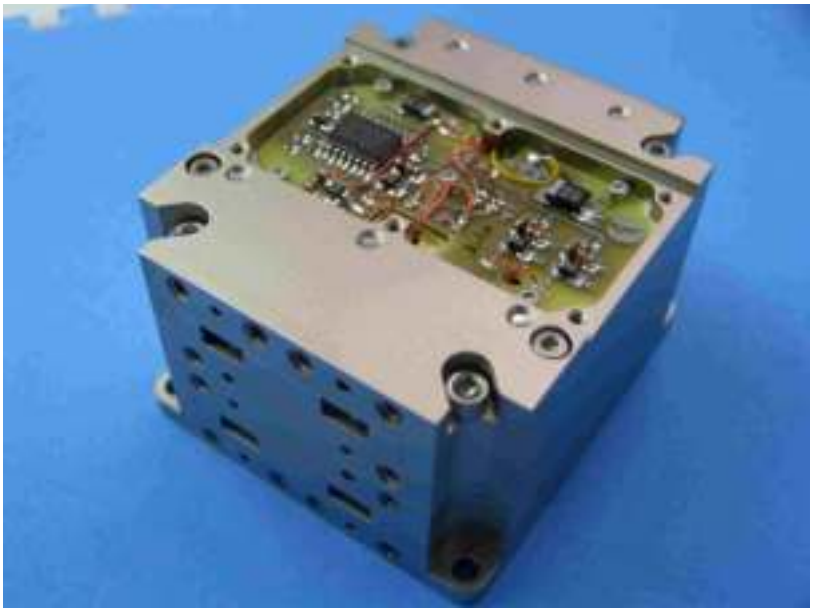


Figura 2: Esquema de bloques del radiómetro diferencial.

Figura 3: Foto del BEM 30 GHz (QM).



En la fotografía se observan las cuatro entradas de guía rectangular, correspondientes a las cuatro ramas que tiene un BEM completo. El BEM mostrado corresponde al modelo de calificación (QM) que se está integrando actualmente en la empresa Laben (Milán, Italia).

(Barcelona) basándose en los prototipos diseñados y desarrollados en la U. Cantabria y la U. Politécnica de Cataluña. Tanto los diseños como los procedimientos de pruebas de calificación se han revisado y aprobado por el "Project System Team", dirigido desde el CNR de Bolonia (Italia). Se han realizado también repetidas pruebas de pre-integración de los prototipos del BEM de 30 GHz en el observatorio Jodrell Bank con el FEM de 30 GHz construido allí. Finalmente se está comenzando la calibración del instrumento con el software que se ha desarrollado en parte en el Instituto de Física de Cantabria. La figura 3 muestra una fotografía del BEM de 30 GHz abierto en su parte superior.

Mediante un proyecto del Plan Nacional del Espacio (MEC-PNE) coordinado por el autor y en el que participan, el Instituto de Física de Cantabria (IFCA, CSIC-U. Cantabria), el Departamento de Ingeniería de las Comunicaciones (DICOM, U. Cantabria) y el Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones (DTSC, U. Politécnica de Cataluña), se contribuye en la misión *Planck* tanto a nivel técnico con la fabricación de los BEMs a 30 y 44 GHz, como a nivel de desarrollo de software para la calibración del instrumento, y a nivel científico en los temas de no-gausianidad y separación de componentes desarrollando algoritmos para la explotación científica de los datos. Eduardo Artal (DICOM) es el responsable técnico de todo el proyecto y el autor, el responsable científico, así como responsable nacional del Centro de Procesado de Datos (DPC) del LFI.

Cinco años de XMM-Newton

Xavier Barcons*
Instituto de Física de Cantabria (CSIC-Universidad de Cantabria)

Va la cosa de aniversarios: el del LAEFF Reporter y también el del observatorio de rayos X de la Agencia Europea del Espacio (ESA) XMM-Newton, que se lanzó al espacio el 10 de diciembre de 1999. El mismo año, unos meses antes, se había lanzado su homólogo Chandra de la NASA, y que junto a XMM-Newton convirtieron el fin del siglo XX y el principio del XXI en la época dorada de la Astronomía de rayos X.

No fue el de *XMM-Newton* un camino de rosas después de su lanzamiento, que se realizó sin que el segmento de tierra estuviera debidamente preparado. Por si fuera poco, la alarma lanzada por los responsables de *Chandra* de que protones de baja energía estaban dañando sus detectores, hizo extremar las precauciones en las operaciones científicas de *XMM-Newton* desde un principio. Durante el primer año, el procesado de los datos fue problemático y los investigadores los recibían con mucho retraso y no siempre con la calidad deseada. Pero todo se fue arreglando, gracias al empeño del *Science Operations Centre* (SOC) de *XMM-Newton* (a 20 metros escasos del LAEFF) y del consorcio *XMM-Newton* Survey Science Centre (SSC) que aglutina a 10 centros Europeos de Astronomía de rayos X que apoyan al SOC en distintas tareas.

En la actualidad, los datos procesados y calibrados de XMM-Newton, se entregan a los investigadores en menos de 30 días

La participación española en *XMM-Newton* se concreta a través del Instituto de Física de Cantabria, como miembro del SSC. Está siendo también muy provechoso el que el SOC esté situado en Villafranca (hoy European Space Astronomy Centre – ESAC). Es de esperar que esta presencia en el proyecto tenga un efecto catalizador, lento pero continuo, en la formación de nuevos astrónomos en España que ya no consideren los rayos X como algo ajeno, sino como una herramienta más de análisis astronómico.

En la actualidad, los datos procesados y calibrados de *XMM-Newton* se entregan a los investigadores en menos de 30 días. Un 20% de los datos están afectados por altos niveles de radiación que los invalidan para algunos estudios, particularmente de fuentes extensas o muy débiles, pero no para estudios espectroscópicos de fuentes brillantes. El archivo de *XMM-Newton* (http://xmm.vilspa.esa.es/xsa) está operativo desde 2002 y contiene todos los datos científicos obtenidos con la misión. Éstos, son de dominio público transcurrido un año desde su entrega al investigador principal. Hay más de 2000 astrónomos de todo el mundo que han participado como investigadores en propuestas de *XMM-Newton* que han tenido éxito. No es de extrañar pues que la tasa de publicaciones alcance unos niveles altísimos, con más de 500 artículos en revistas con árbitro, acumulados en los algo más de cuatro años de operaciones científicas.

*Co-investigador del XMM-Newton Survey Science Centre, ha sido también miembro del comité de usuarios de XMM-Newton durante (2002-03)

La Tarima

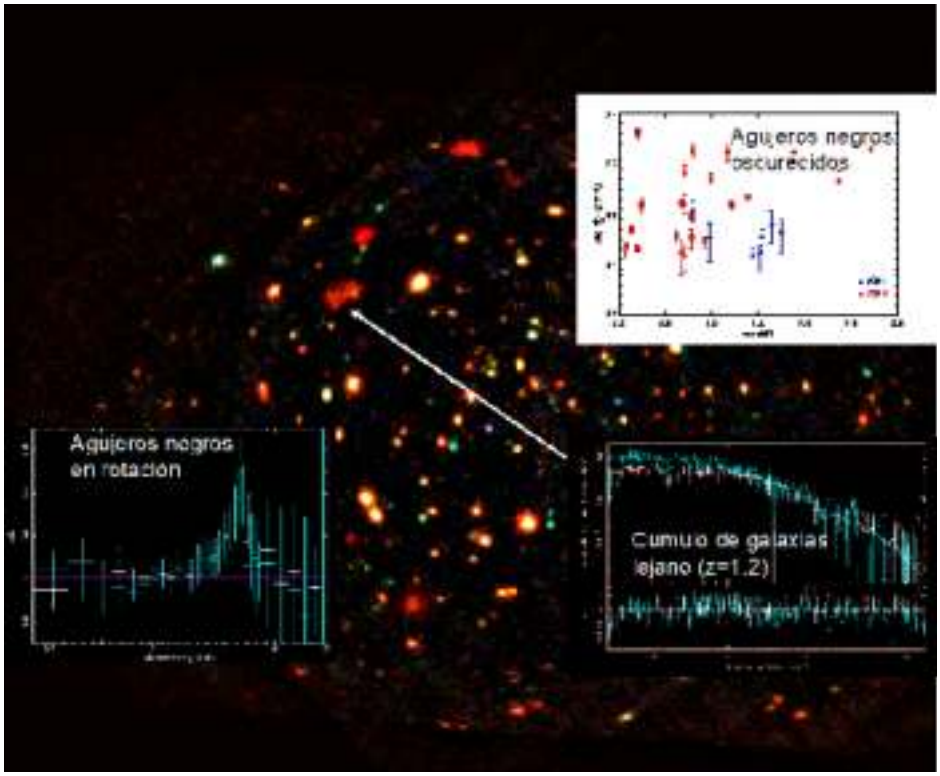


Imagen profunda obtenida por XMM-Newton en la zona del "Lockman Hole". Arriba (derecha) distribución de densidades columna de absorción para galaxias activas de tipo 1 (azul) y de tipo 2 (rojo). Abajo (izquierda) espectro promedio de 40 galaxias activas de tipo 1, donde se ve el perfil relativista de la línea del Fe. Abajo (derecha), espectro en rayos X del cúmulo de galaxias indicado, con el que se ha podido medir el redshift (z=1.14) y la abundancia de Fe (0.46 veces la del Sol).

Junto a *Chandra*, *XMM-Newton* ha provocado una auténtica revolución en la Astrofísica. En 2002, un 20% de los artículos en las tres principales revistas internacionales en Astronomía (ApJ, MNRAS y A&A) mencionaban los rayos X en el resumen. La combinación de un instrumento eminentemente diseñado para imagen (*Chandra*) y uno diseñado especialmente para espectroscopía (*XMM-Newton*) ha producido un importante impacto en prácticamente todos los campos de la Astronomía. En lugar de intentar dar una visión exhaustiva de lo que ha sido este impacto, me concentraré en unos pocos aspectos de este avance, particularmente en los derivados de las peculiares capacidades de *XMM-Newton*, en algunos de los cuales debo declarar de entrada un interés personal.

Espectroscopía de "alta" resolución

XMM-Newton está equipado con espectrógrafos de dispersión en longitud de onda (Reflection Grating Spectrometers – RGS), que dan una resolución entre 200 y 400 en el rango de 5 a 35 Å, lo que en la práctica implica cerca de 1000 km s^{-1}. Esta resolución es, sin embargo, 10 veces mejor que la que

se obtiene con los detectores no dispersivos tipo CCD. Esta novedosa capacidad ha permitido estudiar con detalle líneas de emisión y absorción atómicas (habitualmente no resueltas), obteniendo importantes resultados acerca de la dinámica de gases templados y calientes en fuentes astronómicas. Entre las aplicaciones más relevantes, se ha podido resolver el triplete del O VII en algunas estrellas activas, pudiéndose profundizar por tanto en las condiciones de ionización y de densidad de la corona; en cúmulos de galaxias con aparentes "cooling flows", las observaciones con RGS han mostrado la ausencia de gas enfriado por debajo de temperaturas del orden de tres millones de grados, contradiciendo las predicciones; en galaxias activas, RGS ha mostrado una plétora de líneas de absorción provocadas por el gas circundante, a menudo causadas por componentes en distinto estado físico y moviéndose a diferente velocidad; también ha sido posible detectar el medio intergaláctico asociado al Grupo Local, mediante la línea de absorción resonante de O VII a 21.6 Å.

*La primera versión, con más de 30000 fuentes del Catálogo de fuentes, de **XMM-Newton** ya está accesible a través del archivo científico de la misión.*

Fuentes oscurecidas

La altísima respuesta de las cámaras CCD del instrumento EPIC en *XMM-Newton* (que obtiene espectroscopía de resolución 20-50 espacialmente resuelta) a energías cercanas a los 10 keV ha permitido el descubrimiento y estudio de fuentes de rayos X fuertemente absorbidas por gas. La absorción fotoeléctrica impide que fuentes intrínsecamente brillantes de rayos X pero rodeadas por cantidades significativas de gas (a menudo mezclado con polvo que también impide la visión directa en la banda óptica) pudieran ser vistas por misiones previas (por ejemplo *ROSAT*) sensibles únicamente a rayos X blandos. La capacidad de penetración de *XMM-Newton* en estos "envoltorios" ha mostrado un nuevo Universo prácticamente oculto hasta la fecha. Sirva como ejemplo uno de los primeros descubrimientos realizados con *XMM-Newton* en observaciones alrededor del remanente de supernova G21.5-09 en el plano de la Galaxia, donde se detectó una fuente extensa cuyo espectro en rayos X delata un cúmulo de galaxias a *redshift* z=0.124 brillando a través del plano de la Galaxia, pero del que nunca se ha visto una sola galaxia en la banda óptica. En los muestreos más profundos realizados por *XMM-Newton* fuera del plano galáctico, la mitad de las galaxias activas (que constituyen una amplísima mayoría del censo de fuentes) que se detectan, son de tipo 2, oscurecidas en el óptico y casi siempre absorbidas en rayos X. Aún así se espera que con observatorios sensibles a más altas energías, la población de galaxias activas de tipo 2 (entre las que se encuentra un número creciente de "cuásares 2" intrínsecamente muy luminosos) sea todavía más abundante.

La física cerca de un agujero negro

También gracias a la gran área efectiva en rayos X alrededor de 5-7 keV, *XMM-Newton* ha podido estudiar con detalle la línea de emisión del Fe Kα. *ASCA* había mostrado previamente que esta línea de emisión fluorescente presenta un perfil marcadamente relativista en algunas galaxias activas y binarias de rayos X. El efecto Doppler causado por la rotación del disco de acrecimiento, la aberración transversal, y también el corrimiento al rojo gravitatorio son efectos que actúan sobre los rayos X emitidos por los átomos de Fe cercanos al agujero negro

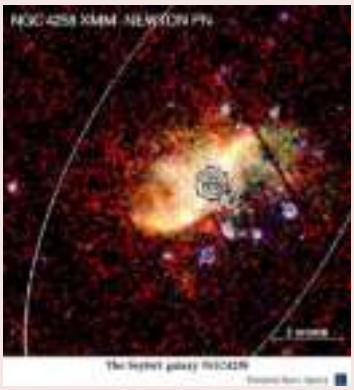
central. Este hecho ha sido confirmado por *XMM-Newton* en algunas galaxias activas, a la vez que ha mostrado que la situación general es más compleja. No siempre la línea de emisión del Fe se produce en las partes más internas del disco de acrecimiento (donde los efectos relativistas dominan), sino que a menudo tiene su origen en la reflexión sobre material frío y posiblemente distante (por ejemplo en el toroide molecular que pronostica el modelo unificado de galaxias activas). Resultados recientes obtenidos con exposiciones de cielo profundo con *XMM-Newton* muestran, sin embargo, que el espectro promedio de las galaxias activas más distantes sí muestra el típico perfil relativista donde, además, hay una clara indicación de que el agujero negro está en rotación muy rápida.

Rastreando el cielo

Otra de las características únicas de EPIC en *XMM-Newton* es su gran campo de visión (30' de diámetro). En cada observación rutinaria con las cámaras EPIC operando en modo de "ventana completa" se detectan entre 30 y 150 fuentes de rayos X, además de la que es objeto de la observación. La mayoría de estas fuentes no eran conocidas previamente, y es labor del SSC el catalogarlas e intentar identificarlas. Con tal fin, se están realizando amplios programas de identificación de fuentes descubiertas por *XMM-Newton*, tanto dentro del plano galáctico como fuera de él, y a distintos flujos. A fecha de hoy se han identificado varias muestras de centenares de fuentes mediante el uso de catálogos y de grandes cantidades de tiempo de observación en telescopios ópticos terrestres (como fue el caso del proyecto AXIS –An *XMM-Newton International Survey*– realizado en el Observatorio del Roque de Los Muchachos entre 2000 y 2002, con 85 noches de observación). El SSC también está obteniendo imágenes ópticas multibanda de una gran cantidad de zonas rastreadas por *XMM-Newton*. Toda esta información acerca de las fuentes que descubre, se recopilará en el "Catálogo de fuentes de *XMM-Newton*", cuya primera versión con más de 30000 fuentes ya está accesible, por ejemplo, a través del archivo científico de la misión. Se espera que en 2005 se entregue la segunda versión de este catálogo, que contendrá cerca de 150000 fuentes de rayos X.

¡… y que cumplas muchos más!

XMM-Newton cuenta con una excelente salud. Tiene suficiente combustible como para continuar las operaciones durante muchos años y sus instrumentos no presentan ninguna degradación significativa no prevista. La producción científica basada en datos de *XMM-Newton* sigue aumentando año a año, y no parece que los investigadores hayan tenido mucho tiempo de explorar en el archivo todavía. ESA ha aprobado la extensión de la misión hasta 2008 por el momento, pendiente de una revisión en 2006. Sin embargo no parece que vayan a faltar motivos y oportunidades para continuar con *XMM-Newton* hasta, al menos, 2010 y quién sabe si más allá.



Una galaxia Seyfert, NGC 4258, (de las que se supone que tienen un agujero negro en el centro). Es una imagen que muestra los colores 'reales' en rayos X blandos, con el rojo indicando las zonas que emiten rayos X más blandos y el azul los más energéticos, los contornos muestran la emisión entre 2 y 10 keV.

Cortesia de W. Pietsch, MPE Garching, Germany and ESA

Un nuevo horizonte para el programa científico de la ESA: “Visión cósmica 2020”

Álvaro Giménez
RSSD-ESA

La Agencia Europea del Espacio (ESA) vive actualmente tiempos de gran actividad científica. El número de misiones en órbita no tiene precedentes: un total de 11, incluyendo los programas en colaboración con otras agencias. Todos ellos están produciendo grandes cantidades de datos imprescindibles para nuestros científicos. Mientras tanto, se están desarrollando las misiones que se añadirán a la lista de herramientas disponibles en el espacio para la próxima década (2005-2015). Pero ¿cuál es el futuro más allá? y ¿cuáles son los planes de la Agencia Europea para la década 2015-2025?

Los proyectos que ahora se encuentran en fase de desarrollo fueron seleccionados con la comunidad científica en un proceso abierto en 1994. De hecho, los satélites actualmente en operación, se identificaron en 1984 y se desarrollaron entre 1995 y 2005, con la excepción de *Herschel* y *Planck* que sufren algún retraso. Era el llamado programa Horizonte 2000 que se extendió en 1994 bajo el nombre de Horizontes 2000 Plus. A partir de 2002, ya superado el horizonte del año 2000, el programa paso a denominarse Visión Cósmica.

Ahora nos enfrentamos con la definición del programa científico Visión Cósmica 2015-2025. Para ello se ha iniciado un proceso de discusión con la comunidad científica similar a los dos anteriores, partiendo de una solicitud de ideas nuevas, con objetivos científicos ambiciosos e innovadores para las nuevas generaciones. En esta ocasión, sin embargo se solicitaron ideas sobre temas científicos, no misiones concretas, con el fin mantener la flexibilidad para acomodar nuevas tecnologías y facilitar la cooperación internacional.

La Tarima

El resultado no ha podido ser mejor. A la solicitud de temas de investigación espacial respondieron 151 iniciativas que se analizaron, estableciéndose prioridades, por parte de los grupos consultivos del programa científico de la ESA, formados a su vez por miembros activos de la comunidad científica. Los resultados iniciales de estos trabajos se presentaron en una reunión abierta celebrada en París, en septiembre de este año, bajo la coordinación del Presidente del Comité Asesor en Ciencias del Espacio (SSAC), el Prof. G. Bignami. Participaron unos 400 científicos y hubo un intenso dialogo sobre la ciencia y las tecnologías más interesantes para el futuro.

¿Qué quieren hacer los científicos europeos en la década del 2015 al 2025? En el campo de la exploración del Sistema Solar, se identificaron tres áreas: el análisis del plasma y la conexión entre el Sol y las mag-

Impresión artística de Darwin.

netosferas planetarias, el origen y evolución del Sistema Solar y sus componentes, y la habitabilidad y emergencia de la vida en el Sistema Solar y más allá. Desde el punto de vista de misiones concretas se contempla una versión ampliada del actual *Cluster*, con unos ocho satélites en formación, una misión a la magnetosfera de Júpiter o a los confines de la heliosfera, el estudio del sistema joviano incluyendo sus satélites, especialmente Europa, o el retorno de muestras a la Tierra de cuerpos menores como los asteroides. Finalmente se propusieron misiones para el estudio de la superficie y el subsuelo del planeta Marte y, en el futuro más lejano, el retorno de muestras de este planeta al nuestro.

En el campo de la Astronomía, la investigación se focalizó igualmente en tres áreas amplias: el estudio de planetas extrasolares (tanto la caracterización de atmósferas con posibles indicadores de vida como la formación de estrellas y sistemas planetarios), la comprensión del Universo primitivo (la inflación y las componentes oscuras de la materia y la energía) y el análisis de la componente más violenta del Universo (comportamiento de la materia en condiciones extremas, agujeros negros primitivos o supernovas a grandes distancias). A la hora de hablar de misiones se centró la discusión en grandes observatorios y misiones menores complementarias. En el primer rango se propuso un sistema multisatélite para interferometría de anulación en el infrarrojo medio, un observatorio de rayos X de nueva generación y, posiblemente, una misión infrarroja de alta resolución. En el segundo grupo se propusieron misiones de cámaras de campo amplio para el estudio de la expansión del Universo y la energía oscura o métodos de análisis polarimétrico de la radiación cósmica de fondo.

Finalmente, en el área de la Física Fundamental, se discutió el contenido de la información accesible a través de observatorios de ondas gravitatorios, proponiéndose un sucesor de *LISA* para extraer información sobre el Universo primitivo. Como misiones menores se trató la posibilidad de plataformas con sistemas de control de arrastre, para probar principios básicos de la Física (como el de equivalencia en la Teoría de la Relatividad), observar el comportamiento de la materia a la escala de *Planck*, violaciones de simetría o indagar sobre la gravitación cuántica.

Los próximos pasos a dar seguirán bajo la dirección del SSAC. Se tiene que seguir trabajando en refinar los temas prioritarios para construir una visión consistente a largo plazo. De hecho, las primeras discusiones han puesto de relieve la existencia de objetivos similares en las tres áreas básicas de los grupos de trabajo por lo que se necesita un esfuerzo de armonización y elaborar un plan de implementación coherente. Además, se tienen que definir los retos tecnológicos planteados de acuerdo con el plan de implementación en el que se establezcan los escenarios factibles y calendarios realistas de las misiones necesarias para alcanzar los objetivos científicos últimos. A continuación, se presentarán los resultados a las comunidades científicas y delegaciones de los distintos países para confirmar el apoyo al programa definido o hacer modificaciones y, finalmente, se propondrán al Comité del Programa Científico (SPC) para su aprobación y posterior implementación. Esto tendrá lugar en el próximo mes de febrero y se seguirá con la preparación de un documento con los detalles del programa que será presentada a la comunidad científica junto con un simposio especial que tendrá lugar en ESTEC en el mes de abril.

Dossier

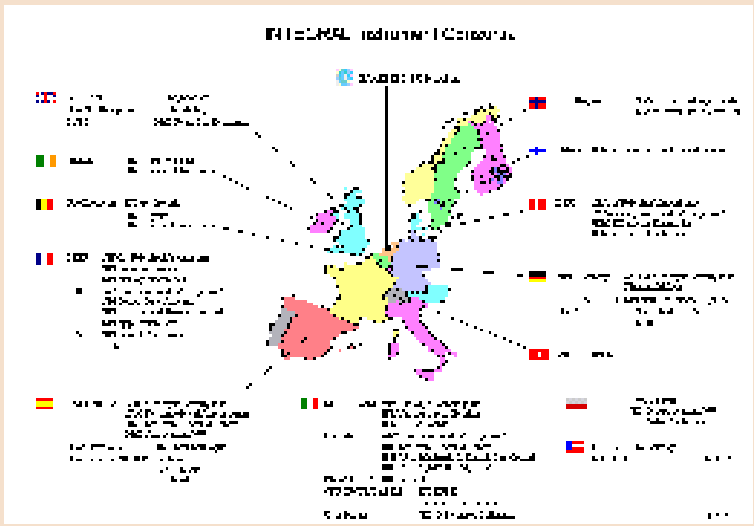
El observatorio *INTEGRAL*, dos años de operaciones

María Dolores Caballero y Daniel Rísquez

El INTErnational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory (INTEGRAL) es una misión científica de ESA en colaboración con Rusia y NASA. Después de haber sido aprobada en 1993 por ESA, el satélite fue puesto en órbita desde la base de Baikonur (Kazajstán) el 17 de octubre de 2002. La órbita es muy excéntrica, con un apogeo y un perigeo situados a una altura de 154000 km y 9000 km respectivamente, y un periodo orbital de tres días sidéreos, que permite largas observaciones ininterrumpidas. Esta misión fue concebida como la segunda de las dos misiones de tamaño medio del programa Horizonte 2000 Plus de ESA.

Esta misión pretende continuar el trabajo del satélite *COMPTON*, de NASA, lanzado en 1991, que hizo la primera observación completa del cielo en rayos gamma y realizó importantes descubrimientos en todas las áreas de los rayos gamma.

INTEGRAL constituye la segunda de las dos misiones de rayos gamma lanzadas por ESA, siendo posterior a *COS-B* (lanzado en 1975), que hizo el primer mapa detallado de la Vía Láctea en rayos gamma y estableció el primer catálogo de fuentes de alta energía con 24 objetos.

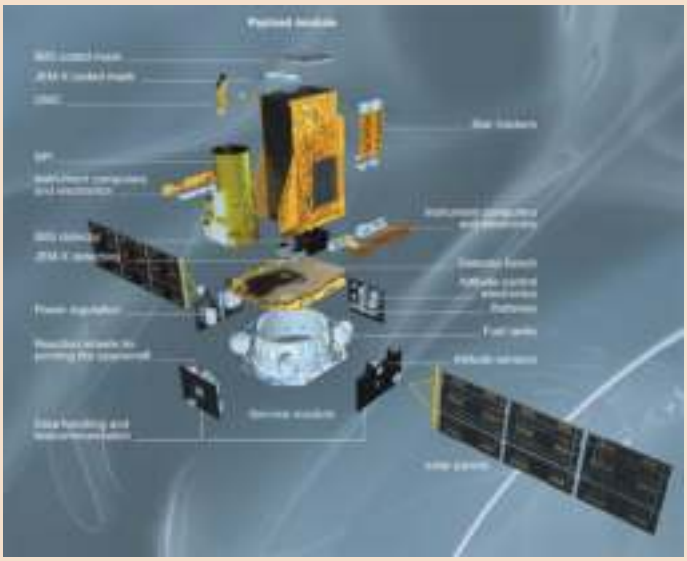


Mapa con todas las naciones que participan (o lo han hecho) en la misión.

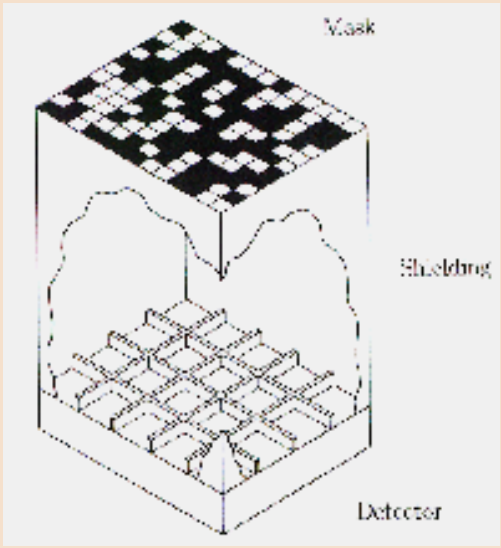
La construcción ha involucrado a un consorcio de 26 compañías de 12 países europeos y una norteamericana. Participaron alrededor de 1400 personas incluyendo científicos e ingenieros de los instrumentos, el segmento de tierra y el centro de datos. Ha costado alrededor de 330 millones de euros. Esto incluye el satélite en sí y dos años de operaciones, pero sin contar el lanzamiento y los instrumentos. El satélite fue puesto en órbita con un cohete ruso, a cambio de tiempo de observación. Además, como es usual en las misiones científicas de ESA, los instrumentos fueron proporcionados por cada país.

El satélite *INTEGRAL* es un observatorio de rayos gamma en el rango de energía de 15 keV - 10 MeV, con una monitorización adicional en la banda de los rayos X (3-35 keV) y en el óptico (filtro V de Johnson, 500-600 nm). El observatorio está formado por cuatro instrumentos de campo muy amplio y coalineados, cubriendo simultáneamente un rango de energía muy completo para el estudio de fuentes astrofísicas de alta energía. Para ello, se dispone de dos instrumentos principales, el espectrómetro SPI y la cámara de imagen IBIS, ambos trabajando en la región gamma del espectro (el primero está optimizado para realizar espectros y el segundo para realizar imágenes, en el rango 15 keV-10 MeV). También dispone del monitor de rayos X JEM-X (imágenes y espectros en el rango 3-35 keV) y de OMC, el monitor óptico (fotometría óptica).

Dossier



El satélite INTEGRAL desglosado.



Esquema de uno de los módulos de IBIS, mostrando la máscara y el detector.

Debido a que los fotones de alta energía no pueden focalizarse por espejos (procedimiento usado por *XMM-Newton*, que trabaja en el rango de energía 0.4 keV- 2.4 keV), se utiliza la técnica de las máscaras codificadas. SPI, IBIS y JEM-X tienen una máscara en su campo de visión, de forma que la imagen formada en el detector tiene unas zonas de sombra que siguen un patrón geométrico. La imagen se reconstruye posteriormente utilizando un especializado software.

INSTRUMENTOS

Espectrómetro SPI (*SPectrometer on INTEGRAL)*

Dispone de una matriz de 19 detectores de germanio. Funciona en el rango entre 20 keV y 8 MeV. Tiene un campo de visión de 16 grados, con una resolución angular de 2.5 grados. Los principales investigadores se encuentran en el CESR (*Centre d'Études Spatiales des Rayonnments,* Francia) y en MPE (*Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physiks,* Alemania).

Cámara de imagen IBIS (Imager on Board the *INTEGRAL* Satellite).

El detector está formado por 4096 píxeles de cesio y yodo, alcanzando una resolución angular de 12 minutos de arco, con un campo de visión de 9 grados. Funciona entre 15 keV y 10 meV. El investigador principal se encuentra en el IAS (Instituto di Astrofisica Spaziale, Italia).

Monitor de rayos X JEM-X (*Joint European X-ray Monitor)*

Se dispone a bordo de dos monitores JEM-X gemelos. Funcionan en el rango de 3 a 35 keV. El investigador principal se encuentra en el DSRI (*Danish Space Research Institute, Dinamarca*).

Monitor óptico OMC (*Optical Monitoring Camera*)

Telescopio refractor con una camara CCD (*Charge Coupled Device*) de 1024x2048 píxeles acoplada. El campo de visión es de 5°x 5°, muy similar al de JEM-X y es sensible hasta magnitud 17.5. INTA es el responsable del desarrollo del instrumento. El LAEFF se encarga de la coordinación general y de la planificación de su actividad científica.

RESULTADOS

Se describen a continuación algunos de los resultados obtenidos en estos dos primeros años de funcionamiento.

El *Core Programme* es el

Dossier

programa de observación propio de la misión *INTEGRAL*, que consiste básicamente en escanear, durante una parte significativa de tiempo, el plano y la región central galáctico. Los objetivos de este programa son: la monitorización de fuentes compactas conocidas, el descubrimiento de nuevas fuentes transitorias de alta energía y el mapeado de la luz difusa tanto en el centro como en el plano galácticos. De hecho, se ha demostrado que la mayor parte de la emisión difusa del centro galáctico proviene de cientos de fuentes gamma individuales.

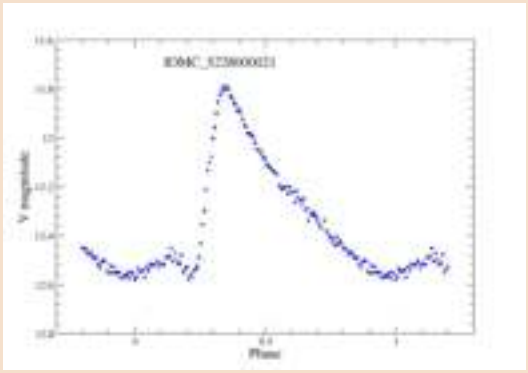
Uno de los éxitos mas importantes de la misión ha sido el descubrimiento de nuevas fuentes transitorias de alta energía. Diez de estas fuentes han sido halladas en un periodo de aproximadamente cuatro meses. Muchas de estas nuevas fuentes descubiertas muestran un espectro blando (15-40 keV), mientras que unas pocas tienen un espectro relativamente duro (150-200 keV). Otras, muestran una absorción anormalmente alta, sugiriendo el descubrimiento de un nuevo tipo de objetos galácticos rodeados de una densa envoltura, visible sólo por encima del rango 5-10 keV, justo en el límite de las misiones *CHANDRA* y *XMM-Newton*.

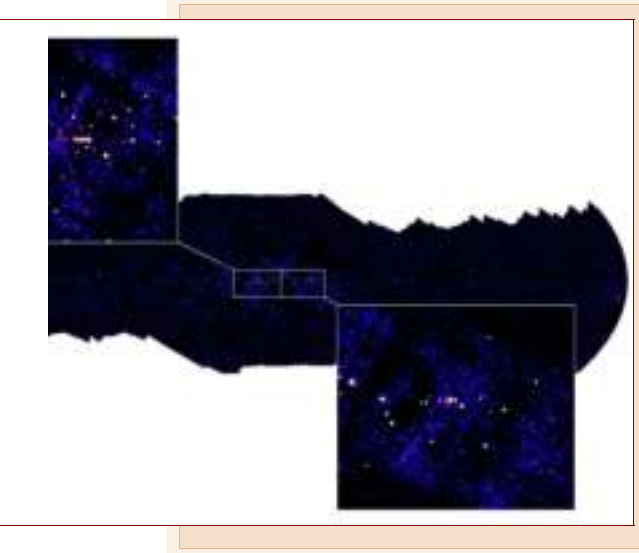
Los *Gamma Ray Bursts* (GRB's) constituyen uno de los objetivos secundarios más importantes para la misión *INTEGRAL*. Hasta octubre de 2004, se han detectado 18 GRB's, cumpliendo las expectativas previas de detectar uno por mes. Actualmente, el sistema es capaz de avisar a la comunidad científica del suceso unos pocos segundos después de la detección del mismo. Como ejemplo, GRB 031203, detectado por *INTEGRAL* es hasta el momento el GRB más cercano conocido.

En resumen, *INTEGRAL* finalizó sus dos primeros años de misión con unos resultados que demuestran la validez de las expectativas que se hicieron desde un principio.

IOMC 5228000021 (FY Aqr) es probablemente una estrella variable *delta cephei.* Como características peculiares posee un corto periodo y ramas ascendentes con un incremento de luz muy rápido. El periodo es de 1.0245670±0.0000005 días, cuyo valor no había sido calculado anteriormente. Además, podemos ver el clásico abultamiento al final de la rama descendente.

A. Domingo et al. (OMC Team, LAEFF-INTA)





Esta imagen muestra los resultados del primer año de procesado del *Survey* de IBIS. Este mosaico es una proyección de todo el Plano Galáctico. Se ha realizado con aproximadamente cinco millones de segundos de exposición en la banda 30-50 keV. En total se detectan alrededor de 120 fuentes. Se muestra ampliada la región del Centro Galáctico, que es donde se encuentran más fuentes.

A. J. Bird (University of Southampton) y R. Walter (*INTEGRAL* Science Data Centre) en representación del IBIS Survey Team.

Dossier

PARTNeR, un proyecto educativo en marcha

Olga Suárez

En enero de 2005 celebramos el primer año de funcionamiento operativo de PARTNeR (Proyecto Académico con el Radio Telescopio de NASA en Robledo).

Parte del equipo PARTNeR con un grupo de profesores delante de la antena de Robledo

El proyecto comenzó a gestarse a mediados de 2001, cuando NASA decidió dejar de utilizar una de las antenas situada en Robledo de Chavela (Madrid), que había estado dedicada desde los años 60 al seguimiento de misiones espaciales. En ese momento, NASA contactó con INTA, ofreciéndole la posibilidad de dedicar la antena a un uso educativo, de forma similar al proyecto que se estaba realizando en California con otra antena igual a ésta. A partir de

ese momento comenzó la labor de reconversión de la antena en radiotelescopio, y la elaboración del software y del material educativo que llegaron a su punto operativo hace ya un año.

Durante este año el proyecto ha ido cumpliendo su principal objetivo: educar en ciencia. Diez institutos de educación secundaria, tres universidades y cuatro asociaciones astronómicas procedentes de puntos variados de nuestra geografía, han tenido la oportunidad de manejar el radiotelescopio de 34 metros para hacer observaciones de objetos tan distintos como microcuásares, regiones de formación estelar, blázares y el centro galáctico.

Los profesores de educación secundaria que han preparado a sus alumnos para realizar las observaciones, asistieron previamente a un curso en el que se les explicaron los fundamentos de radioastronomía, se discutieron las formas de transmitir estos conocimientos a los alumnos y se les enseñó el manejo de la antena. El primer curso de estas características se celebró entre noviembre de 2003 y enero de 2004, y el segundo entre junio y octubre de 2004. Estos cursos tienen una parte a distancia en la que el profesor estudia de manera tutorizada el material disponible en nuestra página web www.laeff.inta.es/partner), y una parte presencial de dos días de duración que se desarrolla en Madrid. Durante el curso lectivo 2004/2005, realizarán observaciones los grupos de los 25 profesores que han asistido a los cursos, por lo que calculamos que unos 350 alumnos tendrán la oportunidad de manejar un radiotelescopio y realizar observaciones con interés científico.

Las observaciones que se están llevando a cabo desde los institutos están dedicadas al seguimiento de los estallidos en radio de los microcuásares. Estos son objetos binarios en los que una de las estrellas que lo forman es un objeto compacto, es decir, una estrella de neutrones o un agujero negro. Estos objetos emiten estallidos en radio, detectables con la antena de PARTNeR, cuyo estudio y seguimiento es muy importante para el conocimiento de los mismos. En estos momentos no hay ningún radiotelescopio en el mundo que se dedique al estudio sistemático de estas binarias, por lo que la aportación que PARTNeR pueda hacer a este campo es de gran importancia. Los datos obtenidos en las observaciones serán hechos públicos para que estén a disposición de la comunidad científica internacional.

En el caso de las universidades y las asociaciones de aficionados, son ellos mismos los que pueden proponernos sus propios proyectos, o, si lo desean, pueden participar en el seguimiento de los microcuásares. PARTNeR brinda a las universidades la oportunidad de que los alumnos hagan prácticas con un instrumento real con el que se pueden hacer observaciones similares a las que se realizan en cualquier radiotelescopio, incluyendo la petición de tiempo y la reducción y el análisis de los datos.

En la página web del proyecto se pueden encontrar las condiciones para la participación de cada tipo de usuarios (institutos de educación secundaria, universidades y asociaciones astronómicas) en el proyecto. Los profesores de instituto deben dejar sus datos en la página para que contactemos con ellos cuando se aproxime el comienzo de los cursos que impartimos. Los profesores de universidad o los representantes de una asociación astronómica, deben presentarnos una propuesta de observación, indicando los objetivos científicos y pedagógicos en el caso de las universidades. Para cualquier duda respecto al proyecto o a las propuestas, la dirección de contacto es: partner@laeff.inta.es.

Confiamos en seguir con la buena marcha del proyecto y que éste termine siendo una referencia en la educación científica de nuestro país.

Noticias más destacadas de los últimos diez años del LAEFF Reporter

Presentación del Laboratorio

Benjamín Montesinos- LAEFF

Comenzamos con este número del Boletín del LAEFF un proyecto que, como todos los que llevamos a cabo en el Laboratorio, nos ilusiona, y lo hace en particular porque éste será de ahora en adelante el medio por el que estableceremos un contacto directo contigo y con tu Departamento o Instituto, y por el que canalizaremos la información acerca de qué y quiénes somos, en qué proyectos estamos involucrados, y qué actividades se desarreollan en nuestor Laboraotrio.

Aprovecho estas líneas de presentación para ofreceros a todos la colaboración y ayuda que de nosotros podáis necesitar y a abriros lde par en par las puertas de nuestro centro.

"LAEFF Reporter", 1995, abril, núm. 1

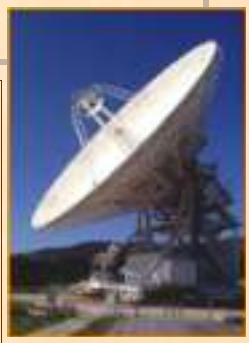
Radioastronomía en el MDSCC "Madrid Deep Space Communication Complex"

Antxon Alberdi LAEFF

La denominada Red del Espacio Profundo (*Deep Space Network DNS*) de NASA es la red de radio-navegación y de telecomunicaciones con satélites mayor y más sensible en el mundo. La red DSN de NASA cuenta con instrumentación de radiofrecuencias de extraordinaria calidad.

En el "complejo de comunicaciones de Madrid" (*Madrid Deep Space Communication Complex*, MDSCC) existen cuatro antenas, de las cuales dos se utilizan con regularidad para Radioastronomía: La antena DSS65 que tiene 34 metros y la antena DSS63 que tiene 70 metros.

"LAEFF Reporter", 1995, abril, núm. 1



Décimo aniversario del "LAEFF Reporter"

From Simplicity to Complexity

Murray Gell-Mann- LANL- EE.UU.

Simplicidad y complejidad son dos conceptos cuyo significado, aparentemente bien delimitado en la vida cotidiana, es extremadamente impreciso cuando se emplean para describir con rigor el grado de organización de un sistema dado. Las primeras dificultades surgen de las arbitrariedades inherentes a la elección del lenguaje que describe el sistema. La escala a la que pretendamos estudiarlo y la flexibilidad del código empleado para detallar sus propiedades son elementos que introducen una cierta subjetividad a la hora de establecer una gradación coherente de la complejidad.

"LAEFF Reporter", 1995, abril, núm. 1.

Numancia

Carlos Rodrigo,
Miguel Cerviño,
Eduardo Fernandes
LAEFF

A finales del mes de abril empezamos a divagar sobre la influencia social que las redes de comunicaciones podrían tener en un futuro muy lejano. Planteamos la idea de la creación de una ciudad virtual dentro del WWW, en la cual se integrara la comunidad española y que sirviera para promocionar el uso del castellano en INTERNET. El nombre fue un tema de ardua discusión, debía de ser un nombre que recordara de alguna forma a una lucha seguramente perdida de antemano, pero que a su vez tuviera algo mágico y sobre todo que formara parte de la cultura hispánica. El resultado fue NUMANCIA.

A finales de junio, se anunció un concurso nacional de servidores de WWW. Nuestra propuesta fue la "ciudad virtual", cuyo corazón es una base de datos que se gestiona por medio de *scripts* (ficheros de comandos, semejantes a los del DOS, que enlazan los recursos del sistema, comandos de UNIX, con el lenguaje html).

Ganamos el Primer Premio del "Primer Concurso Nacional de Servidores de Go por el CESAT, Telefónica, Unión Fenosa, Sun Microsystems y la Universidad de la Coruña).

"LAEFF Reporter", 1995. Año I, núm. 3

Décimo aniversario del "LAEFF Reporter"

El Observatorio INTEGRAL

J. Miguel Mas Hesse y
Álvaro Giménez
LAEFF

El observatorio más potente hasta la fecha que ha permitido a los astrónomos indagar en la región del espectro de muy altas energías ha sido el *Compton Gamma Ray Observatory* (CGRO), desarrollado por NASA con la colaboración de la Agencia Espacial Europea (ESA). En 1993 ESA aprobó la puesta en marcha de una ambiciosa misión para la colocación en órbita de un observatorio de rayos X duros y gamma: *INTEGRAL* (*International Gamma Ray Astrophysics Laboratory*). Concebido como la segunda misión de tamaño medio dentro del programa Horizonte 2000 de la ESA; *INTEGRAL* deberá entrar en funcionamiento en el año 2001, ofreciendo a los astrónomos una oportunidad única de obtener imágenes y espectros de las fuentes emisoras de radiación de altas energías.

"LAEFF Reporter", 1995. Año, I, núm. 2.

GRS 1915+105: el primer microcuásar de nuestra Galaxia

Alberto J. Castro-Tirado - LAEFF

Crimea, 15 de agosto de 1992. Después de identificar desde Nauchny la contrapartida óptica de GRO JO422+32 (X-ray Nova Persei 1992) -que como se descubrió más tarde, ha resultado ser un buen candidato a agujero negro-, regresamos a Evpatoria, a unos 100 kms de distancia. Nos dirigimos a la estación espacial desde donde se controlaba el satélite *GRANAT*. Allí nos esperaban los datos de la observación realizada el día anterior por *Watch*, el monitor de rayos X que -como de

costumbre- escrudiñaba las tres cuartas partes de la bóveda celeste en el rango de energías de 8 a 80 keV. Tan sólo bastaron algunos minutos para comprobar que una fuente desconocida rivalizaba con el mismo Cygnus X-1, una de las fuentes más brillantes del cielo X. La llamamos GRS 1915+105 (GRS por *Granat Source* y 1915+105 por sus coordenadas ecuatoriales).
La conclusión es que GRS 1915+105 es un sistema binario donde el objeto compacto está acreciendo materia de una estrella compañera, probablemente de baja masa. En cualquier caso, sólo futuras observaciones podrán discernir si el primer microcuásar descubierto en nuestra Galaxia es una estrella de neutrones o un agujero negro.
"LAEFF Reporter", 1996. Año II, núm. 1.

Interferometría infrarroja en el Espacio

Antxon Alberdi y Benjamín Montesinos - LAEFF

Del 10 al 14 de marzo de 1996 se celebró en Toledo el primer Congreso Internacional sobre Interferometría Infrarroja, *Infrared Space Interferometry Workshop*, co-organizado por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), el Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental (LAEFF) y el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA). El propósito de la Conferencia fue reunir a científicos de todo el mundo para discutir diseños de interferómetros infrarrojos en el espacio, las tecnologías requeridas y la programación de posibles misiones precursoras.
"LAEFF Reporter", 1996. Año II, núm. 6.

Anatomía de agujeros de gusano

David Hochberg - LAEFF

En términos generales, un "agujero de gusano" es un "asa" o una conexión entre dos regiones lejanas del espacio-tiempo dentro del mismo Universo, o bien un "túnel" que interconecta dos universos distintos. Si queremos tener una imagen en mente de lo que es un agujero de gusano, podemos pensar en cosas más cotidianas que sirven de analogía. Se podría decir que un agujero de gusano es una especie de "tubería" que conecta diferentes regiones del Universo. Se dice que un agujero de gusano es atravesable si permite que pase información de una región a la otra y viceversa.
En los últimos años se han estudiado varios modelos de agujeros de gusano, su estabilidad frente a pequeñas perturbaciones, máquinas del tiempo y el correspondiente problema de causalidad, posibles consecuencias cosmológicas de los agujeros de gusano, agujeros de gusano como lentes gravitacionales, y mucho más.

"LAEFF Reporter", 1996. Año

Décimo aniversario del "LAEFF Reporter"

Décimo aniversario del "LAEFF Reporter"

Apuntes sobre la génesis de los MINISAT

Enric Trillas
Director General del INTA (1989-1995)

El *MINISAT 01* es el éxito de un buen trabajo en equipo; un éxito que no siendo de nadie en particular nos pertenece a muchos por igual y al INTA, al Plan Nacional, a CASA y a las demás empresas, universidades y centros de investigación que han participado en él.
Gracias al *MINISAT 01* disponemos de un plantel de científicos, ingenieros y técnicos a quienes pertenece el futuro del programa *MINISAT.*
"LAEFF Reporter", 1997, Número Especial.

El instrumento EURD

Equipo EURD

Uno de los instrumentos que forman parte de la carga útil de *MINISAT 01* es EURD (Espectrógrafo Ultravioleta extremo para la observación de la Radiación Difusa), una colaboración entre el INTA y la Universidad de California en Berkeley EE.UU.). EURD es un instrumento diseñado especialmente para detectar emisión difusa en forma de líneas espectrales en longitudes de onda del ultravioleta extremo, entre 350 y 1100 Å. Su sensibilidad es entre 100 y 1000 veces mayor que los experimentos anteriores en este rango.
"LAEFF Reporter", 1997, Número Especial.

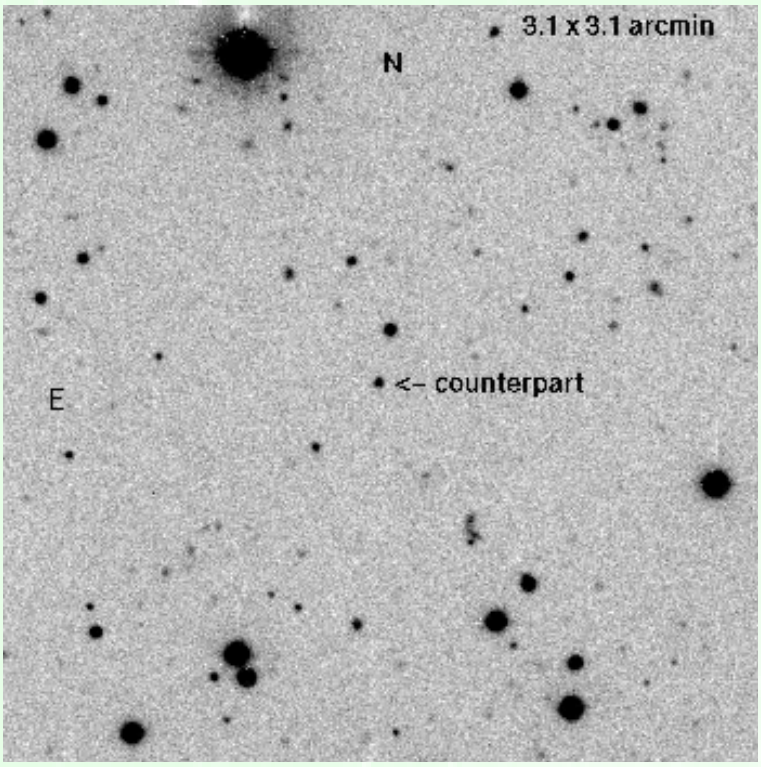
Gravitación cuántica a la conquista de los agujeros negros

Fernando Barbero - LAEFF

Los primeros años de este siglo fueron testigos del nacimiento de las dos teorías sobre las que se sustenta la física del siglo XX: la Mecánica Cuántica y la Relatividad General. Los aspectos más básicos, no sólo de la Física, sino de nuestra percepción cotidiana de la realidad -medida, causa, efecto, espacio y tiempo- sufrieron una drástica revisión como consecuencia de las predicciones y postulados de estas teorías.
La existencia de agujeros negros es una de las predicciones más espectaculares y conocidas de la Relatividad General; se trata de soluciones a las ecuaciones de Einstein que describen espacios tiempos en los que una superficie cerrada, el horizonte de sucesos, separa una región interior, de la que nada puede escapar, del resto del Universo.
"LAEFF Reporter", 1997. Año III, núm. 11.

Detección de la contrapartida óptica del GRB 970508

Javier Gorosabel - LAEFF



Desde su descubrimietno en 1967, las explosiones cósmicas de rayos gamma (GRBs, del inglés *gamma-ray bursts*), siguen siendo uno de los grandes misterios de la Astrofísica.

Una de estas misteriosas explosiones, de solo 35 segundos de duración, ocurrió el día 8 de mayo de 1997, alrededor de las 11:41 de la noche (hora española), muy cerca de la Estrella Polar. Se trataba de la contrapartida óptica de GRB 970508, como ya se denominaba la explosión de rayos gamma. Inmediatamente, en la noche del sábado 10, y desde Calar Alto, W. Fockenbrock y A.J. Castro-Tirado, tomaron un espectro óptico de la fuente gamma, el primero que se obtenía en todo el mundo.

"LAEFF Reporter", 1997. Año III, núm. 12.

Un puente entre el Big-Bang y la Vida

Juan Pérez Mercader - LAEFF

A finales del siglo XX estamos en condiciones de hacer preguntas tanto en Biología como en Física, que nos pueden ayudar a comprender la cadena de eventos que desembocaron a lo largo del tiempo en lo que nos resulta familiar en nuestro planeta. Para poder plantear esas preguntas es necesario dar un salto transdisciplinar que involucre a expertos de esas dos ramas del Saber, de manera que metodologías y fenomenologías tan diferentes puedan combinarse de una forma significativa.

El escenario del que se parte es el siguiente. El Universo en el que vivimos comenzó hace unos diez mil a quince mil millones de años, siendo muy pequeño, más que un átomo actual o que uno de los protones que componen parte de cualquier núcleo atómico. Los componentes fundamentales del Universo se manifestaban de forma muy distinta a como lo hacen hoy en día; por ejemplo, hasta un poco después del principio del Universo, las fuerzas que hoy conocemos como electromagnética y débil se manifestaban como una única fuerza, a la que llamamos electrodébil. Esta época primigenia en la historia del Universo, se conoce como la época del Big-Bang. A partir de aquí, el Universo en su evolución y durante el enfriamiento que acompaña su expansión, organiza sus componentes en las diversas estructuras subnucleares, nucleares y atómicas que conocemos. Estos componentes han evolucionado hacia nichos en los que una combinación de la primera y segunda ley de la termodinámica generan estructuras cada vez más complejas. Procesos en los que componentes esenciales del Universo, la materia, las fuerzas, el espacio-tiempo y el vacío, se autoorganizan y dan lugar con el paso de los eones a lo que vemos hoy en día.

"LAEFF Reporter", 1997. Año III, núm. 13.

Estructura fractal e invariancia de escala en la formación estelar

Enrique Pérez
Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC)

¿Por qué tiene el medio interestelar estructura fractal? ¿Cuál es el origen de estas leyes de potencia y qué nos están diciendo?

La fragmentación de las nubes moleculares en el medio interestelar, que da como resultado su estructura fractal, se debe a una combinación de procesos no lineales relacionados con la turbulencia, como son: la influencia de la autogravedad de las condensaciones, las inestabilidades de origen térmico, el barrido y fragmentación del gas debido a la acción directa de fuentes de alta presión (como son los frentes de choque producidos por las supernovas, o los menos escandalosos pero igualmente efectivos de los vientos estelares de las estrellas jóvenes más masivas), las colisiones entre nubes moleculares, la comprensión transitoria al paso de la turbulencia hidrodinámica alejada de su fuente de origen, etc.

"LAEFF Reporter, 1997. Año III, núm. 14.

La misión *Cassini Huygens* camino del sistema de Saturno

José Juan López Moreno
Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC)

El 15 de octubre de 1998 a las 9 horas y 43 minutos de Tiempo Universal, 4:43 hora local, se lanzó desde Cabo Cañaveral, EE.UU., la misión científica no tripulada más ambiciosa de la historia hasta el momento y también durante, al menos, los próximos veinte años. Su destino es el sistema de Saturno, un lugar lleno de misterio y que oculta muchos de los secretos de la formación del Sistema Solar y del origen de nuestra propia atmósfera.

En 1982 nace la idea de una misión destinada a explorar Titán. Un grupo de científicos propusieron esta idea a las agencias espaciales de Estados Unidos (NASA) y europea (ESA). El resultado ha sido la misión *Cassini-Huygens*, una misión que consta de un orbital, *Cassini*, destinado al estudio de Saturno, sus lunas y sus anillos, y una sonda, *Huygens*, que aterrizará en Titán.

"LAEFF Reporter", 1998. Año IV, núm. 15.

Chorros de gas neutro y el problema de la emisión Lyman α en "starbursts"

J. Miguel Mas Hesse - LAEFF

En los años setenta se descubrieron ciertas galaxias en las que se estaban formando estrellas masivas a un ritmo muy superior al de las galaxias espirales normales. El ritmo de formación era tan elevado que no se podría haber mantenido durante mucho tiempo en el pasado, ya que las reservas de gas de estas galaxias se habrían consumido en muy poco tiempo. De alguna manera parecía que estos objetos estaban experimentando lo que hoy conocemos como un brote de formación estelar ("starburst"), esto es, un episodio muy corto (con una duración de unos pocos millones de años) en el que se llegan a transformar entre 10^4 y 10^7 masas solares de gas en nuevas estrellas.

Otro de los problemas que hasta ahora no había podido ser explicado se refiere a la presencia o ausencia de la línea de emisión Lyman α del hidrógeno. La gran cantidad de estrellas masivas presentes en estas regiones producen un flujo ionizante (con fotones de energías superiores a 13.6 eV) muy intenso. Sin embargo, y aquí radica el problema, la línea α de la serie Lyman a 1216 Å, que también debería producirse, sólo es detectable en algunos casos. En algunas galaxias no aparece ninguna emisión, y en otras la línea aparece incluso en forma de una ancha absorción, en vez de en emisión.

Nuestras investigaciones nos han permitido descubrir cómo la energía cinética liberada en un brote de formación estelar es capaz de empujar grandes cantidades de gas fuera del núcleo de la galaxia, constituyendo un mecanismo básico en la distribución de los metales generados en el interior de las estrellas masivas formadas en esas regiones.

"LAEFF Reporter, 1998. Año IV, núm. 16.

Primeros resultados del *MINISAT*

Joaquín Trapero y José Francisco Gómez
LAEFF

El pasado 6 de mayo tuvo lugar en la Estación de Villafranca una serie de charlas con motivo del primer aniversario del lanzamiento de *MINISAT 01*. El objetivo de estas charlas fue dar a conocer el funcionamiento del satélite y los resultados científicos que los instrumentos de la carga útil han proporcionado hasta ahora.

"LAEFF Reporter", 1998. Año IV, núm. 17.

Formación de estrellas de tipo solar

Paola D'Alessio
Instituto de Astronomía- Universidad Autónoma de México

Habiendo sobrevivido casi doscientos años, la propuesta de Kant y Laplace de que el Sol y los planetas se formaron por contracción de una nube de gas y polvo en rotación, constituye hoy en día una de las hipótesis básicas en el estudio de la formación de estrellas y de sistemas planetarios.

La coplanaridad y casi circularidad de las órbitas de los planetas y su coincidencia con el plano del ecuador rotacional del Sol, apoyan la idea de que el Sistema Solar se originó de una distribución aplanada de material en rotación, un disco protoplanetario, que disipó energía circularizando sus órbitas antes de formar planetas.

Está generalmente aceptado que a partir de los discos circunestelares se pueden formar planetas. Esto sucede cuando la tasa de acrecimiento de masa a través del disco se vuelve muy pequeña porque ése recibe poca masa de la envoltura. La estrella central aparece como una "T Tauri de líneas débiles" (WLTT) o fuente de "clase III", con fuerte actividad cromosférica, rodeada de restos de gas y polvo del disco y, posiblemente, de un sistema planetario.

"LAEFF Reporter", 1998. Año IV, núm. 19.

Décimo aniversario del "LAEFF Reporter"

Fenómenos explosivos en el Sol

Luis M. Sarro - LAEFF

En el LAEFF hemos iniciado un programa de estudio de una serie de fenómenos conocidos como "episodios explosivos" que se detectan en el espectro ultravioleta del Sol. Precisamente es en este rango del espectro electromagnético donde aparecen las líneas emitidas en la región de transición. Los episodios explosivos se manifiestan como deformaciones temporales del perfil gaussiano de las líneas emitidas en la región de transición que se caracterizan por la aparición de componentes de emisión claramente desplazadas hacia el azul o hacia el rojo con velocidades del orden de 200 kms^{-1}.

Hemos comenzado por simular episodios de inyección de energía en arcos solares (configuraciones casi semicirculares de las líneas de campo magnético) para, a continuación, extraer consecuencias espectrales de dichas simulaciones susceptibles de ser comparadas con las observaciones de los episodios explosivos en el Sol.

"LAEFF Reporter, 1998. Año IV, núm. 20

Centro de Astrobiología

Francisco Alonso - LAEFF

El nuevo centro diseñado en España, el Centro de Astrobiología (CAB), tendrá como una de sus primeras tareas intervenir y colaborar en la propuesta, el diseño y la realización de experimentos en las futuras misiones espaciales de NASA asociadas con el NAI (*NASA Astrobiology Institute*). Como horizonte más próximo se prevé que en las próximas misiones a Marte el NAI propondrá las misiones científicas que se desarrollen, así como la localización de los puntos de descenso sobre la superficie del planeta.

En nuestro centro se estudia el entorno biológico del Río Tinto, un ambiente rico en hierro, con agua cuyo pH es alrededor de 2.5, y donde las condiciones de vida para muchos microorganismos son extremas. Las investigaciones que allí se realizan nos proporcionan muchas claves acerca de posibles escenarios que podrían existir, o existieron, en Marte.

"LAEFF Reporter", 1999. Año V, núm. 21.

Resultados de EURD sobre los neutrinos de Sciama

José Francisco Gómez - LAEFF

Vamos a comentar lo que los datos de EURD aportan sobre uno de los objetivos científicos fundamentales del instrumento: la detección de la desintegración de neutrinos masivos. Los neutrinos constituyen uno de los posibles constituyentes de la materia oscura en el Universo. La masa de estas partículas es una cantidad clave en cosmología, puesto que de ella puede dependener el futuro del Universo. Si los neutrinos son lo suficientemente masivos, pueden aportar la masa suficiente como para cerrar el Universo, es decir, su expansión se detendría, y acabaría sus días contrayéndose en un punto.

Para intentar detectar la emisión de los neutrinos de Sciama, hemos examinado el flujo observado por EURD entre 890 y 915 Å, durante la parte de la órbita con menos contribución atmosférica, es decir, la zona más cercana a la "medianoche" orbital. Las observaciones aportan pruebas importantes que parecen refutar la hipótesis de Sciama, rechazando un importante candidato a materia oscura.

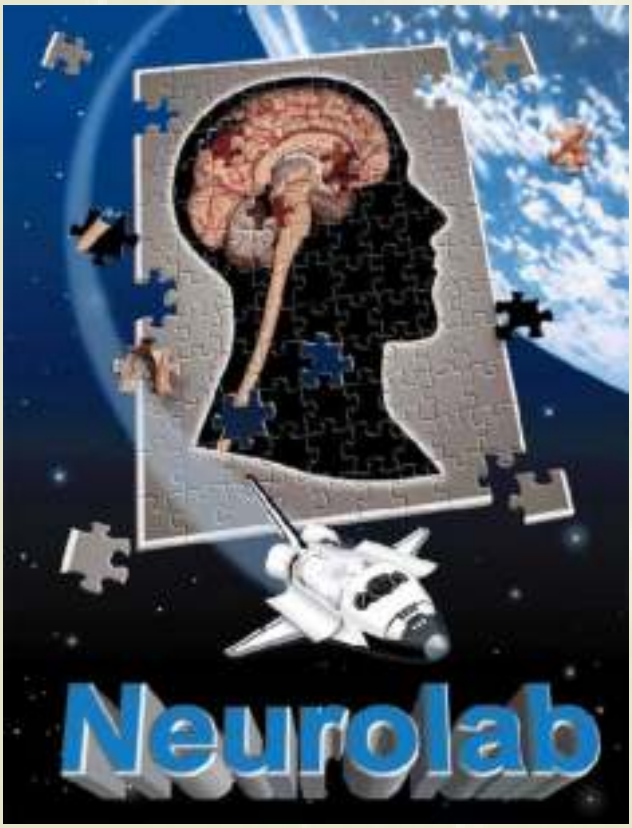
"LAEFF Reporter ", 1999. Año V, núm. 23.

Misión Neurolab y la corteza cerebral

Javier de Felipe
Instituto de Neurobiología "Ramón y Cajal" (CSIC)

Neurolab es un experimento diseñado para investigar cómo se adapta el sistema nervioso a las condiciones de microgravedad. Esta es la primera misión de la NASA especializada en el estudio del sistema nervioso en el espacio. Se espera que los resultados obtenidos tengan una importancia fundamental para conocer las posibles alteraciones que ocurren en el cerebro durante los vuelos espaciales y para mejorar la capacidad del hombre a adaptarse a la vida en el espacio.

"LAEFF Reporter", 2000. Año VI, núm. 26.



Proyecto DYNACORE (DYNAmically COnfigurable Remote Experiment monitoring and control)

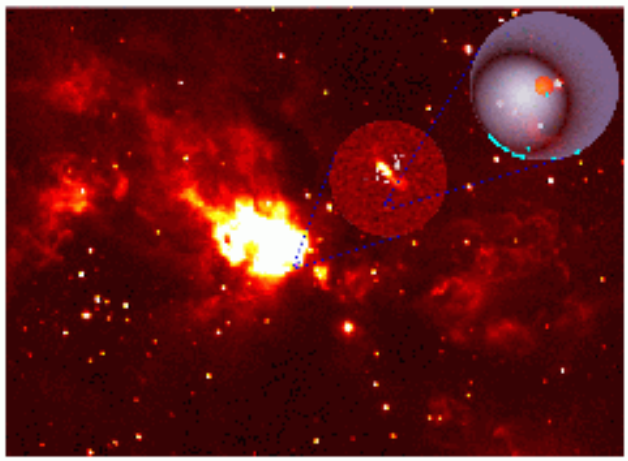
Jesús García, Carmen Morales
y Antonio Talavera
LAEFF

El proyecto DYNACORE, financiado por el IV Programa Marco de la Unión Europea, agrupa a empresas, centros de investigación y universidades de varios países europeos (Suecia, Finlandia, Alemania, Italia, Francia, Holanda y España) con un objetivo común: el diseño y desarrollo de un sistema de teleoperación, capaz de adaptarse con facilidad a cualquier instrumento y de permitir su operación remota a través de internet utilizando como interfaz un navegador estándar. El proyecto está dirigido a dos campos de investigación; la Astronomía y la Física del plasma. Participan científicos e ingenieros de la Universidad Politécnica de Madrid, Instituto de Astrofísica de Canarias, Observatorio Astronómico de Trieste, LAEFF, Centro de Datos de Estrasburgo, Agrupación Científica del Telescopio Óptico Nórdico, Universidad de Utrecht, y del Instituto de Física del Plasma de Juelich, coordinados por la empresa española TCP Sistemas e Ingeniería.

"LAEFF Reporter", 2000. Año IV, núm. 25.

Décimo aniversario del "LAEFF Reporter"

Décimo aniversario del "LAEFF Reporter"



La expulsión de una burbuja esférica por una estrella joven

José Francisco Gómez - LAEFF

Desde hace tiempo se sabe que las estrellas en formación expulsan materia a velocidades supersónicas. De hecho, esta expulsión parece ser un requisito indispensable para que la estrella continúe capturando material de su disco y aumente de masa. Sin embargo, las teorías y observaciones de formación estelar indican que la pérdida de material es anisótropa, en forma de chorros bipolares colimados. Nuestras observaciones del objeto HW2 muestran a 350 UA una estructura en forma de arco que se ajusta al de una circunferencia de forma casi perfecta. Una eyección esférica es todo un reto para las teorías actuales sobre la formación estelar.

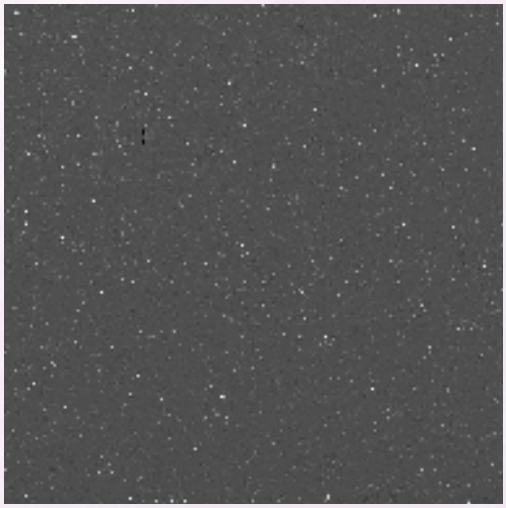
"LAEFF Reporter" 2001. Año VII, núm. 29.

INTEGRAL en órbita

Miguel Mas Hesse - LAEFF

El pasado 17 de octubre de 2002 se lanzó con éxito el observatorio *INTEGRAL* (*International Astrophysical Gamma Ray Laboratory*) mediante un cohete Proton desde la base de Baikonur, en Kazajstan. Tras una serie de maniobras en los días posteriores, *INTEGRAL* se encuentra ya en su órbita definitiva, entre 10.000 y 150.000 Km. Esta órbita permite periodos de observación ininterrumpida de hasta cerca de 70 horas, permaneciendo la mayor parte del tiempo lejos de los cinturones de radiación.

El 21 de octubre a las 20:00 horas procedimos a abrir la tapa de la OMC (Cámara Óptica). Las primeras imágenes de la OMC mostraron que el enfoque del instrumento se ajustaba a lo establecido, y que la calidad de imagen era uniforme sobre todo el plano focal, sin aberraciones ni distorsiones. El fondo era asimismo muy uniforme.



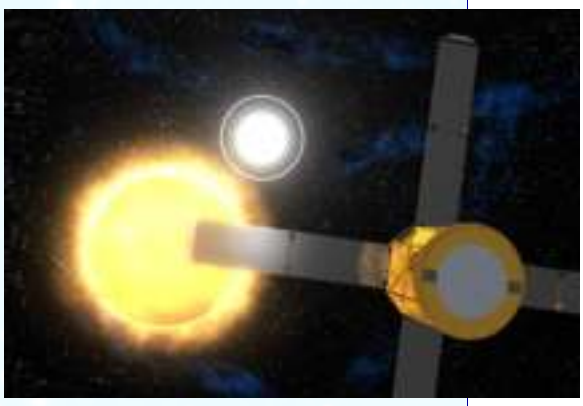
"LAEFF Reporter", 2002. Año VIII, núm. 33.

Planetas errantes jóvenes

María Rosa Zapatero Osorio (LAEFF-INTA)

En nuestra galaxia y fuera del Sistema Solar, existen planetas gigantes en órbita alrededor de estrellas y planetas errantes que no están ligados por gravedad a ninguna estrella. Es posible que la población de estos planetas errantes sea tan numerosa como la estelar.

"LAEFF Reporter", 2003. Año IX., núm. 34.



Posible origen de las explosiones de rayos gamma

El 6 de diciembre de 2002, el satélite *RHESSI* (*Reuven Ramaty High Energy Solar Spectrosopic Imager)* estaba tomando imágenes de las fulguraciones de la superficie del Sol, cuando repentinamente, en una esquina de su campo de visión explotó un GRB. El origen de la explosión sin duda fue muy lejano (posiblemente fuera de la Galaxia) pero por casualidad estaba alineado con el Sol y el satélite de modo que entró en el campo de visión del instrumento. Así, por primera vez se ha podido ver que la emisión de estas fuentes está polarizada. Esto indica que hay campos magnéticos implicados en esas explosiones y supone un gran avance hacia la explicación del origen de los GRBs.

"LAEFF Reporter", 2003. Año IX, núm. 35.

SIRTF ya está volando

Almudena Alonso
Instituto de Estructura de la Materia (CSIC)
Steward Observatory, University of Arizona. EE.UU.

El satélite infrarrojo *SIRTF* (*Space Infra-Red Telescope Facility*) es el cuarto y último elemento de la familia de Grandes Observatorios de la NASA. El satélite lleva a bordo un telescopio reflector de 0.85 metros de diámetro y tres instrumentos científicos enfriados criogénicamente. Estos tres instrumentos: IRAC (*Infrared Array Camera)*, IRS (*Infrared Spectrograph)* y MIPS (*Multiband Imager Photometer for SIRTF*), nos permitirán explorar el Universo por medio de imágenes y espectroscopía en el rango espectral de 3 a 180 μm. La duración prevista para la misión es de dos años y medio como mínimo, aunque se espera que probablemente la misión se mantenga activa por unos cinco años.

"LAEFF Reporter", 2003. Año IX, núm. 36.

Décimo aniversario del "LAEFF Reporter"

La misión Galileo

El pasado 21 de septiembre, la sonda Galileo, de la NASA, realizó su última misión, la entrada controlada en la atmósfera de Júpiter una vez que sus objetivos habían terminado. Con el combustible prácticamente agotado, sin posibilidad de realizar maniobras, los controladores de JPL decidieron que la mejor manera de poner un broche de oro a su odisea y evitar una posible, aunque remota, contaminación bacteriana del satélite Europa, era la destrucción de la sonda.

"LAEFF Reporter", 2003. Año IX, núm. 36.

El 25 aniversario de VILSPA

Valeriano Claros
Director de la Estación de Seguimiento de Satélites

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 importantes antenas contrastan fuertemente con un entorno de encinas y álamos y con el castillo en ruinas, del siglo XV, que domina el paisaje.

"LAEFF Reporter", 2003. Año IX, núm, 37.

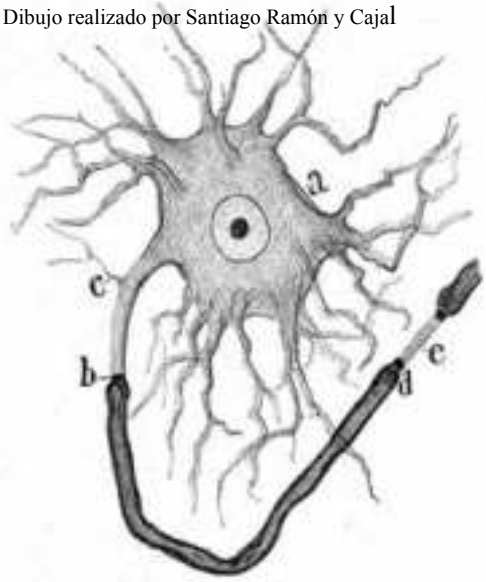
250 años del Real Instituto y Observatorio de la Armada

Carmen Morales - LAEFF

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.

"LAEFF Reporter", 2003. Año IX, núm.

Dibujo realizado por Santiago Ramón y Cajal



De neuronas, redes y estrellas

Luis Manuel Sarro Baro
UNED

De entre los enigmas planteados a la ciencia en estos comienzos del siglo XXI, pocos hay tan próximos a la esencia de los humano como el del funcionamiento del cerebro. Expresado en términos más precisos, cómo se recorre el camino que media entre las neuronas del cerebro y un ente autoconsciente.

"LAEFF Reporter", 2004. Año X, núm. 38.

Agua en Marte

Las sondas de ESA y NASA que se encuentran explorando Marte han encontrado evidencias de la presencia en la actualidad de hielo de agua, por una parte, y de la existencia en el pasado de agua líquida abundante, por otra.

"LAEFF Reporter", 2004. Año X, núm. 38.

Detectado oxígeno y carbono en la atmósfera de un exoplaneta

Un equipo de científicos del Instituto de Astrofísica de París, ha detectado con el *Telescopio Espacial Hubble* la existencia de oxígeno y carbono en el exoplaneta HD 209458b. Dichos elementos se encuentran rodeando al planeta en una envoltura extensa, con una tasa de evaporación tan grande, que se ha propuesto clasificar a estos cuerpos como remanentes de núcleos de planetas gaseosos gigantes completamente evaporados.

"LAEFF Reporter", 2004. Año X, núm. 38.

Cortesía de NASA

Tránsito de Venus

El equipo de Villafranca formado por Alberto Martos, José Vicente Perea, Ricardo Pérez y Fernando Rodríguez, se desplazó hasta Setúbal (Portugal) para tomar imágenes del tránsito de Venus que fueron enviadas por un sistema GPRS a través de un teléfono móvil.

"LAEFF Reporter", 2004. Año X, núm. 39.

Apuntes

Planetas en El Escorial

Benjamín Montesinos

La antena DSS-61 mira al gigante del Sistema Solar

Reseña de una de las clases publicada en el Boletín interno de los Cursos de El Escorial

Si hace diez años se nos hubiera propuesto organizar, dentro de los Cursos de Verano de la UCM un curso sobre planetas, nos habríamos tenido que quedar "en casa" -hablando a nivel cósmico- y dedicarnos a lo que entonces se sabía de los nueve planetas del Sistema Solar.

Hoy el panorama se ha abierto de una forma espectacular, y todo ello debido al descubrimiento de más de un centenar largo de los llamados "planetas extrasolares" desde 1995. Efectivamente, hoy podemos decir, sin necesidad de recurrir a la especulación, que existen sistemas planetarios en torno a otras estrellas. Y la consecuencia de estos descubrimientos es que campos de la Astronomía aparentemente "dormidos" o al menos, considerados como poco punteros, junto con áreas totalmente novedosas, están ahora en ebullición. Las teorías de formación y evolución del Sistema Solar y de los planetas, los modelos de discos protoplanetarios, el refinamiento de las teorías de formación estelar, las búsquedas de objetos muy poco masivos -de masas cercanas a las planetarias- en cúmulos estelares jóvenes, son algunas de esos activos campos de investigación.

Ese fue el marco en el que se organizó el curso Planetas y sistemas planetarios en el Universo: presente y futuro que coordinado por quien firma esta reseña, se celebró en el Eurofo-rum Infantes de San Lorenzo de El Escorial desde el 9 al 13 de agosto de 2004. Los ponentes fueron los Drs. Ricardo Amils Pibernat, David Barrado y Navascués, David Fernandez Remolar, José Francisco Gómez Rivero, Benjamín Montesinos Comino, Agustín Sánchez Lavega y Olga Suárez Fernández. Participaron también Carlos Eiroa de San Francisco y María Rosa Zapatero Osorio como coordinadores de mesas redondas.

Los cursos de verano en general, y este no fue una excepción, se caracterizan por contar con una audiencia de procedencias muy diversas. Se puede hacer entre los matriculados un ejercicio para encontrar un "participante tipo", pero esa no es la mejor forma de abordar la preparación del curso, porque se puede caer en el error de que la mayoría de las personas matriculadas no entiendan el lenguaje, la jerga o los conceptos que se manejan. Por eso, y ante todo, se hizo hincapié en que la pedagogía fuera el armazón alrededor del cual se tejiera cada tema: se explicó hasta la saciedad cada concepto básico tratado, se mostraron en distintas charlas dos, tres y cuatro veces, las mismas gráficas explicadas desde distintos puntos de vista y creemos, según las impresiones de los estudiantes, que el esfuerzo mereció la pena.

Además del carácter puramente astrofísico de la mayoría de las charlas se insistió en la conexión astrobiológica, con especial atención a los experimentos que se están realizando en el Río Tinto para buscar análogos de posibles entornos biológicos en Marte. Una de las sesiones más concurridas y animadas fue la observación de Júpiter en directo, utilizando el radiotelescopio de 34 metros de Robledo de Chavela, a cargo del equipo del proyecto PARTNeR... incluso un abogado, "infiltrado" en nuestro curso, y procedente de un curso paralelo acerca del poder judicial, se atrevió a manejar la antena y realizar por sí mismo la observación... ¡todo un logro para nosotros!

Apuntes

VI Reunión Científica de la SEA

Benjamín Montesinos

Distintos momentos de la reunión.

Como es costumbre, cada año par la Sociedad Española de Astronomía (SEA) celebra una reunión científica que incluye la asamblea ordinaria entre uno de sus actos. En 2004, la reunión se celebró en Granada, siguiendo el recorrido por todo el país que ya lleva visitados Alicante, San Sebastián, La Laguna, Santiago de Compostela y Toledo.

Este año la Reunión Científica tuvo la particularidad de celebrarse dentro del marco del *Joint European National Astronomy Meeting* (JENAM) organizado por la European Astronomical Society (EAS) en colaboración con la sociedad astronómica del país anfitrión. De este modo, las contribuciones de los astrónomos españoles se distribuyeron en las seis sesiones paralelas que se organizaron para dar fluidez a la reunión. Hay que destacar el interés que suscitó la sesión dedicada a la enseñanza y divulgación de la Astronomía, donde se presentaron diversos proyectos nacionales e internacionales dedicados a acercar esta ciencia al público en general y a estudiantes de enseñanzas primaria y secundaria en particular.

Las conferencias de revisión sobre temas específicos resultaron especialmente atractivas (¡impresionantes las imágenes y películas del Sol mostradas por el Prof. Eric Priest!) así como la mesa redonda abierta al público titulada "Comunicar y divulgar la investigación en astronomía", que tuvo como colofón la conferencia de clausura a cargo de Juan Antonio Belmonte "Astronomía, ciencia o cultura, realidad y mito". El LAEFF, como ha sucedido hasta ahora, estuvo bien representado, con cinco contribuciones orales y ocho pósters.

Nanosat en órbita

A las 17:26, hora peninsular española, del día 18 de diciembre de 2004, un cohete Ariane-5 puso en órbita desde la base de lanzamiento de Kourou, en la Guayana Francesa, el primer nanosatélite español, *Nanosat 01*. Su peso, menos de 20 kilos, y sus dimensiones, similares a las de un microondas, se deben a la nanotecnología con que ha sido desarrollado. Una de las misiones de este satélite es precisamente el poner a prueba los componentes miniaturizados con los que ha sido equipado. Además, el satélite recogerá datos desde las estaciones de investigación de la Antártida y los enviará al Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), máximo responsable del proyecto. La órbita es polar, con una altura de unos 650 km.

El uso de componentes diminutos es, sin duda, una de las ramas más interesantes de la ingeniería espacial. La razón más inmediata es la posibilidad de reducir peso en la plataforma y en la carga útil. Los científicos y técnicos que trabajan en torno a misiones espaciales saben bien que cada gramo que puedan limar al peso de un satélite tiene como consecuencia primera una reducción de costes.

Desde el LAEFF nos gustaría felicitar a José Torres, que es el director del proyecto Nanosat, y que es una persona muy cercana a nosotros, en su calidad de director del Departamento de Ciencias del Espacio y Tecnologías Electrónicas, donde se enmarca el LAEFF.

Apuntes

La “First NEON Archive Observing School”

María Morales

Este año la escuela de verano NEON (Network of European Observatories in the North) tuvo lugar en las instalaciones de ESO, Garching (Munich) del 13 al 24 de julio.

El propósito de esta escuela es proporcionar experiencia en Astrofísica observacional a sus alumnos utilizando los archivos de ESO y del *Telescopio Espacial Hubble* y las herramientas del Observatorio Virtual.

En esta ocasión hemos participado 19 estudiantes de doctorado y un postdoc de 11 nacionalidades distintas, asistiendo a 15 charlas sobre técnicas de fotometría y espectroscopía, observatorios virtuales, archivos, instrumentación y las técnicas que se utilizarán en los nuevos proyectos (OWL,ALMA...etc). Estas charlas proporcionaban la base para la parte central del curso que consistía en llevar a cabo un proyecto en grupos de cuatro estudiantes supervisados por un tutor. Algunos de los proyectos que se realizaron fueron: medida de los índices de Lick en los cúmulos globulares de NGC3585, el estudio de las poblaciones estelares resueltas en la galaxia enana Cetus, los cúmulos globulares en M87, la formación estelar en galaxias en colisión y la conexión entre el bajo corrimiento hacia el rojo del bosque de Lyman alfa y las galaxias.

Cada uno de los proyectos consistía en buscar en los archivos las imágenes necesarias para el estudio, hacer la reducción de los datos, análisis de los mismos y discusión de los resultados que se obtuvieran. Para ello se disponía de mucho tiempo de trabajo en grupo e individual durante el cual se contaba con la ayuda de los tutores y la presencia de los ponentes que siempre estaban dispuestos a discutir sobre las charlas.

El último día de la escuela se organizó una sesión en la que cada grupo hizo una presentación del trabajo que había realizado.

Fotografía de los participantes de la Escuela

Además hubo tiempo para recorrer las instalaciones de ESO y ver los trabajos que se realizan allí.

En general todos los participantes, tanto profesores y tutores como estudiantes, acabamos muy satisfechos del curso durante el cual, a pesar del apretado programa, tuvimos tiempo de visitar Munich y los alrededores de Garching.

Astronoticias

Recopilación de Carmen Blasco e Itziar de Gregorio

PEDRO DUQUE, DIRECTOR DE OPERACIONES DEL USOC ESPAÑOL

El astronauta español de la Agencia Europea del Espacio (ESA), Pedro Duque, vuelve a España como director de operaciones del Centro de Usuarios para España de la Estación Espacial Internacional, situado en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y que empezará a funcionar oficialmente en los próximos meses.

Los Centros de Usuarios de la Estación Espacial, USOC (User Support Operations Centre), han sido creados por la ESA para facilitar y coordinar el acceso de los usuarios, en su mayoría investigadores, a las instalaciones europeas en la ISS y en especial al Laboratorio Columbus. Hay nueve 'USOC' en diversos países europeos. El USOC español ya funcionó durante la Misión Cervantes (octubre de 2003), ubicado temporalmente en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, de la UPM. En los próximos meses se inaugurará el nuevo edificio del USOC en el Campus de Montegancedo de la UPM.

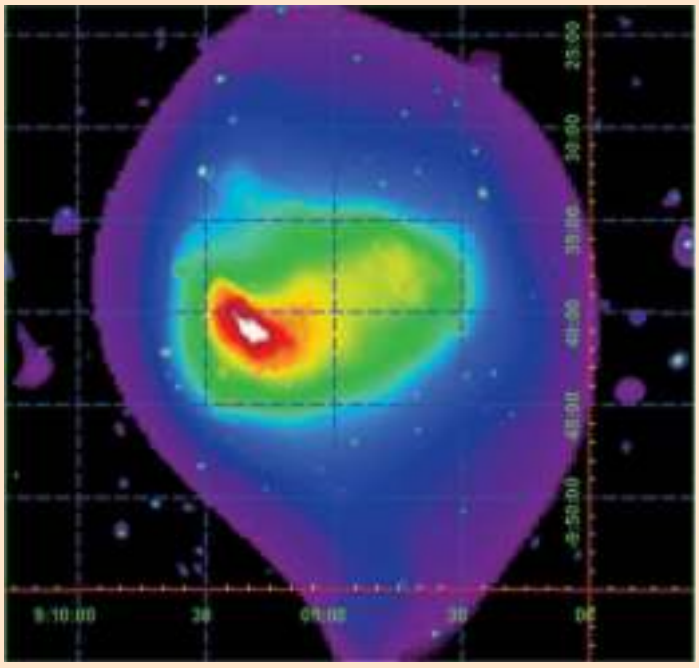
Desde el USOC español, además de ayudar en general a los usuarios españoles a gestionar y desarrollar sus propuestas, se controlarán los experimentos en marcha en las instalaciones europeas de la ISS, y en particular los que se lleven a cabo en el Laboratorio de Física de Fluidos de la ESA. Hasta el momento, los experimentos eran operados por los astronautas a bordo, pero a partir de ahora la mayoría de ellos serán controlados directamente desde los centros de control en Tierra.

Cortesía de ESA

COLISIÓN DE CÚMULOS DE GALAXIAS

Un equipo internacional de científicos ha utilizado el observatorio *XMM-Newton* para detectar una colisión entre dos cúmulos de galaxias en Abell 754. En la figura se puede observar la colisión. El cúmulo de galaxias más grande es el más brillante (zona roja y blanca). El otro está aproximadamente a las “dos en punto” del primero (zona elongada amarilla y verde).

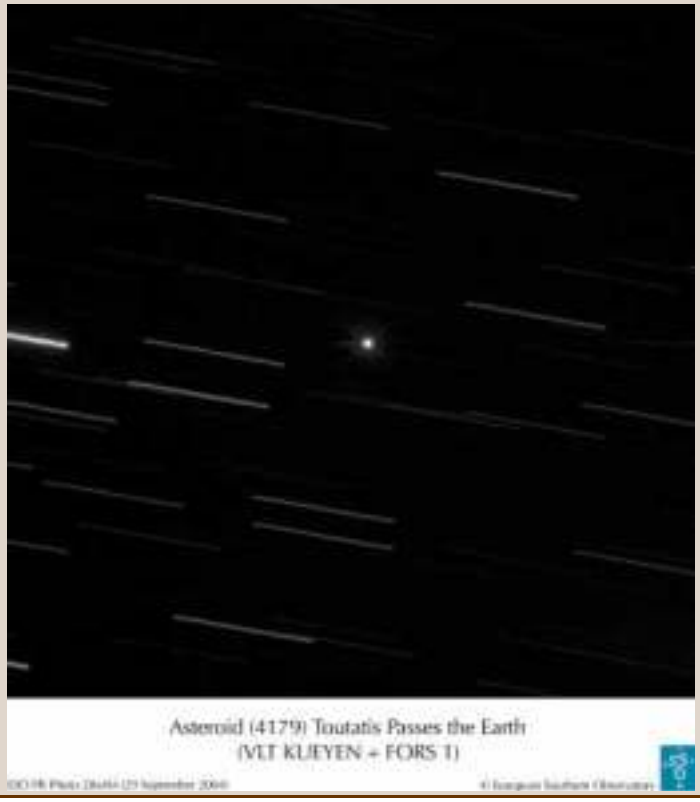
El descubrimiento de esta colisión apoya la teoría de que la estructura que muestra el Universo es resultado de la colisión de galaxias o cúmulos de galaxias más pequeños, dando lugar a otros mayores. Según palabras del Dr. Patrick Henry de la Universidad de Hawaii, que lidera el estudio, "lo que fueron hace 300 millones de años dos cúmulos de galaxias más pequeños es ahora un cúmulo mucho mayor". Los cúmulos de galaxias contienen entre cientos y miles de galaxias y son las estructuras ligadas gravitatoriamente más grandes del Universo. La Vía Láctea es parte de un pequeño grupo pero no está ligado gravitatoriamente al cúmulo más cercano, el Cúmulo de Virgo. Sin embargo, en unos pocos miles de millones de años, estamos abocados a colisionar con él.



Mapa de brillo en rayos X.

Cortesía de ESA/XMM-Newton

Astronoticias



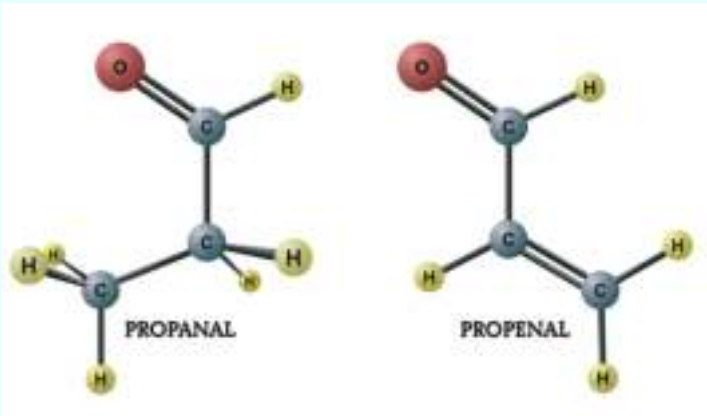
ACERCAMIENTO DEL ASTEROIDE TOUTATIS A LA TIERRA

El asteroide Toutatis no había pasado tan cerca de la Tierra desde 1353. El 29 de septiembre estuvo a 1550000 km de nosotros, es decir, unas cuatro veces la distancia a la Luna. Fue descubierto en enero de 1989 y se mueve en una órbita que lo acerca a la Tierra a intervalos regulares de cuatro años. Durante los acercamientos acaecidos en 1992, 1996, 2000 y el actual en 2004 se ha estudiado su forma, que ha resultado ser alargada, con un tamaño de 4.6 x 2.4 x 1.9 km. Su periodo de rotación es de 5.4 días.

En la imagen obtenida por el VLT se puede observar al asteroide cuando se encontraba a 1640000 Km de nosotros cruzando la constelación Ara (cielo del hemisferio sur). El telescopio se ajustó para seguir a Toutatis durante 60 segundos, por lo que se observa el fondo de estrellas en movimiento, formando regueros de luz.

DESCUBRIMIENTO DE DOS NUEVAS MOLÉCULAS INTERESTELARES

Gracias al radiotelescopio *Robert C. Byrd Green Bank Telescope*, del *National Radio Astronomy Observatory*, se han descubierto dos nuevas moléculas interestelares. Se trata del propenal y del propanal, aldehídos de 8 y 10 átomos respectivamente. Se cree que el propenal se forma por reacciones simples de átomos de hidrógeno con el ya detectado propinal. Por el mismo proceso se cree que el propanal se forma a partir del propenal.



Cortesía de NRAO

El hallazgo se ha producido en una gran nube de gas y polvo situada en Sagitario B2, cerca del centro de la galaxia. Se cree que las moléculas más complejas se forman en la superficie de los granos de polvo interestelares, pudiendo ser posteriormente eyectadas como gas difuso. Las transiciones rotacionales que tienen lugar en estas moléculas emiten en radioondas a una frecuencia muy precisa, fácilmente identificables por los radioastrónomos.

Actualmente no existe una teoría aceptada sobre la creación de moléculas complejas de más de cinco átomos, por lo que este descubrimiento aportará más información sobre los complejos procesos químicos por los que las moléculas grandes se forman en el espacio. Además existe una conexión entre estas moléculas y las que intervienen en los procesos biológicos, pues algunas, entre las que se incluyen la familia de los azúcares, son aldehídos.

LAEFF

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	David.Barrado
Álvaro Giménez Cañete	155	Alvaro.Gimenez
José Francisco Gómez Rivero	267	Jose.Francisco.Gomez
Miguel Mas Hesse	196	Miguel.Mas-Hesse
Benjamín Montesinos Comino	195	Benjamin.Montesinos
Carmen Morales Durán	188	Carmen.Morales
Lourdes Sanz F. de Córdoba	193	Lourdes.Sanz
Enrique Solano Márquez	154	Enrique.Solano
Olga Suárez Fernández	163	Olga.Suarez
María Rosa Zapatero Osorio	309	Maria.Rosa.Zapatero

Colaboradores:

Elena Jiménez Bailón	266	Elena.Jimenez
Bruno Merín Martín	194	Bruno.Merin
Celia Sánchez Fernández	235	Celia.Sanchez
Luis M. Sarro Baro	138	Luis.Manuel.Sarro

Postgraduados:

Carmen Blasco Fuertes	264	Maria.del.Carmen.Blasco
M. Dolores Caballero García	198	Maria.Dolores.Caballero
Itziar de Gregorio Monsalvo	194	Itziar.de.Gregorio
Albert Domingo Garau	266	Albert.Domingo
Raúl Gutiérrez Sánchez	260	Raul.Gutierrez
María Herranz Molinero	264	Maria.Herranz
María Morales Calderón	163	Maria.Morales
Daniel Risquez Oneca	198	Daniel.Risquez
Carlos Rodrigo Blanco	260	Carlos.Rodrigo

Personal Administrativo:

Margie Guitart Martín	161	Margie.Guitart
Concha Prieto Alas	234	Concha.Prieto

Servicios Informáticos:

Jesús García Jiménez	263	Jesus.Garcia
Carlos Nuñez-Barranco Fernández	155	Carlos.Nuñez-Barranco
Daniel Martín Flecken	194	Daniel.Martin

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

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

Galería

Fobos, visto por la sonda de la Agencia Espacial Europea Mars Express. Este pequeño satélite de Marte, junto a su compañero Deimos, podría ser un antiguo asteroide capturado por el planeta. Estos dos nombres corresponden en la mitología griega a Espanto y Miedo, los dos hijos que el dios de la guerra (Ares en Grecia y Marte en Roma) tuvo con Afrodita. El gran detalle de la imagen permite visualizar la forma irregular del satélite y los numerosos cráteres de impacto.

Cortesía de ESA

Impresión: Imprenta Edigrafos
Depósito Legal: M-28147/2000