



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. 39. Junio 2004

**Acerca de la aparente facilidad
de las explicaciones
en Astrofísica estelar**

Fuentes transitorias de rayos X blandos

El LAEFF en la IV Feria de Madrid por la Ciencia

ENVISAT cruza su ecuador

El tránsito de Venus

Se inicia la construcción del interferómetro Allen

**El Telescopio Espacial Spitzer detecta materia
orgánica en regiones de formación estelar**

El HST revela la estructura interna del "rectángulo rojo"

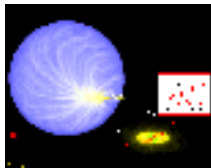
Primer disco de acrecimiento en torno a una estrella masiva

Las enanas marrones son el eslabón entre las estrellas y los planetas gigantes

SUMARIO



Venus durante su tránsito por delante del Sol el pasado día 8 de junio. El disco de Venus ocultó aproximadamente durante seis horas algo menos de una milésima de la superficie del disco solar. La imagen es una de las muchas obtenidas desde Setúbal por el equipo de VILSPA (ver página 18 de este número) y enviadas vía telefonía móvil GPRS a Villafranca del Castillo.



Primera Plana

Fuentes transitorias de rayos X blandos

Celia Sánchez Fernández

3



La Tarima

Acerca de la aparente facilidad de las explicaciones en Astrofísica estelar

Rubens Freire Ferrero

6



Dossier

ENVISAT cruza su ecuador

Eduardo de Miguel Llanes

11



Apuntes

El LAEFF en la IV Feria de Madrid por la Ciencia

Benjamín Montesinos Comino

14



Astronoticias

Se inicia la construcción del interferómetro Allen

El Telescopio Espacial Spitzer detecta materia orgánica en regiones de formación estelar

El HST revela la estructura interna del "Rectángulo Rojo"

Las enanas marrones son el eslabón entre las estrellas y los planetas gigantes

Primer disco de acrecimiento en torno a una estrella masiva

Tránsito de Venus

16

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.



Fuentes transitorias de rayos X blandos

Celia Sánchez Fernández
ESA

Las fuentes transitorias en rayos x blandos son un subgrupo de binarias de rayos X de baja masa, caracterizados por experimentar erupciones esporádicas, a veces recurrentes, en los que el brillo del sistema aumenta en varios órdenes de magnitud, separadas por largos periodos de inactividad. En este artículo revisamos sus propiedades más generales.

¿Qué son los sistemas binarios de rayos X?

Las binarias de rayos X son las fuentes X más brillantes de nuestra galaxia. Aunque históricamente fueron detectadas primero en esta longitud de onda, en realidad pueden emitir radiación en prácticamente todo el espectro electromagnético, desde radio a rayos X.

Las binarias de rayos X son sistemas dobles en los que una estrella 'normal' y un objeto compacto (agujero negro o estrella de neutrones) orbitan en torno al centro de masas del sistema debido a su atracción gravitatoria mutua; dada la proximidad entre ambos objetos, es posible que una cierta cantidad de gas circunestelar, o parte de la envoltura estelar de la estrella compañera

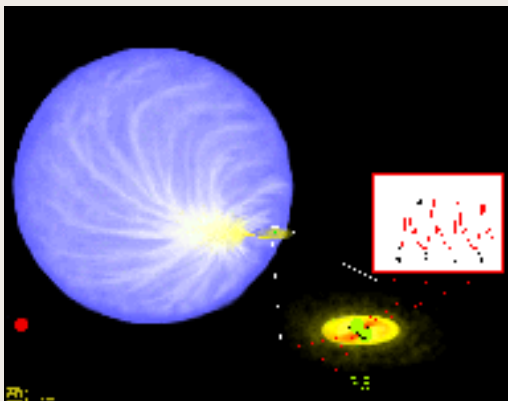


Figura 1: Sistema binario de alta masa

entre en la zona de influencia gravitatoria del objeto compacto y sea atraída hacia la superficie de éste. En el proceso de acrecimiento de materia por el objeto compacto, parte de la energía potencial gravitatoria de la materia acrecida es disipada en forma de radiación electromagnética.

Clasificación de las binarias de rayos X

La naturaleza de la estrella compañera determina la modalidad de transferencia de masa al objeto compacto, así como las propiedades ópticas del sistema. Los sistemas binarios de rayos X se han clasificado históricamente en función de la masa de la estrella compañera en dos grupos: sistemas de alta y baja masa.

1. Binarias de rayos X de alta masa

Las binarias de rayos X de alta masa (figura 1) son sistemas jóvenes, con edades típicas de 10^7 años, fundamentalmente localizados en el plano galáctico, en los que un objeto compacto, generalmente una estrella de neutrones, orbita una estrella masiva ($M > 10 M_{\text{sol}}$) de tipo espectral temprano (O/B). En estos sistemas, la emisión óptica está dominada por el brillo intrínseco de la estrella masiva. La transferencia de masa al objeto compacto se produce mediante vientos estelares, que arrancan de la superficie de la estrella joven 10^{-6} - $10^{-10} M_{\text{sol}}$ /año. El campo magnético de la estrella de neutrones suele ser generalmente intenso y canaliza el flujo de materia hacia los polos magnéticos, donde la materia acrecida, al chocar contra la superficie de la estrella de neutrones, convertirá su energía potencial gravitatoria en energía térmica.

Primera Plana

2. Binarias de rayos X de baja masa

Las binarias de rayos X de baja masa (figura 2) son sistemas más viejos, con edades que en algunos casos pueden llegar a los 10^9 años, en los que la estrella compañera tiene tipos espectrales más tardíos que A, y masas $M < 1 M_{\text{sol}}$. La distribución espacial de estos sistemas está concentrada hacia el centro galáctico. Las estrellas de tipo espectral tardío no poseen vientos estelares capaces de alimentar la fuente de rayos X y en este caso la transferencia de materia se produce cuando la estrella compañera, al evolucionar en la Secuencia Principal, alcanza la superficie equipotencial de Roche. Ésta es la superficie equipotencial más pequeña que envuelve a los dos objetos. En ella existe un punto crítico, el punto interno de Lagrange, a través del cual la materia puede ser transferida desde la estrella compañera al objeto compacto.

Debido a la rotación de las estrellas del sistema, la materia transferida posee un cierto momento angular comparable al momento angular orbital, de modo que no puede caer directamente sobre el objeto compacto, y comienza a orbitarlo a una distancia determinada por su momento angular. La fricción entre anillos adyacentes, a través de procesos hidrodinámicos y magnetohidrodinámicos provoca una redistribución de momento angular, así como la disipación de energía cinética y su conversión en energía térmica, ($T \sim r^{-3/4}$, siendo r la distancia al objeto compacto) que es radiada al exterior como energía electromagnética. El resultado de ambos

procesos es que la materia comienza a caer en espiral hacia el objeto compacto y se forma un disco de acrecimiento en el que cada anillo disipa energía en forma de radiación electromagnética, con una frecuencia dependiente de la distancia al objeto compacto. Este modelo de disco se conoce como modelo de disco delgado, y fue propuesto en 1973 por Shakura y Sunyaev.

En general, los discos de acrecimiento en binarias de rayos X de baja masa emiten radiación en un rango de frecuencias que va desde el óptico hasta los rayos X blandos ($E \leq 2$ keV). Para una representación esquemática de las distintas regiones de emisión en este tipo de sistemas, ver figura 2.

Los sistemas de rayos X de baja masa, presentan, además, emisión en rayos X duros ($E > 2$ keV), no térmica, que no puede ser explicada mediante disipación de energía en el disco de acrecimiento. Se cree que esta componente es el resultado de la interacción de los fotones procedentes del disco con una nube de electrones altamente relativistas (corona), situada por encima del disco de acrecimiento. Los electrones, acelerados por el intenso campo gravitatorio existente en las proximidades del objeto compacto, transferirían parte de su momento cinético a los fotones, aumentando su energía (efecto Compton inverso).

En algunas fuentes, se de-

tectan además chorros, altamente colimados, de materia con velocidades aparentes superluminales de radiación sincrotrón (*jets*) en radio, que han sido resueltos, en algunos casos, en un número de eyecciones de material relativista. A estas binarias de rayos X que presentan emisión de chorros relativistas se les conoce como *microcuásares*.

Sistemas transitorios en rayos X (blandos)

Los sistemas transitorios de rayos X blandos son un subgrupo de sistemas de rayos X de baja masa caracterizados por experimentar erupciones esporádicas, a veces recurrentes, en los que el brillo del sistema aumenta en varios órdenes de magnitud, separadas por largos periodos de inactividad.

En la figura 3 se representa la curva de luz en erupción del sistema transitorio XN 0620-00, en rayos X y óptico. Una erupción típica se caracteriza por un aumento brusco de brillo en todas

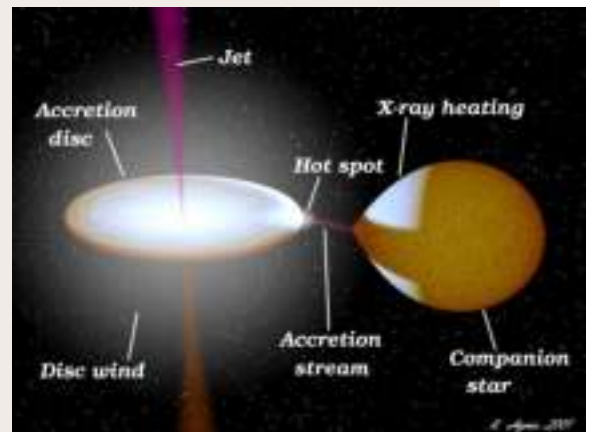


Figura 2: Representación de un sistema binario de rayos X de baja masa

Cortesía de Rob Hynes

Primera Plana

las longitudes de onda, en una escala de tiempo de 1-2 días, que convierte al sistema en una de las fuentes más brillantes del cielo en rayos X. Tras el máximo, el brillo del sistema decae exponencialmente durante los meses siguientes. En erupción, sus propiedades son esencialmente idénticas a las de los sistemas persistentes explicadas anteriormente, ya que la emisión está dominada por el disco de acrecimiento. Después de la erupción, una vez que el sistema vuelve a un estado de quietud, y la contribución del disco de acrecimiento deja de ser significativa, la estrella compañera comienza a ser detectable, ofreciendo la posibilidad, única entre los sistemas de baja masa, de obtener fotometría y espectroscopia precisa de la compañera. Esta información permite construir la curva de velocidades radiales del objeto compacto y así determinar su función de masas. Si la inclinación del plano orbital con respecto a la línea de observación es conocida, la función de masas define la masa del objeto com-

pacto de manera unívoca y nos permite establecer si la masa del objeto compacto excede la masa crítica para una estrella de neutrones ($\sim 3 M_{\text{sol}}$) estableciéndolo como firme candidato a agujero negro. Se ha observado que la mayoría de las fuentes transitorias de baja masa contienen agujeros negros, mientras que las fuentes persistentes suelen contener estrellas de neutrones.

Modelos de erupción

Actualmente, se acepta que las erupciones de SXTs se deben a un aumento brusco de la tasa de acrecimiento sobre el objeto compacto. Esto puede deberse un aumento en el flujo de materia a través del disco de crecimiento. En general, los datos observacionales favorecen el que la inestabilidad se produzca en el disco de acrecimiento. Según los modelos de inestabilidad térmica en el disco, el ritmo de acrecimiento de materia desde la estrella compañera al disco compacto es extremadamente bajo, de modo que la

densidad en el disco de acrecimiento es muy pequeña. La fricción entre anillos adyacentes será despreciable y por tanto, la disipación de energía en el disco también (disco "frío", de baja viscosidad).

El ritmo de acrecimiento de materia sobre el objeto compacto es, entonces, despreciable y la materia comienza a acumularse en el disco de acrecimiento, hasta que se alcanza una cierta densidad crítica que marca el inicio de una inestabilidad térmica (y viscosa). El origen de esta inestabilidad radica en el hecho de que la opacidad del hidrógeno aumenta muy rápidamente en respuesta a la temperatura, en un pequeño rango de temperaturas. Cualquier perturbación en el disco de acrecimiento que haga que se alcance la densidad crítica en un anillo dado, crea gradientes de temperatura que se propagan a través de todo el disco de acrecimiento, en forma de un frente caliente, que fuerza el disco a un estado ionizado, caracterizado por un ritmo de acrecimiento extremadamente alto, iniciando una erupción. A medida que el objeto compacto acrece materia, el disco se vacía, con lo que produce el decaimiento exponencial observado en las curvas de luz.

Celia Sánchez realizó la tesis doctoral "Multiwavelength observations of Galactic X-ray transients: a study from outburst to quiescence" en el LAEFF.

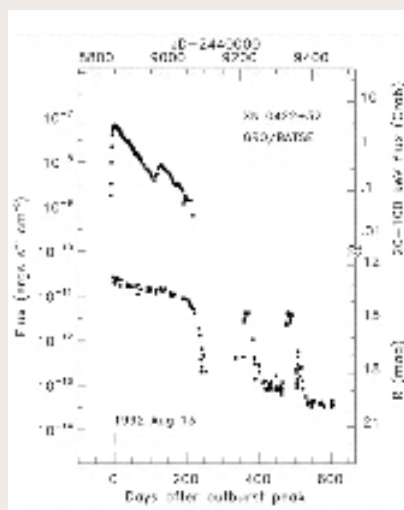


Figura 3: Curva de luz en rayos X y óptico del sistema transitorio XN 0422+32. La curva de luz presenta el comportamiento descrito en el texto: un aumento brusco de luminosidad en todas las longitudes de onda, seguido de un decaimiento exponencial en el brillo en los meses siguientes.

La Tarima

Acerca de la aparente facilidad de las explicaciones en Astrofísica estelar

Rubens Freire Ferrero
Observatorio Astronómico de Estrasburgo (Francia)

Los progresos realizados en Astrofísica desde hace un siglo, que se acompañan de otros muchos realizados en otras ciencias, ya no sorprenden como antes, casi diríamos que ni a los astrofísicos ni al público en general. Aún así, todos los días aprendemos algo nuevo, como si aceptáramos que se trata de algo muy natural actualmente, aunque seguramente seamos ya incapaces de seguir el ritmo de los descubrimientos, de las explicaciones e interpretaciones de nuevas y sofisticadas observaciones que se realizan con instrumentos cada vez más perfeccionados.

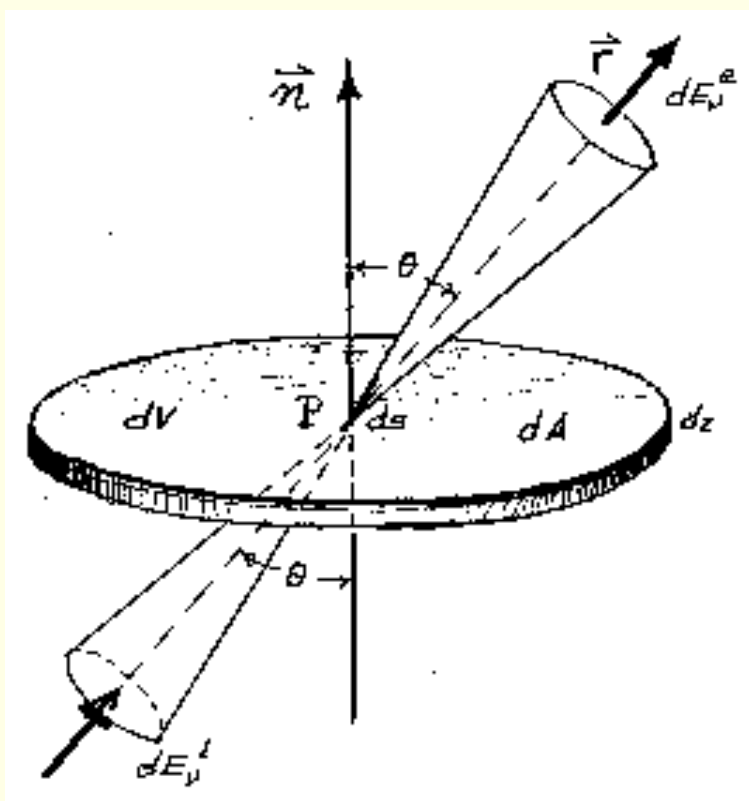


Figura 1: Dibujo esquemático para comprender cómo se deriva la ecuación de transporte radiativo

Refiriéndonos a un dominio relativamente clásico como es el de la astrofísica estelar, muchas de las ideas físicas y de los planteamientos teóricos básicos datan de hace por lo menos 50 años. Posteriormente se han ido perfeccionando, completando detalles que en un primer momento se consideraron que tenían un efecto secundario en las explicaciones de fenómenos globales observados en las estrellas. Esta necesidad de refinamiento fue también el resultado del desarrollo de detectores de mayor resolución angular y espectral y del acceso a estrellas cada vez más lejanas mediante el uso de telescopios de diámetros cada vez mayores o situados en el espacio.

De esta manera, hoy podemos explicar perfectamente muchos fenómenos estelares utilizando métodos directos (actividad estelar, vientos estelares, intercambio de materia entre componentes próximas en estrellas binarias) y deducir características inobservables por métodos indirectos (manchas superficiales como las solares, estructura interna de una estrella).

Pero, ¿será que estamos tan adormecidos o tan familiarizados con estos resultados frecuentes que ya hemos perdido la capacidad de maravillarnos por esta cualidad sorprendente que tienen las ciencias, y en particular la Física, de explicar de manera casi arrogante todos y cada uno de los fenómenos que observamos?

Ilustremos nuestro razonamiento con un ejemplo. La mayor parte de la información que nos permite estudiar los diferentes objetos astrofísicos, y en particular las estrellas, proviene de los espectros de la energía emitida por ellos en diferentes longitudes de onda (X, UV, luz visible, IR, radio) y cuya interpretación se realiza con la ayuda de la llamada *ecuación de transporte radiativo*, que abreviaremos como ETR en adelante:

$$\mu \frac{dI}{d\tau} = I - S$$

donde I es la intensidad de la radiación electromagnética, $\mu = \cos \theta$ y θ el ángulo que forma la normal a la superficie del medio con la dirección de la radiación, S es la función fuente que resulta de

dividir el coeficiente de emisión por el de absorción y τ es la llamada profundidad óptica, que depende del coeficiente de absorción y de la profundidad geométrica recorrida por la radiación en el interior de la materia considerada. Salvo μ , las demás variables dependen de la frecuencia de la radiación. En la figura 1 podemos ver un esquema que nos ayuda a comprender la geometría que se usa en la ETR.

Esta ecuación es fenomenológica y muy general, y establece cuáles son las interacciones entre la materia y la radiación: cuando la radiación atraviesa la materia, ésta puede absorber algo de radiación y también emitir de manera independiente o en función de la radiación que la atraviesa. Los valores de los coeficientes de absorción y de emisión dependen del tipo de materia de que se trate.

Ahora bien, ¿cuál no fue la sorpresa de los astrofísicos de mediados del siglo XX cuando descubrieron que la solución de la ETR, en el caso en que el coeficiente de absorción es constante y añadiendo la hipótesis que la atmósfera solar estuviera en equilibrio termodinámico, concordaba con las observaciones!

Es cierto que existían indicios desde casi principios del siglo XX de que el flujo solar en el visible se comportaba como el emitido por un *cuerpo negro* de casi 5800 K, que es por excelencia un cuerpo en equilibrio termodinámico. A partir de esto, nadie esperaba que se verificara que el fenómeno del *oscurecimiento del limbo* quedara perfectamente explicado a partir de la ETR. En la figura 2 se puede ver una imagen del Sol en la que este fenómeno es perfectamente visible: la intensidad de la radiación proveniente del borde del Sol –el limbo– aparece atenuada con respecto a la que se origina en el centro. Tampoco era esperable que la supuesta constancia del coeficiente de absorción correspondiera a una realidad, la de una fuente de opacidad desconocida entonces y que los astrofísicos contribuyeron a demostrar que se trataba del ion negativo del hidrógeno y no de un elemento químico desconocido. Y aún más: con esas simples hipótesis, los astrofísicos consiguieron establecer el primer modelo de fotosfera solar,

¿Cuál es la particularidad del lenguaje matemático que nos permite aprehender relaciones o generalidades insospechadas o que a primera vista nos resultaban ocultas o inexistentes en la Naturaleza?

es decir, conocer la distribución de temperatura, densidad y cantidad de partículas de diferentes tipos (electrones, protones, átomos) del gas que la compone a diferentes profundidades.

Obviamente, la ETR se aplica actualmente en condiciones mucho más generales y teniendo en cuenta muchos fenómenos de interacción entre la materia y la radiación, aunque en lo que respecta a los fenómenos ya descritos, la concordancia con las observaciones en el dominio visible es apenas un poco mejor que la obtenida hace cincuenta años.

¿No es verdad que esto resulta sorprendente? ¿Cuál es el misterio de esa concordancia sorprendente entre las observaciones de un fenómeno o característica solares y los resultados de una ecuación o de un modelo basado en varias ecuaciones? Pero lo que realmente es sorprendente es que las matemáticas que usamos en la Física se acomoden maravillosamente para resumir con un mínimo de símbolos el conocimiento relativo a una serie de fenómenos diversos, y que además nos permitan realizar predicciones sobre lo que observaríamos si ciertas condiciones se cumplieran en el futuro.

Dejemos aquí al lector un pequeño ejercicio de reflexión: el hecho de que podamos formular ecuaciones para explicar los fenómenos físicos, ¿es o no una condición necesaria y suficiente para que podamos prever el comportamiento futuro de ciertos fenómenos?

Volviendo al tema, ¿por qué el mundo real admite aparentemente una explicación lógica como la dada por los razonamientos basados en las ecuaciones usadas en la Física? ¿Cuál es la particularidad del lenguaje matemático que nos

permite aprehender relaciones o generalidades insospechadas o que a primera vista nos resultaban ocultas o inexistentes en la Naturaleza? Por supuesto que no se trata de magia alguna; tal vez, de relaciones o de adaptaciones particulares que resultan ser tan habituales que nos pasan desapercibidas.

Aunque las preguntas planteadas no tengan respuesta ni inmediata, ni única, ni precisa, podemos aventurarnos a dar algunos elementos suplementarios de reflexión. Es posible que los físicos y astrofísicos utilicemos sólo la parte de las matemáticas que se adapta convenientemente a nuestros problemas o a la manera en que nos los planteamos. Siguiendo con el ejemplo de la ETR, nos imaginamos una porción del medio astrofísico (gas, plasma) del cual tomamos una “rodaja” (ver figura 1): esquematizamos la radiación incidente con un vector dirigido hacia el centro de la “rodaja”. La dirección del vector atraviesa la “rodaja” de lado a lado: dado que la experiencia nos indica que la radiación puede ser atenuada por el medio material, como sucede cuando la atmósfera terrestre se presenta turbulenta o nebulosa, imaginamos un vector de intensidad emergente saliendo por el lado superior de la “rodaja”, en la misma dirección del incidente pero de módulo diferente.

Al establecer el balance entre la energía que entra y la que sale, teniendo en cuenta la que se absorbe y la que es emitida por el medio, obtenemos una ecuación en diferencias finitas. El paso al límite nos permite obtener la ecuación diferencial de primer orden que mostramos anteriormente. En el caso pues de la ETR, la transposición matemática del resultado del razonamiento se realiza *a posteriori* del análisis basado en la experiencia, es decir que sólo al final del proceso intelectual buscamos cuál será la ecuación que satisfaga nuestro razonamiento fenomenológico.

Lo que sigue siendo sorprendente es que después del paso al límite, la ecuación obtenida pueda aplicarse a cualquier medio, como si nuestro razonamiento inicial imaginando un medio constituido por trozos, capas o zonas, se acomodara casi perfectamente a lo que es un medio real cualquiera. En otras palabras, la idea de que un objeto

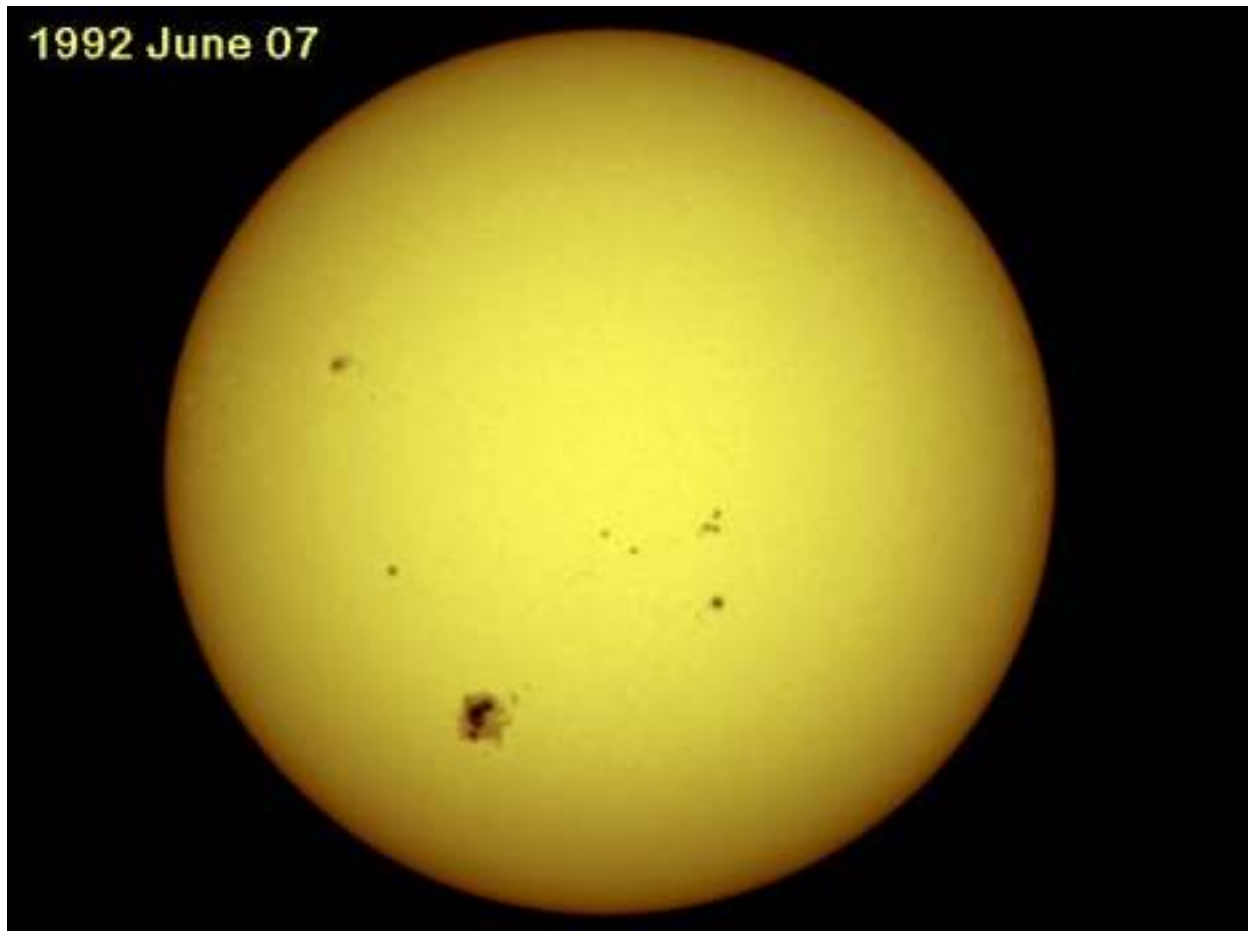


Figura 2: En las imágenes del Sol tomadas en luz blanca siempre se observa un oscurecimiento gradual si nos apartamos del centro del disco solar y nos movemos hacia los bordes. Este fenómeno se conoce como “oscurecimiento del limbo” ([imagen tomada de http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/surface.htm](http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/surface.htm))

cualquiera pueda descomponerse en trozos virtuales y a su vez éstos en otros más pequeños si fuera necesario, con el fin de interpretar procesos de interacción entre las partes, resulta de una extrapolación de nuestra experiencia limitada con objetos a nuestro alcance y no deja de ser un tanto gratuita y sin demostración general alguna.

No se trata de ninguna manera de una especie de inducción matemática, generalizando los métodos de descomposición de objetos a nuestro alcance a objetos fuera del mismo. Se trata de una

extrapolación incierta y seguramente imposible de verificar en todos los casos imaginables. Los detractores de estas ideas, siempre los hay y para todo, nos dirán que poco les interesan estas reflexiones dado que lo que importa a fin de cuentas es que si obtenemos un relativo acuerdo entre las medidas observadas de ciertas magnitudes físicas y los resultados de nuestras teorías o de modelos basados en ellas, entonces estamos validando simultáneamente los modelos, las teorías y nuestra manera de concebir cómo analizar los objetos y los procesos de la Naturaleza. Aunque en general

los científicos acepten que el proceso de verificación de teorías y modelos se apoye fundamentalmente en la comparación entre las observaciones y los cálculos teóricos, no parece oportuno confiar en que todo lo que imaginamos para llegar a establecer un ajuste adecuado entre ambos nos garantice efectivamente la validez de cada una de las etapas o de las ideas formuladas. Tildar a unos de optimistas o de irresponsables y a los otros de pesimistas, de meticulosos o de timoratos, no resuelve por cierto el problema.

Desde un punto de vista psicológico podemos imaginar que nuestro cerebro ha ido adaptando informaciones del mundo que nos rodea, permitiéndonos construir esquemas de pensamiento en relación al espacio geométrico y a los objetos que lo pueblan y por supuesto también en relación al tiempo. Nuestro propio intelecto seleccionaría aquellos métodos más útiles, o sea, los que funcionan en la mayoría de los casos, sin que nos demos cabal cuenta de todas las pruebas que se realizan inconscientemente y, al final, recuperamos el conjunto de ellos de manera global, admitiéndolo como nuestra intuición geométrica y espacio-temporal. Las generalizaciones sucesivas y conscientes que hagamos a partir de la experiencia cotidiana no harían más que reforzar nuestra confianza en ellos. De esta manera, por generalizaciones adecuadas llegamos a atribuir las mismas propiedades geométricas a objetos distantes como las estrellas y lo que nos resulta válido para la realidad a nuestro alcance lo podemos aplicar a realidades inaccesibles. ¿Será posible que esta adecuación, un tanto inesperada, se asimile a un carácter fractal del Universo, o sea, que sus propiedades son las mismas, independientemente de la escala a la cual nos interese? Tal vez haya limitaciones a esta formulación un poco rápida o tal vez ella no sea adecuada al caso que nos ocupa.

Una reflexión aún más general es ¿por qué la Naturaleza presenta tales regularidades en el espacio y en el tiempo de tal forma que nos permite establecer leyes que sean válidas aquí y allá, ayer, hoy y mañana?

Se atribuye a Galileo el haber dicho que “las

leyes de la Naturaleza están escritas en lenguaje matemático”. No olvidemos sin embargo, que una parte importante de las matemáticas clásicas, hasta finales del siglo XIX, proviene de generalizaciones y abstracciones sobre la formulación de esquemas de los fenómenos naturales. A partir de fenómenos diferentes, se llegaba a la misma ecuación matemática, símbolo de que nuestro método de pensamiento es relativamente repetitivo y casi diríamos poco imaginativo, interpretando la realidad sobre la base de esos simples esquemas. Entonces no sería la realidad la que funciona sobre esquemas bien precisos, sino nuestra mente simplista que no puede percibir las cosas salvo a través de unas anteojeras intelectuales limitadas.

O tal vez, estas reflexiones no tengan mucho sentido y es la realidad que se impone a nosotros con reglas bien definidas, válidas universalmente en el espacio y en el tiempo. La Ciencia, o las ciencias si preferís, constituirían así una especie de sexto sentido intelectual, permitiéndonos un acceso al Universo diferente al accesible por los cinco sentidos, más ligados a una percepción emocional del mundo que nos rodea.

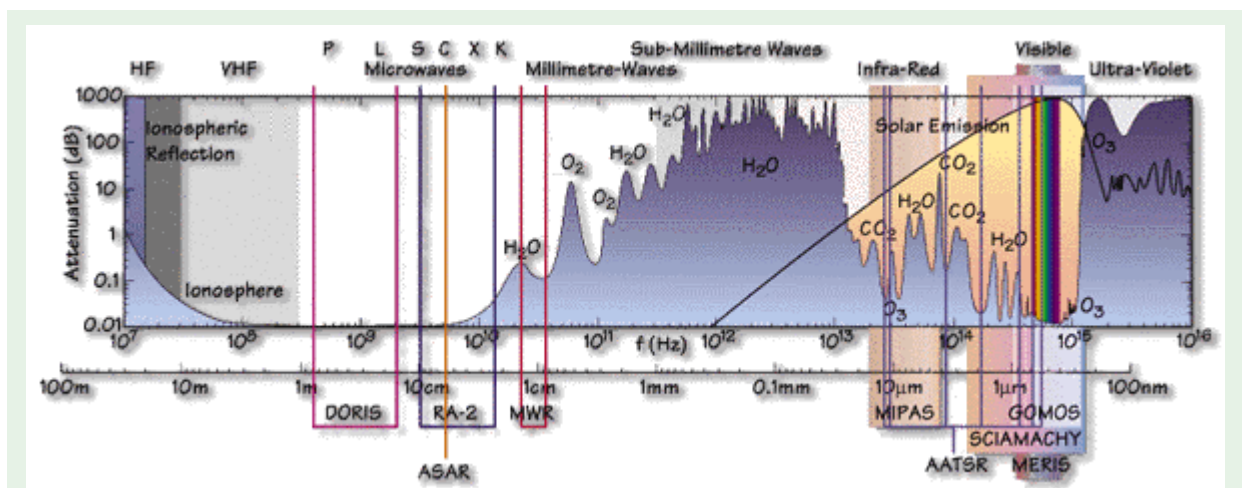
¿Quién creéis que tiene finalmente razón? ¿O pensáis que tal vez exista una tercera vía, o varias otras que aún no hemos sido capaces de explorar?

Por supuesto que hubiéramos podido desarrollar estas reflexiones utilizando otras leyes físicas más generales, como las de Newton o las de Maxwell. Hemos elegido la ETR para situarnos en un contexto astrofísico.

Sobre la adecuación de las leyes físicas a la Naturaleza y sobre la eficacia desmedida de las Matemáticas para expresar las leyes físicas y permitir el cálculo numérico de magnitudes que pueden ser observadas habría aún mucho que decir... salvo que a todos nosotros nos gustaría haber obtenido antes alguna respuesta adecuada a las preguntas formuladas y para las cuales hemos sido bastante incapaces de utilizar alguno de los esquemas conocidos para resolverlas.

ENVISAT cruza su ecuador

Eduardo de Miguel Llanes
Laboratorio de Teledetección - INTA



Cobertura espectral de los diferentes instrumentos de ENVISAT

Hace ya casi 30 meses que ENVISAT orbita a 800 km de altura, dando la vuelta a la Tierra cada 100 minutos

El satélite estrella del programa de observación de la Tierra de la ESA fue lanzado en marzo de 2002 con (probablemente) muchos dedos cruzados y mucho toque de madera por parte de la comunidad científica. Tal recurso a la ayuda extrasensorial no fue requerido por la fragilidad del proyecto, sino por la arriesgada idea de enviar en una única plataforma la mayoría de la carga útil del programa de observación de la Tierra para el comienzo del milenio. De haberse malogrado el lanzamiento de ENVISAT, este programa se hubiera quedado en blanco durante varios años.

Bueno, pues no se malogró en absoluto. El lanzamiento (con Ariane 5) y puesta en órbita polar fueron perfectos, y todo empezó a funcionar bien desde el principio, sin sustos ni incertidumbres. Y ahora, casi 30 meses después, justo a punto de cruzar el ecuador de su vida útil nominal (cinco años), ¿qué está pasando?

UN BUS PERFECTO, UNOS PASAJEROS MUY CUMPLIDORES

La plataforma que da soporte a los instrumentos de ENVISAT está basada en la utilizada por la serie de satélites franceses de observación de la Tierra SPOT. Esta plataforma está funcionando impecablemente, permitiendo que los instrumentos científicos den de sí todo lo que pueden. Este buen funcionamiento de la plataforma era de esperar, dado el buen rendimiento de sus diseños predecesores. Pero había una parte importante de innovación (y por tanto de riesgo) en la extensión del diseño original hasta llegar a los 800 kilogramos de masa, 6600 vatios de potencia y 10 x 4 x 4 m de tamaño necesarios para acoger los nueve instrumentos de ENVISAT. Y según se ha comprobado en ya cerca de 12000 revoluciones, la modificación fue un éxito.

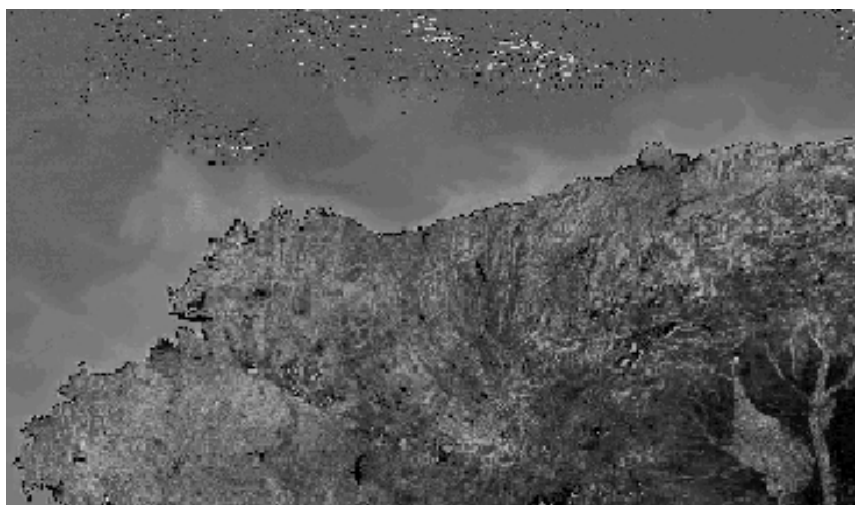


Imagen del índice de abundancia de vegetación/concentración de clorofila de MERIS sobre la costa gallega en septiembre de 2003. La imagen fue obtenida mediante el instrumento MERIS.

Las estrellas del conjunto de pasajeros de este *bus*, por su alto número de usuarios, son los instrumentos que forman imágenes de la superficie terrestre: ASAR y MERIS en primer lugar, al ser instrumentos ESA de uso totalmente abierto al público, y AATSR en menor medida al ser una carga útil invitada con una política de datos diferente. Estos tres instrumentos funcionan correctamente, incluso mejor de lo esperado. ASAR, el enorme radar de apertura sintética, sufre de vez en cuando algún problemilla, de manera que requiere alguna operación manual, pero no es algo inesperado dado lo complejo y ambicioso de su diseño. MERIS, la cámara óptica multiespectral, es perfecto en cuanto a funcionamiento, al igual que AATSR, la cámara de barrido cónico que cubre la región óptica-térmica del espectro.

Una segunda familia en la carga útil, con menos "audiencia" pero más interés científico por su carácter más innovador, la forma el trío de instrumentos atmosféricos: GOMOS, SCIAMACHY y MIPAS, que tienen como misión cuantificar la distribución espacial de compuestos clave para la química atmosférica (O_3 , NO_2 , NO_3 , N_2O , CH_4 , HNO_3 , $BrO...$). De ellos, GOMOS y SCIAMACHY funcionan sin apenas anomalías significativas, y MIPAS, un interferómetro en el infrarrojo, cuyos datos estaban siendo muy bien acogidos, está funcionando

irregularmente, y actualmente (mayo 2004) está apagado y se teme por su futuro; es quizás el único fallo instrumental serio de todo el satélite.

Por último, el complejo RA-2 / MWR / DORIS (instrumentos para altimetría y orbitografía) está funcionando correctamente. Enhorabuena para sus responsables y para sus usuarios.

OPERACIONES

Las operaciones no han sido fuente de problema alguno, como es lógico en una misión de prioridad máxima que utiliza los mejores recursos del segmento de Tierra de la ESA. El control

del satélite (diseñado en ESOC y operado en Kiruna) es intachable. En cuanto a la telemetría, la situación es algo más compleja pero igual de exitosa. La misión estaba diseñada para enviar datos a Tierra vía el relay espacial ARTEMIS. Debido a su lanzamiento defectuoso, Artemis no estuvo disponible en los primeros meses de ENVISAT, pero se consiguió una alternativa que ha funcionado sin problemas mientras ARTEMIS conseguía con esfuerzo alcanzar su órbita operacional. Una vez que Artemis ha empezado a trabajar, la transmisión ha seguido con la misma eficacia (siempre muy cerca del 100%) pero más eficiente.

UN PAYLOAD DATA SYSTEM DEMASIADO COMPLEJO

Nadie puede decir que se ha sacado buena nota en poner a trabajar el complejo sistema de recepción, archivo y distribución de datos de la misión.

La mayoría de los instrumentos de ENVISAT adquieren datos continuamente, y todos ellos pueden ser utilizados por cualquier investigador que acredite un proyecto de interés y por cualquier particular que pague el precio comercial fijado por ESA. Otros, sin embargo, son de acceso restringido al consorcio que proporcionó el instrumento, más en la línea del programa científico. Pero todos



Imagen en infrarrojo en falso color centrada en el embalse del Ebro, obtenida por MERIS.

comparten un complejo sistema para archivarse e inventariarse, disperso entre diferentes institutos pero centralizado lógicamente, y de cara al usuario. En principio se esperaba ofrecer a los investigadores consultar via web un catálogo de datos adquiridos, visualizar un "borrador" de los datos y encargarlos *on-line*. El producto solicitado se procesaría entonces en dos días, y se enviaría en soporte físico al usuario (el acceso por ftp o protocolos similares quedaba restringido a unos pocos casos particulares). Este sistema sería totalmente automático y común a todos los instrumentos. Pero todo esto tiene más coste, más fallos y más limitaciones que las que la ESA planeó. A día de hoy, por ejemplo, no es posible solicitar los datos via web, y tras consultarse el catálogo el usuario debe enviar un *e-mail* a un *help desk* para encargar sus productos. Estos productos son producidos

con muchos sudores en los diferentes centros de análisis de datos (como el de MERIS, situado en las instalaciones del INTA en Maspalomas y operado por el área de Teledetección del INTA), ya que el sistema informático que recibe las peticiones y las procesa está lejos de funcionar como debe, y son enviados al investigador solicitante con algo de retraso y con ocasionales fallos (afortunadamente el más común es recibir muchos más datos de lo que se han pedido).

En otra faceta de los problemas del llamado "segmento usuario", los algoritmos que procesan los datos están requiriendo mucho esfuerzo. ENVISAT decidió ofrecer a los investigadores datos con un nivel de proceso muy avanzado, de manera que para todos los instrumentos se pueden adquirir no solo las mediciones originales o

datos con corrección instrumental, sino productos geofísicos validados. Esto exige incorporar a esas mediciones originales variables externas y confiar en modelos que transformen los datos radiométricos en parámetros de interés para el investigador. Esta es una apuesta arriesgada, que va un paso más allá de, por ejemplo, la entrega al usuario de curvas de luz que se ofrece en instrumentos astronómicos. Los resultados, tras bastantes esfuerzos de calibración y validación, son todavía mejorables en la mayoría de los instrumentos, y de momento no gozan del favor unánime de los usuarios. Pero esto es ciertamente ajeno al satélite en sí, y por tanto a nuestra evaluación de su funcionamiento.

CONCLUSIONES

A punto de cruzar el ecuador de su vida útil, ENVISAT ha demostrado ser un excelente satélite con una muy buena carga útil y un problemático segmento usuario. Es más que suficiente para proclamar oficialmente el éxito de la misión y felicitar a todos los involucrados: pase lo que pase de ahora en adelante, la enorme cantidad de datos ya adquiridos garantiza que (si conseguimos tiempo y fondos para ello) aprenderemos mucho sobre nuestra biosfera, hidrosfera y atmósfera. Ahora que el futuro del programa de observación de la Tierra de la ESA va hacia misiones muy diferentes, tanto en instrumentos como en la gestión de los datos, siempre nos quedará ENVISAT. Se prometieron datos y ahí están; que siempre sea así en la instrumentación espacial. Información en <http://envisat.esa.int>

El LAEFF en la IV Feria de Madrid por la Ciencia

Benjamín Montesinos



Nuestros científicos (al fondo) con el grupo de estudiantes del IES "Gregorio Marañón" de Alcalá de Henares y su profesor Agustín Laviña

A finales del pasado mes de marzo se celebró en los Recintos Feriales Juan Carlos I la IV Feria Madrid por la Ciencia. Como en las tres ocasiones anteriores, la afluencia de público fue masiva, el fin de semana dominada por familias y los días

lectivos por estudiantes de enseñanza primaria y secundaria. Instituciones oficiales, organismos públicos de investigación, institutos de enseñanza secundaria y colegios montaron sus expositores donde ofrecieron un amplio abanico de actividades.

En la Feria se podían aprender los métodos que utiliza la policía científica, cómo serán los aviones Airbus de nueva generación, cómo funciona una unidad del Metro de Madrid, cómo fabricar un refresco de cola casero, las historias de las constelaciones, por qué nos interesa explorar Marte, qué levaduras son las más convenientes para cocinar tortitas, los diseños de Leonardo, los misterios del magnetismo... y tan sólo mencionamos una mínima parte de lo que allí se cocía.

Era particularmente estimulante ver cómo, en algunos casos, estudiantes de primaria que no levantaban más de tres palmos del suelo explicaban, encaramados en sus taburetes y con toda la seriedad de científicos hechos y derechos, fenómenos físicos complicados, realizando el correspondiente experimento.

El LAEFF estuvo representado con tres de sus actividades en el expositor de INTA. Por un lado se dispuso de un ordenador dotado con un programa interactivo donde los asistentes podían realizar un viaje por el Universo, aprendiendo las propiedades del Sol, los planetas y el Sistema Solar, las estrellas y las galaxias. En un módulo adyacente se mostraban la maqueta del observatorio de rayos gamma INTEGRAL (*International Gamma Ray Astrophysical Laboratory*), y el modelo estructural de su cámara óptica OMC (*Optical Monitoring Camera*). INTEGRAL es una misión de la Agencia Europea del Espacio en la que la participación española, y en concreto de INTA y el LAEFF, es sustancial. Fue lanzado en octubre de 2002 y en el LAEFF se está realizando una labor muy minuciosa de los datos proporcionados por el monitor óptico.

Una de las actividades más atractivas, no ya del expositor de INTA, sino de toda la Feria, era la ofrecida por el grupo de PARTNeR: la posibilidad de realizar una observación radioastronómica en directo. PARTNeR (Proyecto Académico con el Radio Telescopio de NASA en Robledo) es un proyecto que surgió a partir del ofrecimiento de NASA de utilizar una de las antenas, de 34 m de diámetro, del Complejo de Espacio Profundo de Robledo de Chavela, para desarrollar un proyecto educativo dirigido a universidades, institutos de enseñanza secundaria y centros de divulgación de

Astronomía. En la feria se dispuso de una conexión vía ADSL que permitía a los asistentes mover la antena y apuntar hacia alguna fuente astronómica emisora de ondas de radio, en concreto cuásares y binarias de rayos X. Una *webcam* instalada en Robledo mostraba la antena en todo momento, y en el panel de control, proyectado en una pantalla, se podían apreciar las variaciones de flujo cuando la antena se apuntaba a una fuente intensa. Durante los cuatro días que duró la Feria, el grupo PARTNeR tuvo como monitores a un grupo entusiasta de alumnos de 4º curso de ESO del IES Doctor Marañón de Alcalá de Henares: ellos eran los que explicaban a los asistentes, de manera incansable (de 10 de la mañana a 8 de la tarde), en qué consistía el proyecto y cómo se podía realizar una observación en directo. El éxito fue total.

En suma, una experiencia muy gratificante que nos anima a preparar nuevas actividades para futuras ocasiones. Creemos que acercar la ciencia al público en general no es una actividad de "segunda clase" sino que es algo equiparable a la realización de nuestras tareas investigadoras cotidianas. Ferias como la de Madrid son escaparates únicos para ello.



La antena DSS-61 de 34 metros (Robledo de Chavela-Madrid).

Recopilación de Carmen Blasco e Itziar de Gregorio

SE INICIA LA CONSTRUCCIÓN DEL INTERFERÓMETRO ALLEN

Por fin se va a iniciar la primera fase de la construcción del radiotelescopio Allen. El ATA (Allen Telescope Array) consistirá en un conjunto de 350 antenas de 6.1 metros de diámetro, que cubrirán un área colectora de 10.000 metros cuadrados. Los 350 elementos trabajarán en forma de interferómetro en el rango de longitudes de onda de los 2 a los 50 cm.

Gracias a su sensibilidad, este telescopio podrá utilizarse para estudiar fenómenos galácticos, extragalácticos y posibles señales extraterrestres. La iniciativa de la construcción de este instrumento surgió como continuación del proyecto SETI para buscar señales de vida inteligente extraterrestre.

Se espera que la primera fase esté compuesta de 32 antenas operativas a finales de 2004. Sin embargo, habrá que esperar hasta el 2007 para poder ver construidas las 350 antenas. La tecnología que se empleará en la construcción de este aparato será precedente para futuros telescopios como el SKA (Square Kilometer Array).



Representación artística de ATA

EL TELESCOPIO ESPACIAL SPITZER DETECTA MATERIA ORGÁNICA EN REGIONES DE FORMACIÓN ESTELAR

NASA ha anunciado el descubrimiento de gran cantidad de materiales orgánicos congelados en discos de polvo protoplanetarios situados en la nube de Tauro. Estas partículas, compuestas fundamentalmente de agua, metanol y dióxido de carbono, habían sido observadas previamente en el espacio, pero jamás habían sido detectadas en discos protoplanetarios precursores de planetas. Este descubrimiento podría ser la clave para explicar el origen de los cometas.

Para ello el telescopio espacial Spitzer utilizó un espectrógrafo infrarrojo, que también ha servido para hallar evidencias del exoplaneta más joven jamás detectado hasta ahora (cerca de un millón de años), alrededor de la estrella CoKu Tau 4.



Cortesía de NASA

Representación artística de un exoplaneta.

EL HST REVELA LA ESTRUCTURA INTERNA DEL "RECTÁNGULO ROJO"

Imágenes obtenidas por el Telescopio Espacial Hubble en la nebulosa protoplanetaria HD 44179 revela detalles de su estructura interna. Esta nebulosa, más comúnmente denominada "Rectángulo Rojo", es una estrella moribunda de nuestra galaxia, que comenzó su vida como una estrella de tipo solar. Los telescopios terrestres, debido a la turbulencia atmosférica, tan sólo habían sido capaces de desvelar una estructura rectangular de color rojo. Pero el Hubble ha podido mostrar una estructura en forma de X cuyos brazos están conectados por barras de material estelar que le confieren un aspecto de tela de araña. Los brazos de la estructura en forma de X han sido interpretados como flujos de gas y polvo eyectados por la estrella central en direcciones opuestas, mientras que las barras perpendiculares a la X podrían ser debidas a episodios de eyección de masa de la estrella, ocurridos en intervalos de varios cientos de años.

Cortesía de HST



Las enanas marrones son el eslabón perdido entre las estrellas y los planetas gigantes

La medición por primera vez de la masa de las enanas marrones ha servido para confirmar que estos objetos astronómicos son el eslabón natural entre estrellas y planetas gigantes,

La medición de la masa de enanas marrones la han realizado dos equipos internacionales de astrónomos, mediante tres de los mejores telescopios del mundo. Nuestra compañera María Rosa Zapatero Osorio es una de las investigadoras involucradas.

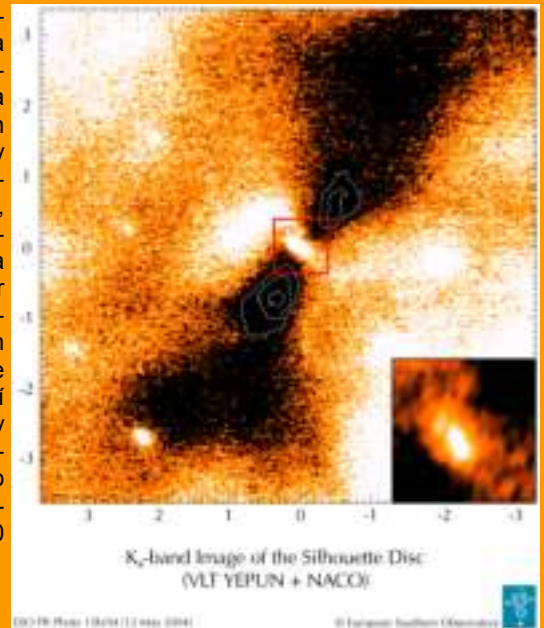
Las enanas marrones cuyas masas se han medido ahora pertenecen a dos sistemas múltiples de la vecindad solar. Actualmente se conocen más de 200 objetos con luminosidades y temperaturas que indican que no son estrellas sino enanas marrones, pero hasta ahora no había sido posible medir directamente el parámetro más importante, la masa de los objetos. Las masas obtenidas para los sistemas binarios 2MASS 0746+2000 y Gliese 569 B son consistentes con los modelos teóricos para edades mucho más jóvenes que la del Sistema Solar.

Estas enanas marrones aún están en una fase temprana de su contracción gravitatoria, por lo cual son relativamente brillantes para este tipo de objetos que pueden alcanzar luminosidades tan débiles como las de los planetas cuando su edad es lo suficientemente avanzada.

PRIMER DISCO DE ACRECIMIENTO EN TORNO A UNA ESTRELLA MASIVA EN FORMACIÓN

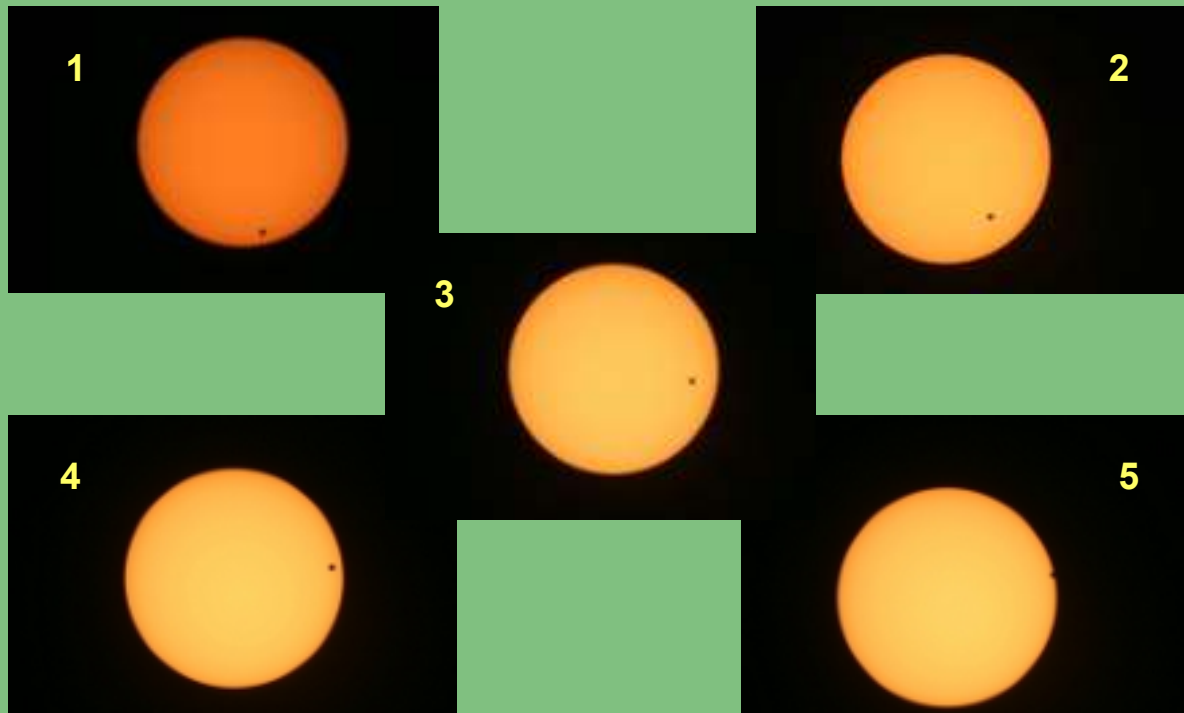
Astrónomos del Observatorio Europeo del Sur (ESO) y del Astronomisches Institut de Alemania han detectado por primera vez un disco de acrecimiento alrededor de una estrella de alta masa. La importancia de este descubrimiento radica en que hasta ahora se desconocía el fenómeno por el cual se formaban las estrellas de alta masa. Habiéndose propuesto dos posibles escenarios: acrecimiento de grandes cantidades de material circunestelar o colisión de varias protoestrellas de masa

intermedia que darían lugar a una única estrella de alta masa. La detección fue realizada en la nebulosa de Omega, también conocida como M17 y para ello se usaron diferentes telescopios, la mayoría pertenecientes al ESO. En la foto se puede apreciar en blanco la parte interna del disco en forma de toroide. Este disco se convierte así en el más grande y masivo jamás observado, con un diámetro de 20000 UA y un límite inferior de 110 masas solares.



Cortesía de ESO

Astronoticias



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.



TRÁNSITO DE VENUS

El pasado 8 de junio se produjo un fenómeno astronómico excepcional: un tránsito de Venus. Este evento fue visible fundamentalmente desde Europa y parte de Asia y África, con una duración de aproximadamente 6 horas.

Los tránsitos de Venus y Mercurio ocurren cuando la Tierra, el planeta en cuestión y el Sol se alinean, al igual que lo hacen la Tierra, la Luna y el Sol en los eclipses. Este fenómeno es bastante excepcional porque las órbitas de los planetas no están exactamente sobre el mismo plano. En el caso de Venus los tránsitos ocurren cada 8, 121.5, 8 y 105.5 años, por ello el próximo tránsito ocurrirá en el 2012 (aunque desde España apenas será visible) y el siguiente en el 2117. Este fenómeno astronómico tuvo mucha importancia en el pasado, pues ayudó a conocer la distancia entre la Tierra y el Sol. La primera observación de un tránsito de Venus fue realizada por el astrónomo británico Jeremiah Horrocks, en 1639, y hasta el mismísimo James Cook ancló su barco en Tahití para contemplar el evento en 1769. Actualmente, los tránsitos se usan para la detección de planetas extrasolares, pues al pasar entre la Tierra y su estrella producen una disminución de su luminosidad, que es detectable con nuestros actuales telescopios. Para más información consultar <http://www.laeff.esa.es/venus/>

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 Nunez-Barranco Fernández	155	Carlos.Nuñez-Barranco
Daniel Martín Flecken	155	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

Galería



NGC 6302

La Nebulosa NGC, 6302, es una de las nebulosas planetarias más brillantes y extremas que conocemos. Se encuentra situada en la constelación de Escorpión a una distancia aproximada de 4000 años luz. Esta imagen obtenida por el telescopio espacial Hubble nos la muestra en detalle. Podemos ver las nubes de polvo y gas que ocultan la estrella central. Estudios previos con el Observatorio ISO mostraron que estas nubes contienen gran cantidad de hidrocarburos, compuestos carbonáceos como la calcita, agua helada y hierro .

Cortesía de ESA-NASA