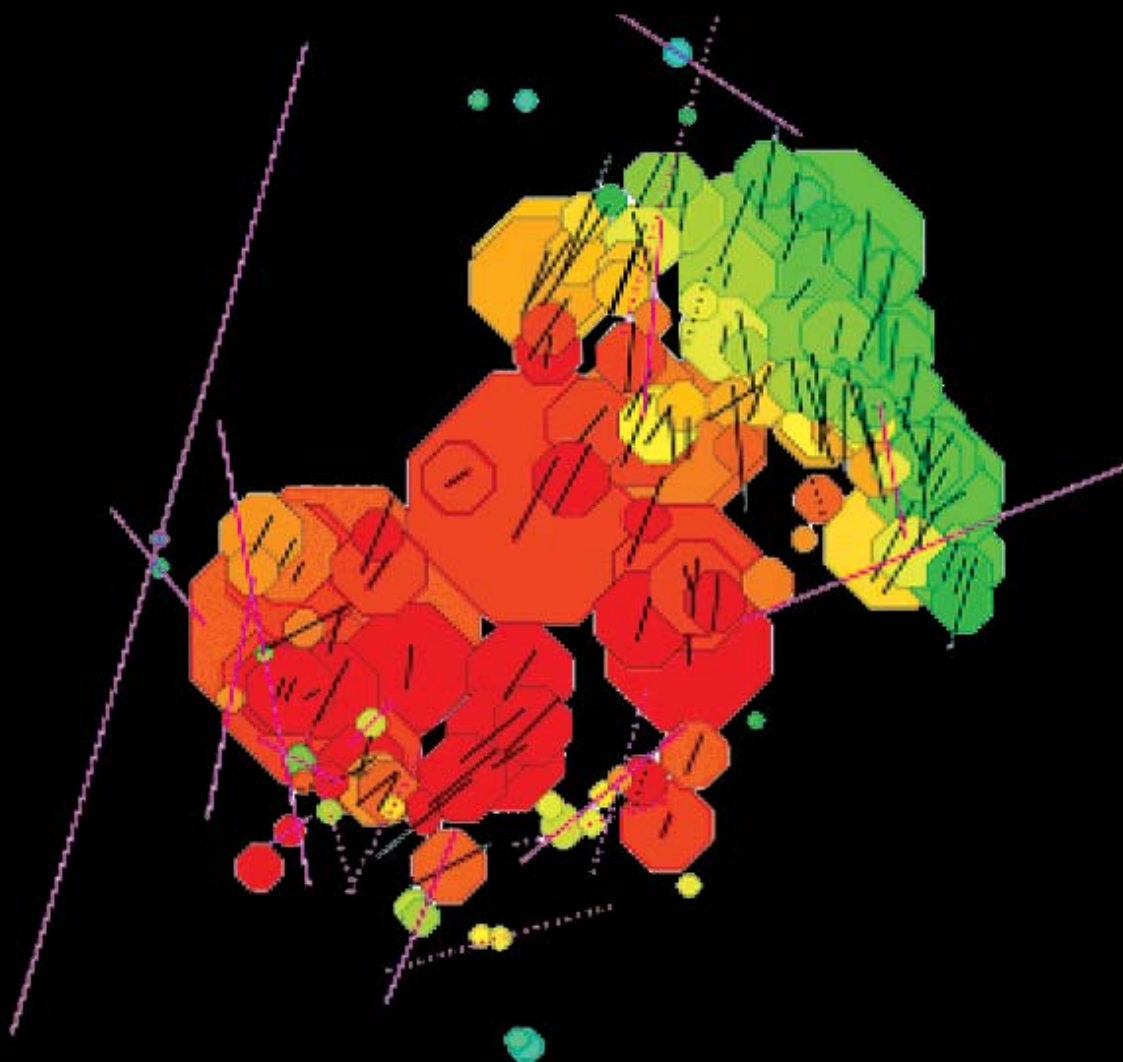


MÁS ERRES EN EL ESPACIO



VENUS EXPRESS

EL CINTURÓN DE ASTEROIDES

ROTACIÓN EN MODELOS ESTELARES

ONDAS GRAVITATORIAS



NGC 2770, una factoría de supernovas

Astrónomos del Instituto de Astrofísica de Andalucía han participado en la inusual detección de dos supernovas en la misma galaxia al mismo tiempo

En la nochevieja de 2007 se detectó una supernova (SN2007uy) en la galaxia NGC 2770, situada en la constelación del Lince. Este fenómeno explosivo, resultado del colapso de una estrella masiva cuando fusiona elementos pesados en su interior, se da con frecuencia en el Universo. Sin embargo, lo realmente excepcional es que dos explosiones sean detectadas al mismo tiempo en la misma galaxia. Mientras se observaba SN 2007uy nueve días después de su explosión, el satélite *Swift* (NASA) detectó en rayos X una fuente transitoria en el otro extremo de NGC 2770, probablemente un *X-ray Flash* (XRF), o una versión menos energética de las explosiones de rayos gamma (conocidos por su acrónimo en inglés, GRBs). Observaciones ópticas posteriores mostraron que el XRF emitía en el óptico, mostrando un espectro típico de supernova (SN 2008D), de forma similar a lo observado en otros GRBs.

En la imagen se indica mediante un círculo la posición de otra supernova (SN 1999eh, actualmente no visible), que fue detectada en la misma galaxia unos pocos años antes. Fuente: VLT.

SUMARIO

REPORTAJES

Máseres en el espacio ...3

Venus Express ...6

El complejo cinturón de asteroides ...9

DECONSTRUCCIÓN Y otros ENSAYOS

Rotación diferencial y oscilaciones estelares ...12

ACTUALIDAD ...14

ENTRE BASTIDORES ...17

HISTORIAS DE ASTRONOMÍA: El astrónomo de vista prodigiosa ...21

CIENCIA: PILARES E INCERTIDUMBRES

Ondas gravitatorias...22

ACTIVIDADES IAA ...23

Director: Carlos Barceló. **Jefa de ediciones:** Silbia López de Lacalle. **Comité editorial:** Antxon Alberdi, Emilio J. García, Rafael Garrido, Javier Gorosabel, Rafael Morales, Olga Muñoz, Iván Agudo, Julio Rodríguez, Pablo Santos y Montserrat Villar. **Edición, diseño y maquetación:** Silbia López de Lacalle. **Imprime:** ELOPRINT S.L.

Esta revista se publica con la ayuda FCT-08-0130 del Programa Nacional de Fomento de la Cultura Científica y Tecnológica 2008.

Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en este ejemplar citando como fuente "IAA: Información y Actualidad Astronómica" y al autor o autores.

Instituto de Astrofísica de Andalucía
c/ Camino Bajo de Huétor 50, 18008 Granada. Tlf: 958121311 Fax: 958814530. e-mail: revista@iaa.es



Depósito legal: GR-605/2000
ISSN: 1576-5598



Másers en el espacio

LOS MÁSERES SE HAN REVELADO COMO POTENTES HERRAMIENTAS EN LA INVESTIGACIÓN ASTROFÍSICA

Por José Francisco Gómez (IAA-CSIC)

LA NAVEGACIÓN POR MAR TIENE SUS RIESGOS, sobre todo cuando el barco está cerca de tierra. La situación se complica por la noche, cuando los marineros no pueden ver la costa con sus propios ojos. Se puede mantener una distancia prudencial a la costa pero, como ésta no es una línea recta, el barco podría encontrarse con un cabo y naufragar. Desde tiempos antiguos se han construido faros para ayudar a la navegación nocturna. Un faro emite un potente haz de luz para marcar las zonas más peligrosas de

la costa. No permite ver la costa pero su presencia nos permite inferir dónde se encuentra un cabo o la entrada a un puerto.

En este artículo vamos a tratar con una especie de "faros" que encontramos en el Universo. Son potentes haces de radiación que, aunque no nos permiten ver directamente los objetos astronómicos de los que provienen, sí nos sirven para inferir su presencia e incluso su forma y movimientos. Estos "faros" son los másers, herramientas muy potentes gracias a las que es posible estudiar algunas zonas del espacio con el mayor detalle que podemos alcanzar hoy en día en Astronomía.

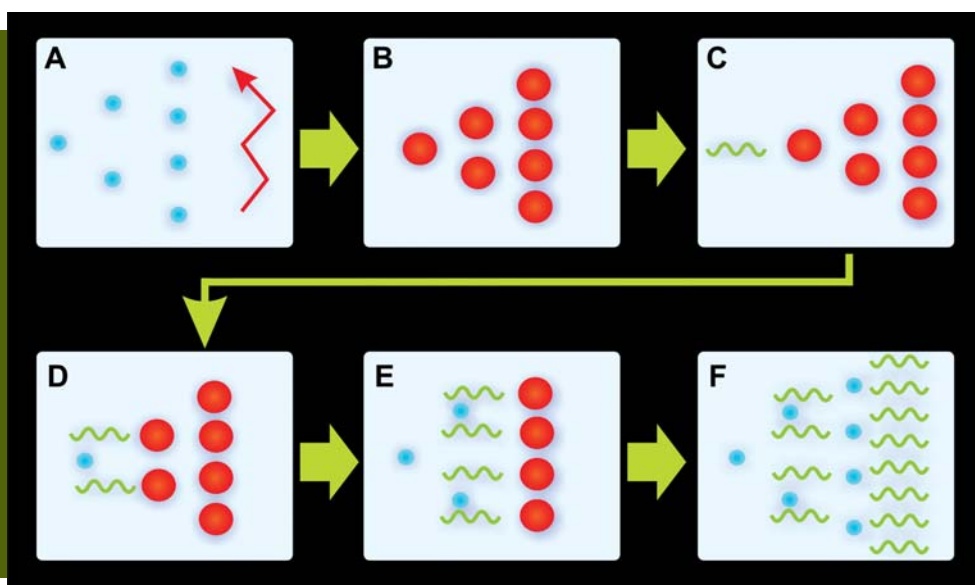
Másers y láseres

La palabra "másér" es un acrónimo procedente de las palabras inglesas *microwave amplification by stimulated emission of radiation*, que en castellano se traduciría

como "amplificación de MICROONDAS mediante emisión estimulada de radiación". El fenómeno físico involucrado es exactamente el mismo que el de un láser (amplificación de LUZ mediante emisión estimulada de radiación). La única diferencia entre un láser y un másér es la longitud de onda de la radiación que se amplifica: se trata de luz visible en el caso de un láser y microondas en un másér. Las microondas son las ondas de radio de longitud más corta (entre aproximadamente un milímetro y un metro). Un horno doméstico de microondas calienta los alimentos utilizando ondas que suelen ser de unos 12 cm.

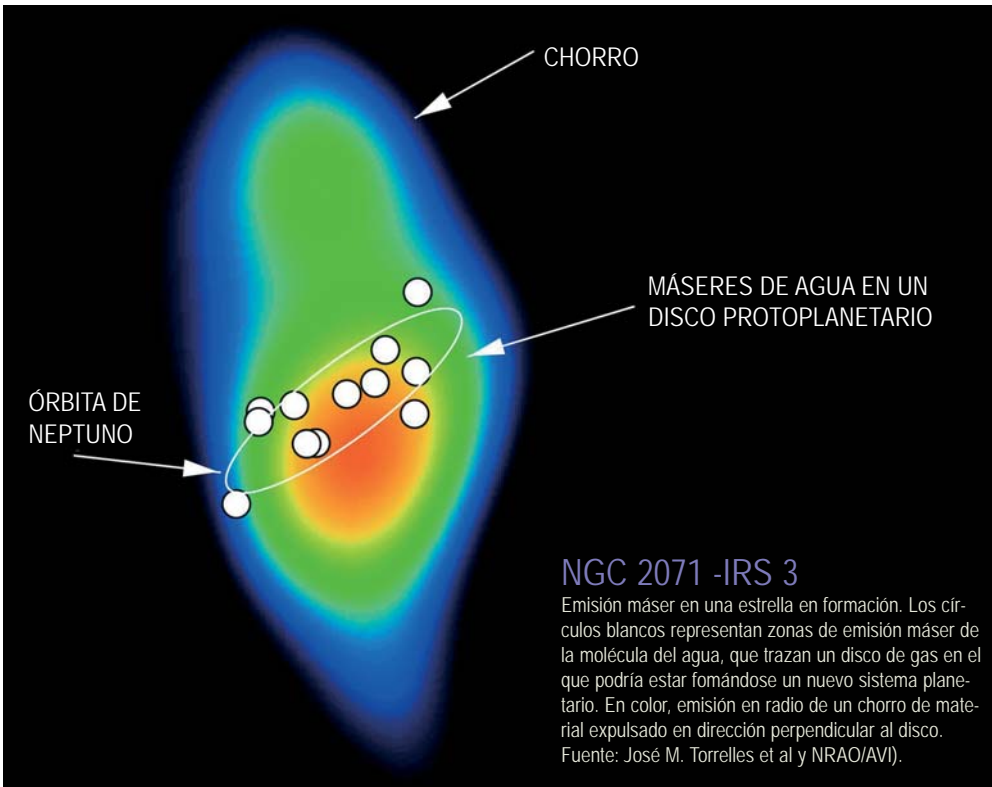
Para entender el fenómeno físico de la emisión másér o láser, debemos repasar antes algunas propiedades de la materia y la radiación:

⇒ *Los átomos y moléculas pueden estar en distintos niveles de energía.*



ESQUEMA DEL PROCESO DE EMISIÓN MÁSER

Las moléculas excitadas, o en un nivel alto de energía, están indicadas con los círculos rojos; los pequeños círculos azules representan moléculas sin excitar, o en un nivel bajo de energía. A y B. Un grupo de moléculas es excitado por radiación o choques. C. Estas moléculas se hallan en un nivel alto de energía (población invertida); un fotón incide por la izquierda. D. El fotón estimula la emisión de la primera molécula, que libera la energía retenida en el paso A; como resultado, dos fotones y una molécula en un nivel bajo de energía. E y F. Los fotones estimulan la emisión de las dos moléculas siguientes, en un proceso que continúa doblando el número de fotones muy rápidamente.



⇒ Un átomo o una molécula que absorba energía puede pasar a un nivel superior. Y, al contrario, pasaría a un nivel inferior liberando la energía sobrante.

⇒ Una forma de caer a un estado inferior es emitir radiación. La diferencia de energía entre los niveles determina la longitud de la onda (y por tanto, la frecuencia) emitida. Así, los átomos y las moléculas actúan de forma similar a una emisora de radio comercial, que emite ondas con una frecuencia determinada. Si queremos escuchar una emisora concreta, debemos sintonizar su frecuencia. En Astronomía, debemos "sintonizar" una frecuencia concreta para estudiar la emisión de una molécula o de un átomo.

⇒ En situaciones de equilibrio, la cantidad de partículas en cada nivel de energía está determinada por la temperatura del material. En los materiales más calientes hay más partículas en estados de alta energía. Pero, en cualquier caso, siempre habrá más partículas en los estados inferiores que en los superiores.

Para que un material produzca emisión máser o láser deber romperse este equilibrio. Inyectando energía en el material puede conseguirse una inversión de población entre dos niveles, es decir, que haya más átomos o moléculas en el nivel de energía superior. Mientras dura esta inversión, se hace pasar radiación con la longitud de onda que justamente corresponda a la diferencia de energía entre los niveles. Esta radiación estimula una



Radiotelescopio de la NASA en Goldstone, EE.UU. Esta antena, de setenta metros de diámetro, es idéntica a la de Robledo de Chavela en España (NASA-JPL).

caída súbita de las partículas del nivel superior al inferior, produciendo un potente "fogonazo" de luz o de microondas. De esta manera se consigue un haz de radiación intenso, estrecho y monocromático (con sólo un "color" o longitud de onda).

Este proceso de emisión estimulada de radiación fue postulado por primera vez (¡cómo no!) por Albert Einstein en 1917. El primer máser artificial fue desarrollado en 1953 por el físico norteamericano Charles Townes, utilizando amoníaco como material amplificador de microondas con longitudes de aproximadamente un centímetro (24 GHz de frecuencia). Su descubrimiento le hizo merecedor del Premio Nobel en 1964. Pero lo que nos interesa aquí no son los másers cons-

truidos por el hombre, sino los que se producen de forma natural en el espacio.

Másers astronómicos

Para que en el espacio se produzca una emisión máser deben darse como mínimo dos condiciones: en primer lugar, tiene que haber la suficiente cantidad de gas para que sus moléculas puedan amplificar la radiación. En segundo lugar, debe existir una importante fuente de energía que consiga invertir la población de los niveles de las moléculas. Estas condiciones se dan en distintos ambientes: regiones de formación estelar, cometas, atmósferas planetarias, estrellas en sus últimas fases de vida e incluso cerca de los agujeros negros centrales de algunas galaxias.

Es bien sabido que el espacio no está completamente vacío. Existe materia interestelar, compuesta fundamentalmente por hidrógeno gaseoso. En objetos como los mencionados arriba, este gas es especialmente denso. Aparte del hidrógeno, hay otras moléculas en el medio interestelar, aunque en proporciones mucho menores. Son precisamente algunas de estas moléculas las que actúan como amplificadores de radiación y producen la intensa emisión máser. Los másers más utilizados en Astronomía son los producidos por el radical hidroxilo, el monóxido de silicio, el metanol y el agua.

El primer máser astronómico detectado fue el de hidroxilo, en 1965 (Weaver y colaboradores). Esta molécula emite radiación máser en varias longitudes de onda, pero sus másers más utilizados están en 18 cm (1,7 GHz de frecuencia). Otro descubrimiento fundamental fue el de los másers de agua, con longitud de onda de un centímetro (22 GHz), en 1969 (Cheung y colaboradores). Dada su importancia astronómica, las frecuencias de microondas a las que emiten estos másers de hidroxilo y agua están reservadas para observaciones astronómicas, y no deberían utilizarse comercialmente (por ejemplo, para telefonía móvil o difusión de emisiones de radio y televisión). Sin embargo, en los últimos años cada vez es más difícil poder observar másers de hidroxilo sin interferencias de radioemisiones artificiales.

La producción de un máser en un objeto astronómico requiere unas condiciones muy particulares de densidad, temperatura e inyección de energía externa. Cualquier desviación de esas condiciones elimina la posibilidad de invertir los niveles de energía. Por esta razón, las zonas de emisión máser que observamos son muy pequeñas, y aparecen como puntos muy brillantes. Como un faro en el espacio.

Cómo se observan los máseres astronómicos

Los máseres son emisiones intensas de microondas que, como dijimos anteriormente, son ondas de radio de longitud corta. Por lo tanto, no se observan con telescopios ópticos convencionales, sino con antenas de radio: los radiotelescopios.

Aunque no es el único tipo de estudios que pueden realizar, una parte importante del tiempo de estos radiotelescopios se emplea en observar máseres. Sus grandes tamaños garantizan poder detectar estas emisiones, incluso en objetos muy distantes como galaxias activas situadas a varios millones de años luz. Por ejemplo, los radiotelescopios como los de Arecibo en Puerto Rico (305 metros de diámetro), Green Bank en Estados Unidos o Effelsberg en Alemania (ambos de 100 m), o Robledo de Chavela en España (70 m), se encuentran entre los más sensibles del mundo para detectar ondas de radio, entre ellas la emisión máser.

Para poder estudiar con detalle cómo se distribuye la emisión máser hay que recurrir a la técnica de la interferometría. Consiste en observar simultáneamente el mismo objeto con varias antenas y hacer interferir las señales recibidas por cada una. Cuanto más distantes estén las antenas entre sí, se pueden distinguir detalles más finos en las imágenes. El telescopio más importante que utiliza esta técnica es el *Very Large Array*, en Estados Unidos, compuesto por 27 antenas con separaciones máximas de 36 km.

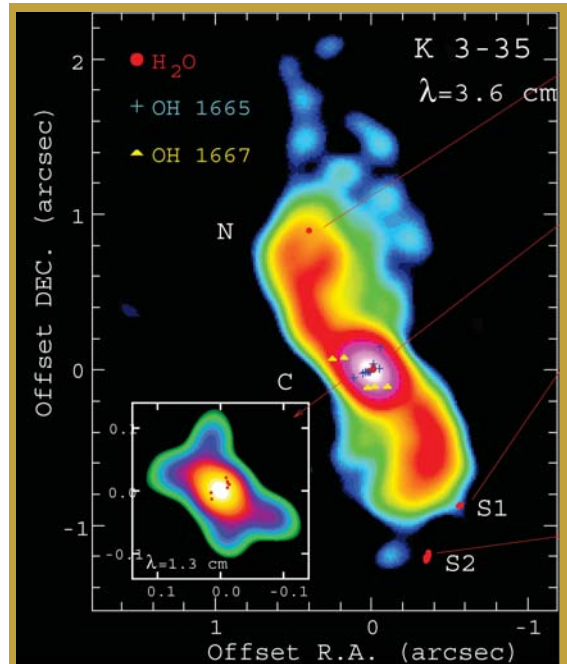
Las zonas de emisión máser que observamos son muy pequeñas, y nos aparecen como puntos muy brillantes. Como un faro en el espacio

También es posible realizar interferometría entre antenas situadas en distintos continentes. De esta forma se obtienen imágenes con el mismo detalle que podría conseguir un gran radiotelescopio con un diámetro igual al de la Tierra (más de 12.000 km). Mediante interferometría se han tomado imágenes de la emisión máser de objetos astronómicos alcanzando detalles del orden de diez microsegundos de arco. Para hacernos una idea de la altísima precisión que esto representa, diez microsegundos equivalen aproximadamente al tamaño con el que veríamos una moneda de un céntimo que estuviera en la superficie de la luna. Ninguna otra técnica en Astronomía puede, hoy por hoy, alcanzar este poder de resolución. Esto convierte a los máseres en una herramienta muy poderosa

INVESTIGACIÓN DE MÁSERES EN EL IAA

En el IAA realizamos observaciones de alta resolución de la emisión máser, especialmente de las moléculas de hidroxilo y agua. Con esta importante herramienta estudiamos la formación de nuevas estrellas y sistemas planetarios. En algunos casos, hemos visto procesos inexplicables con las teorías existentes de formación estelar (como la expulsión de "burbujas" esféricas de gas en estrellas jóvenes). También investigamos las últimas etapas de vida de estrellas como el Sol, cuando toman la forma de nebulosas planetarias. Hasta hace poco se pensaba que las nebulosas planetarias no proporcionaban la suficiente energía para generar emisión máser de agua, pero ya hemos conseguido descubrir tres de ellas que sí lo hacen. Estos tres objetos podrían pertenecer a un tipo especial de nebulosas planetarias muy masivas.

Quedan aún muchos interrogantes en el estudio de las primeras y últimas etapas de la evolución de las estrellas, y las observaciones



K3-35 es la primera nebulosa planetaria en la que se ha detectado emisión máser de agua. Los máseres de agua están localizados en un disco de radio 85 UAs y en los extremos de un chorro bipolar a 5000 UAs del centro; también muestra máseres de hidroxilo (OH) en diferentes frecuencias. La presencia de agua indica que K3-35 es una nebulosa planetaria extremadamente joven.

Ref: L.F. Miranda, Y. Gomez, G. Anglada, J.M. Torrelles, 2001, *Nature*, 414, 284-286.

nes de la emisión máser serán cruciales, dada su capacidad para alcanzar un enorme detalle en sus imágenes.

para estudiar los objetos astronómicos en los que se producen.

Un ejemplo de estructuras trazadas por máseres: estrellas en formación

Las estrellas se forman en el seno de nubes de gas y polvo. Algunas zonas de estas nubes colapsan para dar lugar a un embrión estelar, o protoestrella. A partir de aquí, la protoestrella debe ir ganando material de su entorno hasta alcanzar la masa necesaria para poder iniciar reacciones nucleares en su interior. En estas primeras etapas nos encontramos con la protoestrella rodeada de un disco de gas (imaginemos la protoestrella como una bolita en el agujero de un CD). La protoestrella va engullendo masa del disco y al mismo tiempo expulsa una pequeña cantidad de materia a velocidades de cientos de km/s, en forma de energéticos chorros colimados en dirección perpendicular al disco. Esta configuración es importante, porque ilustra no solo cómo se forma una estrella, sino también la formación de planetas: el disco circunestelar proporciona la materia

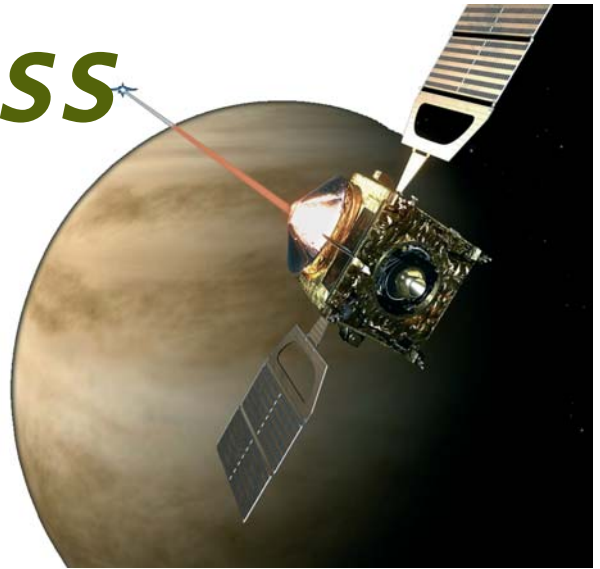
prima para un futuro sistema planetario en torno a la joven estrella. Por eso, a estos discos se los llama discos protoplanetarios.

En este proceso se dan las condiciones idóneas para que se produzca emisión máser: existe una cantidad apreciable de gas en el entorno de la protoestrella que, al expulsar masa a gran velocidad, proporciona la fuente de energía necesaria para invertir la población de los niveles de algunas moléculas y producir emisión máser. Por ejemplo, los máseres de la molécula de agua que observamos en estrellas jóvenes parecen trazar los chorros colimados en algunos casos. Se observan alineados y moviéndose en direcciones opuestas desde la protoestrella central. Sin embargo, en otros objetos los máseres trazan discos protoplanetarios. Se mueven a las velocidades que se esperarían de un gas en rotación en torno al objeto central (mayores velocidades más cerca del centro) y tienen un tamaño similar al de nuestro Sistema Solar: unas cien unidades astronómicas (ver imagen de NGC 2071-IRS 3, página contigua).

Primeros resultados de Venus Express

EL MES PASADO SE HICIERON PÚBLICOS LOS PRIMEROS RESULTADOS CIENTÍFICOS DE LA MISIÓN EUROPEA VENUS EXPRESS (VEX), EN UN CONJUNTO DE OCHO ARTÍCULOS DE UN ESPECIAL DE LA REVISTA NATURE

Por Miguel Ángel López Valverde (IAA, CSIC)



HA TRANSCURRIDO POCO MÁS DE AÑO Y MEDIO DESDE SU INSERCIÓN EN ÓRBITA (abril de 2006), dos años desde su lanzamiento (noviembre de 2005), y cinco años desde que la Agencia Espacial Europea (ESA) diera la aprobación definitiva para su lanzamiento, lo que supone un récord en la historia de la investigación planetaria y de las misiones de ESA en particular.

Ventajas de Venus Express

A pesar de ser una misión construida con instrumentos "prestados" de *Mars Express* y de *Rosetta*, con la misma plataforma de *Mars Express* y con el lanzador *Soyuz-Fregat* que la lanza a una órbita muy elíptica en torno a Venus (similar a la de *Mars Express*), los objetivos científicos de VEX son de peso suficiente para esperar avances significativos en nuestro conocimiento de la superficie y la atmósfera de Venus. De hecho, la similitud con *Mars Express*, operativa al menos hasta 2009, es ya una ventaja única de esta misión, porque permite una sinergia muy útil para la planetología comparada, dadas las medidas similares y simultáneas en ambos planetas en el mismo momento del ciclo solar.

Hace 25 años terminó la vida útil del orbital *Pioneer Venus* (PVO), la misión que más información nos ha suministrado acerca de nuestro planeta vecino. Las misiones posteriores han sido más cortas, como los globos *Vega 1 y 2*, o los *fly-by* (sobrevuelos) de las misiones *Galileo* y *Cassini* en ruta a Júpiter y Saturno, o muy específicas, como la misión *Magallanes* dedicada a estudiar la superficie de Venus en detalle. Aparte de algunos resultados sobre la atmósfera venusina obtenidos mediante ocultación de radio por la sonda

Magallanes, VEX es la primera misión que permite un sondeo sistemático de su atmósfera desde *Pioneer Venus*. Por otro lado, durante la época de los 80 se descubrieron una serie de "ventanas infrarrojas" mediante observaciones telescópicas desde Tierra, que permiten observar la composición y temperatura a alturas inferiores a la capa de nubes y que abren la posibilidad de un sondeo sistemático desde la órbita de esas regiones tan inescrutables hasta la fecha.

Este sondeo lo realiza VEX con instrumentación científica mucho más precisa que la *Pioneer Venus* y con una mayor velocidad de transferencia de datos. La plataforma, estabilizada en tres ejes (a diferencia de la de *Pioneer Venus*, que consistía en un cilindro en rotación), permite un apuntado preciso incluso en un sondeo tangencial apuntando al limbo del planeta e investigar en detalle la alta atmósfera de modo regular, algo nunca realizado en Venus hasta ahora.

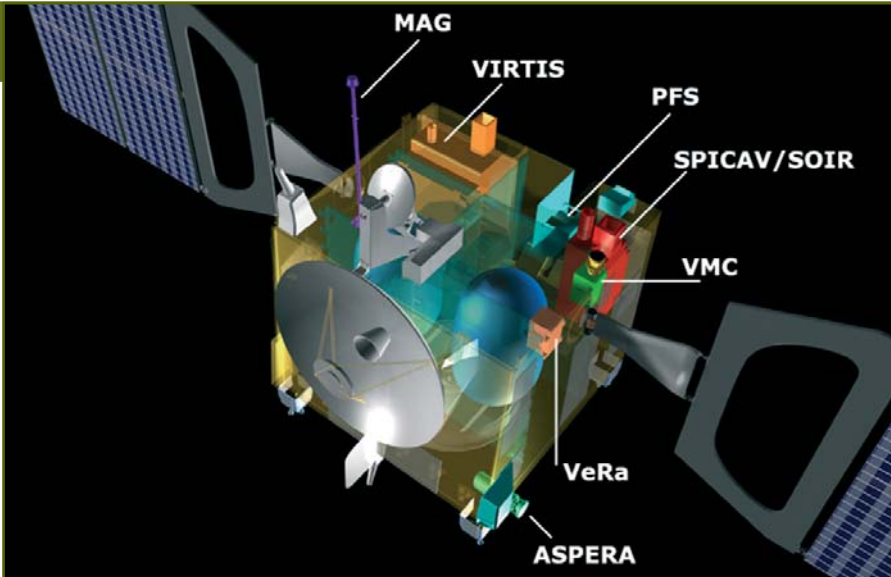
Se está planeando un cambio en la órbita de VEX para observar Venus desde geometrías diferentes, e incluso un frenado atmosférico de la misión

Además, el carácter elíptico de su órbita presenta ciertas ventajas no explotadas hasta la fecha, como la adquisición de imágenes de gran campo del planeta y de su atmósfera. La operación sistemática en este modo de

imagen y durante un periodo largo de tiempo, como el de toda la misión, permite identificar y seguir el movimiento de parcelas de aire en las capas de nubes, realizar mosaicos para estudiar turbulencia, convección y transporte a gran escala y, en definitiva, suministrar una base de datos única para abordar uno de los mayores misterios de Venus, el origen de su superrotación atmosférica.

Problemas científicos abiertos

La lista de problemas abiertos a los que se vienen dedicando esfuerzos teóricos y que necesitan nuevos datos es extensa. Haciendo una selección breve, a la superrotación que se observa en las capas de nubes añadiríamos la naturaleza precisa de esas nubes y la de las capas de neblina por encima y por debajo de la nube principal, cubriendo en total una región entre 40 y 80 km sobre la superficie, aproximadamente. No se conoce la estructura térmica detallada en las capas más bajas de la atmósfera ni en las regiones polares, pues solo en latitudes medias se tienen datos de las pocas sondas que se posaron en superficie y suministraron datos antes de sucumbir a las elevadas temperaturas y presiones venusinas. Estas capas son, sin embargo, claves para entender el transporte de momento que seguramente ocurre entre la superficie y la atmósfera a la altura de la capa de nubes y que, se especula, podría estar detrás del fenómeno de la superrotación. Asimismo, la circulación global de la alta atmósfera debe variar de algún modo poco claro entre la superrotación en la baja mesosfera hacia la circulación inter-



se están recibiendo, ya hemos aprendido algunas cosas interesantes sobre Venus. En el número especial de *Nature*, Svedhem y colaboradores resumen los resultados publicados y A. Ingersoll presenta una visión más crítica, situándolos en el contexto de la exploración espacial.

Uno de los resultados visualmente más espectaculares, posible gracias al instrumento VIRTIS, es, sin duda, el descubrimiento de los enormes vórtices polares del hemisferio sur, similares a los ya conocidos en el hemisferio opuesto. Se ha observado por primera vez su estructura dual detallada, relacionada con variaciones de temperatura y de transparencia atmosférica, así como su dinámica precisa (reflejada en archivos de vídeo). Esta dinámica debe estar relacionada con la circulación global, y quizás con un descenso desde la mesosfera hacia las capas bajo las nubes. Esto, a su vez, podría explicar el problema del enriquecimiento en CO de la baja atmósfera en las regiones polares, hallado por NIMS/Galileo quince años atrás.

Dos resultados muy intrigantes son el máximo de temperatura observado por SPICAV en la mesopausa venusina y en condiciones nocturnas mediante la técnica de ocultación estelar y las diferencias día/noche observadas por el instrumento VERA analizando la absorción de las señales de radio a través de la atmósfera. El equipo de SPICAV atribuye la primera a la circulación global de la alta atmósfera antes mencionada. La segunda es difícil de explicar, según Ingersoll.

Las fuertes emisiones de CO₂ en 4,3 micras predichas por nuestro grupo han sido confirmadas por el instrumento VIRTIS, con un máximo de emisión en torno a 110 km, y una clara variación con la iluminación solar. Estamos confeccionando mapas detallados de dichos datos, tanto en geometría nadir (obser-

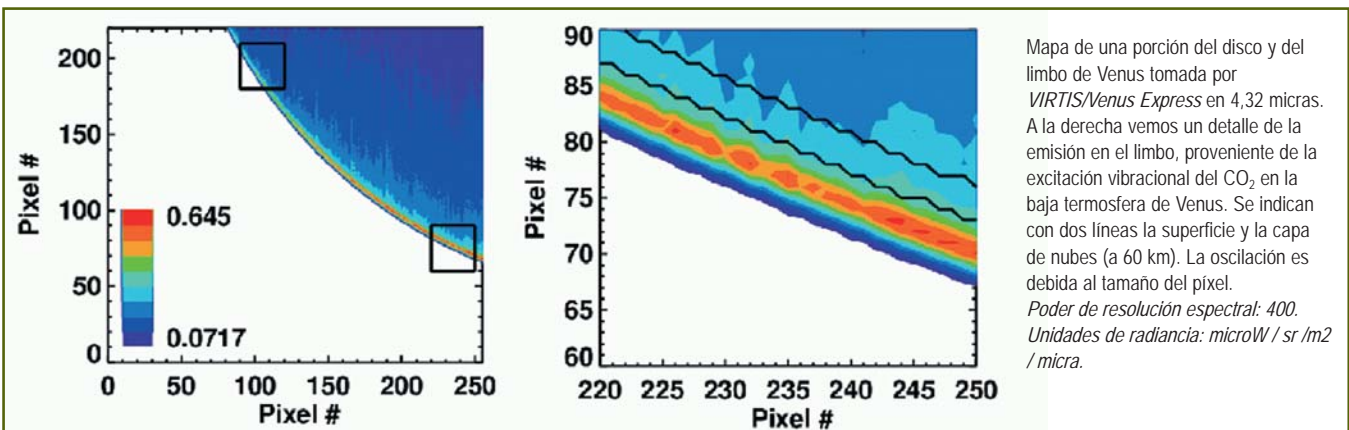
hemisférica que parece dominar en la termosfera, desde el punto subsolar al antisolar. Evidencias de esta circulación global a dichas alturas se conocen mediante la observación de emisiones de *airglow* de NO y O₂. La emisión de esta última molécula, en 1,27 micras, viene siendo observada desde Tierra y sorprendiéndonos por su alta variabilidad, espacial y temporal, con picos de emisión que parecen excesivamente elevados para las teorías fotoquímicas. Otras emisiones características de la alta atmósfera son las del gas principal, CO₂, bajo condiciones de no-equilibrio termodinámico local (no-ETL). Observadas por primera vez en diez micras en 1976, se explicaron mediante un mecanismo de fluorescencia solar en 4,3 micras. La primera observación directa de la intensa emisión de 4,3 micras en el hemisferio diurno fue, sin embargo, en 1990 con la misión Galileo. Dichas emisiones son importantes para el balance energético de la alta atmósfera, y podrían suministrar herramientas para sondear una región difícil de estudiar de otro modo, aquella entre 100 y 140 km de altura. Aún más arriba, hay grandes dudas sobre uno de los procesos clave de la evolución de Venus, el

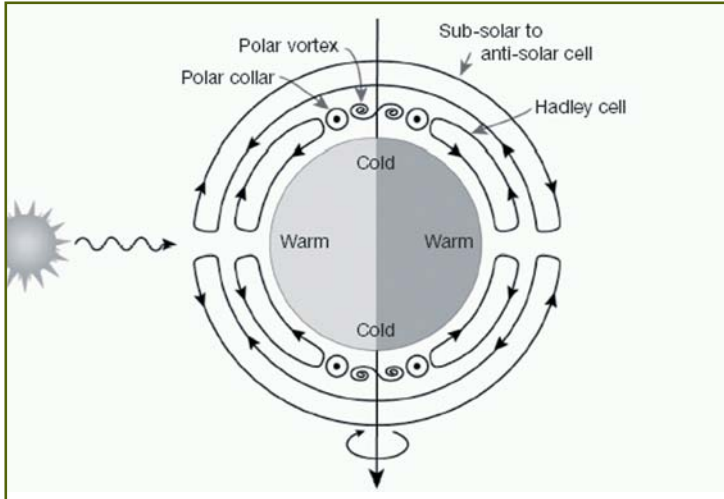
escape de hidrógeno, mecanismo que creemos responsable de la pérdida de los océanos de agua que Venus quizás albergó, como la Tierra, en las primeras edades del Sistema Solar. También habría que determinar qué mecanismos dominan en la actualidad, seguramente no-térmicos, dirigidos por la interacción con el viento solar, y cuantificar dicho escape de modo preciso.

Terminamos la lista de problemas abiertos bajando de nuevo a la superficie de Venus, donde no sabemos si hay volcanes activos o terremotos, ni qué tipo de agente es el responsable de la erosión de las rocas.

Resultados de *Venus Express*

No cabe duda de que una solución a todos esos enigmas requiere una exploración lo más completa posible y a largo plazo de Venus mediante orbitales, sondas de descenso y globos sonda, observaciones desde Tierra y misiones de toma de muestras y retorno a la Tierra. Un modesto orbital como VEX no puede aspirar a aclarar todos esos problemas pero, en el escaso tiempo de un año y medio y aunque la actividad continúa centrada en la validación y análisis exhaustivo de los datos que





Esquema de la circulación general que se piensa tiene lugar en la atmósfera de Venus, con dos regímenes claramente diferenciados en la troposfera (bajo la capa de nubes) y en la termosfera (por encima de cien km). La región de transición, la mesosfera, tiene una estructura compleja y mal conocida.

Fuente: R. Kempton
(New England
Meteoritical Services).

vando el disco del planeta) como en el limbo, lo que permite validar nuestros modelos teóricos. En un futuro cercano abordaremos la simulación precisa de las medidas con dichos modelos, lo que depende de la estructura de temperatura y densidad de la atmósfera; en otras palabras, intentaremos abordar el problema inverso y derivar la estructura atmosférica a partir de estas emisiones. Eso nos daría información sobre la baja termosfera de Venus.

Otro resultado importante del instrumento VIRTIS es la observación de la emisión nocturna del O_2 en 1,27 micras, y la cuantificación precisa de dicha emisión. Suponiendo un transporte global intenso, la teoría

química explicaría satisfactoriamente las emisiones en términos cuantitativos, aunque la variabilidad temporal y espacial es muy elevada y el motor de esta variabilidad no se conoce aún sin ambigüedad.

En cuanto al escape al espacio, el magnetómetro de VEX ha encontrado que el viento solar no parece penetrar la ionosfera del planeta, en esta fase de mínima actividad del ciclo solar. Esto coincide con lo encontrado por la misión *Pioneer Venus* durante el máximo de actividad solar, y podemos concluir que la interacción directa con el viento solar es menor de lo barajado hasta la fecha. Esto podría indicar que, tal como se pensaba, el escape al espacio

en la época actual es muy bajo. Sin embargo, el analizador de plasma de VEX ha encontrado un mecanismo que puede suplir dicha pérdida. Se trata del escape iónico, tanto de H^+ como de O^+ , y sus flujos están en relación 2/1, lo que revela un origen fotoquímico a partir del vapor de agua atmosférico. A. Ingersol se pregunta si dichos flujos habrán sido constantes a lo largo de la historia de Venus. Y yo me pregunto dónde está la fuente de vapor de agua necesaria para mantener dicho flujo.

Futuro de la misión

Y muchas más preguntas surgirán, sin duda, a la vez que vamos poniendo luz en los problemas actuales y conforme estudiemos los datos de *Venus Express*. Está llegando el momento de la explotación científica de los datos, de la comparación con modelos teóricos, del desarrollo de nuevos modelos, ya en marcha, y de las comparaciones con *Mars Express*. Se está planeando un cambio en la órbita de VEX para observar Venus desde geometrías diferentes, e incluso un frenado atmosférico de la misión. En definitiva, se abren perspectivas excelentes para aprender mucho más sobre Venus y su atmósfera. Esperemos que, al igual que con *Mars Express*, la ESA extienda el tiempo de vida operacional de VEX más allá de 2009... por el bien de la comunidad planetaria y de la europea en particular.

VENUS DESDE EL IAA

▷ EL INSTRUMENTO VIRTIS, EN EL QUE PARTICIPA EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA, HA APORTADO IMPORTANTE INFORMACIÓN SOBRE LA ALTA ATMÓSFERA DEL PLANETA

Los últimos resultados confirman la habilidad de VIRTIS para indagar en la alta atmósfera de Venus, una región inexplorada pero clave para comprender el escape de gases al espacio y, por tanto, su evolución y las diferencias con la atmósfera terrestre. El dióxido de carbono es el gas más abundante en Venus, mientras el oxígeno es muy escaso, una situación opuesta a lo que ocurre en la Tierra. Ambos gases producen emisiones intensas en las altas capas de la atmósfera, mediante fenómenos de *airglow* o fluorescencia.



Estructura del dipolo sur a diferentes longitudes de onda (la fila superior muestra las nubes a unos 65 km y la inferior a unos 50 km). Los dipolos son vórtices gigantes dobles (cada vórtice mide unos 2000 km), similares al ojo de un huracán, que se forman en ambos polos de Venus.

Las emisiones observadas en Venus por VIRTIS muestran ciertas diferencias con los modelos teóricos, lo que indica que la atmósfera presenta gran variabilidad a esas alturas. Se cree que el estudio de estos aspectos cambiantes de las emisiones, cuya inter-

pretación resulta muy complicada, será de gran importancia.

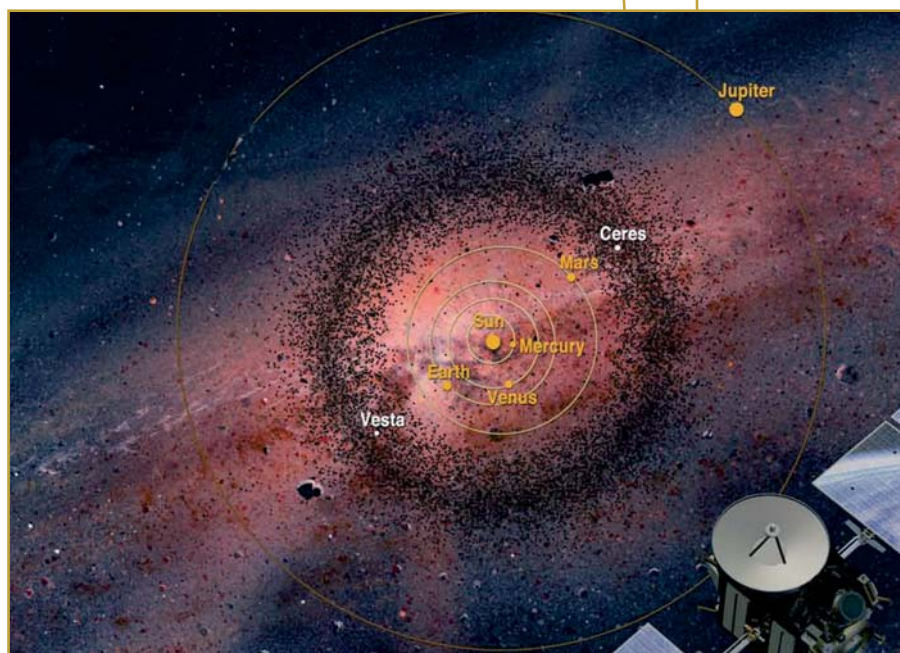
Por ejemplo, VIRTIS ha contribuido a desvelar un enigma sobre las emisiones de oxígeno de la cara nocturna de Venus: a diferencia de las de la Tierra, parecían demasiado fuertes para

tener un origen químico. Lo observado confirma un proceso químico que involucra átomos de oxígeno, pero más complejo; el modo peculiar de observación de VIRTIS ha permitido derivar los flujos de átomos de oxígeno necesarios para producirla, y concluir que se originan en el hemisferio de día y son transportados al de noche mediante un proceso dinámico a escala planetaria.

Por otra parte, las emisiones de dióxido de carbono, observadas en la alta

atmósfera de Venus con gran detalle por primera vez, confirman las predicciones de los modelos teóricos elaborados en el Instituto de Astrofísica de Andalucía hace una década, y VIRTIS las utiliza como herramienta sistemática de sondeo.

El complejo cinturón de asteroides



DESCUBRIMIENTOS RECIENTES REVELAN A LOS ASTEROIDES COMO OBJETOS COMPLEJOS, CUYA DINÁMICA PUEDE INFLUIR EN LA HISTORIA GEOLÓGICA DE LA TIERRA Y LA LUNA

Por Silbia López de Lacalle (IAA-CSIC)

Concepción artística del Sistema Solar. El cinturón de asteroides se halla entre Marte y Júpiter. Fuente: NASA.

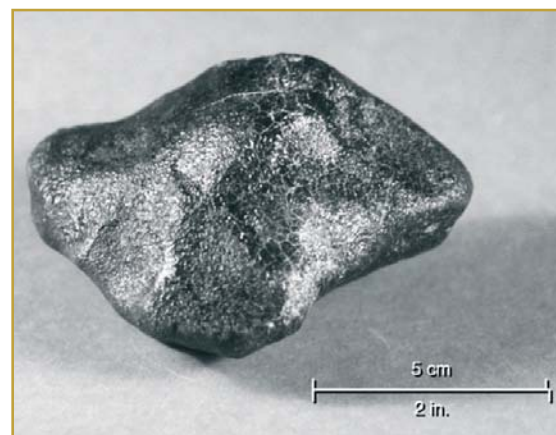
EL MUNDO DE LOS ASTEROIDES ES UN MUNDO EXTRAORDINARIO, donde términos como "relaciones genéticas" conviven con "autopistas dinámicas" y en cuyo estudio se emplean técnicas que compiten con las de Sherlock Holmes. Pero, antes de entrar en detalle, refresquemos un poco la memoria: los asteroides son cuerpos pequeños y rocosos que giran alrededor del Sol, carecen de atmósfera y cuyo tamaño oscila entre los más de 500 kilómetros de Vesta hasta los pocos centímetros (aunque los de reducido tamaño se conocen también como meteoroides). La mayoría de estos objetos reside entre Marte y Júpiter, en una región denominada cinturón de asteroides. En 1944, el astrofísico ruso Otto Schmidt postuló una teoría que afirmaba que la fuerza gravitatoria de Júpiter evitó la formación de un planeta entre su órbita y la de Marte, proceso que originó dicho cinturón. Así, actualmente se piensa que los asteroides son los restos de los bloques o "ladrillos" a partir de los que se formaron los planetas. Pero muchos de estos bloques no se conservan enteros: en 1918, el astrónomo japonés Hirayama planteó la existencia de familias

de asteroides, formadas a partir de la ruptura catastrófica de un asteroide padre debido a una colisión. En la actualidad hay entre 20 y 30 familias identificadas, entre las que destacan la de Eos, con 3287 miembros, Temis (1605), Koronis (2293), Baptistina (543) y Vesta (4547).

Visto lo anterior, una mente fría sugeriría "vale, son piedras". Sí, pero piedras que quitan el sueño a más de un astrónomo por la valiosa información que encierran, tanto sobre las condiciones de la nebulosa a partir de la que se formó nuestro Sistema Solar como sobre la formación de los planetas rocosos (el nuestro entre ellos); también sobre los procesos de colisión a gran escala, de transporte de material desde el cinturón de asteroides hasta órbitas cercanas a la Tierra (los famosos NEOs), o incluso sobre la desaparición de los dinosaurios. ¿Ven? Un mundo fascinante.

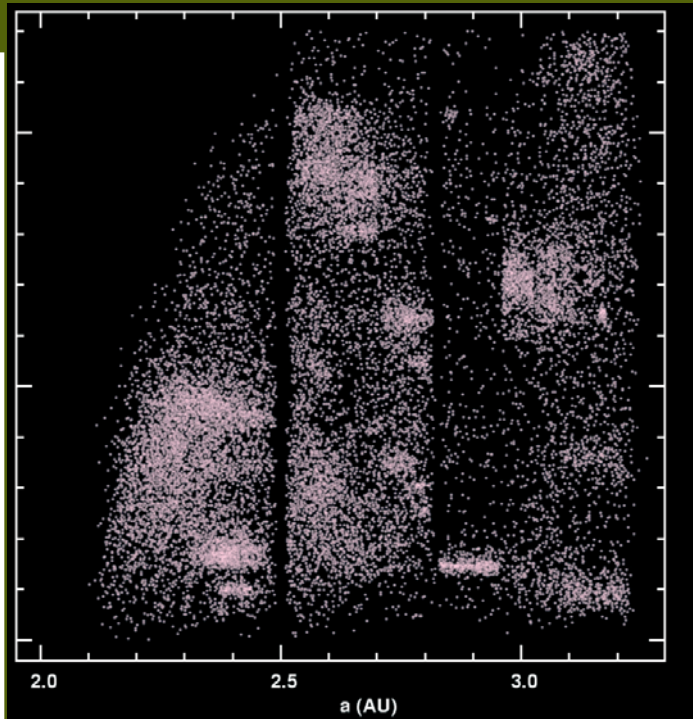
El misterio del basalto

René Duffard, astrónomo del Instituto de Astrofísica de Andalucía, ha presentado recientemente un estudio que revela la existencia, en la región externa del cinturón de



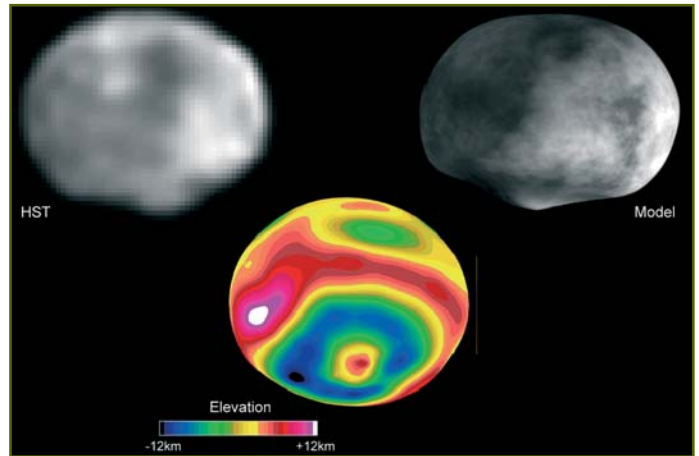
Este meteorito constituye una muestra de la corteza del asteroide Vesta, el cuarto cuerpo del Sistema Solar del que se conservan muestras de laboratorio (después de la Tierra, la Luna y Marte). Fuente: R. Kempton (New England Meteoritical Services).

asteroides, de dos extraños ejemplares, "(7472) Kumakiri" y "(10537) 1991 RY16", que contienen basalto. El basalto es un mineral típico de regiones inundadas por lava y, hasta hace pocos años, todos los asteroides basálticos eran relacionados con Vesta, el único objeto del cinturón de asteroides que presenta vestigios de actividad volcánica -en términos científicos, Vesta es el único asteroide "diferenciado"-. La diferenciación constituye un proceso típico de los planetas rocosos (Mercurio, Venus,



◀ **AGUJEROS EN EL CINTURÓN.** Los puntos señalan la distribución de 33.000 asteroides (el eje horizontal indica la distancia al Sol y el vertical la inclinación de las órbitas). Se observan claramente los agujeros de Kirkwood: las órbitas donde la fuerza gravitatoria de Júpiter expulsaría a cualquier objeto.

▼ **EL ASTEROIDE VOLCÁNICO.** Vesta fotografiada por el telescopio espacial Hubble (izq.), en un modelo realizado por ordenador (drch.) y en un diagrama de elevación donde se observa la profundidad del cráter en el polo sur. Fuente: HST.



Tierra y Marte), algunos satélites y un único asteroide conocido (Vesta), que, en sus primeras etapas, tuvieron el calor interno suficiente como para que su interior se fundiera y los elementos más pesados (como el hierro) descendieran hasta el núcleo, en tanto que los más ligeros ascendían hacia la superficie. De este modo se generó una estructura típica compuesta por núcleo, manto y corteza, ésta última aderezada con regiones cubiertas de basalto debido a las erupciones volcánicas.

Así que, ante el reciente hallazgo, la incógnita es la siguiente: dado su tamaño, Kumakiri y 1991 RY16 deben ser "hijos" de un asteroide mayor de tipo volcánico, pero se encuentran demasiado lejos de Vesta, el único candidato posible. De modo que tenemos dos pedacitos de lo que fue un asteroide de gran tamaño y del que no tenemos ningún otro indicio; más aún, ni siquiera se conoce con seguridad si Kumakiri y 1991 RY16 son "hermanos".

Pero lo más preocupante es que constituyen ejemplares casi únicos, y no debería ser así. René Duffard aclara por qué: "Los planetas terrestres debieron formarse a partir de

pequeños asteroides ya diferenciados, o si no el tiempo en el que se formaron no habría sido suficiente para que se crearan tal y como los conocemos ahora". Es decir, si los cuatro planetas rocosos se crearon a partir de planetesimales con calor interno, este tipo de objetos debería ser muy abundante hoy día, algo que no ocurre: además de Vesta y sus 4547 "hijos", sólo se han hallado algunos ejemplares sueltos que contienen basalto y cuyo progenitor se desconoce. Duffard señala otro punto importante: "no se conoce una familia diferenciada", fruto de una colisión de un cuerpo padre diferenciado; es decir, miembros de una misma familia cuyos fragmentos estén relacionados a una corteza, a un manto y a un núcleo. Todas las familias son fragmen-

tos de cuerpos homogéneos, y de ahí la importancia de encontrar material basáltico fuera del territorio de la familia de Vesta". La carencia de este tipo de objetos ha llegado incluso a nuestro planeta en forma de meteoritos: en 1990 comenzaron las campañas en la Antártica y en el Sáhara -donde los meteoritos se encuentran con más facilidad gracias al contraste con la nieve y la arena-, y desde entonces el número de hallazgos aumentó considerablemente. Los científicos comprobaron que todos los meteoritos de la muestra provenían de 135 posibles progenitores, de los que 27 eran cuerpos que apenas habían sufrido cambios debidos al calor interno. En cambio, los 108 restantes mostraban evidencias de cambios importantes en su estructura interna e

DE CAMINO AL CINTURÓN. En septiembre de 2007 la misión DAWN (NASA) comenzó su viaje de 5.000 millones de kilómetros hasta el corazón del cinturón de asteroides, donde visitará a Vesta y Ceres, este último ascendido de asteroide a planeta menor en 2006. Se trata de los habitantes más masivos del cinturón de asteroides que, a pesar de hallarse relativamente cerca, muestran diferencias irreconciliables: Vesta es un cuerpo rocoso con geología similar a la de los planetas de tipo terrestre mientras que Ceres (con casi 1000 kilómetros de diámetro) es de tipo helado y puede que contenga agua líquida en su interior.



incluso de diferenciación: así, los astrónomos tienen en su poder diversos fragmentos de la corteza e incluso del núcleo de asteroides que se fragmentaron y de cuya existencia sólo queda una roca que, casualmente, cayó en nuestro planeta.

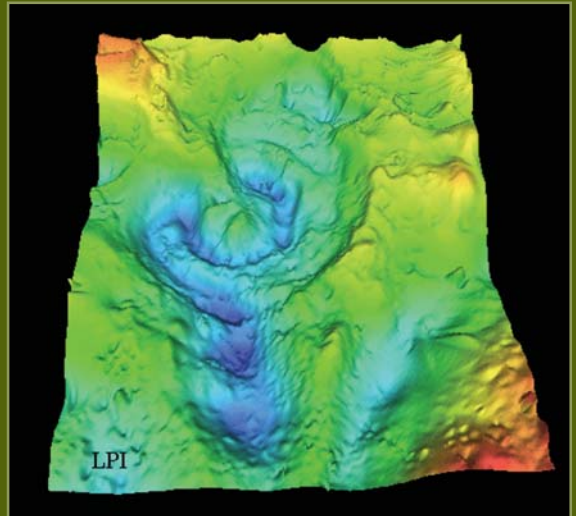
Los escombros de Vesta

Con forma esferoidal y un diámetro de 525 kilómetros, se trata de uno de los asteroides de mayor tamaño que, además, posee una estructura geológica similar a la de la Tierra o Marte. Se trata de un objeto que ha permanecido prácticamente intacto desde la época en que se formaron los planetas, salvo por los impactos de meteorito. Uno de ellos dejó una importante huella en el polo sur: un cráter de 460 kilómetros de diámetro y 13 kilómetros de profundidad (en nuestro planeta, un cráter de estas dimensiones podría albergar el Océano Pacífico) que fracturó la corteza y dejó al descubierto el manto, lo que proporciona a los científicos la posibilidad única de observar un objeto celeste bajo la corteza -por ejemplo, en el caso de la Tierra, un atisbo al manto supondría excavar más allá de los 100 kilómetros de espesor de la corteza, cuando el pozo más profundo cavado por el hombre solo alcanza doce kilómetros. Pero la enorme colisión también expulsó al espacio un 1% de la masa total de Vesta, lo que supone alrededor de 800 millones de metros cúbicos de roca en forma de escombros de diversos tamaños que comenzaron su viaje a través del Sistema Solar (los astrónomos creen que alrededor del 5% de los meteoritos que aterrizan en nuestro planeta son el resultado de este choque, acaecido hace unos 1.000 millones de años). Algunos establecieron su órbita cerca de su progenitor formando la numerosa familia de Vesta, mientras que otros más valientes tomaron la "vía rápida": aunque el cinturón de asteroides constituye un lugar densamente poblado, existen órbitas que ninguno se atreve a habitar, como la órbita situada a 2,5 Unidades Astronómicas del Sol (la Tierra se halla a una Unidad Astronómica - o UA- del Sol); cualquier cuerpo ahí situado entraría en resonancia orbital con Júpiter, ya que daría tres vueltas en torno al Sol en el tiempo que Júpiter da sólo una (resonancia 3:1). Este fenómeno se produce también a 2,8 UAs (resonancia 5:2) o a 2,95 UAs (resonancia 7:3), en todos ellos con consecuencias similares: el objeto será expulsado a una órbita lejana por la fuerza gravitatoria de Júpiter; por ello estas órbitas, conocidas como "agujeros de Kirkwood", se hallan vacías en los diagramas de distribución de los asteroides (ver

EL EXTERMINADOR DE DINOSAURIOS

En la península del Yucatán (México), bajo cientos de metros de sedimentos, se esconde la huella del tremendo impacto de un asteroide: un cráter de unos 180 kilómetros de diámetro que se produjo hace unos 65 millones de años. Se cree que este fenómeno originó un drástico cambio climático y la desaparición de los dinosaurios, y recientemente ha sido perseguido hasta su origen, nada menos que en el cinturón de asteroides.

Un equipo checo-estadounidense ha realizado un estudio, basado en observaciones y simulaciones numéricas, que relaciona el asteroide autor del cráter del Yucatán con la ruptura de Baptistina, su asteroide progenitor, hace unos 160 millones de años. Situado en la región interna del cinturón de asteroides, Baptistina, con un diámetro de unos 170 kilómetros, sufrió una colisión con otro asteroide de unos 60 kilómetros de diámetro, lo que produjo toda una familia de fragmentos con órbitas similares. Los autores del estudio estiman que, originalmente, esta familia incluía 300 cuerpos con más de 10 kilómetros y 140.000 con más de un kilómetro, algunos de los que tomaron la misma "autopista dinámica" que los fragmentos de



Vesta: la fuerza de gravedad de Júpiter lanzó al 20% de los cuerpos mayores a órbitas que se cruzaban con la de la Tierra, y posiblemente un 2% de ellos terminó chocando contra nuestro planeta. Esto debió suponer un considerable aumento del número de impactos tanto en la Tierra como en la Luna hace unos 100 millones de años, y la historia remota parece confirmarlo: los registros muestran que el número de grandes

cráteres se multiplicó por dos en un período que abarca de los últimos 100 a 150 millones de años. La composición química de los sedimentos del cráter del Yucatán también apoya el parentesco con Baptistina, y el equipo investigador cree que hay un 90% de probabilidades de que el fragmento autor del cráter procediera de esa numerosa familia (hoy se conocen 543 miembros).



HUELLA ESCONDIDA. Arriba, mapa tridimensional que muestra una estructura anular en la península de Yucatán, México. Fuente: NASA. A la izda., mapa geográfico representa el tamaño y ubicación del cráter.

imagen). En el caso de los fragmentos de Vesta, el punto peligroso corresponde al agujero de Kirkwood 3:1, una "autopista dinámica" que ha conducido a algunos de ellos a órbitas cercanas a la de nuestro planeta. Más aún, parte de estos viajeros han

sufrido impactos posteriores que desgajaron pedazos más pequeños que, finalmente, impactaron contra la Tierra.

Si Vesta tiene basalto, o material volcánico, en su superficie... ¿quiere eso decir que hay volcanes en un asteroide? Pues sí: Vesta es un asteroide con volcanes, aunque ya inactivos (una idea que resultó difícil de aceptar en la década de 1970). Se ha observado vulcanismo en los planetas terrestres y en algunos satélites naturales como lo, un satélite de Júpiter que permanece activo. La idea de vulcanismo en cuerpos pequeños no es tan nueva: quizás algunos recuerden el cuento de Antoine de Saint-Exupéry, El principito, que vivía en el asteroide B612 y que tenía que limpiar las calderas de los volcanes de este asteroide...

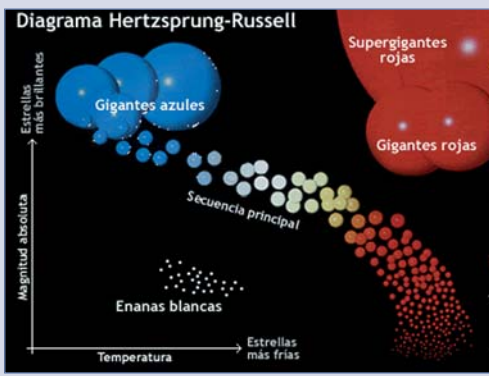


ROTACIÓN DIFERENCIAL Y

[1] Difusión: Proceso físico por el cual un elemento (materia o energía) es transportado como resultado neto de procesos aleatorios, como por ejemplo la turbulencia.

Momento angular: Cantidad física utilizada para describir la rotación de un elemento, equivalente a la cantidad de movimiento en el movimiento rectilíneo.

[2] La secuencia principal es el estadio evolutivo principal de una estrella, donde pasa la mayor parte de su vida. Se caracteriza porque, durante este periodo, la estrella está consumiendo el hidrógeno de su núcleo. El agotamiento de este hidrógeno marca el fin de la vida de la estrella en Secuencia Principal.



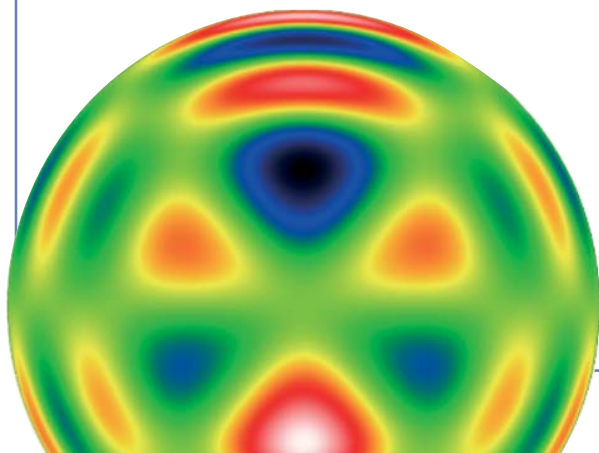
[3] Sólido rígido: idealización utilizada para poder describir más fácilmente objetos que no se deforman significativamente durante el proceso que se está estudiando. En esta idealización se considera que el objeto conserve siempre las posiciones relativas de los elementos que lo componen.

Rotación diferencial: la velocidad de rotación de cada elemento de la estrella depende de la posición que ocupa, y es diferente para diferentes posiciones.

[4] Ningún sistema aislado puede oscilar de cualquier manera. Cada sistema (desde las estrellas hasta los instrumentos musicales) puede oscilar solo de ciertas formas. A cada una de estas formas posibles de oscilar se le denomina modo de pulsación u oscilación.

Los diferentes modos de pulsación de una estrella podemos clasificarlos según sea la principal fuerza restauradora que los hace posibles. Así tenemos los modos p (donde la principal fuerza restauradora es la Presión), modos g (la Gravedad) y modos mixtos (donde ambas actúan de manera significativa).

Abajo: modos de oscilación de una estrella no rotante. A la dcha, modos en una estrella con una velocidad de rotación alta. Fuente: Daniel Reese.



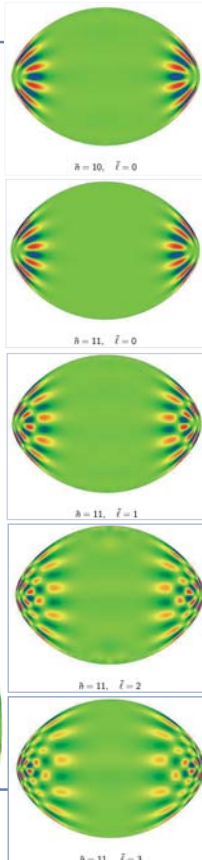
El campo de la estructura y evolución estelar no se concibe hoy en día sin el papel vital que juega la rotación estelar. Esta interviene en los procesos físicos que tienen lugar en el interior de las estrellas (procesos de transporte energético y material, difusión, redistribución del momento angular

[1], etc.), que afectan a su estructura (pérdida de la simetría esférica, reestructuración de las zonas convectivas, etc.) y evolución. Como consecuencia, se espera que estrellas de masa intermedia -entre una y tres masas solares- en la secuencia principal [2] no giren uniformemente como un sólido rígido, sino que presenten un perfil de rotación diferencial [3]. Una de las hipótesis más aceptadas plantea que, como consecuencia de una turbulencia altamente anisotrópica (es decir, diferente dependiendo en qué dirección miremos), el perfil de rotación estelar resultante sea en capas (en inglés, *shellular rotation*). Así pues, el estudio de los perfiles de rotación internos y sus variaciones ejercen de diagnóstico de los procesos de transporte. Pero, ¿cómo accedemos a ellos?

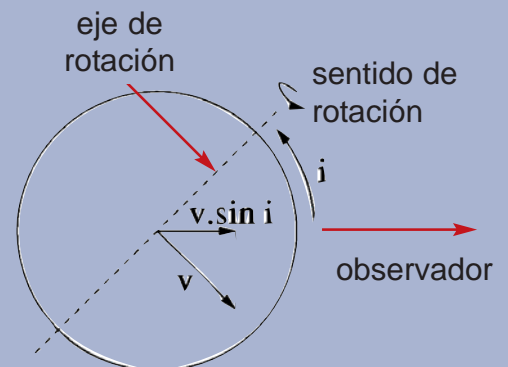
La mayoría de las estrellas de masa intermedia en la secuencia principal muestran variaciones periódicas de brillo consecuencia de la deformación de su superficie por ondas: son estrellas pulsantes. Esta particularidad nos es ventajosa en tanto que somos capaces de sondear el interior estelar a través

del análisis de sus modos de pulsación [4].

Esta herramienta, que se conoce como Astrosismología, nos proporciona asimismo información valiosa sobre el perfil interno de rotación. El caso más ilustrativo es el del Sol, cuyo perfil interno de rotación es conocido con bastante detalle en ciertas zonas intermedias. Sin embargo, a diferencia del Sol, las estrellas de masa intermedia presentan velocidades relativamente altas ($v \cdot \sin i$ [5] entre 80 y 200 km/s). A estas velocidades la fuerza centrífuga distorsiona la estructura de la estrella, que pierde la simetría esférica. Asimismo, la interacción rotación-pulsación se vuelve más compleja debido a la modificación del equilibrio hidrostático (situación en que la gravedad compensa la presión y el fluido no se mueve) y a la mezcla de elementos químicos en el interior estelar. Todo ello se traduce en espectros de oscilación complejos, cuyos patrones son difíciles de identificar. En el IAA, concretamente en el grupo de Variabilidad Estelar del departamento de Física Estelar, estudiamos la interacción pulsación-rotación con dos objetivos fundamentales: determinar con detalle los efectos de la rotación diferencial en capas sobre los espectros de oscilación y el uso de esta información para efectuar diagnósticos astrosismológicos de los procesos de transporte que tienen lugar en los interiores estelares. En particular hemos comparado los espectros de oscilación resultantes de



[5] Relativamente altas: La velocidad de rotación máxima posible es aquella en la que la fuerza centrífuga gana a la gravedad y, por lo tanto, la estrella se desintegra. Es respecto a este límite donde establecemos si la velocidad de rotación es alta o baja. $v \cdot \sin i$: "i" es el ángulo que forma nuestra línea de visión de la estrella y su eje de rotación. Debido a que solo recibimos un rayo de luz de la estrella por su lejanía, nos es imposible obtener más que la velocidad de rotación en la superficie proyectada sobre este ángulo, por lo general desconocido.



OSCILACIONES ESTELARES

modelar una estrella asumiendo un perfil de rotación uniforme -hipótesis utilizada hasta ahora- con aquellos resultantes de suponer un perfil de rotación diferencial en capas (radial), que predicen las últimas teorías de transporte y turbulencia inducida por la rotación. Este estudio revela que todos los modos que componen el espectro teórico de oscilación son afectados por la rotación diferencial. Los modos afectados en mayor medida son los g y mixtos (con diferencias en frecuencia de hasta 3 μHz). Esto se explica por la rápida variación del perfil de rotación en el interior estelar, cerca del borde del núcleo convectivo [6], donde dichos modos poseen mayor amplitud. Por otra parte, los modos p o acústicos, que poseen gran amplitud cerca de la superficie, también son afectados por la rotación diferencial (con diferencias entre 1 y 3 μHz), lo suficiente para equivocar la identificación modal, o el proceso por el cual asignamos a cada frecuencia de oscilación observada un modo de oscilación teórico. Ello es debido, principalmente, a que este tipo de modos es mucho más sensible a la deformación de la estrella por la fuerza centrífuga en el caso de rotación diferencial por capas que en el caso de rotación uniforme. Por otra parte, como consecuencia de estos resultados, estamos trabajando actualmente en un nuevo proyecto para tratar de efectuar diagnósticos astrosismológicos de los perfiles de rotación. Estos diagnósticos

están basados en las asimetrías observadas en los desdoblamientos [7] (en inglés *splitting*) por rotación en las frecuencias de los modos g y mixtos de orden bajo (sus funciones propias poseen pocos nodos [8]) en el caso de una rotación diferencial en capas. Utilizando una teoría perturbativa, se demuestra que dichas asimetrías [9] son sensibles a variaciones del perfil de rotación interno, en particular en la zona delimitadora del núcleo convectivo. Este tipo de diagnósticos tiene la ventaja de ser más precisos que las inversiones de los perfiles de rotación [10] usando los desdoblamientos por rotación y de proporcionar, además, información física sobre el origen de las variaciones del perfil de rotación.

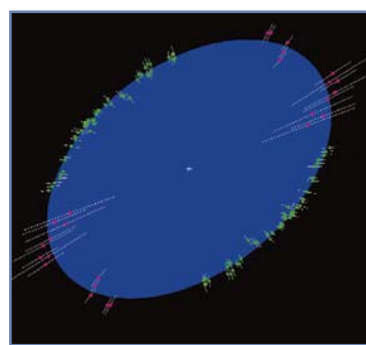
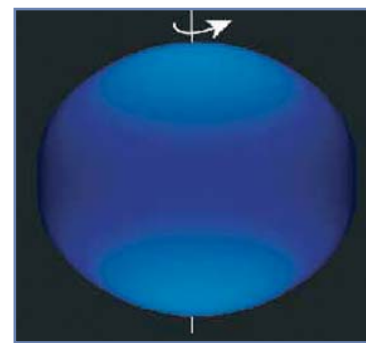
Desde un punto de vista observacional, tanto para el estudio de los efectos de la rotación diferencial como para el análisis de asimetrías (las cuales son generalmente muy pequeñas con respecto a los desdoblamientos por rotación), se requieren precisiones importantes, tanto para la detección de los modos como para resolver los desdoblamientos. Afortunadamente, estos requisitos los tenemos cubiertos con la misión CoRoT, que proporciona una precisión de 0.1 μHz y 0.5 μHz en la detección de modos de oscilación y en la resolución de desdoblamientos, respectivamente.

JUAN CARLOS SUÁREZ (IAA)
deconstrucción: ANDRÉS MOYA (IAA)

[8] Posición donde el modo de oscilación tiene amplitud cero, es decir, en ese punto no oscila.

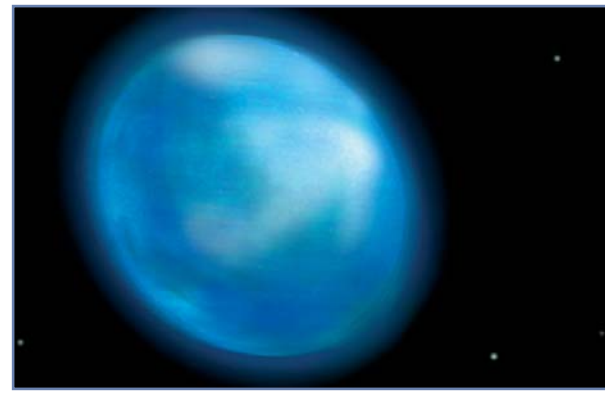
[9] En realidad, la distancia entre las frecuencias de los diferentes modos de un multiplete no es constante. Existen pequeñas diferencias entre ellas que denominamos asimetrías.

[10] Inversión de los perfiles de rotación: Técnica por la cual, a partir de una gran cantidad de modos observados, podemos deducir el perfil que los ha generado.



ESTRELLAS ACHATADAS: de arriba abajo, Vega, Achernar y Altair, estrellas que presentan forma oblonga debido a su alta velocidad de rotación.

[6] Las estrellas de masa intermedia tienen, *grosso modo*, la siguiente estructura: un núcleo convectivo -como agua hirviendo- donde se dan las reacciones nucleares, una envoltura radiativa -como agua en un estanque-, que se creía casi estática (pero las teorías de las que hemos hablado aquí demostraron que la rotación genera turbulencias y transportes), una zona convectiva casi en su límite externo y una atmósfera en su superficie.



[7] En una estrella rotando, los modos de oscilación se agrupan formando conjuntos con un número impar de modos con características físicas muy similares o coincidentes, como el número de nodos en la dirección radial o en la superficie, etc. Una de las principales propiedades de estos conjuntos es que, en una primera aproximación, la distancia entre las frecuencias de los modos es constante. A cada uno de estos conjuntos de modos se le denomina multiplete, y se dice que la rotación ha provocado un desdoblamiento de los modos formando multipletes.

El asteroide 2002NY40 como fuente de bólidos productores de meteoritos

...o de cómo los cortesanos vieron que el cielo casi se desplomaba sobre ellos

► Cortes de la Frontera es uno de los pueblos blancos más ricos de la Serranía de Ronda. Al abrigo de sus bosques, la noche de 31 de agosto de 2006, a eso de las 03:44 de la madrugada, una inmensa bola de fuego cruzó el cenit de la localidad sembrando la sorpresa y la inquietud entre aquellos de sus cortesanos (que así se llaman a sí mismos los lugareños) que a esa hora todavía estaban trasnochando.

¿Qué fue lo que vieron esos habitantes de Cortes de la Frontera sobre sus cabezas, y qué vislumbraron también, a baja altura, algunos de los habitantes de la propia provincia de Málaga y de las provincias aledañas?

Por fortuna para ellos, el tan espectacular evento pudo quedar registrado en una instrumentación pionera desarrollada en el IAA, por un lado, y en la Universidad de Huelva, por otro, aglutinándose estos esfuerzos al abrigo de la Red Española de Investigación de Bólidos y Meteoritos (SPMN).

La existencia de enjambres de fragmentos procedentes de asteroides próximos a la Tierra ya había sido defendida teóricamente desde hacía décadas. De hecho, hay pruebas de que es así en el caso de Vesta, uno

de los principales miembros del cinturón de asteroides, donde orbita entre Marte y Júpiter. Sin embargo, hasta ahora ningún equipo había asociado claramente los fragmentos con un asteroide próximo a la Tierra. El asteroide progenitor, de baja consistencia al estar formado por una estructura de pila de escombros, pudo fragmentarse debido al efecto de marea gravitatoria ejercido por la Tierra o Marte durante alguna de las aproximaciones habituales de los fragmentos a estos planetas.

El estudio de las órbitas y el origen de estos objetos, con masas de entre 0.5 y 10 kilogramos, se ha efectuado por medio de imágenes obtenidas con cámaras de todo el cielo (desarrolladas en el IAA en colaboración con el INTA) y cámaras de video de alta sensibilidad, que registran el cielo cada noche de manera continua. Asimismo, las cámaras disponen de redes de difracción para poder descomponer la luz de estas impresionantes bolas de fuego que surcan el cielo y así poder determinar su temperatura y composición química. El bólido que sobrevoló la vertical de Cortes de la Frontera y fue avistado en media Andalucía fue denominado SPMN 310806, y su composición química permitió asociarlo al asteroi-



Parte de una imagen tomada por la cámara CCD de todo el cielo situada en la Estación Astronómica BOOTES-2 de La Mayora (EELM-CSIC), que muestra el bólido SPMN 310806. La primera fulguración está asociada con la fragmentación ocurrida a una altura de 43,6 km cuando el meteoróide ya había decelerado a 18 km/s. Fulguraciones secundarias ocurrieron a 39,2, 33,7 y 30,9 km de altura.

de 2002NY40, bien conocido en la actualidad. Tanto este asteroide como el fragmento que dio origen a la bola de fuego avistada sobre el pueblo malagueño parecen ser condritas ordinarias. Las condritas son meteoritos que contienen cóndrulos (esférulas de roca formadas por metal y silicatos).

Un día antes, en la localidad finlandesa de Lahti, cuatro mil kilómetros

al norte de la población malagueña, también vieron otro fragmento del mismo asteroide reentrar en la atmósfera. La investigación de este asteroide cercano a la Tierra continúa.

Alberto Castro-Tirado (IAA).

"ASTEROID 2002NY40 AS SOURCE OF METEORITE-DROPPING BOLIDES", J. M. Trigo-Rodríguez, E. Lyytinen, D. C. Jones, J. M. Madiedo, A. J. Castro-Tirado, I. Williams, J. Llorca y S. Vitek, MNRAS, 382, 1933 (2007).

¿Un nuevo tipo de supernova?

La colisión de dos enanas blancas produciría una explosión similar a las supernovas de tipo Ia

► Cuando la supernova sn2006gz fue descubierta, se catalogó como una supernova de tipo Ia, es decir, sin apenas hidrógeno en su espectro (a diferencia de las de tipo II, que poseen inten-

sas líneas de dicho elemento). En las supernovas de tipo Ia, una enana blanca perteneciente a un sistema binario atrapa materia de su estrella compañera aumentando su masa hasta superar las 1,4

masas solares (límite de Chandrasekar), instante en el que se hace tremendamente inestable y estalla.

Pero un análisis más detallado realizado por astrónomos del Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) mostró que sn2006gz era más especial de lo que parecía. Además de ser mucho más luminosa de lo esperado, su espectro mostraba una presencia de carbono y silicio como nunca antes se había visto en este tipo de supernovas.



Estas peculiaridades de sn2006gz se ajustan perfectamente con modelos que proponen la existencia de supernovas producidas por la colisión de dos enanas blancas que orbitan en un sistema binario. Estas órbitas van poco a poco decayendo hasta que ambas estrellas colisionan provocando la

tremenda explosión.

Lo más interesante de esta noticia es que las supernovas de tipo Ia son utilizadas por los astrónomos como indicadores de distancia gracias a que presentan una luminosidad similar, y se han empleado en cuestiones tan importantes como la determinación de la cons-

tante de Hubble o el descubrimiento de la energía oscura. La existencia de más supernovas como sn2006gz, fácilmente confundibles con el tipo Ia, exige una precaución extra a los astrónomos al emplearlas en el estudio del Cosmos.

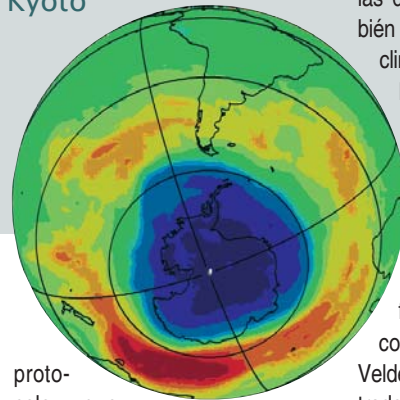
Emilio J. García (IAA).

La importancia del Protocolo de Montreal en la protección del clima

Su eficacia en la lucha contra el cambio climático es entre cinco y seis veces mayor que la del protocolo de Kyoto

► Hay dos aspectos muy actuales de la atmósfera que se confunden a menudo. Nos referimos al agujero de ozono y al cambio climático. En principio se trata de dos aspectos completamente inconexos con un único denominador común: ambos son causados por la acción humana. El primero se debe esencialmente a la emisión a la atmósfera de clorofluorocarbonos (CFCs) y se manifiesta en la estratosfera (~30 km), mientras que el segundo se debe a la emisión de gases invernadero, fundamentalmente dióxido de carbono (CO₂) y en menor medida metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), y tiene lugar en las capas bajas de la atmósfera (desde la superficie hasta los 10 km).

Respecto al primero, ya se dio un primer aviso en 1974 cuando los científicos Molina y Rolland mostraron los efectos nocivos de los CFCs sobre el ozono. Entonces, algunas asociaciones y sectores de la ciudadanía ya empezaron a tomar acciones para remediarlo (como el desuso de desodorantes en spray en la higiene personal). Sin embargo, no fue hasta el descubrimiento del agujero de ozono sobre la Antártida en 1984 cuando todas las organizaciones mundiales acordaron, en 1987 y mediante el Protocolo de Montreal, la reducción drástica de las emisiones de CFCs a la atmósfera. Este



protocolo, que ha sido revisado a la baja en sucesivas enmiendas posteriores, ha sido un éxito, como los demuestran las bajas tasas de emisión de estos compuestos en la actualidad y el inicio de la recuperación del agujero de ozono.

Pero, según un estudio reciente del investigador holandés Velders y colaboradores -y aquí está la noticia-, el éxito del protocolo de Montreal no solo ha sido beneficioso para la recuperación del agujero de ozono, ¡sino también para frenar el cambio climático! ¿De dónde viene entonces esta conexión? Los CFCs, además de perjudiciales para el ozono son, a la vez, gases invernadero enormemente efectivos. En concreto, el CFC12 es diez mil veces más efectivo que el CO₂ para atrapar a la radiación y contribuir al cambio climático (aumento de la temperatura de la atmósfera cerca de la superficie). De esta for-

ma, aunque sus emisiones a la atmósfera son mucho menores que las del CO₂, han contribuido también de forma apreciable al cambio climático.

La noticia tiene aún más repercusión cuando se comparan las cifras concretas de los efectos sobre el cambio climático del Protocolo de Montreal con los derivados de acuerdos específicos para frenar el cambio climático, como el protocolo de Kyoto. Velders y colaboradores han mostrado que el Protocolo de Montreal, sin proponérselo, ha reducido la contribución al cambio climático entre cinco y seis veces más que el protocolo de Kyoto, firmado ex profeso para este fin. En concreto, según estos investigadores, para el 2010 el Protocolo de Montreal reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero en 11,7 Gt (11,7 miles de millones de toneladas) de CO₂ por año, cifra entre cinco y seis veces superior a los objetivos de reducción de las emisiones para 2012 del Protocolo de Kyoto. Como resultado, el Protocolo de Montreal ha retrasado el cambio climático unos diez años.

Manuel López-Puertas (IAA).

- World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project (2007) Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006 (World Meteorological Organization, Geneva), Report 50.
- Velders, G. J.M., S. O. Andersen, J. S. Daniel, D. W. Fahey, and M. McFarland, THE IMPORTANCE OF THE MONTREAL PROTOCOL IN PROTECTING CLIMATE, PNAS, 104, no. 12, 2007.
- UNEP, PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, 19ª REUNIÓN DE LAS PARTES EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL, MONTREAL, 17 A 21 DE SEPTIEMBRE DE 2007.

EN BREVE



Descubriendo Mercurio

► El paso reciente por Mercurio de la nave MESSENGER de NASA ha proporcionado a los científicos nuevas imágenes y datos del planeta rocoso menos explorado del Sistema Solar. Aunque la superficie de Mercurio presente un gran parecido con la de la Luna, existen diferencias importantes. Mientras en nuestro satélite se distinguen con nitidez regiones escarpadas, brillantes y cuajadas de cráteres ("tierras") y otras hundidas y oscuras ("mares"), Mercurio no muestra una dicotomía tan clara y su estructura resulta más compleja. Asimismo, la escasez de grandes cráteres (de diámetros entre 20 y 50 km) en la superficie de Mercurio sugiere que algún fenómeno de naturaleza incierta (bien volcánica o bien relacionada con impactos de meteoritos) produjo cambios en el terreno y borró gran parte de los cráteres. En las regiones altas de Mercurio se han observado también acantilados recortados y poco profundos de cientos de kilómetros de longitud que probablemente se produjeron a causa de una contracción global de la corteza provocada, a su vez, por un lento enfriamiento y una posterior contracción del núcleo de hierro.



El Telescopio Espacial Hubble ha fotografiado un fenómeno insólito, en el que una galaxia actúa como lente y magnifica y deforma la imagen de dos galaxias lejanas

Un espejismo doble

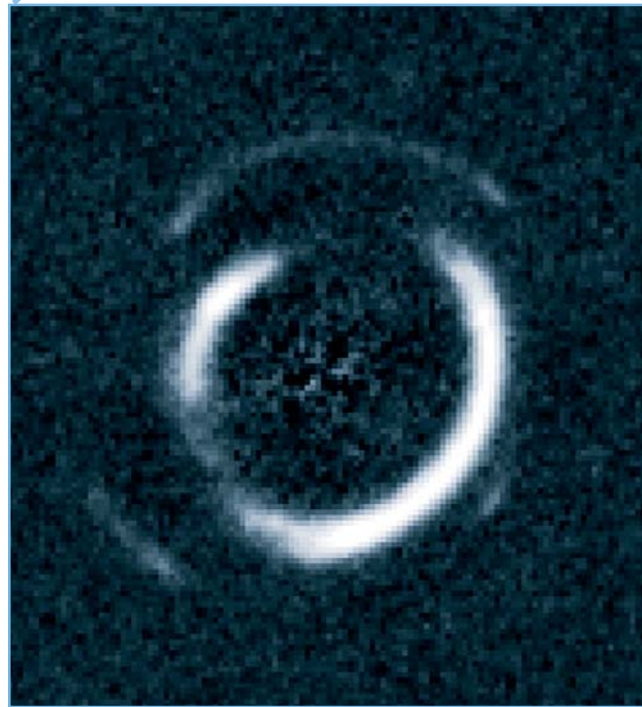
El Telescopio Espacial Hubble nos regaló en enero algo nunca visto, la primera imagen de un doble anillo de Einstein. Se trata de un fenómeno complejo -y bellissimo-, conocido como lente gravitatoria y que requiere unas nociones básicas sobre la luz y el espacio-tiempo. Sabemos, gracias a la teoría de la relatividad, que la geometría del espacio-tiempo no es rígida, sino que en presencia de materia se modifica y, más concretamente, se "curva". Un ejemplo clásico consiste en imaginar el espacio-tiempo sin materia como una sábana tendida horizontalmente y tensada por los cuatro extremos; si dejamos caer una pelota ese espacio-tiempo se curvaría y, más curioso aún, desviaría los rayos de luz emitidos por objetos lejanos. En el fondo, la luz sólo sigue el camino más corto: si el camino entre dos ciudades se ve interrumpido por una montaña, los coches la rodearán en lugar de subirla. La luz, ante grandes cúmulos de materia, se desvía o divide dependiendo de la masa del cúmulo y del nivel de alineación de los

objetos. Como resultado, desde la Tierra podemos observar un aparente cambio de posición, una deformación o incluso una multiplicación del objeto más lejano.

Casi todos estos espejismos gravitatorios consisten en esto último,



pero existe un ejemplo singular por su simetría, el anillo de Einstein,

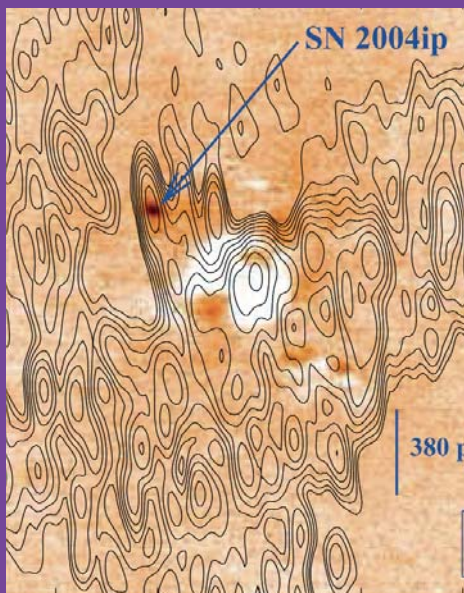


muy escaso debido a las condiciones requeridas: los dos objetos deben estar perfectamente alineados con respecto a la Tierra y, además, la galaxia que actúa como lente debe ser del todo simétrica. Como resultado, vemos una imagen formada por un anillo y su centro.

Ahora, el más difícil todavía: la imagen tomada recientemente por el Hubble es un anillo doble, y los requisitos para que algo ocurra desafían la estadística: una galaxia masiva, situada a tres mil millones de años luz, se halla perfectamente alineada con otras dos galaxias más lejanas, situadas a seis y once mil millones de años luz. Como resultado, observamos un doble anillo "cuya elegancia -afirma uno de los descubridores- solo es superada por los secretos que revela".

De hecho, el estudio de las lentes gravitatorias no se inició desde la perspectiva del fenómeno óptico, sino porque constituyen una herramienta útil para estudiar el Cosmos. Por ejemplo, las galaxias o cúmulos de galaxias que actúan como lente, además de permitir la observación de galaxias muy tenues y lejanas, proporcionan

El doble anillo de Einstein. Un espejismo que permite ver tres galaxias en una. Fuente: NASA, ESA, R. Gavazzi, R. Treu, y Grupo SLACS.



SN 2004IP, UNA SUPERNOVA MUY LONGEVA

La revista *The Astrophysical Journal* publicó la detección en radio de la supernova SN 2004ip, realizada con VLA bajo la coordinación de Miguel Ángel Pérez-Torres (IAA).

Descubierta previamente, no se había podido definir la naturaleza de SN 2004ip, que explotó en la galaxia IRAS 18293-3413. Las recientes observaciones en radio, realizadas tres años después de la explosión, indican una fuerte interacción del material expulsado en la supernova con el medio circundante, lo que aporta valiosa información sobre el evento: confirma que se trata de una supernova producida por colapso nuclear e indica que la estrella progenitora, muy masiva, sufrió una importante pérdida de masa antes de la explosión. Este tipo de supernovas solo pueden detectarse en radio y en infrarrojo

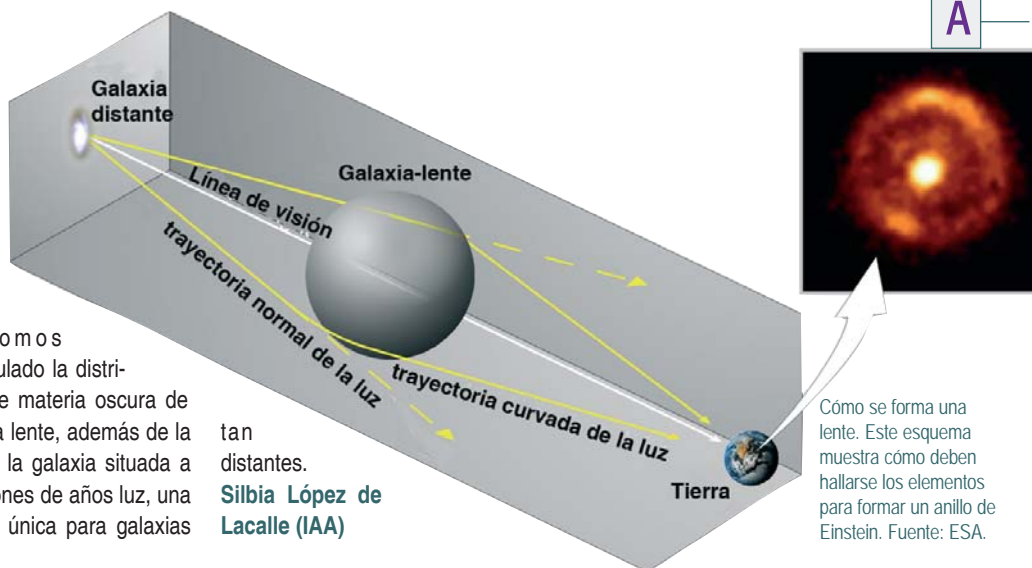
cercano, ya que en otras longitudes de onda la emisión está fuertemente extinguida.

El caso de SN 2004ip resulta interesante porque su detección, en radio y tres años después de la explosión, permite esbozar las últimas etapas de la estrella. La longevidad de una supernova depende de la densidad del medio que la circunda: si la explosión se produce en un medio poco denso, el material expulsado apenas sufrirá interacción con este y el brillo se extinguirá pronto. En cambio, si en las fases previas a la explosión la estrella ha ido eyectando materia, la onda expansiva "chocará" con ese material y la interacción prolongará el brillo de la supernova. Este sería el caso de SN 2004ip, visible tres años después de la explosión.

información sobre su propia masa y sobre cómo se halla distribuida. Así, las lentes también aportan información sobre la materia oscura, un tipo de materia que solo puede estudiarse a través de su interacción gravitatoria y que predomina en el Universo -es más abundante que la materia bariónica, de la que están formadas las estrellas, los planetas e incluso nosotros mismos-. En concreto, gracias a este anillo doble los

astrónomos han calculado la distribución de materia oscura de la galaxia lente, además de la masa de la galaxia situada a seis millones de años luz, una medición única para galaxias

tan distantes.
Silbia López de Lacalle (IAA)



Cómo se forma una lente. Este esquema muestra cómo deben hallarse los elementos para formar un anillo de Einstein. Fuente: ESA.

ENTRE BASTIDORES

REVISTAS CIENTÍFICAS EN ESPAÑA, ENTRE EL ALDEANISMO Y EL DESDÉN

JUAN ARÉCHAGA

En los últimos días hemos sido testigos de la entrega del Premio Príncipe de Asturias de Comunicación y Humanidades a las revistas científicas *Nature* y *Science*, auténticos iconos demiúrgicos de una nueva religión intelectual a los que parece que todos los investigadores debemos mostrar adoración y pleitesía. Un aldeanismo más propio de otros ambientes y, por supuesto, inimaginable en Francia o en Alemania, por ejemplo. ¿Qué es lo que se ha pretendido realmente con dicho premio?... ¿dar fe pública de la incompetencia de nuestras revistas científicas para competir internacionalmente?... ¿buscar el efecto milagroso del brazo incorrupto de Santa Teresa, como decía Ortega, cuando paseaban por España al laureado Cajal, quien nunca publicó en *Science* o *Nature*?

Son muchas las preguntas que podríamos hacernos acerca del discutible premio asturiano, que ha sorprendido incluso a las propias revistas galardonadas. Sin embargo, nos centraremos en algo que parece que ha pasado inadvertido a sus patrocinadores. Nos referimos a que las centenarias y renombradas publicaciones han sido, ante todo, la punta de lanza de la ciencia británica y norteamericana (los foráneos que han publicado en ellas y, particularmente, los españoles, son una muestra decorativa e insignificante a lo largo de su historia). Por otra parte, ambos semanarios son, en realidad, un formidable negocio editorial -promocionado y mantenido por sus excelentes gabinetes de prensa- que beneficia exclusivamente a la compañía privada *Nature Publishing Group* y a la *American Association for the Advancement of Science* (¡nuestros bibliotecarios, investigadores e instituciones científicas saben muy bien lo que cuesta suscribirse, publicar o anunciarse en ellas!). Más aún, a diferencia de las revistas académicas que hemos firmado, por ejemplo, los *Washington DC Principles for Free Access to Science* (www.dcprinciples.org), las premiadas no liberan el contenido de su edición electrónica -pasado el tiempo prudencial que permite la viabilidad económica de las publicaciones-, sino que lo mantienen bloqueado permanentemente; una excelente fuente adicional de ingresos proporcionada por las nuevas TICs para la venta, por vía electrónica, de artículos sueltos.

Nuestra perplejidad es mucho mayor tras la última evaluación anual de revistas científicas del *Institute for Scientific Information* (2006 *Journal Citation Reports*) de Filadelfia; por cierto, otro lucrativo monopolio estadounidense y posible candidato a un próximo Premio Príncipe de Asturias. Pues bien, allí puede evidenciarse el gran avance experimentado por las revistas científicas españolas -no

confundir con en español, que esto es diferente y, por ahora, desgraciadamente, muy secundario- pese a que carecemos aún de un plan estratégico nacional para avanzar en su profesionalización y en la creación de consorcios de venta al exterior (actualmente, los bibliotecarios de todo el mundo se suscriben más fácilmente a paquetes de revistas que a publicaciones individuales). Es más, en el recientemente aprobado Plan Nacional de I+D+I 2008- 2011 no existe ni una sola referencia, siquiera indirecta, dedicada a la promoción de revistas científicas españolas de calidad, a pesar de que durante su desarrollo se irán al exterior cientos de millones de euros bajo la forma de gastos de edición y de suscripciones a bases de datos y a revistas extranjeras (probablemente este gasto supere ya el 25% de la inversión total española en investigación científica, médica y tecnológica). Sólo la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT) y la Fundación Lilly, aunque tímidamente aún, han comenzado a darse cuenta del gran patrimonio que representan nuestras revistas científicas.

Parece que nos falta mucho para concienciarnos sobre el hecho de que los artículos de una revista profesional son el producto final de la actividad investigadora y de que la edición de las mismas en España no puede seguir siendo una labor fortuita, ocasional, filantrópica o cultural, sino un proyecto competitivo internacionalmente y una fuente de prestigio y de ingresos económicos para el país, hoy al albur de las multinacionales de la edición científica. No nos cansaremos de repetir a este respecto -quizás, para el asombro de muchos- que en España hay potencial humano y tecnología suficientes para publicar varias *Natures* o *Sciences*. Sólo tenemos que proponérselo, creer en nosotros mismos (quizás lo más difícil de todo) y dedicarle los recursos imprescindibles. Incluso, ahora, con el buen uso de las nuevas tecnologías informáticas y electrónicas todo es asombrosamente mucho más factible. Que no tengamos que esperar, como siempre, a que sean los extranjeros -algunos estamos sintiendo ya su aliento en la cerviz- los primeros en darse cuenta del valor de las revistas científicas españolas, justamente lo contrario de lo que se ha hecho con el reciente Premio Príncipe de Asturias.

JUAN ARÉCHAGA ES CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO Y DIRECTOR DE *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF DEVELOPMENTAL BIOLOGY* (www.intjdevbiol.com), LA REVISTA CIENTÍFICA ESPAÑOLA MÁS CITADA EN EL MUNDO.

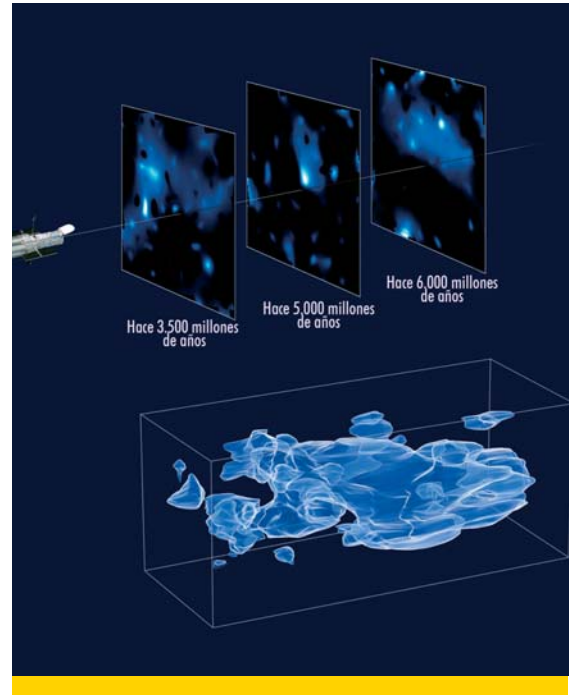
Un mapa de lo invisible

Un grupo internacional de astrónomos crea el primer mapa en tres dimensiones de la materia oscura

La materia oscura se compone de partículas exóticas, no brilla y tiene una interacción muy débil con la materia ordinaria; sin embargo, sí que interacciona gravitatoriamente con la materia ordinaria, de modo que también afecta a luz que emana de ésta. Y la luz, ante grandes cúmulos de materia, se desvía o se divide para continuar su camino. Así, si se observa un cúmulo de galaxias lo suficientemente lejano, es posible que exista una concentración de materia oscura entre él y nosotros, y que la imagen del cúmulo sufra distorsiones. Esto es lo que ha estado buscando el Telescopio Espacial Hubble en una región del cielo equivalente a cuatro lunas llenas. Con la ayuda del telescopio Subaru (Hawaii) y el VLT (Chile) se han calculado las

distancias a las galaxias que muestran distorsiones, y el satélite XMM-Newton ha realizado un mapa del gas de la región -la forma más abundante de materia en las galaxias y los cúmulos. Combinando toda la información, los investigadores han aislado las zonas donde la desviación de la luz no puede deberse únicamente a la materia ordinaria, lo que implica que esas regiones contienen materia oscura. Y así se ha obtenido el mapa, que no sólo contiene información "geográfica", sino también temporal: las imágenes de objetos lejanos corresponden a una etapa de su evolución muy anterior, ya que la luz puede tardar miles de millones de años en alcanzarnos. Esto ha permitido examinar la distribución de la materia oscura a lo largo del tiempo

DISTRIBUCIÓN DE LA MATERIA OSCURA. Este mapa muestra cómo la materia oscura ha cambiado su distribución con el tiempo, haciéndose más "grumosa". Fuente: NASA, ESA y R. Massey (California Institute of Technology).



y comprobar que ha ido haciéndose más "grumosa", lo que indica que fue el esqueleto sobre el que se agrupó la materia ordinaria y a partir del que crecieron las estructuras que hoy pueblan el Universo.

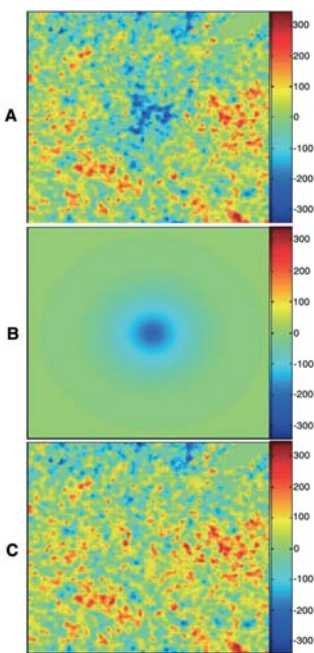
Silbia López de Lacalle (IAA)

http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_6243000/6243347.stm

<http://www.nature.com/news/2007/0701/01/full/news070101-7.html>

Un enorme vacío en el Universo

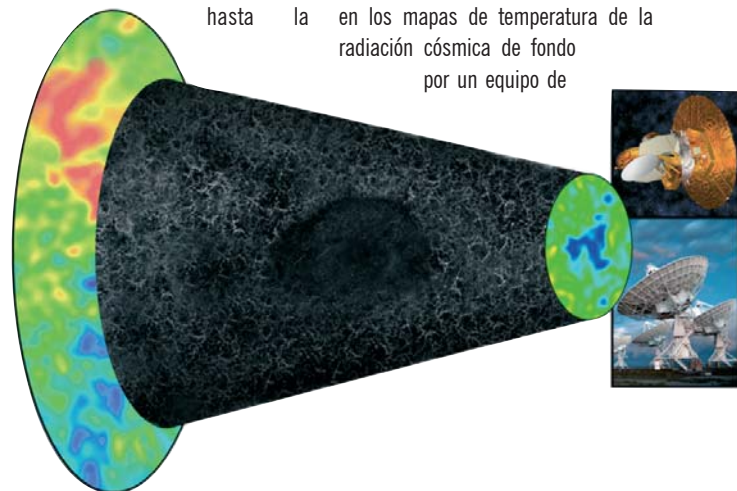
Se trata de un vacío difícilmente explicable con los modelos actuales de formación de estructuras



A gran escala, el Universo puede describirse como una colección de miles de millones de puntitos de luz, las galaxias, distribuidos de forma completamente homogénea. Sin embargo, observándolo en más detalle descubrimos que en tamaños de las centenas de megaparsecs (Mpc, un millón de parsecs) comienzan a aparecer estructuras diferenciadas: por un lado los supercúmulos de galaxias y por otro los llamados vacíos, zonas con una importante deficiencia en galaxias.

Pues bien, Astrónomos de la Universidad de Minesota [1] en Estados Unidos han descubierto el mayor vacío hasta la

fecha, una vasta región casi vacía de 280 Mpc de diámetro. El gran interés suscitado por este descubrimiento viene, por una parte, de que la existencia de un vacío de tal tamaño parece difícil de explicar con los modelos actuales de formación de estructuras, en los que su aparición es significativamente improbable. Por otra parte, este vacío resulta hallarse en la misma posición que la famosa mancha fría detectada en los mapas de temperatura de la radiación cósmica de fondo por un equipo de



Arriba: (A) Proyección de 43° x 43° de un mapa de radiación de fondo que contiene la mancha fría. (B) Plantilla de textura de ajuste óptimo. (C) Mapa de radiación de fondo después de sustracción de la textura. Dcha: en la dirección del vacío descubierta, el satélite WMAP observa una disminución de la temperatura en el fondo cósmico de microondas en tanto que el VLA muestra una disminución en el número de galaxias. Fuente: Bill Saxton, NRAO/AUI/NSF, NASA.

investigadores del Instituto de Física de Cantabria (IFCA), en el 2004 [2]. Como proponen los astrónomos de Minesota, esta anomalía en la radiación de fondo podría deberse precisamente a la existencia de este vacío galáctico. Los investigadores del IFCA,

sin embargo, proponen otro posible origen, más exótico, para la mancha [3]: esta podría deberse a que, en alguno de los cambios de fase en el Universo primitivo, se hubiera producido un defecto (del tipo que suele conocerse como textura cósmica) en esta región.

En cualquier caso, será interesante seguir el desarrollo de esta noticia!
Carlos Barceló (IAA)

[1] L. Rudnick, S. Brown y L.R. Williams, "Extragalactic radio sources and the WMAP cold spot" *The Astrophysical*

Journal, 671, 40 (2007)

[2] P. Vielva, E. Martínez-González, R.B. Barreiro, J.L. Sanz y L. Canyon, *The Astrophysical Journal*, 609, 22 (2004).

[3] M. Cruz, E. Martínez-González, P. Vielva, N. Turok y M. Hobson, *Science*, 609, 22 (2007).

Un agujero negro en un cúmulo globular

Se trata de la primera evidencia observacional de un objeto de este tipo, asociado a la galaxia NGC 4472

Los cúmulos globulares son concentraciones de miles/millones de estrellas en regiones de un tamaño de unas decenas de años luz. Debido a la alta densidad estelar, cabe pensar que las estrellas del cúmulo interactúan o colisionen entre sí. En los últimos años ha habido un intenso debate sobre si se pueden formar agujeros negros en estos entornos. El debate ha estado basado sobre todo en resultados de trabajos teóricos y de simulaciones numéricas: así, algunos autores predecían que podrían formarse agujeros negros de masa intermedia (unas mil masas solares) en estos entornos, mientras que las simulaciones numéricas sugerían que, en caso de que se formaran estos objetos, serían inmediatamente eyectados fuera del cúmulo. Maccarone y colaboradores (2007) han reportado la primera evidencia observacional de la detección de un agujero negro en un cúmulo globular asociado con la galaxia elíptica gigan-

te NGC 4472 en el cúmulo de Virgo. Mediante observaciones en rayos X obtenidas con el satélite XMM-Newton, han mostrado que tal objeto tiene una luminosidad de 4×10^{39} erg/s y que su luminosidad varía hasta un factor siete en un periodo de horas, lo que excluye cualquier otra explicación para la naturaleza del objeto. En sí, la detección de una fuente de rayos X en un cúmulo globular no es sorprendente; lo extraordinariamente novedoso es que su curva de luz muestre una enorme variabilidad en amplitud y su espectro en X "pique" a energías más bajas que las fuentes arquetípicas emisoras en X en galaxias. Según los autores, la variabilidad en amplitud parece que está asociada a una misma fuente de emisión (la luminosidad no absorbida es de 4.5×10^{39} erg/s), pero con una columna de densidad de hidrógeno neutro variable que modifica la absorción. El espectro medido se puede aproximar por un modelo de un cuer-

Los CÚMULOS GLOBULARES, como NGC 6397, son agrupaciones de miles o millones de estrellas.
 Fuente: NASA/ESA/Hubble/UBC



po negro en forma de disco, con una temperatura interna de 0,22 keV, un radio interno del disco de 4.400 km y una absorción galáctica de 1.67×10^{20} átomo de hidrógeno por cm^3 . Asumiendo que el radio interno del disco de acrecimiento (4.400 km) corresponde a la última órbita estable

de un agujero negro en rotación, se estima una masa para el agujero negro superior a las cuatrocientas masas solares.

Antxon Alberdi (IAA)

<http://www.nature.com/nature/journal/v445/n7124/abs/nature05434.html>

Los resultados del satélite HINODE

Hinode es el segundo satélite solar de la Agencia Espacial Japonesa, con participación de NASA, STFC (Reino Unido) y ESA. Lleva a bordo tres telescopios que están revolucionando nuestros conocimientos del Sol. El telescopio óptico, de 50 cm de diámetro, observa las capas

HINODE destaca por su calidad óptica y por su capacidad para observar ininterrumpidamente durante horas

rendija larga que vuela en el espacio. Alcanza una resolución de 0,2 segundos de arco, o 140 km sobre la superficie de nuestra estrella. Los otros dos telescopios, un espectrógrafo de imagen para el ultravioleta lejano y un telescopio de rayos X, observan las capas más externas de la atmósfera solar (la región de tran-

más profundas de la atmósfera solar a través de varios filtros y el primer espectro-polarímetro de

sición y la corona), donde las temperaturas superan el millón de grados. Hinode fue lanzado en septiembre de 2006 y un mes después comenzó a proporcionar datos de extraordinaria calidad gracias a la ausencia de turbulencia atmosférica y a su sistema de estabilización de imagen, que corrige los bamboleos del satélite con una precisión superior a 0,01

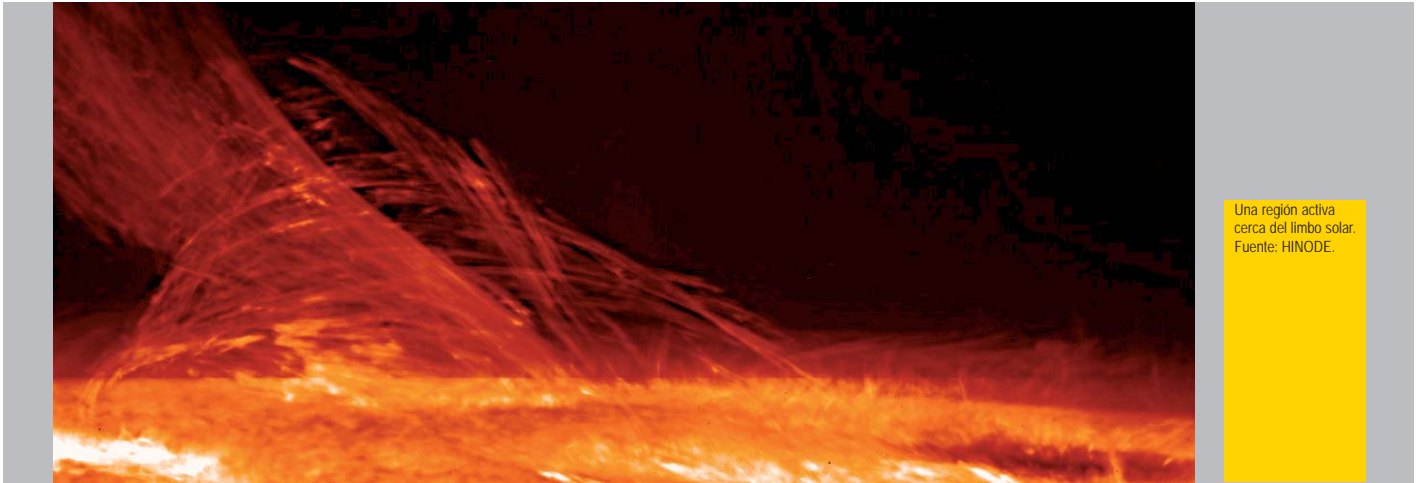
segundos de arco. Esta calidad óptica, junto a la posibilidad de tomar series ininterrumpidas durante horas, ha permitido realizar descubrimientos muy relevantes en sus pocos meses de vida. Uno de ellos ha consistido en encontrar campos magnéticos horizontales en prácticamente toda la superficie solar, lejos de las regiones activas. Hinode

también ha detectado procesos de reconexión magnética en manchas, agujeros coronales y regiones polares. Durante una reconexión se aniquilan campos de distinta polaridad, transformando energía magnética en energía cinética y térmica. Estos fenómenos podrían explicar las altas temperaturas de la cromosfera y corona, así como el origen del viento

solar. El IAA representa a la ESA en el *Science Working Group* de Hinode y participa activamente en la misión con estudios sobre el magnetismo del Sol en calma y las penumbras de las manchas solares.

Luis Bellot (IAA)

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/summary/318/5856/1571>



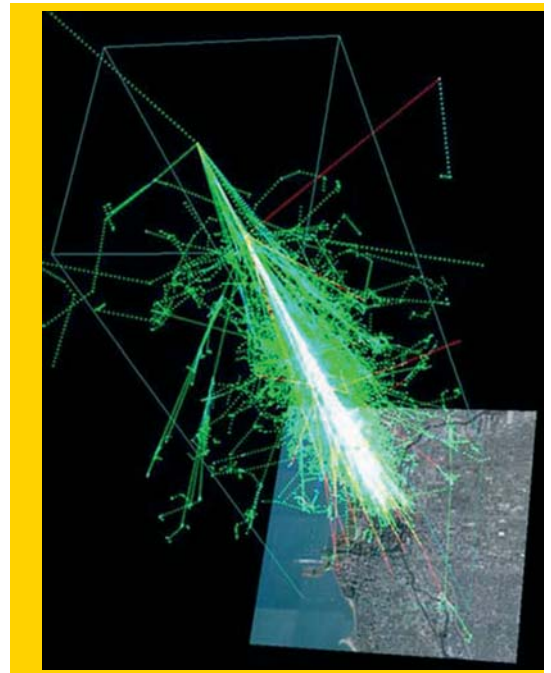
Una región activa cerca del limbo solar. Fuente: HINODE.

El posible origen de los rayos cósmicos ultraenergéticos

AUGER: En ocasiones veo AGNs...

La colaboración Auger, formada por científicos de diecisiete países de todo el mundo, puede haber desvelado finalmente uno de los misterios que encierran los rayos cósmicos desde que fueran descubiertos en 1912. Estas partículas, que golpean continuamente la atmósfera terrestre produciendo cascadas de partículas que llegan hasta la superficie, tienen un origen desconocido. Esto se debe a que el campo magnético que atraviesan hasta llegar a la Tierra desvía su trayectoria original, con lo que la dirección de llegada deja de apuntar hacia su origen. Sin embargo, para los rayos cósmicos de mayor energía (cien millones de veces la energía alcanzada en los aceleradores) su desviación no es tan importante, aunque apenas recibimos uno por km² y por siglo.

Para revelar el origen de estas partículas, el observatorio Pierre Auger, que abarca tres mil km² sobre la provincia de Mendoza (Argentina), ha estado registrando sucesos de rayos cósmicos desde enero de 2004. A pesar de estar todavía en construcción, Auger ya ha detectado 81 rayos cósmicos con energía superior a 40EeV (=4x10¹⁹ eV), superando a todos los experimentos predecesores. La distribución de las direcciones de llegada de estos rayos cósmicos resulta presentar una fuerte correlación con las posiciones angulares de núcleos activos de galaxias (AGN) cercanos. No obstante, para evitar controversias como la ocurrida en los últimos años cuando se cuestionaba la correlación con objetos tipo BL Lac, la colaboración Auger separó sus datos en dos conjuntos totalmente



independientes. De este modo se comprobó si los parámetros que optimizaban la correlación en uno seguían siendo válidos para el otro. El resultado es que la probabilidad de que esta correlación con los AGN fuera fruto de la casualidad es del 0,17%, suficien-

temente pequeña como para rechazar que los rayos cósmicos se distribuyen de forma isotrópica.

Antonio José Cuesta (IAA)

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/318/5852/896>

El astrónomo de vista prodigiosa

POR EMILIO J. GARCÍA (IAA-CSIC)

Dice la leyenda que los ejércitos árabes elegían a sus arqueros entre aquellos capaces de distinguir, junto a la estrella Mizar en la constelación de la Osa Mayor, otra más débil llamada Alcor. Hiparco de Nicea (190-120 aC) catalogó a ojo el brillo de 850 estrellas en una clasificación que aún hoy se utiliza. Y Tycho Brahe (1546-1601) determinó la posición de diferentes objetos celestes con una precisión extraordinaria... años antes del descubrimiento del telescopio.

Son algunos ejemplos de agudeza visual en una ciencia, la Astronomía, muy dada a grandes proezas oculares. Pero todo esto palidece con las hazañas visuales del protagonista de nuestra historia, que además era español: Josep Comas Solà, el astrónomo de vista prodigiosa.

EL OBSERVADOR INCANSABLE

Vaya por delante que este astrónomo barcelonés nacido en 1868 es uno de los investigadores más importantes de la historia de este país. De hecho, hasta bien entrado el siglo XX era prácticamente el único astrónomo español referenciado internacionalmente. En el espacio de este artículo sería imposible relatar todos los descubrimientos y aportaciones que este astrónomo de ojo prodigioso e infatigable realizó en sus sesenta y nueve años de vida, pero no podemos olvidar que descubrió dos cometas (uno de ellos lleva su nombre), once asteroides, varias estrellas variables, y realizó importantes estudios del Sistema Solar, estrellas dobles, etc. Desarrolló nuevas técnicas de observación y fue pionero al emplear un cinematógrafo para registrar un eclipse de Sol. Dirigió el Observatorio de Fabra y sus trabajos fueron publicados en las más prestigiosas revistas de astronomía. Además era un entusiasta divulgador en prensa, conferencias, radio, etc. En 1895, la Sociedad Astronómica de Francia le otorgó el premio anual Janssen y actualmente existe en Marte un cráter con su nombre.

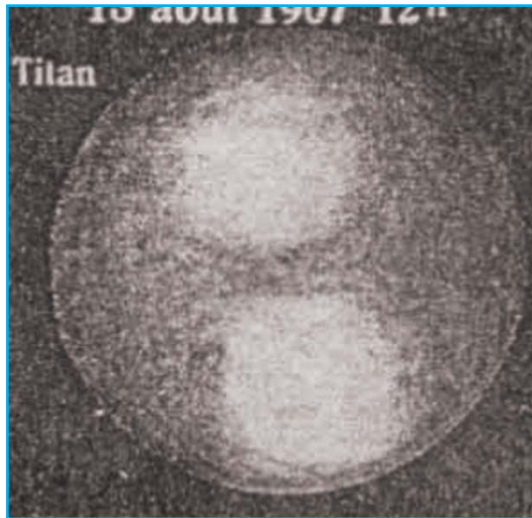
Pero centrémonos en su más asombroso descubrimiento, acontecido un 13 de agosto de 1907: la atmósfera de Titán, el enigmático satélite de Saturno.

LÁPIZ Y PAPEL

Antes debemos recordar que en los tiempos de Comas Solà el empleo de la fotografía en la astronomía estaba dando sus primeros balbu-

ceos, y la mayoría de los astrónomos registraban sus observaciones en lápiz y papel. A pesar de la escasa objetividad de este método, un ojo bien entrenado podía registrar detalles en los cuerpos celestes que aún hoy nos sorprenden;

“**CON APENAS 18 AÑOS Y UN ANTEOJO DE MENOS DE ONCE CENTÍMETROS, COMÁS SOLÀ REALIZÓ UN MAPA DE LA SUPERFICIE DE MARTE QUE AÚN SE EXPONE EN LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS DE BARCELONA**”



sin embargo, el caso de Comas Solà era excepcional. Su prodigiosa vista ya se había manifestado cuando apenas contaba con dieciocho años de edad y, armado con un antejo de menos de once centímetros, realizó un mapa de la superficie de Marte que aún se expone en uno de los salones de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.

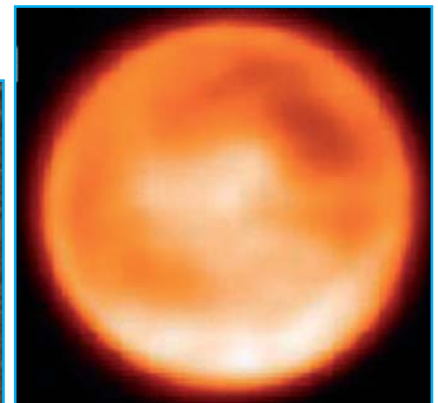
LA ATMÓSFERA DE TITÁN

Pero regresemos a aquella noche de 1907 en la que, tras una campaña de observación centrada en los satélites de Júpiter, Comas Solà apunta su telescopio de 38 cm al pequeño punto luminoso cercano a Saturno. En su publicación de 1908 describe lo que ve:

"...he observado que el disco de Titán está oscurecido en su borde [...], mientras que en la parte central, mucho más brillante, se ven dos zonas circulares más blancas [...]. Podemos suponer razonablemente que el oscurecimiento de los bordes demuestra la existencia de una atmósfera fuertemente absorbente alrededor de Titán".

Efectivamente, la presencia de un "oscureci-

miento en el borde" implica la presencia de una atmósfera. Es un efecto geométrico. Los rayos de luz que nos llegan del borde atraviesan más capas atmosféricas que los procedentes del centro del disco y, por tanto, son absorbidos más fuertemente. La existencia de esta atmósfera rodeando Titán no pudo ser corroborada hasta treinta y seis años después, cuando Kuiper detectó espectroscópicamente metano gaseoso. Comas Solà había muerto hacia siete años.



Izda: dibujo original de Titán realizado por Comas Solà. Arriba: Titán, en infrarrojo con óptica adaptativa (Coustenis et al.).

¿DESCUBRIÓ COMÁS SOLÀ LA ATMÓSFERA DE TITÁN?

Aunque teóricamente es posible, dentro del mundo científico existe un fuerte escepticismo sobre lo que realmente pudo ver el astrónomo barcelonés. Aquella noche el tamaño aparente de Titán en el cielo era el que tendría una pelota de golf situada a más de quince kilómetros. El efecto de la atmósfera terrestre convierte la imagen de Titán en una mancha borrosa, y hay que recurrir a observaciones con el telescopio espacial Hubble o a técnicas como la óptica adaptativa para poder observar estructuras similares a las dibujadas por Comas Solà. Pero hay evidencias que plantean una duda razonable sobre nuestro prodigio visual: por ejemplo, en el mismo artículo presenta dibujos de los satélites de Júpiter consistentes con la realidad, e igualmente rayanas en lo sobrehumano, como el aparente achatamiento de Ío.

PERO HABERLA, HAYLA

En Ciencia nada es cierto hasta que se demuestra que lo es. Nadie ha podido reproducir en las mismas condiciones los resultados de Comas Solà, pero en enero de 2005 la sonda Huygens atravesó los casi 600 km de atmósfera que este astrónomo de vista prodigiosa vio o creyó ver en un pequeño punto alrededor de Saturno.

Pilares científicos

POR JOSÉ LUIS JARAMILLO, IAA (CSIC)

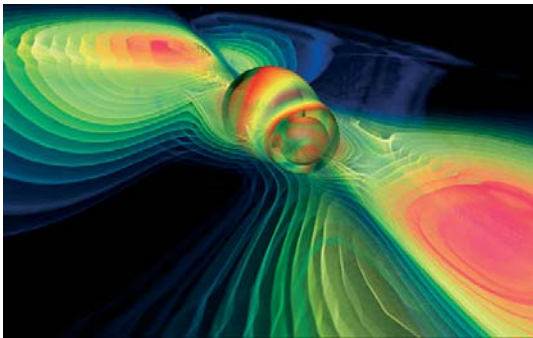
ONDAS GRAVITATORIAS

LAS ONDAS GRAVITATORIAS SON VIBRACIONES DEL ESPACIO-TIEMPO PREDICHAS POR LA RELATIVIDAD GENERAL Y CONFIRMADAS POR OBSERVACIONES INDIRECTAS

Las ondas gravitatorias son perturbaciones del campo gravitatorio que se propagan en el espacio a la velocidad de la luz. Aunque generadas por cualquier masa cuya forma cambie en el tiempo, solo los objetos muy masivos con velocidades relativistas (próximas a la de la luz) son capaces de radiar de manera significativa. Las ondas gravi-

tatorias interactúan con la materia (con la que intercambian energía y momento) induciendo contracciones y dilataciones sobre los cuerpos extensos, pero sin afectar a los objetos puntuales. En este sentido, pueden entenderse como fuerzas de marea en propagación. El débil carácter de la gravedad hace que las pérdidas de energía y momento transportados por estas ondas sean muy pequeñas (pequeña sección eficaz): la materia es prácticamente transparente a este tipo de radiación. La existencia de las ondas gravitatorias se sustenta en razones conceptuales, por un lado, y teórico-observacionales por otro. En primer lugar, son una predicción de la Relatividad General, teoría que explica la gravedad como curvatura del espacio-tiempo. En este sentido, las ondas representan vibraciones en desplazamiento del espacio-tiempo, que constituye un ente dinámico en esta teoría. Las actuales medidas de laboratorio del corrimiento hacia el rojo gravitacio-

nal, los efectos de lente gravitacional usados como herramienta astrofísica cotidiana, o los exigentes laboratorios relativistas que representan los púlsares binarios, hacen hoy de la Relatividad General una teoría extraordinariamente bien verificada en sus aspectos locales. Más allá de este soporte conceptual, la radiación gravitatoria ha sido observada de forma indirecta. La detección en 1974 por Hulse y Taylor del primer púlsar binario, 1913+16, y la explicación de la disminución de su periodo orbital por la pérdida de energía debida a la radiación gravitatoria, valieron el premio Nobel de 1993. Esta observación indirecta se ha visto posteriormente corroborada con los datos acumulados durante treinta años, así como por el análisis de los nuevos púlsares binarios descubiertos. Y este no es el único soporte observacional: en efecto, la explicación de la distribución observada de los periodos orbitales de variables cataclísmicas y de binarias X de masa débil involucra la pérdida de momento angular por radiación gravitatoria.



Incertidumbres

UNA NUEVA VENTANA AL UNIVERSO

LAS ONDAS GRAVITATORIAS PROPORCIONAN INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA A LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EN EL ESTUDIO DE CIERTOS OBJETOS CELESTES

A día de hoy no existe ninguna observación directa de ondas gravitatorias. Los esfuerzos iniciados por Weber en 1959 para su detección mediante el uso de detectores resonantes no han producido resultados positivos hasta la fecha. La dificultad radica en el mismo rasgo fundamental que hace interesantes estas ondas para la astronomía: la transparencia de la materia a este tipo de radiación. El momento presente es particularmente importante. Nuevas antenas gravitatorias de mayor sensibilidad, los interferómetros láser, acaban de entrar en funcionamiento o están en fase de calibración. A día de hoy una red de tales interferómetros en Tierra

(LIGO, VIRGO, GEO600, TAMA300), que será sustituida en los próximos años por una generación avanzada de antenas, ofrece una banda de detección entre 1-10⁴ Hz. Debido al ruido sísmico, la detección de radiación de baja frecuencia (10⁻⁴-1 Hz) exige la construcción de interferómetros en el espacio. Tal es el objetivo de LISA, un futuro interferómetro espacial en el que colaboran NASA y ESA. Desde el punto de vista conceptual, la detección directa de ondas gravitatorias proporciona una sonda única para el estudio del régimen de interacción fuerte de la gravedad. En particular, constituye la única forma directa de estudiar observacionalmente los agujeros negros, además de ofrecer una posibilidad de discriminación entre Relatividad General y ciertas teorías gravitatorias alternativas mediante el estudio de las polarizaciones de las ondas. Sin embargo, es en su aplica-

ción astrofísica donde las ondas gravitatorias adquieren su estatus de revolución potencial. La radiación gravitatoria abre una nueva ventana a la observación astronómica, distinta a las ondas electromagnéticas. Generada por el movimiento coherente de grandes masas, nos ofrece una información complementaria a la de la luz. Además, la transparencia efectiva del Universo a esta radiación hace posible el acceso a zonas hasta ahora ocultas. En definitiva, en vista de la riqueza y variedad astrofísica desvelada en los ocho órdenes de magnitud que van desde las ondas de radio de alta frecuencia (10¹⁰ Hz) hasta los rayos X (10¹⁸ Hz), al analizar la física codificada en los ocho órdenes de magnitud que distan entre las ondas gravitatorias de baja (10⁻⁴Hz) y alta frecuencia (10⁴ Hz)... ¡lo sorprendente sería no encontrar sorpresas!

Año Internacional de la Astronomía

El Año Internacional de la Astronomía 2009 (AIA-IYA 2009) es una iniciativa de cien países para acercar los logros de esta ciencia a la sociedad

Durante los días 14 y 15 de enero se celebró, en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), la primera reunión del nodo español del Año Internacional de la Astronomía. Integrado por más de 70 centros con actividades de investigación, docencia y divulgación de la astronomía, el grupo nacional busca con esta reunión sentar las bases de la colaboración durante 2009, sugerir y potenciar actividades y buscar métodos para lograr una máxima difusión de las mismas. El grupo está coordinado por Montserrat Villar, científica del Instituto de Astrofísica de Andalucía.

El Año Internacional de la Astronomía, AIA-IYA 2009

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró, el pasado mes de diciembre, el año 2009 como Año Internacional de la Astronomía. La resolución, remitida

a la asamblea por Italia, rinde homenaje a Galileo Galilei, que en 1609 empleó por primera vez el telescopio para uso astronómico.

El Año Internacional de la Astronomía 2009 es una iniciativa de la Unión Astronómica Internacional (UAI) con patrocinio de la UNESCO y la ONU. En España, coordinado por la Comisión Nacional de Astronomía, es fruto de la colaboración del Ministerio de Educación y Ciencia, la Sociedad Española de Astronomía y otras numerosas instituciones relacionadas con esta ciencia.

El programa incluirá, entre otras actividades, exposiciones al aire libre, noches de observación, actividades para los más pequeños, talleres educativos en centros de enseñanza y programas especiales en museos y planetarios con el objetivo de "transmitir la fascinación por el Universo", ha señalado la coordinadora, quien destacó el lema de la celebración,

"El Universo para que lo descubras", subraya el objetivo de aumentar el interés entre la ciudadanía por la Astronomía y la ciencia en general y hacerla conocedora de sus beneficios a favor del progreso de la sociedad.

Más información:

<http://www.iaa.es/IYA09/index.php/es/bienvenida>



DESARROLLO TECNOLÓGICO

PANIC: PANoramic Infrared Camera for Calar Alto

El proyecto PANIC es el primero dentro del convenio por el que el CSIC y la Sociedad Max Planck, a través de sus institutos IAA y MPIA (*Max-Planck-Institut für Astronomie*) respectivamente, se responsabilizan de la gestión del Observatorio Astronómico de Calar Alto y se comprometen a desarrollar nueva instrumentación para mantener en una situación puntera dentro de la astronomía el CAHA (Centro Astronómico Hispano-Alemán de Calar Alto).

PANIC es una cámara de gran campo de visión, casi 32'x32' en el cielo, para observación en el infrarrojo cercano y se instalará en el telescopio de 2,2 m de apertura. El pasado 21 de noviembre de 2007 tuvo lugar, en la sede del IAA, la Revisión del Diseño Preliminar (PDR) de PANIC, donde cuatro revisores independientes valoraron muy positivamente el estado del proyecto y aportaron diversas e interesantes sugerencias. Este tipo de revisión es

uno de los hitos fundamentales durante el desarrollo de un instrumento.

Dentro del consorcio formado por ambos institutos, el IAA es el responsable del diseño óptico y del software, aunque ciertos paquetes de programación se están desarrollando en MPIA. También colabora, si bien en menor medida, en el diseño mecánico. Nuestros colegas de MPIA son los responsables del diseño mecánico y criogénico, de la compra y caracterización de los detectores así como de la electrónica de control y adquisición.

Características de PANIC:

- Una escala de 0.45 segundos de arco de cielo por píxel.
- Un gran rango espectral (concretamente, se requiere que tenga buena calidad de imagen en el rango desde 0.95 hasta 2.45 μm . con buena transmisión desde 0.8 μm).
- Está basada en un mosaico de 2x2 detectores, HAWAII-2RG de 2048 x 2048 píxe-

les, con un tamaño de píxel de 18 μm , fabricados por Teledyne.

- Una pupila fría de tal precisión que, sin ser el 2,2 un telescopio especialmente preparado para observación infrarroja, permita a PANIC ser competitiva en la banda K (2.2 μm).
- Una distorsión total en todo el campo menor de 1.5%.
- El uso de filtros estrechos, es decir, que tengan una anchura de la banda pasante del 1% de la banda central.
- Estar dotada de un sistema de reducción de datos.
- Dado el tamaño de los detectores y los modos de observación en infrarrojo, el sistema de adquisición de datos ha de ser de alta velocidad (hasta 250 MB/s) y de gran capacidad (hasta 200 GB/noche).

Más información: <http://www.iaa.es/PANIC>

Julio F. Rodríguez (IAA)

AGENDA

CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA

<http://www.iaa.es/conferencias/>

21 febrero	Jesús Martín Pintado (DAMIR-CSIC)	La evolución de la complejidad química en el Universo y el origen de la vida
27 marzo	Manuel López Puertas (IAA-CSIC)	Cambio climático: el día de mañana en Granada
24 abril	Luis Bellot (IAA-CSIC)	Las mil caras del Sol
29 mayo	Jose Miguel Rodríguez Espinosa (IAC)	El Gran Telescopio Canarias (GTC)
26 junio	Josefa Masegosa (IAA-CSIC)	Actividad nuclear en galaxias

REUNIONES Y CONGRESOS

<http://www.iaa.es/congresos/>

BELA SCIENCE TEAM MEETING. INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA, 30 MARZO–2 ABRIL.

19TH ESCAMPIG, EUROPHYSICS CONFERENCE ON THE ATOMIC AND MOLECULAR PHYSICS OF IONIZED GASES GRANADA, 15–19 JULIO.

RECOMENDADOS

WEB: CUADERNO DE BITÁCORA ESTELAR

Esta bitácora busca dar una visión de los avances de la astronomía desde un punto desenfadado y pedagógico, siempre manteniendo el rigor científico. Entre sus contenidos encontramos noticias divulgadas por científicos y medios de comunicación sobre las que, además, se proporciona el contexto adecuado para entenderlas. Los temas tratados abarcan el Universo como un todo, las estrellas y galaxias, el Sol y la Tierra, los planetas del Sistema Solar y aquellos encontrados más allá, la Cosmología, las diferentes misiones espaciales de NASA y ESA y de otras agencias nacionales. Se abordan también aspectos culturales y de filosofía de la Ciencia, y el impacto que tienen sobre la vida diaria los descubrimientos astronómicos.

La bitácora está coordinada por David Barrado (LAEFF-INTA) y Benjamín Montesinos (LAEFF-CSIC).

<http://weblogs.madrimasd.org/astrofisica/>

The screenshot shows a web browser displaying the 'Cuaderno de bitácora estelar' website. The page title is 'Mercurio, más cerca' by Miguel Mas Hesse, CAB-CSIC. The text discusses the MESSENGER mission to Mercury. A calendar for February 2008 is visible on the right side of the page.

LIBROS DE DIVULGACIÓN

Sé lo que ocurrió...los cursos pasados. José Antonio López Guerrero. Editorial Hélice, 2006.

¿Qué es en una célula madre?, ¿son peligrosos los transgénicos?, ¿cuál es interés de la clonación? Estas preguntas contienen términos que estamos muy acostumbrados a escuchar en los medios de comunicación más generales, pero ¿sabemos en realidad qué son? Responder esta pregunta es el objetivo del libro *Sé lo que ocurrió...los cursos pasados* (mucho más recomendable que la película de terror cuyo título parafrasea), que pretende ser el primero de una serie dedicada a repasar periódicamente todos aquellos temas científicos de mayor actualidad. El autor, José Antonio López, profesor titular de la UAM, director del Departamento de Cultura Científica del CBM-SO y divulgador espléndido e incansable, realiza un exhaustivo y clarificador paseo entre conceptos tales como virología, células madre, transgénesis, genética, etc. Todo ello con numerosas notas al margen que permiten profundizar en el tema sin perder ritmo de lectura y con un estilo cercano y ameno. Un libro ideal para no descolgarse de la Ciencia con más presencia en los medios, aunque con un nivel más adecuado para estudiantes de carreras biológicas o lectores con una buena base científica. Por Emilio J. García.



CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS EN EL IAA

El IAA organiza mensualmente charlas de divulgación astronómica para estudiantes, a petición de los colegios interesados. Pueden obtener más información en la página Web del instituto o contactando con Emilio J. García (Tel.: 958 12 13 11; e-mail: garcia@iaa.es).