LAEFF Reporter

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

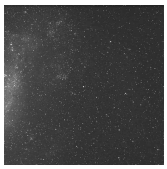
MINISTERIO DE DEFENSA
INTA

http://www.laeff.esa.es

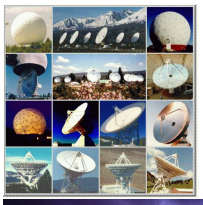
Año VIII, núm. 33. Noviembre 2002

SUMARIO

Imagen de la antena de 14 metros del FCRA (Five College Radio Astronomy Observatory), observatorio fundado en 1969 que pertenece a la Universidad de Massachusetts y a un consorcio de escuelas universitarias. La antena trabaja a longitudes de onda milimétricas y participa con regularidad en observaciones radiointerferométricas con la técnica de VLBI.

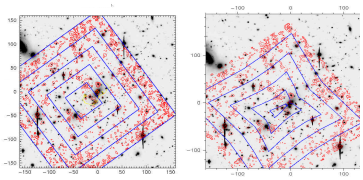


Primera Plana
INTEGRAL en órbita
Miguel Mas Hesse
3



La Tarima
Interferometría de muy larga base a longitudes de onda milimétricas
Antxon Alberdi
6

Dossier
El globo estratosférico: peculiar herramienta de la moderna investigación espacial
Lola Sabau Graziati
11



Apuntes
Observación de fuentes lejanas a través de lentes gravitatorias
Ricardo Pérez
13

Charlas
15

Astronoticias
- *Planetas en sistemas binarios*
- *Evidencias de la existencia de un agujero negro en el centro de nuestra galaxia*
- *La Luna y el origen de la vida en la Tierra*

16

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

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

Consejo de Redacción

David Barrado, Itziar de Gregorio, José Francisco Gómez, Elena Jiménez, Miguel Mas, Bruno Merín, Benjamín Montesinos, Concha Prieto.

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.

INTEGRAL en órbita

Miguel Mas Hesse
Investigador Principal de la OMC

El pasado 17 de octubre se lanzó con éxito el observatorio INTEGRAL (International Astrophysical Gamma Ray Laboratory) mediante un cohete Proton desde la base de Baikonur, en Kazajstan. Para los que llevamos ya más de 10 años participando en el desarrollo de esta misión supuso un momento largamente esperado, que vivimos con gran intensidad.

Dados los problemas de comunicación y la mala accesibilidad a Baikonur, la Agencia Espacial Europea organizó un evento en sus instalaciones de ESOC en Darmstadt, al que invitó a los medios de comunicación y a los responsables de cada instrumento. A pesar de lo temprano de la hora (el evento comenzó a las 06:00 de la mañana), la fiesta estuvo muy animada. Los distintos científicos e ingenieros que han participado en la misión fueron entrevistados durante las dos horas que duró, amenizando un conjunto de música pop los tiempos de espera entre las distintas fases del lanzamiento. Desde la sala de control se nos iba informando al minuto de todos los detalles. Por fin, a las 06:41, el cohete Proton se elevó en el cielo, desapareciendo en el espacio a los pocos minutos. Durante la media hora siguiente recorrió su órbita de aparcamiento hasta que las primeras señales fueron captadas desde la estación de Villafranca (Madrid). Posteriormente, la última fase del Proton lo inyectó en la órbita muy elíptica que se requería. 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.

Segunda imagen (5ºx5º) obtenida por la OMC (cámara óptica). Se puede apreciar a la izquierda el extremo de la Gran Nube de Magallanes.

Activación de la cámara óptica (OMC)

Tras la emoción del lanzamiento, nuestro equipo de la OMC tuvo que empezar a trabajar rápidamente. A las tres horas ya estábamos analizando la telemetría de temperaturas, que nos mostraba cómo los distintos elementos de la OMC comenzaban a enfriarse. En pocas horas, el CCD de la OMC se encontraba ya por debajo de –60 C. Con el fin de evitar la condensación de hielo u otras moléculas resultantes de la desgasificación de los materiales al ser inyectados en el vacío, encendimos durante casi tres días la resistencia de la que va dotado el CCD, consiguiendo que se mantuviera durante todo ese tiempo cerca de +40 C.

Tras tres días con muy poca actividad, pero en tensión constante, el domingo 20 de octubre comenzó la fase de activación de la OMC. Nuestro instrumento fue el primero en verificarse, ya que es el único que disponía de una tapa protectora que tenía que ser abierta, y no convenía mantener la tapa cerrada durante un tiempo demasiado largo. Así pues, a última hora del domingo encendimos la OMC y comenzamos una larga secuencia de adquisición de imágenes, aún con la tapa cerrada, para comprobar el buen estado del instrumento y para disponer de una serie de imágenes de referencia sin la contaminación debida al fondo estelar. Este ejercicio demostró que la OMC se comportaba tal y como se esperaba, obteniendo imágenes prácticamente idénticas a las que se habían obtenido durante la calibración en Tierra. La emoción hizo que nos quedáramos sin cenar (no es fácil cenar en Darmstadt a las 24:00 de un domingo: tan sólo conseguimos una bolsa de patatas y un refresco...).

Lanzamiento del Proton desde la base de Baikonur.

El momento realmente intenso lo viviríamos al día siguiente, 21 de octubre. A las 20:00 horas procedimos finalmente a abrir la tapa de la OMC. La expectación que se había creado hizo que más de 40 ingenieros y responsables de ESOC y de Alenia se concentraran a nuestras espaldas mientras mandábamos temblorosos el telecomando a la OMC para que se activara el circuito de apertura. Este proceso duró unos tres minutos, que sin duda fueron los tres minutos más intensos que nuestro equipo de la OMC ha vivido. Por fin, la telemetría indicó que la tapa se había abierto y estaba correctamente anclada en su soporte. Aún tuvimos que esperar 15 minutos más para recibir la primera imagen, que nos permitió comprobar que las lentes se encontraban en perfecto estado y que el instrumento funcionaba perfectamente. Todo esto fue celebrado con unas cuantas botellas de cava bien fresquito, cortesía de nuestros amigos en la ESA.

El 21 de octubre a las 20:00 horas abrimos la tapa de la cámara óptica OMC

Las primeras imágenes de la OMC mostraron que el enfoque del instrumento se ajustaba a lo establecido, y que la calidad de la imagen era uniforme sobre todo el plano focal, sin aberraciones ni distorsiones. El fondo era asimismo muy uniforme. Tras un rápido procesado, las imágenes fueron colgadas en la

La fiesta del lanzamiento en las instalaciones de ESOC
Foto izda., equipo OMC (INTA). Dcha. Miguel Mas Hesse

Web, donde fueron visitadas por gran cantidad de personas en los días siguientes.

Desde entonces el equipo de la OMC está procediendo a la calibración fotométrica y astrométrica detalladas del instrumento. Si todo va bien, como esperamos, a primeros del 2003 la OMC estará lista para comenzar su programa de observaciones de manera rutinaria.

Durante la fase operativa, nuestro grupo será responsable de las siguientes actividades:

- Supervisión de las operaciones (bases de datos de telecomandos, software de apuntado + catálogo,...)
- Mantenimiento del software de a bordo.
- Mantenimiento del software científico en Tierra.
- Calibración y monitorización continua de la salud del instrumento durante los próximos cinco años.
- Organización y ejecución del programa científico.

Los instrumentos de altas energías

La activación de los instrumentos de altas energías es un proceso mucho más complicado. Por poner un ejemplo, la cámara de imagen gamma, IBIS, dispone de más de 30.000 detectores que deben ser activados y controlados individualmente. Hasta el momento de escribir estas líneas tanto IBIS como el espectrógrafo SPI parecen funcionar correctamente, esperando que queden listos para la calibración con Cygnus X-1 prevista para el mes de diciembre.

Sin embargo, el monitor de rayos X está experimentando algunos problemas durante su activación, cuyo origen es aún confuso y que están siendo investigados en estos momentos. Esperamos que cuando estas páginas vean la luz los problemas hayan podido ser resueltos y todo el conjunto de instrumentos de INTEGRAL se encuentre listo para su utilización por la comunidad científica.

INTEGRAL ha sido diseñado para funcionar durante un periodo mínimo de dos años, con posible extensión hasta un total de cinco años. Durante ese tiempo podrá realizar observaciones coordinadas con otros grandes telescopios, tanto en Tierra como en el espacio (HST, XMM-Newton, Chandra, RXTE,...).

Estamos impacientes por analizar los primeros resultados. Después de más de 10 años de trabajos para sacar la misión adelante, poder analizar los datos que envíe a la Tierra nos parece un sueño a todos nosotros. Esperamos que INTEGRAL colme las esperanzas y las expectativas que ha originado, y que nos permita conocer un poco mejor las propiedades del Universo en el que vivimos.

La contribución española se ha financiado por el Plan Nacional de Investigación Espacial, del Ministerio de Ciencia y Tecnología y ayudas proporcionadas por otras instituciones (INTA y Universidad de Valencia, especialmente).

La Tarima

Interferometría de muy larga base a longitudes de onda milimétricas

Antxon Alberdi
Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC)

Las observaciones astronómicas utilizando la técnica de interferometría de muy larga base (Very Long Baseline Interferometry –VLBI-) a longitudes de onda centimétricas se llevan realizando con regularidad desde hace treinta años.

Estas observaciones, a una frecuencia de 5 GHz y disponiendo de líneas de base transcontinentales, proporcionan una resolución angular de 1 milisegundo de arco. Con esta resolución se han podido estudiar una amplia muestra de radiofuentes compactas entre las que podemos citar las regiones centrales de los Núcleos Activos de Galaxias y los chorros relativistas a escalas lineales de parsecs que emanan de las mismas, la estructura interna de las galaxias Seyfert y de las radiogalaxias de baja potencia, las lentes gravitacionales, entre otros. Gracias al incremento de sensibilidad de las redes interferométricas y a la utilización de las técnicas de referencia de fase, ha sido posible cartografíar la vida y muerte de las radioestrellas, monitorear la expansión angular de radiosupernovas jóvenes, medir movimientos propios en la estructura a escalas de milisegundos de arco de los microcuásares, realizar estudios de gran resolución angular de galaxias tipo *starburst*, cartografiar campos de visión muy amplios con límites de detección por debajo del miliJansky, entre otros. Además, el uso de técnicas astrométricas ha permitido identificar las regiones emisoras en estrellas binarias

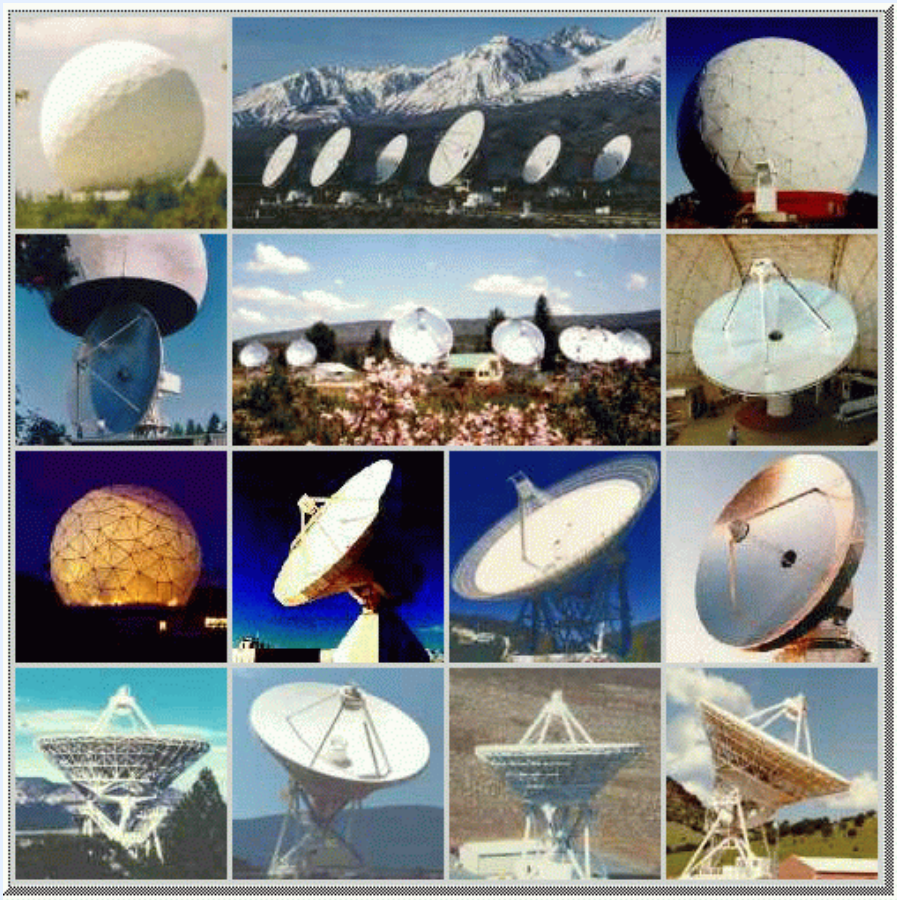


Figura 1: Telescopios que forman parte de la red interferométrica CMVA (*Coordinated Millimeter VLBI Array*; http://web.haystack.mit.edu/cmva).

activas, buscar objetos de baja masa orbitando en torno a radioestrellas cercanas, determinar movimientos absolutos en chorros relativistas, determinar posiciones de las fuentes con gran precisión, etc. Por otro lado, la realización de observaciones polarimétricas con la técnica de VLBI ha permitido realizar imágenes de la estructura polarizada de las radiofuentes compactas con muy alta resolución. Asimismo, las observaciones de VLBI en línea espectral en diferentes transiciones han permitido utilizar las regiones compactas con emisión *máser* como trazadores de flujos y discos de acrecimiento en galaxias, estudiar regiones de formación estelar (vientos estelares, colimación de flujos protoestelares), e investigar las envolturas circunestelares. Adicionalmente, mediante observaciones espectroscópicas, se ha podido estudiar la absorción de HI y el medio interestelar en el corazón de las radiogalaxias.

Con la extensión de las observaciones de VLBI a longitudes de onda milimétricas, se ha podido mejorar aún más la resolución angular de las observaciones. Así, observando a 86 GHz se consigue una resolución del orden de 40 microsegundos de arco, lo que supone una resolución lineal mejor que un año-luz para una fuente con un corrimiento al rojo z=0.1.

Las observaciones de VLBI a longitudes de onda milimétricas: mm-VLBI.

Como se ha indicado, las observaciones de VLBI a longitudes de onda milimétricas (mm-VLBI) tienen una doble ventaja: por un lado, ofrecen una resolución angular inferior al milisegundo de arco dando imágenes muy detalladas de las regiones emisoras y, por otro, permiten estudiar aquellas regiones que son parcialmente opacas a longitudes de onda más largas.

Las observaciones de VLBI a 86 GHz se han organizado durante los últimos años a través de un consorcio denominado CMVA (*Coordinated Millimeter VLBI Array*) del que forman parte los observatorios que disponen de antenas trabajando a estas longitudes de onda (figura 1). Las observaciones radiointerferométricas a 147 y 215 GHz tienen todavía carácter pionero y se organizan de forma *"ad hoc"* mediante acuerdos entre los observatorios participantes.

Las observaciones de mm-VLBI a 86 GHz, aunque todavía restringidas a los objetos más compactos y energéticos, han proporcionado ya resultados muy relevantes que resumimos en las siguientes secciones:

Observaciones de chorros relativistas

La experiencia ha demostrado que una gran fracción de los Núcleos Activos de Galaxias (AGN) estudiados en longitudes de onda centimétricas son suficientemente compactos para ser estudiados en milimétricas. Estas observaciones han permitido trazar los chorros relativistas a escalas de subparsec, demostrando que la curvatura de los chorros aumenta en las regiones próximas al núcleo de las fuentes. Las observaciones de los AGNs más compactos han permitido computar las temperaturas de brillo tanto para los núcleos de las radiofuentes como para las componentes más internas de los chorros. Considerando los resultados observacionales y un modelo muy sencillo (básicamente, chorros con velocidad intrínseca

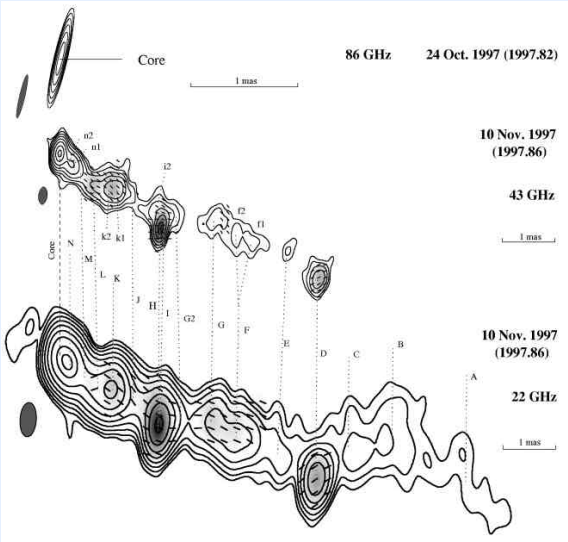


Figura 2: Imágenes de VLBI de 3C120 a 86, 43 y 22 GHz. Imágenes en intensidad total se presentan en mapas de contornos, mientras que la escala de grises muestra la intensidad en flujo polarizado. Los vectores muestran la dirección del campo magnético (Gómez et al. ApJ (1999) 521, L29-L32).

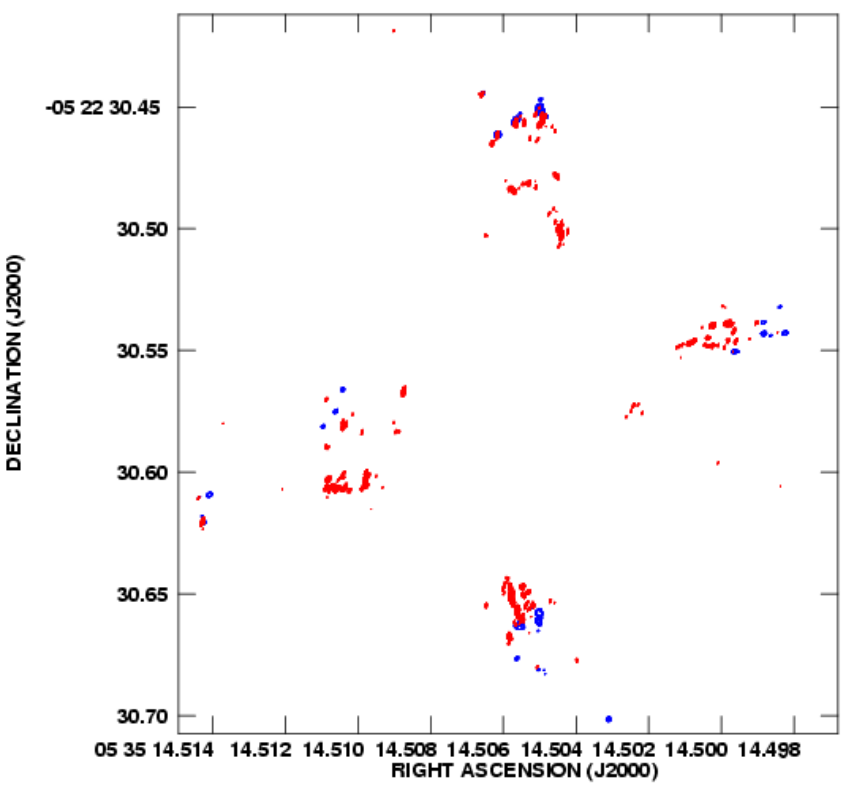


Figura 3: Localización de los máseres de SiO a 43 GHz (en rojo) y 86 GHz (en azul) en el flujo bipolar de Orion-KL. (Datos todavía no publicados).

similar y orientación arbitraria), se han obtenido propiedades estadísticas para las fuentes más compactas: para las componentes de los chorros, una temperatura de brillo intrínseca inferior a 5 x 10^{10} K, cercana al límite de equipartición; para los núcleos, una temperatura de brillo intrínseca del orden de 1-4x10^{11} K, próxima al límite Compton Inverso.

Durante los últimos años se ha realizado un seguimiento temporal de las estructuras de las radiofuentes más compactas: el cuásar 3C273, observado con una resolución del orden de 1000 radios de Schwarzschild, que muestra una estructura muy rica, con oscilaciones tanto en la trayectoria del chorro como en el comportamiento del índice espectral a lo largo del mismo; el cuásar 3C454.3, cuyo chorro relativista muestra una curvatura dependiente de la frecuencia; la radiogalaxia 3C120, para la que se ha obtenido una cota superior del tamaño angular del núcleo (54 microsegundos de arco), que corresponde a un tamaño lineal de 0.025 parsec (figura 2). Se han realizado también las primeras observaciones en polarización a 86 GHz que permitirán establecer límites en los tamaños de las pantallas de Faraday responsables de los efectos de depolarización.

Observaciones de flujos bipolares

En particular, se ha podido estudiar la nebulosa Orion-KL. Es una de las regiones de formación estelar más masivas y más cercanas. Muestra la existencia de flujos muy energéticos asociados con protoestrellas. En el centro de la región hay un cúmulo luminoso de fuentes infrarrojas y, a una distancia de 0.5 segundos de arco, una región intensa de emisión máser SiO en cuyo centroide reside una fuente de radiocontinuo que probablemente es una estrella joven masiva muy caliente. Observaciones de VLBI realizadas a 43 y 86 GHz

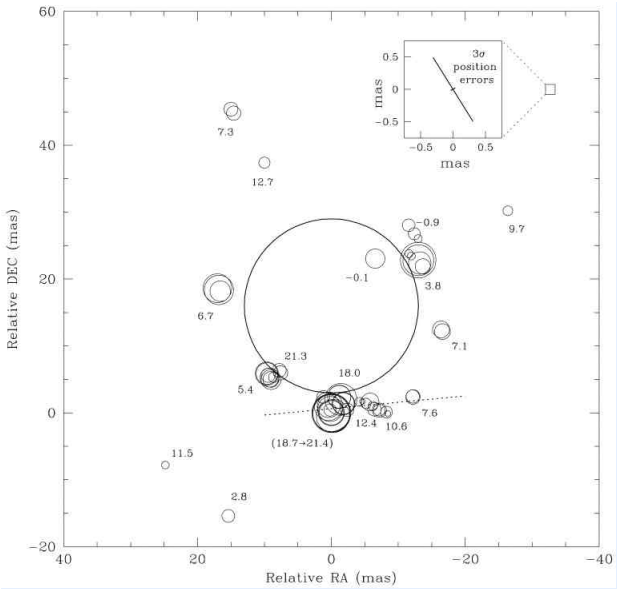


Figura 4: Localización y densidad de flujo de los máseres de SiO a 86 GHz en la envoltura circumestelar de VX Sgr. La intensidad de cada región máser es proporcional al radio del círculo que la representa. Se muestra también el disco de VX Sgr, con un diámetro de 26 milisegundos de arco (Doeleman et al. ApJ (1998) 494, 400-408)

(figura 3) indican que la emisión máser se origina en un flujo bipolar y no en un disco protoestelar en rotación. La emisión máser a ambas frecuencias parece originarse en las paredes externas del flujo bipolar aunque no son co-espaciales, lo que muestra que aunque están afectados por un campo de velocidades a gran escala muy similar, están trazando condiciones físicas diferentes.

Observaciones de envolturas circunestelares

Los máseres circunestelares están normalmente asociados con estrellas de tipo tardío. Los máseres de agua y OH se originan en las envolturas circunestelares. Sin embargo, la emisión máser de SiO se origina dentro de la capa de polvo, cerca de la fotosfera. Los máseres de SiO se suelen agrupar en configuraciones de tipo cáscara esférica, centradas en la estrella, con columnas de amplificación tangenciales. Son variables en intensidad, estructura y polarización, y el mecanismo de bombeo no está todavía confirmado. Las observaciones de máseres con VLBI a 43 y 86 GHz han permitido a los astrónomos acercarse a las regiones más internas de las envolturas estelares, muy cerca de sus fotosferas.

Hasta la fecha ha podido estudiarse una pequeña muestra de envolturas de estrellas evolucionadas. Citamos los resultados más relevantes:

- VX Sgr es una estrella de tipo tardío con un radio muy grande, del orden de 22 unidades astronómicas (UA). Las regiones emisoras máser están distribuidas en una estructura tipo anillo con un radio del orden de 50 UA (2 radios estelares; véase figura 4) y tienen un tamaño angular superior a 0.1 milisegundos de arco (0.16 UA). VX Sgr es peculiar porque presenta en la región sur del anillo un gradiente de velocidades (0.6 km/s/UA) que puede ser característico de una rotación rígida de la estrella o de movimientos sistemáticos en la atmósfera estelar probablemente asociados con fenómenos de pérdida de masa.
- R Aqr es la binaria simbiótica más próxima. El anillo de máseres tiene un tamaño de dos radios estelares y presenta un hueco persistente con el tiempo, perpendicular al chorro óptico y radio. Además, el anillo presenta signos de rotación.
- Mira es un sistema binario formado por una

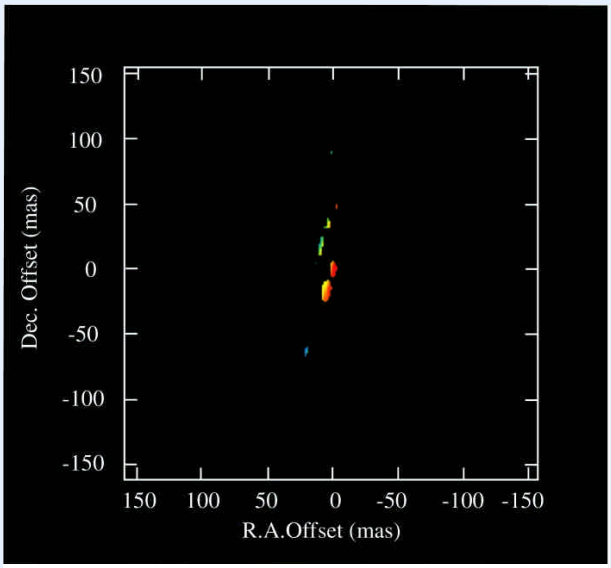


Figura 5: Imagen en intensidad total de los máseres de SiO a 86 GHz hacia Mira (Phillips & Boboltz, AJ (2000) 119, 3015-3018).

gigante roja pulsante (Mira A) y una compañera caliente (Mira B). Como muestra la figura 5, los máseres están distribuidos en una estructura de orientación Norte-Sur, con un tamaño de 1.5-2 radios estelares (7-8 UA). La estructura del anillo de máseres varía con el tiempo.

- R Cas es una binaria formada por una gigante roja tipo Mira y una compañera muy débil. El anillo de máseres tiene un tamaño de 1.5 a 2 radios estelares. Observaciones multiépoca no muestran indicios de rotación de la envoltura.

Observaciones del Centro Galáctico

Las observaciones de VLBI a longitudes de onda centimétricas han mostrado que SgrA* es una radiofuente compacta en el centro de nuestra galaxia, con un espectro invertido, variable en densidad de flujo, y observado con un tamaño angular que es proporcional a la longitud de onda al cuadrado. Este resultado se ha interpretado considerando que la estructura que detectamos para SgrA* no es su estructura intrínseca sino la imagen resultado de la interacción de su emisión radio con los electrones interestelares de la región interna de la Galaxia (lo que técnicamente se conoce como el "disco de scattering"). La determinación de la estructura intrínseca de SgrA* es un reto importantísimo en orden a determinar su mecanismo de emisión y mm-VLBI ofrece la oportunidad de conseguirlo. De hecho, ya se han obtenido las primeras detecciones de SgrA* con VLBI a 86 y 215 GHz (figura 6). La primera detección a 215 GHz con la línea de base entre Pico Veleta y Plateau de Bure establece un tamaño angular de 110±60 microsegundos de arco para SgrA* que corresponde a un tamaño lineal de 17±9 radios de Schwarzschild para un agujero negro de 2.6 millones de masas solares.

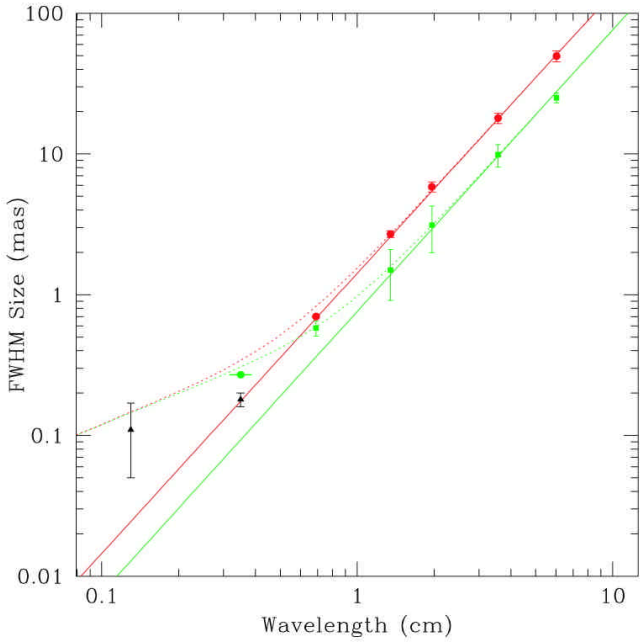


Figura 6: Tamaño angular de SgrA* frente a la longitud de onda. La línea recta traza el tamaño del disco de *scattering* (Doeleman et al. AJ (2001) 121, 2610-2617).

Perspectivas de futuro

Gracias al incremento de velocidad de los sistemas de grabación de datos y al uso de anchos de banda mayores, a la incorporación a las redes interferométricas de los grandes telescopios milimétricos (Pico Veleta, Plateau de Bure, Heinrich Hertz Telescope en Arizona, los interferómetros BIMA y OVRO en fase, Green Bank), a la introducción de correcciones atmosféricas a la fase interferométrica, a la mejora de la calibración y funcionamiento de los telescopios actuales, será posible en el futuro cercano empujar la sensibilidad de las observaciones de VLBI a 86 GHz al límite del mJy. Con esta sensibilidad, será posible tanto estudiar la emisión compacta no térmica como la emisión térmica que se hace dominante a frecuencias altas.

No sólo eso: los primeros pasos en la realización de observaciones de VLBI a 147 y 215 GHz se están dando ya hoy en día. La incorporación en el futuro de telescopios muy sensibles a esas longitudes de onda como ALMA (con todas las antenas en fase) y LMT (*Large Millimeter Telescope)* permitirá obtener franjas interferométricas transcontinentales y alcanzar una resolución angular inimaginable (¡24 microsegundos de arco!).

Dossier

EL GLOBO ESTRATOSFÉRICO: PECULIAR HERRAMIENTA DE LA MODERNA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA ESPACIAL

Lola Sabau Graziati
Jefa del Área de Cargas Útiles e Instrumentación (INTA)

Sin ningún motor, ningún combustible, con riesgo de avería prácticamente nulo. Su estructura es extremadamente simple: un poco de gas contenido en una gran bola de material plástico. Son fenómenos naturales los que aportan su fuerza motriz: el principio de Arquímedes lo eleva, los vientos lo empujan y la gravedad lo devuelve al suelo. ¿Se puede imaginar un vehículo más simple que un globo?

El globo es el vehículo espacial más ecológico, sencillo, rentable y económico de cuantos pueden utilizarse para realizar investigación espacial tanto científica como tecnológica . Permite situar experimentos científicos en el entorno terrestre y también, actualmente, en el ambiente planetario.

¿Qué utilidad investigadora puede dar un globo que se mueve libremente dentro del viento? ¿A qué altitud se eleva y durante cuánto tiempo permanece en el aire?.

Convirtamos el globo en una plataforma espacial. Supongamos nuestra carga útil unida por una cadena de vuelo a una gran envolvente de polietileno, un material plástico translúcido que se presta bien a la confección de láminas muy delgadas (0,025 o 0,015 mm de espesor) y muy ligeras (15 o 25 g/m^2). Esta envolvente, que adopta la forma de una gota de agua apuntando al suelo, está provista de unas mangueras para el inflado del gas y de unas válvulas para la evacuación del gas sobrante. Existe una extensa gama de envolventes de volumen comprendidos entre 3.000 y 1.000.000 m^3. En la cadena de vuelo están insertados todos los elementos necesarios para su control: telecomando de separación del sistema globo-carga útil, paracaídas, barquilla de servicios operacionales, radar reflector, balizas, radares transpondedores y finalmente la carga útil conteniendo las experiencias científicas con sus correspondientes telemedidas.

Para el llenado del globo se utiliza un gas, hidrógeno o helio, menos denso que el aire cuya densidad, presión atmosférica e incluso temperatura disminuyen cuando se aleja del suelo. En el transcurso de su ascensión, la envolvente encuentra una presión atmosférica cada vez más débil, como consecuencia el gas interior se dilata progresivamente. En previsión de esta inevitable dilatación es por lo que se utilizan envolventes de dimensiones muy grandes, 100 o 200 veces más voluminosas que la bolsa inicial de gas. La subida se va produciendo a medida que la envolvente se va llenando. En el momento en que esto ocurre, toda dilatación suplementaria provoca obligatoriamente una expulsión, por las válvulas de evacuación, del excedente del gas portador, y por tanto una disminución de la fuerza ascendente. Así, de manera natural se produce un equilibrio entre el empuje ascensional de Arquímedes y el peso total del aeroestato (envolvente+gas+carga útil). El globo ha llegado a su techo y a partir de ese momento se mueve libremente impulsado tan solo por la fuerza de los vientos, a altitud prácticamente constante, durante un cierto periodo de tiempo que dependerá del tipo de globo que estemos considerando. Así por ejemplo, los "*globos estratosféricos abiertos*" (denominados así porque son capaces de alcanzar la estratosfera y porque van provistos de válvulas para evacuar gas al exterior), son vehículos que pueden transportar hasta 40 Km de altura, durante varías horas (aprox. 24h), una carga de algunas toneladas de peso. La finalización del vuelo dependerá fundamentalmente de la decisión del equipo

Lanzamiento carga útil científica. Campaña de globos de León INTA-CNES 1998.

investigador que, una vez concluido el periodo de tiempo previsto para la toma de datos, enviará a través de los operadores, la orden de separación del sistema envolvente/cadena de vuelo, iniciándose de manera controlada, el suave descenso, mediante paracaídas, de la carga útil al suelo en la zona de seguridad previamente elegida.

Las principales disciplinas científicas que utilizan el globo como plataforma espacial son: la Astronomía, las Ciencias de la Atmósfera, el estudio de plasmas, la Biología, el estudio del campo magnético terrestre, la Planetología, sin olvidar su gran utilidad para probar nueva tecnología (subsistemas, células solares, sensores...etc) que posteriormente volará en satélites. La comunidad científica elige la utilización del globo para el desarrollo de su experimentación en función de las grandes ventajas que este vehículo le ofrece en relación con otras plataformas espaciales a su alcance.

La posibilidad de situar instrumentación científica por encima de las capas densas de la atmósfera interesa particularmente a la Astronomía. En efecto, las altitudes alcanzables (40 Km) permiten a los instrumentos librarse en gran parte de la pantalla atmosférica. La atmósfera es prácticamente opaca a la mayor parte de la radiación de altas energías y tan solo permite algunas ventanas concretas en el infrarrojo.

Estas altitudes de vuelo son muy apropiadas para las experiencias biológicas interesadas en conocer el efecto de la radiación cósmica sobre los organismos vivientes. La posibilidad de efectuar medidas in situ de parámetros físicos característicos del medio interesa especialmente a las Ciencias de la Atmósfera. Permite determinar la concentración o relación de concentraciones de ciertos constituyentes estratosféricos así como sus variaciones. Puede estudiarse igualmente su dinámica midiendo directamente perfiles del viento y temperatura. El análisis de las trayectorias permite conocer el movimiento de las masas de aire lo cual tiene una gran importancia para los especialistas en Meteorología y Aeronomía.

El interés de medidas in situ de componentes del campo magnético de origen externo se manifiesta igualmente en el estudio de la convección magnetosférica es decir, la circulación general de plasmas en el entorno terrestre. Este tipo de medidas alcanzan también notable interés en el estudio de campos eléctricos y su distribución. La utilización de globos para medir las anomalías del campo magnético terrestre a una altitud de 40 Km permite obtener información sobre la actividad convectiva del manto terrestre y sobre ciertas zonas tectónicas inaccesibles para datos magnéticos de satélites u observaciones desde el suelo.

El globo ha llegado a ser una herramienta original y apropiada para la exploración de la atmósfera de otros planetas, permitiendo poder embarcar diversos experimentos de teledetección. Existen otras ventajas de orden práctico que atraen sin duda la atención de los investigadores hacia este sencillo vehículo espacial:

- El globo es un medio económico para realizar experimentos científicos espaciales. Su costo es en la mayoría de los casos extremadamente módico comparado con el de satélites.
- El diseño y desarrollo de los experimentos carecen de restricciones en cuanto a peso, volumen y potencia. No se les exige, como en el caso de los satélites, ensayos de resistencia a la aceleración o vibración.
- El periodo de desarrollo del experimento es corto, pudiendo ser compatible en la mayoría de los casos con trabajos de jóvenes investigadores y se integran a menudo fácilmente en las líneas de trabajo de los laboratorios espaciales. Este periodo de preparación es sensiblemente inferior al de los experimentos de satélites.
- La posibilidad de recuperar y reutilizar la carga útil en la misma campaña o en vuelos posteriores desde el mismo o distinto punto geográfico.
- La complementariedad con las misiones de satélites, permite realizar medidas in situ coordinadas con las efectuadas por los satélites a distancia.
- La flexibilidad y simplicidad de las operaciones de lanzamiento que no requieren de infraestructuras específicas y pueden por tanto tener lugar en una gran diversidad de lugares según los requisitos científicos.

Podemos concluir que el globo es sobre todo un medio único de realizar medidas científicas in situ en la estratosfera, región inaccesible a los satélites y atravesada rápidamente por los cohetes de sondeo. Es complementaria a experiencias embarcadas en satélites o desde suelo. Permite transportar instrumentación compleja y bien calibrada, que permite validar las medidas de satélite. La posibilidad de efectuar un número importante de vuelos en un periodo relativamente corto (algunos meses, años) permite seguir la evolución de algunos fenómenos. La gran flexibilidad que proporciona su utilización, es muy apreciada para la realización de test tecnológicos de equipamientos de satélites en un entorno con condiciones que se aproximan a las de un vehículo en órbita.

Apuntes

Observación de fuentes lejanas a través de lentes gravitatorias

Ricardo Pérez
XMM-Newton Science Operation Centre (Villafranca del Castillo. ESA)

Una lente gravitatoria no es otra cosa que una distribución de masa que, debido a la fuerza de la gravedad, altera la trayectoria de los rayos de luz que pasan a través de ella o en sus inmediaciones.

Aunque ya en 1704 Isaac Newton sugirió la posibilidad de que se diera este fenómeno, fue a principios del siglo XX, con la aparición de la Teoría General de la Relatividad, cuando se comenzó a tener una comprensión global del comportamiento de la luz en un campo gravitatorio. De hecho, la primera confirmación observacional de esta teoría la aportó Arthur Eddington al medir la desviación de la luz a su paso por las cercanías del Sol durante el eclipse total de 1919 (Dyson et al. 1920).

Desde entonces, y sobre todo a partir de la identificación de la primera lente gravitatoria por Young et al en 1980, se ha producido un rápido desarrollo de la explotación tanto teórica como práctica de este fenómeno. Se ha mostrado útil en la determinación de la masa de cúmulos estelares y galácticos, con sus implicaciones en la búsqueda de materia oscura; en el estudio de la dinámica del halo de la Galaxia; en la determinación de los valores de algunos parámetros fundamentales del Universo, como la constante de Hubble, la constante cosmológica o el parámetro densidad y, entre otras cosas, en la observación de fuentes lejanas situadas tras la lente.

Fue Zwicky quien, en 1937, propuso por primera vez la utilización de las lentes gravitatorias como gigantescos telescopios naturales. Si se asume un espacio-tiempo plano, homogéneo e isótropo y si las distancias entre el objeto observado, la distribución de masa que actúa como lente y el observador son suficientemente grandes, entonces se puede considerar que ésta actúa como una lente delgada. Bajo esta aproximación se le puede asociar un índice de refracción y una ecuación de la lente siguiendo los razonamientos habituales de la óptica geométrica. La lente en cuestión presenta prácticamente todos los tipos de aberraciones posibles excepto la cromática, ya que el efecto de la gravedad sobre la luz no depende de la longitud de onda.

En la figura 1 se puede apreciar el efecto de una lente gravitatoria. Sobre una imagen óptica del cúmulo de galaxias Abell 2218 se ha sobreimpuesto un mapa de isofotas en 15 mm tomado por ISOCAM, uno de los instrumentos a bordo del *Infrared Space Observatory* (ver *Metcalfe et al 1999*). Sobre ambas imágenes se ha dibujado una red rectangular en azul. En la parte de la

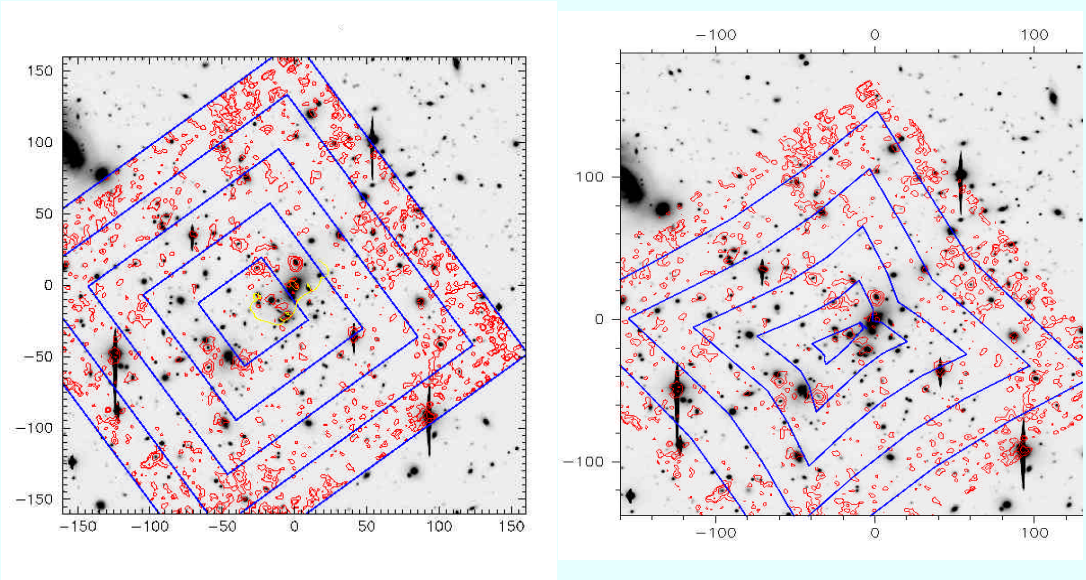


Figura 1: Una red rectangular en el plano fuente sobre un mapa óptico de A2218 en el que se ha sobreimpuesto un mapa de isofotas de ISOCAM a 15 µm. A la izquierda se muestra tal y como se observaría si no hubiese lente. A la derecha, tal y como se observa en realidad. (Metcalfe et al .1999).

Cortesía del HST-STScI

Figura 2: Imagen de A2218 tomada por el HST- WFPC2, (W. Couch). Se aprecian distintas fuentes distorsionadas por el efecto de la lente gravitatoria, incluso varios arcos.

izquierda se presenta la red tal y como se observaría normalmente, mientras que a la derecha se muestra cómo quedaría si se sustrajese el efecto de la lente. Cada una de las regiones sufre una ampliación distinta en función de su proximidad al núcleo del cúmulo. En concreto, para la zona más interior la ampliación es del orden de un factor 5, y en torno a 1.5 y 2 para el resto.

Esto implica al menos dos beneficios inmediatos: en primer lugar, la expansión aparente del área observada reduce la confusión entre fuentes próximas; en segundo, al aumentar el área que ocupa una fuente, y al conservarse el brillo superficial (por el teorema de Liouville), se produce un incremento en el flujo medido. Esto significa que fuentes con magnitudes aparentes por encima del límite de detección del instrumento pasan a ser observables. Además, el acromatismo de la lente gravitatoria garantiza que las distribuciones espectrales de energía conservan sus propiedades, tanto a alta resolución (espectros) como a baja (fotometría en distintos filtros), dejando intacta la información de interés astrofísico.

Basándose en este fenómeno se han realizado varias exploraciones a través de los cúmulos de galaxias A2390, A2218, y A370 (dentro del programa ARCS, liderado por Leo Metcalfe) y de CL0024 (datos públicos del programa “Arclets”, propuesto por Y. Mellier), en el marco del bloque de cosmología de ISO. Estos cúmulos son conocidos por actuar como lentes gravitatorias y a priori ofrecían la posibilidad de observar fuentes débiles con desplazamientos al rojo relativamente altos. En las observaciones se usaron los filtros en 6.7 µm y 14.3 µm de ISOCAM en modo mosaico para poder cubrir sectores suficientemente grandes de los campos seleccionados a las profundidades necesarias. En concreto, para el caso del filtro a 6.7 µm, se alcanzaron sensibilidades límite que van desde los 52 mJy para A2390 hasta los 215 mJy para CL0024 con completitud del 80%.

Este nivel de profundidad ha permitido detectar alrededor de 200 fuentes en los cuatro cúmulos, de las cuales 63 son objetos situados detrás de ellos. Estos objetos posteriores tienen un desplazamiento al rojo medio de 0.7 y la energía emitida por todos ellos da cuenta de la mayor parte de la radiación infrarroja de fondo observada a 15 µm. Además, estudios complementarios en distintos rangos espectrales indican que estas fuentes son galaxias muy oscurecidas en las que se desarrollan procesos muy energéticos (AGNs, brotes de formación estelar...). Así, los fotones de frecuencias altas son absorbidos por el material circundante y reemitidos en la banda infrarroja.

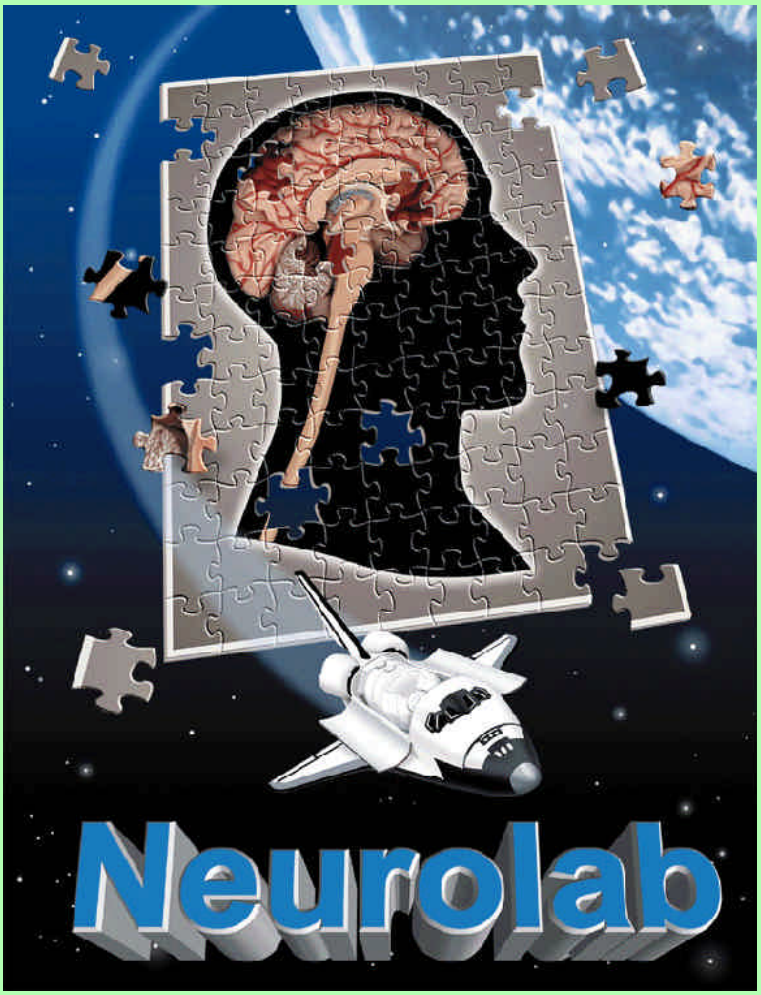
Estos resultados tan prometedores invitan a seguir con la explotación de este fenómeno natural y su uso para observar fuentes lejanas, no sólo por su capacidad para resolver la radiación difusa, sino también por su aportación de información relevante sobre cómo era el Universo a desplazamientos al rojo significativos. Además, el hecho de observar a través de cúmulos proporciona gran cantidad de datos sobre ellos, permitiendo extender el estudio de su dinámica, características físicas, etc.

Charlas

Benjamín Montesinos Comino

PARTNeR: A radiotelescope for educational use
Olga Suárez Fernández
LAEFF

Spaceflight-induced changes in the synaptic circuitry of the cerebral cortex
Javier de Felipe
Instituto Ramón y Cajal, CSIC, Madrid



Astronoticias

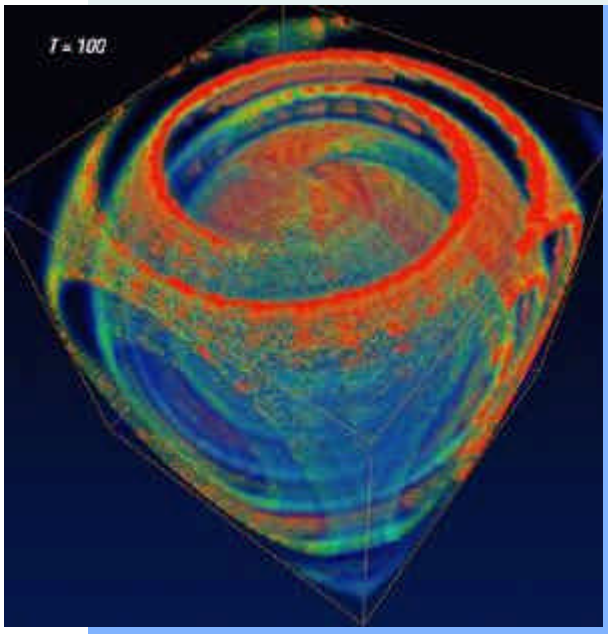
Recopilación de Itziar de Gregorio y Bruno Merín

PLANETAS EN SISTEMAS BINARIOS

Impresión artística. Cortesía de Gary Tonge

Astrónomos del proyecto "McDonald Observatory Planet Search" han encontrado un planeta extrasolar girando alrededor de una de las estrellas del sistema binario Gamma Cephei. Dicho planeta tiene 1.76 veces la masa de Júpiter y la estrella principal, alrededor de la cual orbita, tiene 1.59 veces la masa de nuestro Sol. La distancia entre las dos estrellas de este sistema binario es relativamente pequeña, de unas 25 a 30 UA. Por ello, este descubrimiento es sumamente interesante, pues se pensaba que las perturbaciones gravitatorias a las que estaría sometido un planeta en un sistema binario tan cercano entre sí, podrían afectar al proceso de formación planetaria. Así, el hallazgo de un planeta en un sistema binario de estas características amplía en gran medida el número teórico de exoplanetas en el Universo, pues la mayoría de las estrellas viven en sistemas binarios.

A LA CAZA DE ONDAS GRAVITATORIAS



Simulación, cortesía de equipo Lazarus

Las ondas gravitatorias, pronosticadas por el propio Einstein, son un tipo de radiación producida por objetos muy masivos en movimiento. Este tipo de ondas no interactúa fuertemente con la materia, como la radiación electromagnetica. Sin embargo, pueden alterar la distancia entre los objetos. La fusión de agujeros negros, galaxias y estrellas de neutrones, o las explosiones estelares masivas, pueden producir ondas gravitatorias. Por ello, un equipo de científicos denominado "equipo LAZARUS" ha desarrollado un modelo basado en las ecuaciones de Einstein que simula la fusión de dos agujeros negros, pronosticando la perturbación del tejido espacio-temporal así como la producción de ondas gravitatorias.

Existen varios proyectos para la futura detección de este tipo de ondas: el *Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory* (LIGO), que podrá detectar las ondas gravitatorias producidas por agujeros negros de tamaño estelar, y el *Laser Interferometer Space Antenna* (LISA), capaz de detectar las ondas producidas por agujeros negros supermasivos.

Astronoticias

Impresión artística, cortesía de BBCMUNDO.com

VELA SOLAR EN EL ESPACIO

Según la *Planetary Society,* la próxima primavera será lanzado al espacio el satélite *Cosmos Sail*, que desplegará una vela para comprobar la influencia de los fotones solares sobre ella. Además se lanzará un rayo de microondas hacia el vehículo para medir el cambio de órbita que experimentará el satélite gracias a este método. Dicho rayo será enviado desde la antena de 70 metros de Goldstone (NASA). Aunque se espera que el empuje suministrado por el rayo de microondas sea pequeño en comparación con el proporcionado por los fotones solares, en el futuro, ambos métodos se podrían utilizar para modificar las órbitas de los satélites terrestres, enviarlos a distancias mayores con más carga, mantenerlos más tiempo en el espacio y, en general, abaratar los costes de este tipo de maniobras espaciales.

Impresión artística. Cortesía de B.E. Johnson

LA LUNA Y EL ORIGEN DE LA VIDA EN LA TIERRA

El científico John Armstrong, de la Universidad de Washington, opina que en nuestro satélite se podrían encontrar fragmentos de rocas terrestres mucho más antiguas que las que podríamos encontrar en nuestro propio planeta. En estos fragmentos podría haber información sobre el origen de la vida en la Tierra. Hace 3900 millones de años, la Tierra fue bombardeada por gran cantidad de asteroides y cometas. En algunos casos el impacto lanzó fragmentos de la superficie terrestre fuera de su campo gravitatorio, alcanzando la Luna. La actividad tectónica de la Tierra ocultó cualquier indicio de la vida más primitiva. Por ello la Luna sería un laboratorio ideal para buscar los fósiles terrestres más antiguos. Así pues la ciencia tiene otro motivo más para proponer el retorno del hombre a nuestro satélite más cercano.

Astronoticias

EVIDENCIAS DE LA EXISTENCIA DE UN AGUJERO NEGRO EN EL CENTRO DE NUESTRA GALAXIA

Un equipo internacional de astrónomos, con ayuda del telescopio VLT YEPUN, ha determinado la órbita de una estrella alrededor del agujero negro supermasivo que parece encontrarse en el centro de nuestra galaxia. Se trata de la estrella S2 y, hasta ahora, es la estrella más próxima a Sagitario-A (radiofuente compacta candidata a agujero negro). Las medidas de la velocidad de las estrellas cercanas al centro galáctico y la emisión en rayos-X han servido de indicio a la existencia de un agujero negro supermasivo en el núcleo de nuestra galaxia. El nuevo descubrimiento refuerza la idea cada vez más aceptada de la presencia de este agujero negro central, mientras que ayuda a excluir la posibilidad de que la masa oscura central se deba a un grupo de estrellas inusuales o partículas elementales.

Telescopio Cherenkov. Cortesía proyecto HESS

IMPULSO A LA ASTRONOMÍA DE RAYOS GAMMA

Se está construyendo el "High Energy Stereoscopic System" (HESS), un conjunto de cuatro telescopios de rayos gamma de última generación, que pretende estar operativo a finales del 2003. El lugar elegido para su ubicación ha sido Namibia, debido a sus excelentes condiciones atmosféricas, ideales para el estudio de este tipo de fenómenos. Se trata de una colaboración euroafricana que pretende utilizar la atmósfera terrestre como parte del detector, ya que, los rayos gamma son absorbidos por ésta, creándose una cascada de electrones y positrones que emiten pequeños estallidos de luz, en un proceso denominado radiación Cherenkov. El HESS será sensible a este tipo de radiación, y con él se pretende estudiar distintos fenómenos emisores de radiación gamma, como restos de supernovas, púlsares y núcleos galácticos activos, así como los procesos por los que las partículas se aceleran y emiten en gamma frecuencias.

Impresión artística. Cortesía de Gary Tonge

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	barrado
Álvaro Giménez Cañete	155	ag
José Francisco Gómez Rivero	267	jfg
Javier Gorosabel Urkia	138	jgu
Miguel Mas Hesse	196	mm
Benjamín Montesinos Comino	195	bmm
Carmen Morales Durán	188	morales
Lourdes Sanz F. de Córdoba	193	lourdes
Enrique Solano Márquez	154	esm
María Rosa Zapatero Osorio	309	mosorio

Postgraduados:

María Carmen Blasco Fuertes	264	cblasco
Itziar de Gregorio Monsalvo	194	itziar
Oscar Delgado Mohatar	264	oscar
Albert Domingo Garau	266	albert
Cristina García Miró	138	cgm
Beatriz González García	138	bmgg
Raúl Gutiérrez Sánchez	260	raul
Elena Jiménez Bailón	266	elena
Bruno Merín Martín	194	bruno
Carlos Rodrigo Blanco	264	crb
Celia Sánchez Fernández	163	celia
Olga Suárez Fernández	263	olga

Personal Administrativo:

Margie Guitart Martín	161	margie
Concha Prieto Alas	234	concha

Servicios Informáticos:

Jesús García Jiménez	263	jess
Juan Martínez Pacheco	260	juanmp

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.

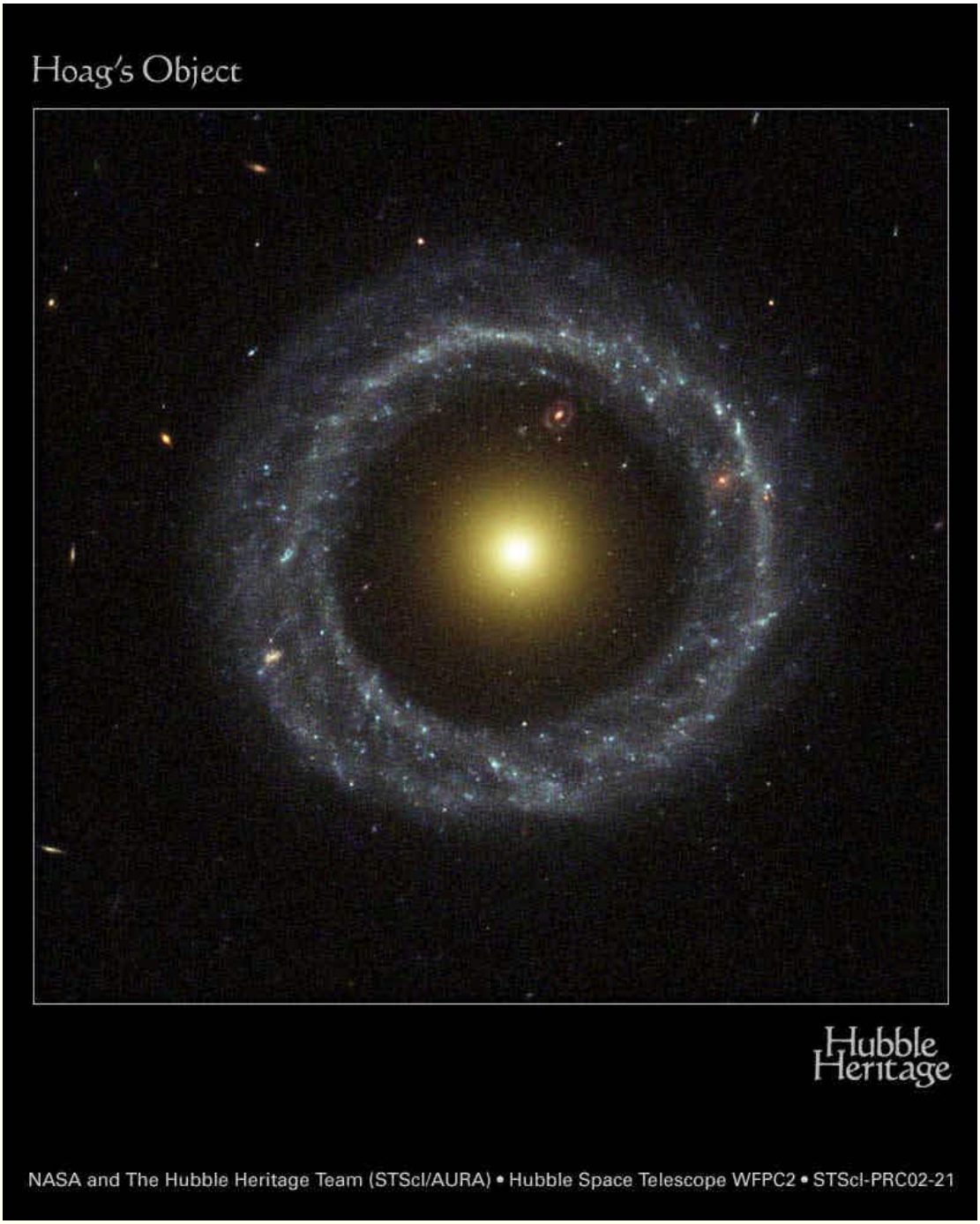
ÚLTIMA

REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ASTRONOMÍA

Durante el pasado mes de septiembre, la Sociedad Española de Astronomía ha celebrado su quinta reunión científica, coincidiendo con su décimo aniversario, en la ciudad de Toledo. En esta ocasión, más de 250 miembros de la asociación participaron en el encuentro, un record absoluto. Una vez más, queda claro que la SEA, por número de asociados, diversidad de los centros donde trabajan y participación de los mismos, es la representante por antonomasia de la Astronomía profesional en España.

Durante los cinco días que duró la reunión, se celebraron diversas sesiones dedicadas a temáticas tan amplias como Física Estelar, Galaxias y Cosmología, archivos en Astrofísica, Novas y Supernovas, instrumentación astronómica, Atmósferas Planetarias y el Sistema Solar. Además, se realizó un simposio sobre ALMA (*Atacama Large Millimiter Array*), se discutió sobre la instrumentación del GTC, se presentaron los nuevos proyectos aprobados por el Plan Nacional de Astronomía y Astrofísica, y hubo sesiones plenarias dedicadas a temas candentes, incluyendo charlas invitadas impartidas por científicos nacionales y extranjeros de reconocido prestigio.
Entre los invitados se encontraba Virginia Trimble, una figura ya histórica que sigue investigando y enseñando de manera activa. Entre su labor, destaca el resumen anual que realiza sobre la Astronomía a nivel mundial en la revista PASP. La reunión le dejó una grata impresión sobre su nivel científico y personal, a juzgar por los bailes que tanto ella como un gran número de participantes se marcaron durante la cena conmemorativa. En definitiva, un encuentro muy productivo. Enhorabuena a los comités científico y local.

Galería



Art Hoag descubrió en 1950 esta galaxia. Un anillo dominado por estrellas azules jóvenes rodea la zona central llena de estrellas rojas probablemente envejecidas. Entre el anillo y el centro hay un hueco bastante oscuro. Se desconoce el origen de esta galaxia, y de muchas otras similares llamadas "galaxia anillo", aunque su formación podría estar relacionada con choques galácticos hace miles de millones de años. Esta fotografía ha sido tomada en julio de 2001 con el telescopio espacial Hubble. Curiosamente, en el anillo oscuro hay otra "galaxia anillo" a una distancia mucho mayor que el objeto de Hoag.

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