

# INFORMACIÓN y ACTUALIDAD ASTRONÓMICA

<http://www.iaa.csic.es/revista.html>

OCTUBRE 2005, NÚMERO: 17

Misión Deep Impact: Indagando en el corazón de un cometa

El "Submillimeter Array": Una nueva ventana al Universo

Astrosismología: la música de las estrellas

## Deep Impact



Concepción artística de la misión. Fuente: NASA



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



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

# Una nueva etapa

## SUMARIO

### Reportajes

Misión Deep Impact: Indagando en el corazón de un cometa. *Luisa M. Lara y Pedro J. Gutiérrez* .....3

El Submillimeter Array: Una nueva ventana al Universo. *Daniel Espada*.....7

El Submillimeter Array: Una nueva ventana al Universo. *Juan Carlos Suárez* .....10

### Noticias

Determinan la forma de una estrella gracias a una microlente.....13

Descubierta una nueva galaxia satélite de la Vía Láctea.....14

Se desvelan las propiedades del meteorito de Villalbeto de la Peña.....15

La formación de las grandes estrellas.....16

Astrofísica en breve .....17

Actividades IAA .....18

### Agenda

Hemos alcanzado ya el número 17 de nuestra revista. Se trata de una ocasión especial, pues con este número se cierra un primer periodo fructífero de cinco años continuados de la revista IAA, desde su creación en junio de 2000. Durante este tiempo hemos aumentado de forma considerable nuestra tirada y mejorado su distribución.

Mantenemos la ilusión (¡difícil arte!): creemos con pasión que es posible comunicar la investigación que hacemos a la sociedad; por muy difícil que ello pueda parecer, es plenamente posible. Esta es también una misión clave de los centros de investigación y de los científicos. Nos apoyan los Programas Nacionales de Astronomía y Astrofísica y de Difusión de la Ciencia y la Tecnología, así como nuestro centro, que lo ha hecho continuamente. Como lo hacen muchos de nuestros lectores y medios de comunicación con sus mensajes de ánimo, sugerencias y felicitaciones. Muchas gracias a todos.

Ahora ofrecemos un nuevo diseño y nuevas secciones, con nuevos formatos de edición: son las "cosas de la edad", vamos creciendo. El IAA también ha crecido mucho durante estos años, ofreciéndonos noticias casi a diario, junto a las que nos llegan de grupos a nivel nacional e internacional.

Las nuevas secciones y formato de la revista pretenden hacerse eco, de forma más flexible y amena, de esta riqueza de resultados de astrofísica. Mis ecólogos de cabecera me convencieron una vez de que en los sistemas vivos "todo cambio no implica (necesariamente) progreso". Estamos convencidos de que en nuestro caso hemos progresado en la difusión de los retos conseguidos en astrofísica, como lo ha hecho y mucho la sociedad a la que nos dirigimos a lo largo de los últimos cinco años. Valga pues este cambio para profundizar y ampliar nuestra comunicación con ella.

*José M. Vílchez*

Imagen del eclipse anular de Sol del 3 de octubre. Fuente: Stephan Seip.

Director: José M. Vílchez. Jefa de ediciones: Silbia López de Lacalle. Comité de redacción: Antonio Alberdi, Emilio J. Alfaro, José María Castro, Luis Miranda, Olga Muñoz, Miguel Angel Pérez-Torres, Jose Carlos del Toro Iniesta, José M. Vílchez. Edición: Silbia López de Lacalle y José Manuel Abad Liñán. Diseño: Silbia López de Lacalle. Maquetación: Silbia López de Lacalle y Francisco Rendón. Imprime: EUROPRINT S.L.

Esta revista se publica con la ayuda de la Acción Especial DIF 2003-10261-E del Programa Nacional de Difusión de la Ciencia y la Tecnología.

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

## MISIÓN DEEP IMPACT

# Indagando en el corazón de un cometa

Luisa M. Lara y Pedro J. Gutiérrez (IAA)

El pasado 4 de julio culminó con éxito la misión Deep Impact (NASA). A las 05:44:36 UT, un impactador de 370 kilogramos, lanzado desde una nave espacial, colisionó con el cometa 9P/Tempel 1, produjo un cráter en su superficie y como resultado lanzó al espacio una parte de su masa.

Esta misión, que comenzó a gestarse a finales de 1999, tenía como principal objetivo el estudio de la superficie del cometa Tempel 1 y lo que oculta debajo, sus características estructurales y su composición. Para ello se diseñó una sonda con dos partes: una nave matriz, con varios instrumentos a bordo (dos sistemas de imagen de alta y baja resolución: HRI (*High Resolution Image*) y MRI (*Medium Resolution Image*), éste último con la capacidad de tomar espectros a varias longitudes de onda) y un impactador de cobre (inerte) con un sensor para detectar el objetivo (ITS, *Impactor Targeting Sensor*) y con autonomía de movimiento.

La nave fue lanzada el pasado enero en un cohete Delta II. El 3 de julio, 24 horas antes del impacto, el impactador fue liberado para que colisionase con el núcleo cometario a una velocidad relativa de 10.3 kilómetros por segundo. Entonces, la sonda modificó su trayectoria para realizar un sobrevuelo del cometa a 500 kilómetros de su núcleo y poder observar el impacto. Una de las principales limitaciones de esta misión es que los instrumentos a bordo de la sonda podrían seguir el acontecimiento sólo durante 800 segundos. Esto hacía que las observaciones desde Tierra jugaran un papel crítico en la observación del impacto y su posterior evolución.

A continuación se resumen los principales datos y resultados obtenidos.

## Núcleo

La forma del núcleo no se ha podido determinar completamente dada la lenta

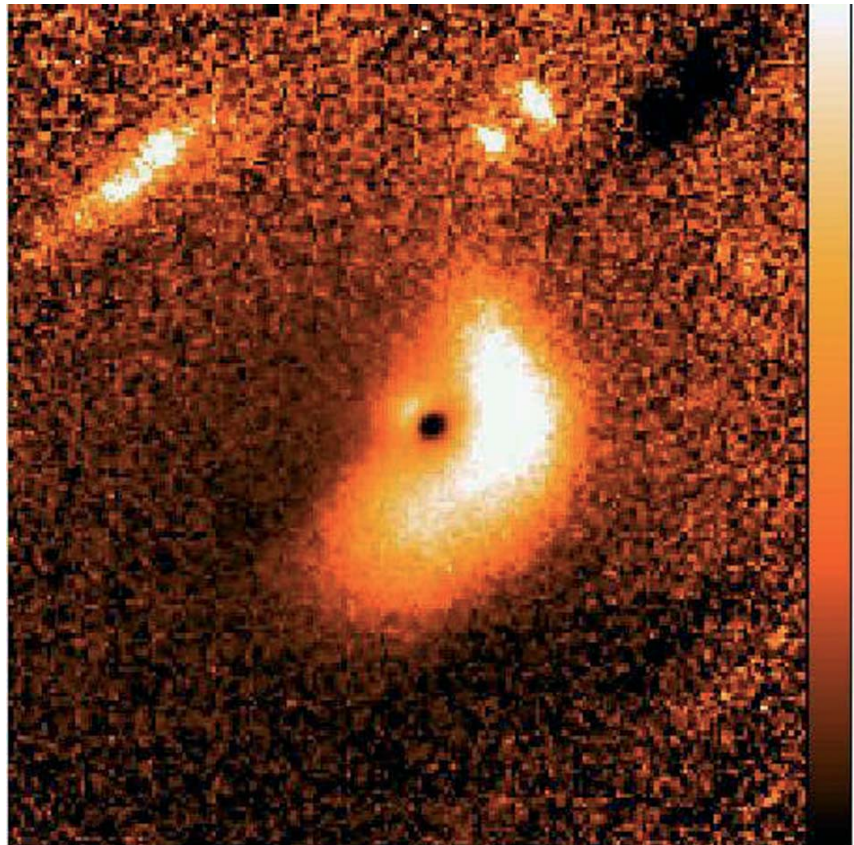


Imagen en falso color de la coma del cometa 9P/Tempel 1 donde se ve claramente la nube de polvo producida por el impacto. Esta imagen se ha obtenido dividiendo la del 4 de julio a las 21:30 UT (15.5 horas después del impacto) por la del 3 de julio a la misma hora aproximadamente. El campo de visión son 30.000 x 30.000 kilómetros, Norte está arriba y Este a la izquierda. Imágenes tomadas desde el telescopio 2.2 m de Calar Alto (CSIC-MPG) por Lara y colaboradores.

velocidad de rotación del núcleo (40.83 horas) y la rápida velocidad de la nave. Se conoce que la dimensión más larga es de 7.9 kilómetros y la más corta es de 4.9 kilómetros, o sea, que es mucho menos elongado que lo que se estimaba a partir de observaciones desde Tierra. Lo que se ha podido observar de la superficie del núcleo indica que esta tiene regiones con distinta morfología, es decir, los materiales en la superficie son variados, hay o hubo procesos geológicos, regiones con diferentes edades, cráteres de impactos naturales y no se han encontrado áreas de hielo puro sobre la superficie del núcleo. La misión también nos ha proporcionado

el primer mapa de temperatura de la superficie de un núcleo cometario, que variaban entre  $-13^{\circ}\text{C}$  y  $57^{\circ}\text{C}$ .

## Impacto y efectos inmediatos vistos por 'Deep Impact'

Las imágenes del impacto del proyectil con el núcleo del cometa se recibieron en la Tierra unos siete minutos después de producirse, exactamente a las 05:52:02 UT. Consecuencia inmediata del impacto fue la eyección de una nube de polvo compuesta por partículas pequeñas -como los polvos de talco- a temperatura muy elevada (aproximadamente 1120 ó 1300° C) que llegó a viajar a una velocidad de



Concepción artística de la misión. Fuente: NASA

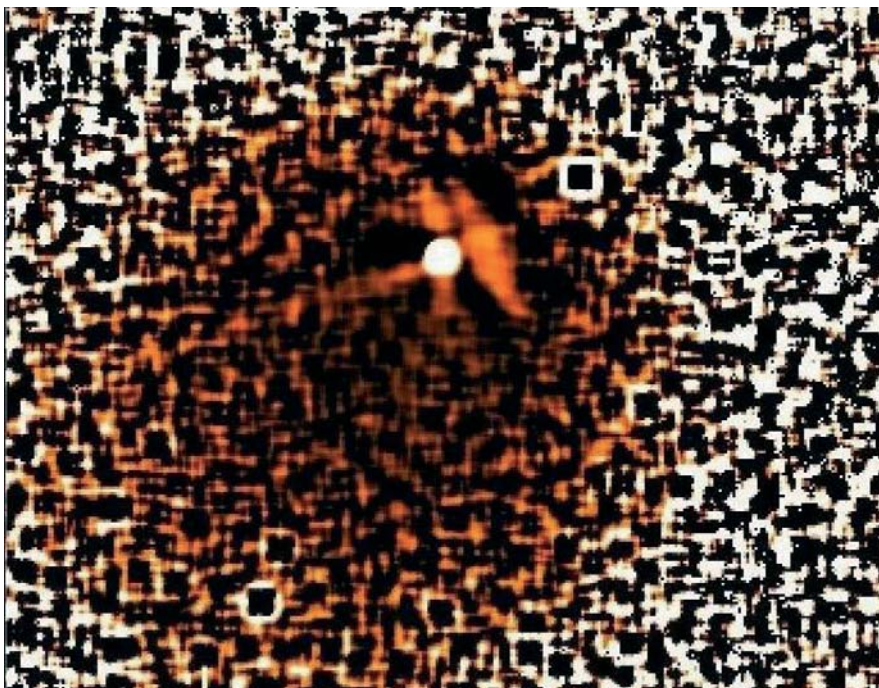


Imagen del cometa procesada de tal forma que la coma isotrópica se ha eliminado y se realzan aquellas estructuras dentro de la misma que no corresponden a una isotropía esférica. La orientación es la misma que en la primera imagen, y el campo de visión es 63.000 x 63.000 kilómetros. En esta imagen podemos ver un arco de material en la dirección noroeste con una extensión angular de casi 180 grados. Además, se ven dos pequeños chorros en dirección sur y este-sur.

aproximadamente cinco kilómetros por segundo. Segundos después del impacto se empezaron a 'ver' fácilmente gases

como  $H_2O$ ,  $HCN$ ,  $CO$ , compuestos orgánicos y otros con la estructura C-H en su fórmula estequiométrica (por

ejemplo,  $CH_3OH$ ,  $CH_3CN$ , o  $H_2CO$ ; éste último es un volátil crítico para el desarrollo de la química prebiótica). Estos gases no son excepcionales en los cometas, de hecho, se han visto en cometas activos y 'grandes' como el cometa Hale-Bopp. Hasta la fecha no hay confirmación de que una nueva zona activa se haya producido sobre el núcleo como consecuencia del choque del proyectil. Asimismo tampoco la nave Deep Impact pudo 'ver' el cráter que éste produjo.

Tuvieron lugar observaciones desde Tierra y desde el espacio desde el momento del impacto hasta unos 10 días después de éste en prácticamente todo el espectro electromagnético (desde rayos-X hasta longitudes de onda milimétricas). La nube de polvo producida por el impacto se pudo resolver con el telescopio espacial 'Hubble' (resolución espacial de 30 kilómetros por píxel) unos 20 minutos después de haberse producido. Una media hora después del impacto, la nube de polvo era semicircular con su eje en dirección sureste, aproximadamente. El polvo en ella se expandía a una velocidad proyectada de unos 0.2 kilómetros

por segundo. Hacia el 6 de julio, esta forma semicircular ya no era tan definida y las partículas de polvo estaban siendo empujadas por la presión de radiación hacia la cola del cometa. El 9 de julio el polvo ya se había dispersado totalmente y no quedaba prácticamente ni rastro del evento.

El impacto no creó ninguna estructura nueva en la coma adicional a las que ya existían previamente. Lo que sí se observó es que los chorros existentes incrementaron ligeramente su brillo, pero tan sólo 41 horas después todo había vuelto a su estado natural.

Durante los días inmediatamente anteriores y posteriores al impacto se analizaron especies gaseosas que se habían estado estudiando durante los seis meses previos a la colisión. En el óptico se obtiene información de moléculas *hijas* (CN, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, NH, NH<sub>2</sub>, CH) que proceden de la fotodisociación de otras (*padre*) que se suelen ver en el IR (H<sub>2</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CH<sub>3</sub>OH, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, HCN). Las especies *hijas* mostraron un aumento de un factor entre 1.5 y 5. Con respecto a las moléculas *padre*, se estima que en los momentos inmediatamente posteriores al impacto su abundancia con respecto a la del H<sub>2</sub>O

aumentó hasta valores que son similares a los que se encuentran en cometas procedentes de la nube de Oort. Entre las moléculas padre, las que presentaron mayor abundancia durante el impacto y horas después fueron aquellas con el enlace H-C-N (molécula prebiótica) en su estructura, probablemente procedentes de la fragmentación de esa cantidad ingente de granos de polvo producida por el impacto, o de la sublimación del hielo que hay en los mismos.

Las propiedades del polvo producido por el impacto son diferentes a las que se encuentran de forma natural en la coma

## Características de la misión

José Manuel Abad Liñán

Los estadounidenses celebraron su día nacional, el pasado 4 de julio, con un acontecimiento a lo grande: por primera vez en la historia un artefacto humano alteraba un objeto celeste. En efecto, la misión Deep Impact de la NASA conseguía hacer chocar los 370 kilos de su dispositivo de impacto contra la superficie del cometa Tempel 1, produciendo un cráter en su superficie y lanzando al espacio una parte de su masa.

El propósito de esta misión consiste precisamente en explorar lo que se esconde bajo la superficie del cometa, un acúmulo de hielo, gas y polvo que contiene información del Sistema Solar en su formación, hace 4.500 millones de años. El estado inalterado de algunos de sus materiales convierte a los cometas en unas preciadas 'cápsulas del tiempo'.

La elección del cometa Tempel 1 (descubierto por Ernst Tempel en 1867) no es casual. El objeto ha recorrido el Sistema Solar en muchas ocasiones, y ha descrito una órbita completa alrededor del Sol cada cinco años y medio. Se trata por tanto de un cometa de corto periodo, es decir, procedente del Cinturón de Kuiper y viejo conocido del Sol. Su órbita, además, se ha establecido hasta volverse casi tan previsible como la de un asteroide.

Desde la perspectiva del estudio científico, he aquí varias ventajas de estos cometas sobre los de largo periodo, más escurridizos, imprevisibles y anómalos. En cambio, las superficies de cometas como Tempel 1 han sufrido demasiado el castigo secular del Sol. Por eso Deep Impact ha dejado al descubierto los materiales que se esconden debajo. Y allí se encuentra una información que la erosión nunca llegó a alterar.

Es sabido que los cometas han suscitado la atención del Hombre desde antiguo y parte de ese atractivo se debe a su luminosidad. En ella siguen residiendo todavía hoy algunos de sus misterios. Al igual que el resto de los objetos del Sistema Solar, los cometas también reflejan la luz que les llega del Sol. Pero lo que le da su singular apariencia es la luz que emiten los gases de su coma (la 'cola' del cometa), que reaccionan a la del Sol de manera similar a los gases nobles de los tubos fluorescentes.

Por la atenuación progresiva de la luz que emiten sabemos que

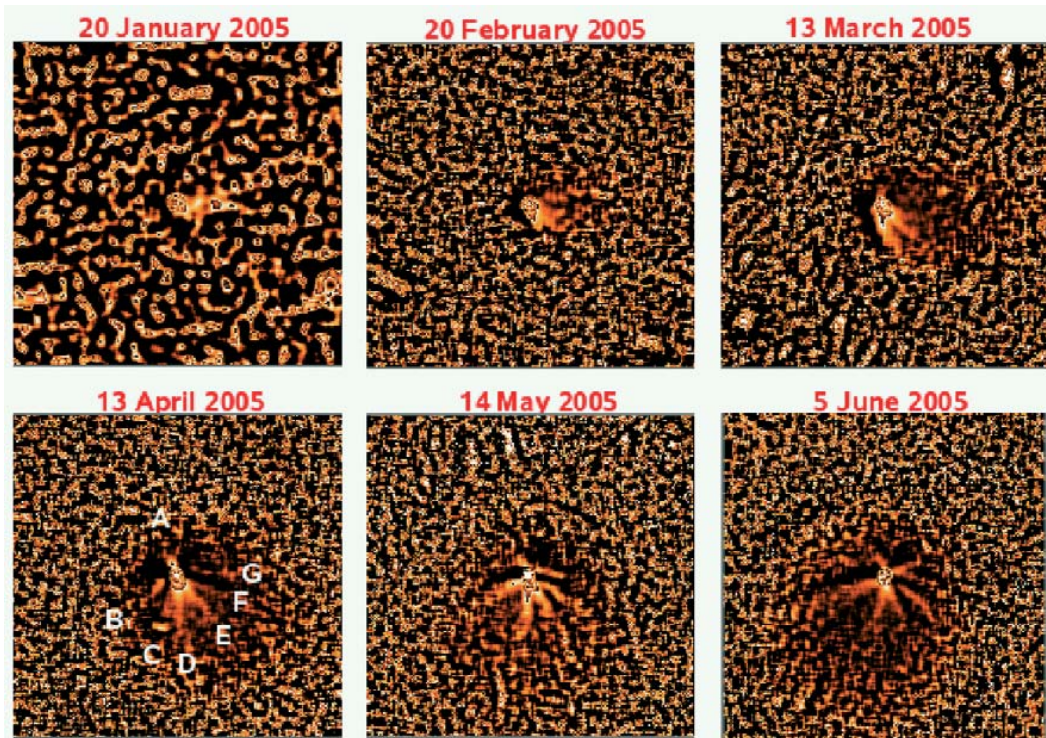
los cometas van disminuyendo su actividad, pero queda por saber la causa. Cabe que se deba al agotamiento de su suministro de gas y polvo o, por el contrario, a que terminen encapsulando este gas y polvo en su interior. Queda también por conocer si la estructura interna del cometa difiere mucho de la que muestra su superficie.

La misión Deep Impact tiene una duración prevista de seis años, que comenzaron con la planificación y el diseño, desarrollados entre noviembre de 1999 y mayo de 2001. De ello resultó un ingenio compuesto de dos naves: la matriz ('flyby' en inglés), de mayor tamaño y la 'impactadora' (o 'impactor'), alojada en la primera y que fue lanzada contra el cometa.

El dispositivo fue lanzado al espacio en enero de 2005 a través del cohete Delta II. Antes del impacto, las naves recogieron imágenes de gran resolución del cometa. Tan sólo unos días antes del impacto, la nave matriz dirigió sus telescopios hacia el cometa y liberó la nave impactadora en el momento adecuado para que el choque se produjera en la cara del cometa iluminada por el Sol. La impactadora tiene una autonomía de 24 horas y es capaz de autoguiarse en su camino al cometa. Segundos antes de la colisión, manda imágenes muy cercanas ya a la superficie. A pesar de la violencia del impacto, no es suficiente para desviar considerablemente la órbita del cometa.

La nave matriz se ha retirado previamente a unos 500 kilómetros del cometa para grabar el impacto, el cráter y los materiales expulsados al espacio. Esquivando la estela de polvo del cometa, la matriz maniobra para observar nuevamente el cometa, y en el recorrido da cuenta de los cambios de actividad que observa.

La nave matriz transporta, además de la nave impactadora, un equipo de instrumentos. Dos de ellos observan el impacto, el cráter y los escombros mediante proyección de imagen óptica e infrarrojos. La nave también emplea una antena de radio con banda-X (que transmite en una frecuencia de unos ocho gigahertzios) para comunicarse con la antena de la red Deep Space, de 34 metros, y, mediante otra frecuencia, con la impactadora. En el breve período de encuentro y colisión, cuando se registra un considerable aumento de los datos, se emplean varias antenas a la vez, ubicadas en diversos puntos en el mundo. Los datos primarios se transmiten de modo inmediato y los secundarios se envían en el transcurso de la semana siguiente.



Imágenes del cometa Tempel 1 procesadas de tal forma que la coma isotrópica se ha eliminado y se realzan aquellas estructuras dentro de la misma que no corresponden a una isotropía esférica. La secuencia muestra la evolución de las estructuras, chorros, durante los seis meses previos al impacto. En abril se llegaron a detectar hasta siete estructuras.

El campo de visión de cada imagen es 2.5 x 2.5 minutos de arco. El tamaño en kilómetros depende de la distancia a la Tierra a la que se halle el cometa (de 1.75 unidades astronómicas en enero hasta 0.78 en junio).

del Tempel 1. Tras la colisión del proyectil con el núcleo del cometa se pudieron detectar 'firmas' espectrales asociadas a minerales como el olivino amorfo, piroxeno, fosterita cristalina y piroxeno clino y orto. Estas características, que se pudieron observar hasta 26 horas después del impacto, de nuevo coinciden con las detectadas en cometas procedentes de la nube de Oort. Dos días después, los espectros del cometa eran idénticos a los tomados antes del impacto.

Además de la 'explosión' de actividad inducida por Deep Impact, el cometa ha sufrido una serie de explosiones naturales a medida que se ha ido acercando al Sol. La primera detectada fue el 23-24 de febrero. Se detectó otro el 14 de junio gracias a datos adquiridos desde Calar Alto (CSIC-MPG) y a partir de ese momento y de la alerta creada en el equipo de Deep Impact, se detectaron hasta 6 más, la última detectada el 9 de julio. Estos estallidos naturales son muy parecidos al inducido por el hombre, es decir, el polvo eyectado va a una velocidad de unos 200 metros por segundo, se expande en forma de media luna con una extensión angular de casi 180 grados, el aumento del brillo es del

40 o 60 por ciento, pero aún no tenemos una explicación satisfactoria para estos fenómenos.

Desde el espacio hay que destacar la actuación de OSIRIS, con cámaras en el óptico e IR cercano, a bordo de la nave Rosetta (ESA) y en cuya explotación científica el IAA tiene un papel muy importante. OSIRIS observó el cometa desde el 28 de junio hasta el 14 de julio de forma ininterrumpida y llegó a obtener varios miles imágenes. El hecho de estar en el espacio, ajeno a los amaneceres y atardeceres, a las nubes o a la humedad, permitió ver el impacto y la evolución del mismo con una frecuencia de más de una imagen por minuto en los momentos críticos que siguieron al flash. De las observaciones que OSIRIS obtuvo, se estima que el proyectil produjo en el núcleo la sublimación de  $(1.5 \pm 0.5) \times 10^{32}$  moléculas de agua (o 4,6 millones de kilogramos). Para hacernos una idea, esta cantidad es un 20 por ciento de la cantidad de agua que había en la coma antes del impacto. Conocer la cantidad de polvo, en masa, es un tema más complejo y, por ahora, sólo se pueden hacer aproximaciones basadas en modelos. Dependiendo de la distribu-

*El impacto no creó ninguna estructura nueva en la coma, pero se observó que los chorros existentes incrementaron su brillo. Sólo 48 horas después, todo había vuelto a su estado natural*

ción de tamaños de partículas de polvo, el cociente polvo/gas en el núcleo del cometa puede ser desde 20 hasta 100. Este resultado, de gran trascendencia, sugiere que los núcleos cometarios no son "bolas de nieve sucia", como se ha aceptado hasta ahora. De ser válidas las aproximaciones realizadas, los núcleos cometarios serían "bolas de polvo con algo de nieve".

Hasta la fecha, la única estimación del tamaño del cráter que produjo el proyectil de Deep Impact se ha hecho a partir de la información derivada de las imágenes de OSIRIS, y no porque las cámaras lo vieran. Estos estudios sugieren que el radio mínimo del cráter es aproximadamente de unos 30 metros.

Cuando los cientos de gigabites sean analizados y estudiados al detalle y de forma conjunta, se tendrá una visión más completa de las características del núcleo del cometa 9P/Tempel 1, de su material y de la evolución del mismo. Es labor de meses, probablemente años y la aventura con final casi desconocido y sorprendente será sin duda apasionante. El principal resultado del análisis hecho hasta ahora es la sorprendente similitud entre las características del material eyectado por el cometa Tempel 1 y el material existente en las comas de los cometas de la nube de Oort (por ej Hale-Bopp). Esto sugiere que los cometas de la Familia de Júpiter y los de la nube de Oort pueden tener un origen común.

ASTROSISMOLOGÍA

# Estrellas de la música

Juan Carlos Suárez (IAA)

Algunas van en solitario, otras conforman grupos. Hoy en día conocemos unas cuantas, las famosas y las que se hacen un hueco para serlo, pero estamos seguros de que hay muchas más con potencial para ser estrella de la música. Muchísimas. Sería prácticamente imposible contarlas. ¿Su escenario? El Universo. ¿La duración de su concierto? Millones de años. ¿Su género musical? "Star music". ¿Ya sabéis de quiénes hablo? Seguro que sí: ¡de las estrellas! Pero no son estrellas cualesquiera. Nuestras "estrellas musicales" se denominan 'variables pulsantes'. Emiten su 'música' constantemente, cada una de ellas con una melodía distinta. Pero como toda estrella musical consiguen el éxito y la fama cuando el público, es decir nosotros, nos interesamos por ellas, las escuchamos.

Precisamente, lo que aquí os voy a contar tiene mucho que ver con 'escuchar'.

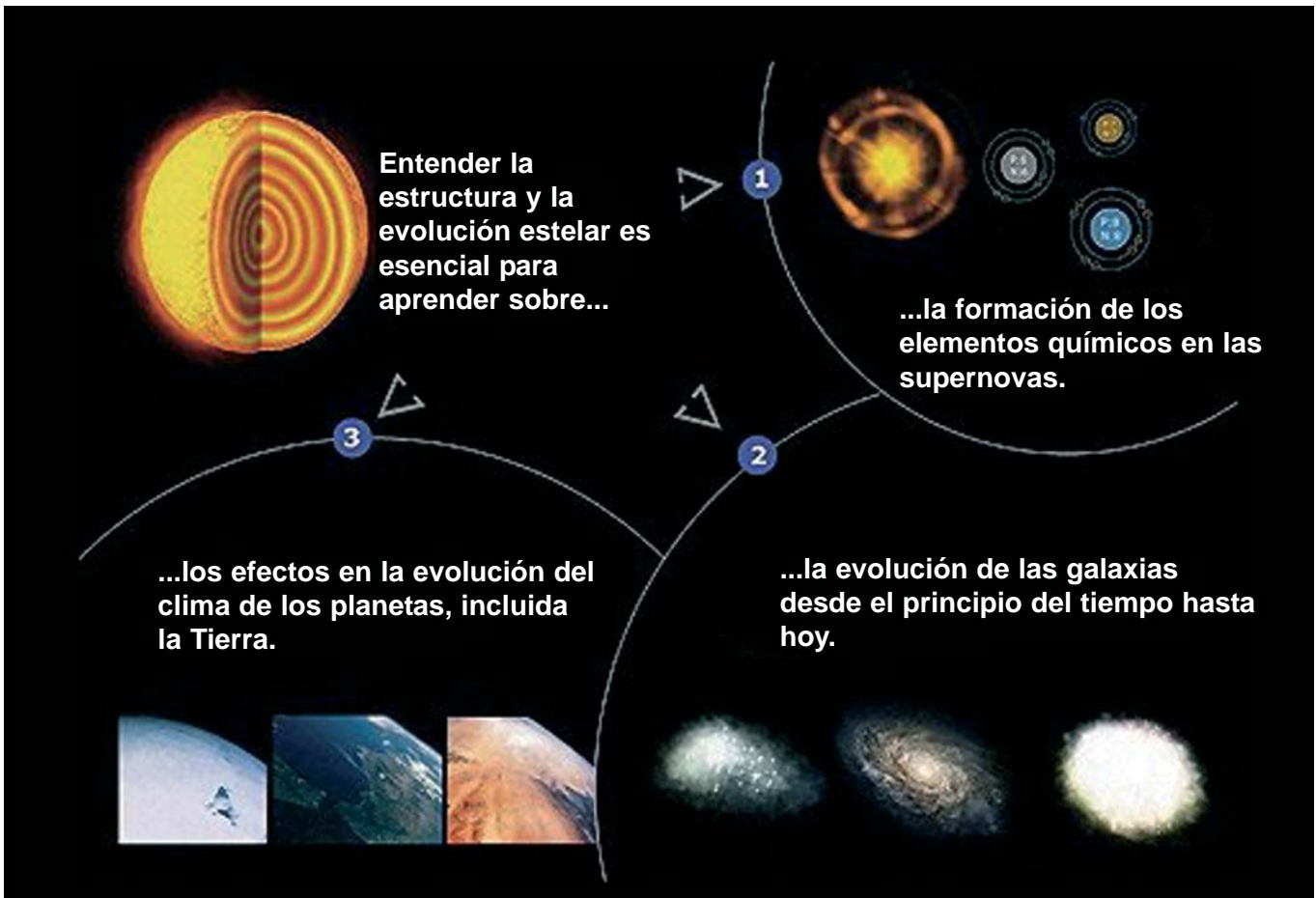
Éste es un ejercicio que practicamos todos con frecuencia: escuchamos a un amigo o a un conferenciante, escuchamos música o la radio, etcétera. Para ello encomendamos la tarea de la escucha a nuestros órganos auditivos, equipados ellos con curiosas prominencias a modo de antenas (a veces de voladoras proporciones) que conocemos como orejas, que mejoran la recepción de la información sonora. Ahora bien, lo que no os resultará tan familiar es escuchar a esos objetos celestes, principales constituyentes de nuestro Universo: las estrellas. Resulta excitante comprobar cómo, al igual que con las personas, basta con saber escucharlas para aprender de ellas y sobre ellas. Si venís conmigo ahora, os mostraré cómo

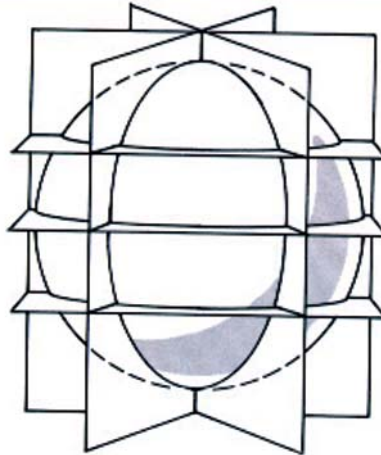
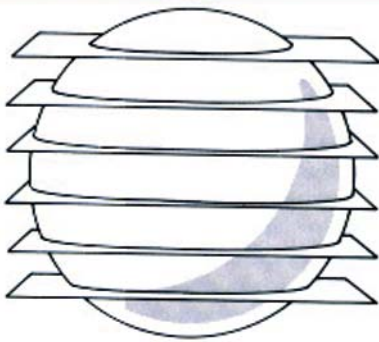
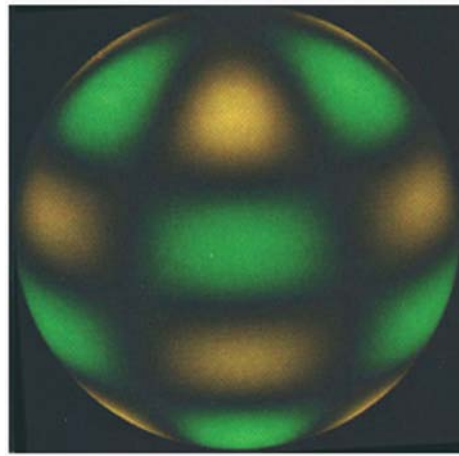
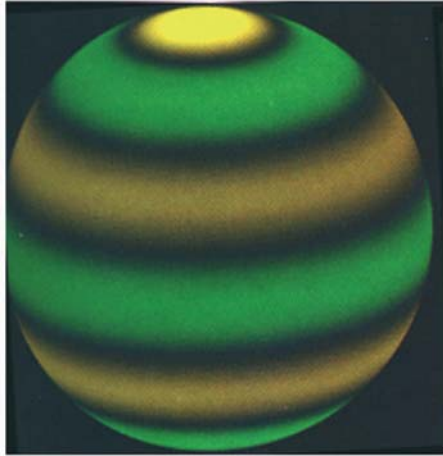
es posible esto.

Generalmente asociamos la 'escucha' con el sonido, asociación que aquí vamos a matizar. Por mucho que en las películas de ciencia ficción se empeñen en hacernos oír las explosiones de las naves espaciales en el espacio vacío, el sonido necesita un medio material para transmitirse. Sin embargo, no siempre es posible escuchar directamente a través de nuestros oídos y hemos de recurrir a nuestro ingenio para hacerlo. Así, es seguro que conocéis o habéis

oído hablar del micrófono, del amplificador, del altavoz o incluso de un sónar o de un ecógrafo. Todos ellos artilugios inventados por el ser humano para la correcta recepción y análisis de los sonidos que no son accesibles 'a oreja des-

*Por mucho que las películas de ciencia ficción se empeñen en hacernos oír las explosiones de las naves espaciales en el espacio vacío, el sonido necesita un medio material para transmitirse*





Modos de oscilación de una estrella.

nuda'. En el caso del sónar y del ecógrafo, la información proporcionada por ultrasonidos puede, gracias a la informática, convertirse en imágenes del fondo marino y de un feto respectivamente. No vamos a detallar aquí todos los aparatos y técnicas inventados por el hombre para la recepción y tratamiento del sonido, pero quizás sí valga la pena mencionar una que nos va a ayudar a entender mejor la manera en que somos capaces de escuchar a las estrellas. Se trata de la sismología, que es la rama de la física que estudia el interior de la Tierra a través del análisis de las ondas sonoras que la atraviesan. Dichas ondas sonoras pueden ser naturales, producidas por seísmos (movimientos tectónicos), volcanes o derrumbamientos montañosos; pero también pueden ser provocadas artificialmente, como suele hacerse para el estudio local de la composición, calidad y estratificación de algún terreno en concreto. Para

*La sismología estelar, o astrosismología, al igual que la sismología terrestre, estudia el interior de las estrellas a través del análisis de las oscilaciones que se detectan en su superficie*

ello se utilizan aparatos (sismógrafos) capaces de detectar las vibraciones provocadas por estos fenómenos y obtener sus principales características. El conocimiento de la física subyacente nos permite obtener una gran cantidad de información sobre la estructura (estratos), materiales, origen del seísmo, intensidad, etcétera, datos que son cruciales para el conocimiento del origen, evolución y comportamiento geológico de la Tierra. Pues bien, aquí os presento una rama de la astrofísica conocida con el nombre de sismología estelar o astrosismología que, de manera análoga a la sismología 'terrestre', estudia el interior de las estrellas a través del análisis de las oscilaciones que se detectan en la superficie de las mismas. Así, esta técnica nos permite investigar aspectos de la física estelar que, hasta hace no mucho, eran poco conocidos, como la distribución del material en la estrella (su estructura) o los procesos físicos que se producen en

su interior.

Dicho esto, os surgirán unas cuantas preguntas: ¿Cómo pretendemos 'escuchar' las estrellas si nos separan de ellas miles de millones de kilómetros de vacío? Pues atendiendo a lo único que nos llega de ellas: la luz, compuesta por ondas electromagnéticas, que sí pueden propagarse en el vacío.

Se trataría pues de 'escuchar la luz'. Si lo pensáis bien, constantemente estamos escuchando luz: desde la radio, la televisión, el teléfono móvil (donde el sonido o la imagen se transmiten a través de ondas de radio) hasta un reproductor de CD, DVD, etcétera (donde la luz monocromática de un diodo láser es utilizada para 'leer' la música previamente digitalizada en ellos). Todos estos aparatos tienen pues en común el uso de la luz -aunque de distinta manera- como transmisora de información de unas ondas originalmente sonoras. De la misma manera, la luz procedente de las estrellas es 'recogida' por telescopios y captada por instrumentos detectores que acoplamos a estos para, finalmente, ser analizada por los científicos.

Pero, ¿qué detectan los instrumentos?, ¿cómo recuperamos la señal sonora? Para contestar a estas preguntas, recordemos primero que el sonido consiste en variaciones de presión del medio por el que se propaga. Las ondas sonoras que atraviesan el interior de la estrella producen pequeñas deformaciones en su superficie. Es el fenómeno que conocemos como oscilaciones estelares. Para que lo entendáis mejor, podéis hacer una experiencia muy sencilla e ilustrativa. Procuraos un tambor o algo que pueda hacer las veces de éste. Echad arena sobre la piel del tambor, repartiéndola uniformemente. Ahora, con un palo golpead repetidas veces en un punto determinado de la superficie. Veréis cómo se forman unas circunferencias concéntricas de arena separadas por zonas sin ella. Al igual que ocurre con la superficie estelar, la piel del tambor se ha deformado debido a unos 'modos' particulares de vibración del tambor. La zona donde no hay arena, es aquella que se ha deformado (vibrado), y la zona donde se ha acumulado la arena es aquella que se ha mantenido inmóvil.

Así, las oscilaciones provocan cambios



en la intensidad luminosa de la estrella, que son detectados por fotómetros (contadores de fotones) y cámaras CCD (similares a las utilizadas en las cámaras fotográficas digitales). Con estos datos, el astrofísico es capaz de reconocer el 'registro' de cada estrella pulsante. Al igual que ocurre con los instrumentos musicales -reconocemos una guitarra al escucharla por su registro único-, el registro de una estrella nos permite identificarla. También somos capaces de reconocer las 'notas' (frecuencias de oscilación) que componen la 'melodía estelar', distinta para cada estrella y una enorme fuente de información con la que podemos conocer, la edad precisa de las estrellas -indicadoras de la edad del Universo-, su masa, cómo gira el material en su interior, así

como estudiar el origen de los elementos químicos o incluso la historia del Sol, entre otros asuntos. Como podéis constatar -y no podía ser de otra manera- científicos, telescopios,

física, ecuaciones matemáticas, inteligencia e ingenio del ser humano y pasión por el conocimiento, todos, quedan al servicio de 'ellas', las estrellas de la música.

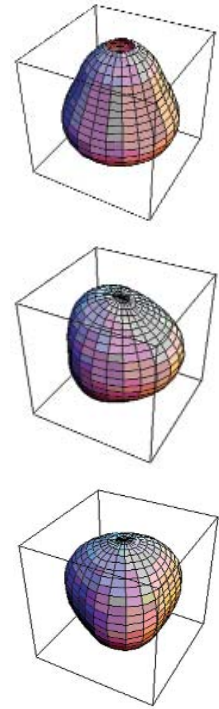
## La estrella Altair pulsa

José Manuel Abad

Un equipo internacional de astrofísicos en el que participa Juan Carlos Suárez Yanes, del grupo de sismología estelar del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha descubierto que Altair, la duodécima estrella más brillante del firmamento, es en realidad una estrella variable pulsante -es decir, su brillo varía de forma periódica- y no una constante, como se creía hasta la fecha. Este hecho ha permitido estudiar a los astrónomos, por primera vez, el interior de Altair. Los astrónomos han analizado datos procedentes de la cámara de guiado del satélite WIRE (Wide-Field Infrared Explorer) que han desvelado que la estrella Altair, la más brillante de la constelación del

Águila, es una estrella pulsante de tipo delta Scuti. Hasta la fecha, el altobrillo de Altair y la interferencia de la atmósfera en las observaciones desde tierra no habían permitido detectar sus oscilaciones (o pulsaciones). Ahora han sido detectados siete modos diferentes de pulsación.

Asimismo, estos datos han permitido elaborar a Juan Carlos Suárez Yanes y su equipo modelos teóricos que describen el interior de Altair con sumo detalle. Entre otros resultados, estos científicos estiman que la estrella tiene una masa de entre 1.70 y 1.76 veces la del Sol y que su edad oscila entre los 600 y los 800 millones de años. El estudio aparece publicado en un número reciente de la revista *Astronomy & Astrophysics*.



Concepción artística del satélite COROT, dedicado a la astrosismología. Fuente: ESA.

EL “SUBMILLIMETER ARRAY” (SMA)

# Una nueva ventana al Universo



Daniel Espada, Lourdes Verdes-Montenegro, Guillem Anglada y José Francisco Gómez (IAA)

Hace ya más de setenta años, Karl Guthe Jansky y Grote Greber abrieron para la ciencia la ventana de las ondas de radio del Universo. Para ello utilizaron simples antenas que podían captar radiación con longitudes de onda del orden del metro. Desde entonces hasta nuestros días se han logrado muchos avances en la tecnología que han hecho posible que los radiotelescopios puedan obtener información valiosa proveniente de la radiación a longitudes de onda cada vez más cortas. Sin duda, el descubrimiento en 1951 de la línea de emisión del hidrógeno atómico neutro (HI) a la longitud de onda de 21 centímetros, supuso un gran avance para la radioastronomía, y desde entonces se han construido un gran número de antenas e interferómetros para su estudio. En la década de los 70 se construyeron además los primeros radiotelescopios capaces de realizar observaciones a longitudes de onda milimétricas, como por ejemplo el radiotelescopio de 11 metros de Kitt Peak, que en 1970 descubrió la emisión de la molécula de monóxido de carbono (CO). Esta molécula ha sido de gran importancia para el estudio del medio interestelar como trazadora del gas neutro molecular (compuesto mayoritariamente por moléculas de hidrógeno), material del que se forman directamente las estrellas. A partir de

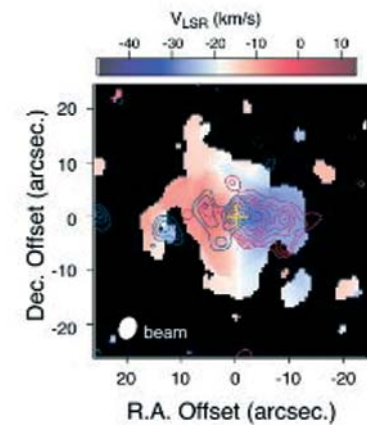
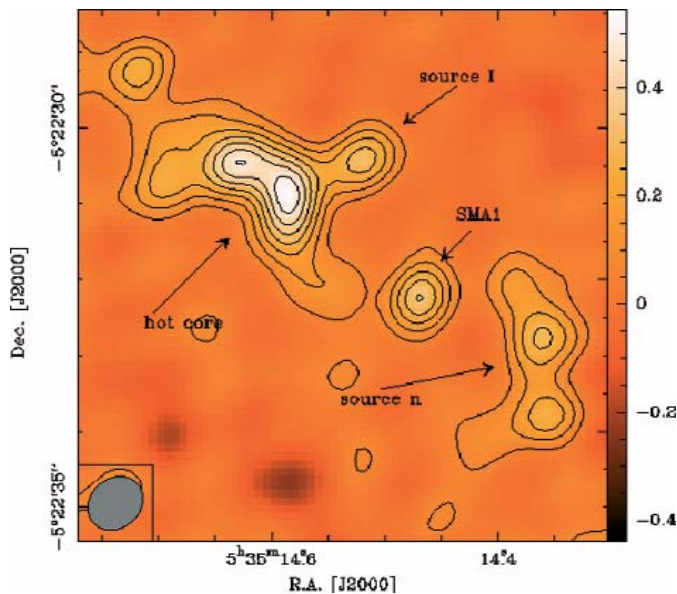
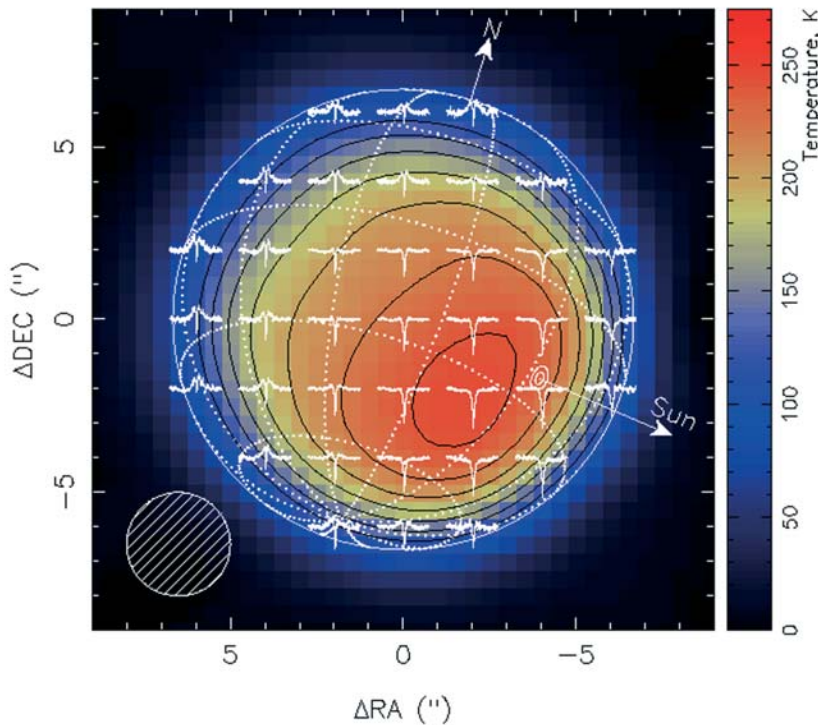
*Con observaciones a longitudes de onda submilimétricas, podríamos conocer las regiones más calientes y densas de las nubes moleculares, que rodean a las estrellas en formación*

entonces se llevó a cabo la construcción de grandes radiotelescopios (por ejemplo el de 30 metros en Pico Veleta, que empezó a funcionar en 1985) e interferómetros capaces de realizar observaciones en el rango milimétrico. Estos instrumentos nos han revelado, entre otras cosas, la extraordinaria riqueza de moléculas (alrededor de unas 130 especies moleculares identificadas) existente en las nubes densas y frías del medio interestelar (llamadas nubes moleculares).

Una pregunta que surge de modo natural es: ¿existe todavía información interesante por desvelar a longitudes de onda por debajo del rango centimétrico y milimétrico? Pues bien, con observaciones a longitudes de onda más cortas que un milímetro, llamémoslas a partir de ahora longitudes de onda submilimétricas, podríamos tener información sobre el polvo que emite a estas longitudes de onda y, sobre todo, de las regiones más calientes y densas de las nubes moleculares, que son las que rodean a las estrellas en proceso de formación. Las transiciones de alta excitación en el rango submilimétrico de muchas especies moleculares comunes pueden ser utilizadas como trazadores de dicho gas denso y caliente. Por ejemplo, mientras que la tran-

sición de frecuencia más baja de la molécula de CO, a una longitud de onda de 2.6 milímetros, nos da información sobre regiones con densidades del orden de mil moléculas por centímetro cúbico y temperaturas de  $-260^{\circ}\text{C}$ , la transición del CO a una longitud de onda de 0.8 milímetros lo hace sobre regiones con 10 millones de moléculas por centímetro cúbico y temperaturas de hasta 700 grados centígrados. De esta forma, observando estas transiciones, nos podríamos acercar mucho más a las regiones internas de las nubes moleculares, donde se forman las estrellas, así como observar el proceso de formación de sus propios sistemas planetarios. Fuera de las nubes moleculares, en otras regiones del medio interestelar de nuestra galaxia, podríamos obtener detalles acerca de cómo se produce la muerte de una estrella. A una escala mayor, en otras galaxias, podríamos estudiar la distribución y movimiento de las regiones donde el gas es más denso y caliente, así como la distribución del polvo y la formación estelar activa. Esta información no la podríamos conocer a través de otras longitudes de onda: en el rango óptico estas regiones estarían completamente oscurecidas por el polvo, y a longitudes de onda milimétricas no veríamos estas regiones internas, sino el gas molecular más difuso que las rodea. Por tanto, parece que la respuesta a la pregunta anterior es que sí sería muy interesante saber más acerca de los objetos que dominan el rango submilimétrico de longitudes de onda.

Ahora bien, el proceso para la construc-



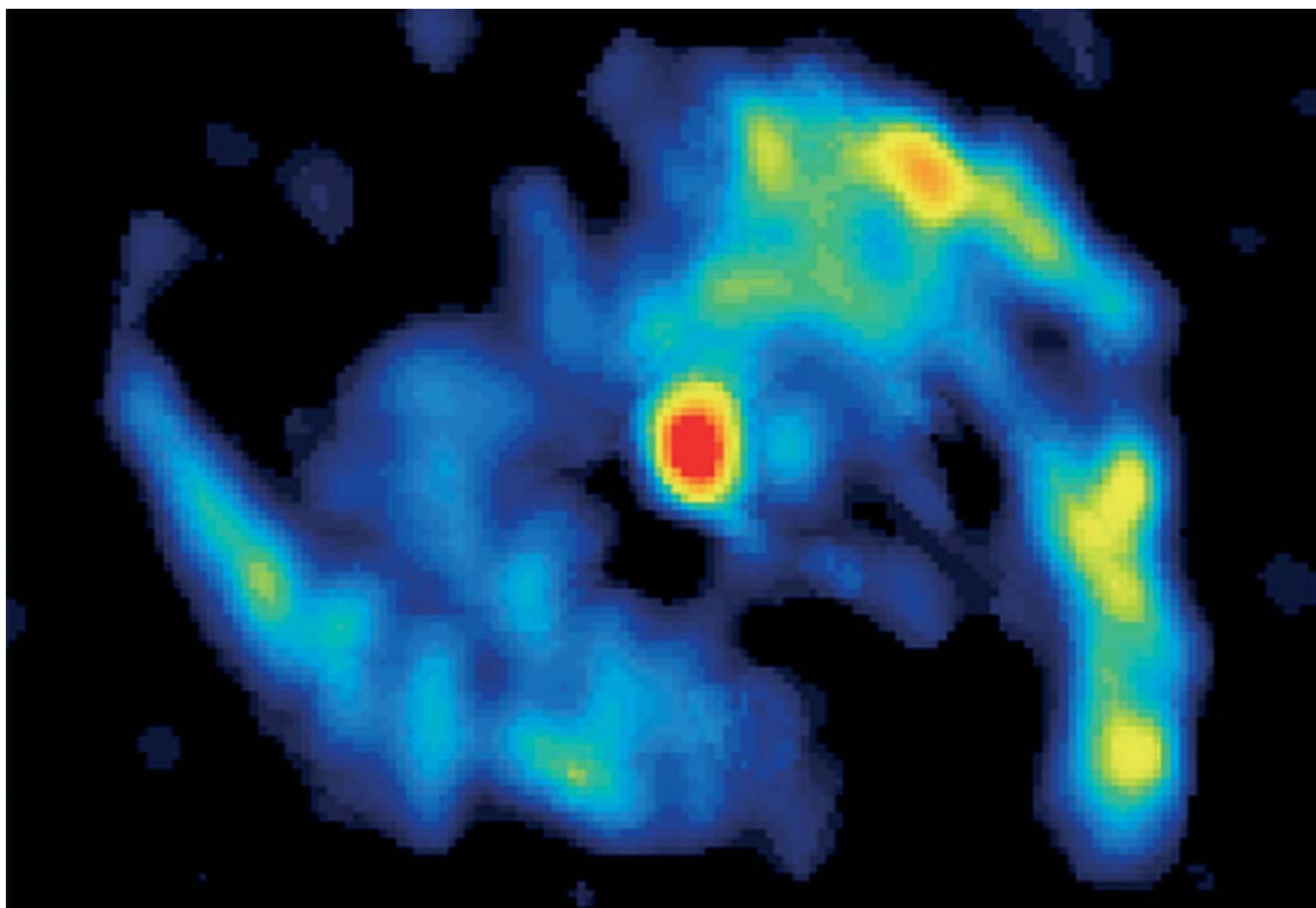
El SMA ha superado ya la fase de pruebas y ha podido realizar las primeras observaciones científicas. Los campos en los que SMA está aportando nuevos resultados van desde la investigación en nuestro Sistema Solar hasta el estudio de galaxias con alto desplazamiento al rojo. Entre las observaciones del Sistema Solar cabe destacar el estudio de Marte, que proporciona información sobre la emisión térmica de su superficie y sobre las absorciones atmosféricas de CO, con una resolución de unos dos segundos de arco (imagen izquierda). Asimismo, se han realizado observaciones de Titán (abundancias verticales de HCN y CO) y de Plutón, en las que se distingue perfectamente su satélite Caronte. Se han realizado también observaciones de regiones de formación estelar (como Orion K-L, abajo izq.), discos circunestelares (como los de TW Hydrae, Herbig AB Aurigae, o Cepheus A HW2), o estrellas evolucionadas (como V Hydra, que presenta eyecciones bipolares generadas por la estrella al aproximarse el final de su fase de gigante roja; abajo derecha). Actualmente se están realizando observaciones polarimétricas de la fuente Sagitarius A, en el centro galáctico, que proporcionarán información acerca de la densidad y la tasa de acrecimiento de masa en la región.

ción de un telescopio para el rango submilimétrico no es fácil. Aparte de la dificultad que entraña la construcción de receptores para frecuencias tan altas y de antenas cuyas superficies deben alcanzar precisiones superiores a 25 milésimas de milímetro, nos encontramos con el problema adicional de que el vapor de agua y el oxígeno de la atmósfera terrestre producen unas intensas líneas de absorción en dicho rango del espectro. Es por tanto imprescindible que los radiotelescopios estén en sitios muy altos y secos. A finales de los 80 se construyeron las dos primeras antenas capaces

de funcionar en el rango submilimétrico: la de 15 metros del James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) y la de 10.4 metros del Caltech Submillimeter Observatory (CSO), ambas en Hawaii, a unos 4.100 metros de altitud. Sin embargo, hasta principios del siglo XXI no existía ningún instrumento que permitiera alcanzar una resolución angular por debajo de un segundo de arco (la resolución angular es la capacidad que tiene un telescopio de distinguir detalles muy pequeños en objetos muy distantes; una resolución angular de un segundo de arco permitiría distinguir detalles en una

moneda de un céntimo situada a un kilómetro de distancia).

El primer interferómetro del mundo en funcionamiento a longitudes de onda submilimétricas es el "Submillimeter Array" (SMA), construido por el Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) de EE.UU. y el Institute of Astronomy and Astrophysics de la Academia Sínica de Taiwán (ASIAA), situado en Hawaii, junto al JCMT y el CSO. Este interferómetro está formado por un conjunto de ocho antenas de seis metros de diámetro cada una. Próximamente, cada antena contará con



En cuanto al universo extragaláctico, se han observado hasta la fecha más de una decena de galaxias a estas longitudes de onda (principalmente transiciones de la molécula de CO), incluyendo desde galaxias cercanas (por ej. M51, en la imagen, o M83) hasta galaxias en interacción (VV 114 y NGC 6090), galaxias en el último estado de fusión (AV 220) y galaxias muy distantes (QSO BR1202-0725 con un desplazamiento al rojo de  $z=4.7$ , que corresponde a cuando el universo era aproximadamente seis veces más pequeño que en la actualidad).

cuatro receptores (ahora cuentan con tres) que le proporcionarán la capacidad de observar en un rango de entre 0.3 y 1.7 milímetros, con la capacidad de realizar también estudios de polarimetría. Las antenas del SMA se pueden distribuir en diversas configuraciones (con separaciones entre pares de antenas, o líneas de base, comprendidas entre 8 y 508 metros), alcanzando así una resolución angular por debajo de 0.5 segundos de arco en su configuración más extendida. A la longitud de onda de 0.85 milímetros su resolución angular es 30 veces mejor que la del JCMT.

Aparte de los problemas técnicos que

supone construir un interferómetro de este tipo, hay que tener en cuenta otros problemas que deben resolverse para poder obtener información de índole física de los objetos observados. Uno de los más importantes es el de la calibración de las observaciones, ya que cuanto menor es la longitud de onda, más influyen las fluctuaciones atmosféricas, los calibradores de fase (por ejemplo cuásares) son más débiles, y los calibradores de flujo (por ejemplo, planetas o sus satélites) comienzan a verse extendidos con mayor facilidad.

El SMA constituye un primer e importante paso en el progreso tecnológico y

científico en Astronomía submilimétrica, que culminará pronto con el proyecto Atacama Large Millimeter Array (ALMA), un interferómetro formado por 64 antenas de 12 metros de diámetro que se instalará en el Llano de Chajnantor (Chile) a unos 5.000 metros de altura, uno de los lugares más secos del planeta. Es un proyecto con un presupuesto global de 600 millones de euros (el instrumento en tierra más caro que se está construyendo actualmente), compartido entre Europa (con participación de España), Estados Unidos, Canadá y Japón. Cada una de sus antenas tendrá la posibilidad de observar a longitudes de onda desde 0.3 hasta 3 milímetros. Las líneas de base podrán ir desde 150 metros hasta 10 kilómetros, permitiendo alcanzar una resolución angular de 0.01 segundos de arco, unas 20 veces mejor que la del SMA. Seguramente ALMA se convertirá con sus descubrimientos en el principal estándar de la astronomía en el rango submilimétrico, una vez que entre en funcionamiento en 2012. Sin embargo, al igual que las antenas de Jansky y Greber abrieron en su tiempo nuestros ojos a las longitudes de onda de radio, el SMA lo está haciendo ahora en el rango submilimétrico, una de las últimas ventanas inexploradas del Universo, tanto científica como técnicamente.

# Determinan la forma de una estrella gracias a una microlente

Silbia López de Lacalle (IAA)

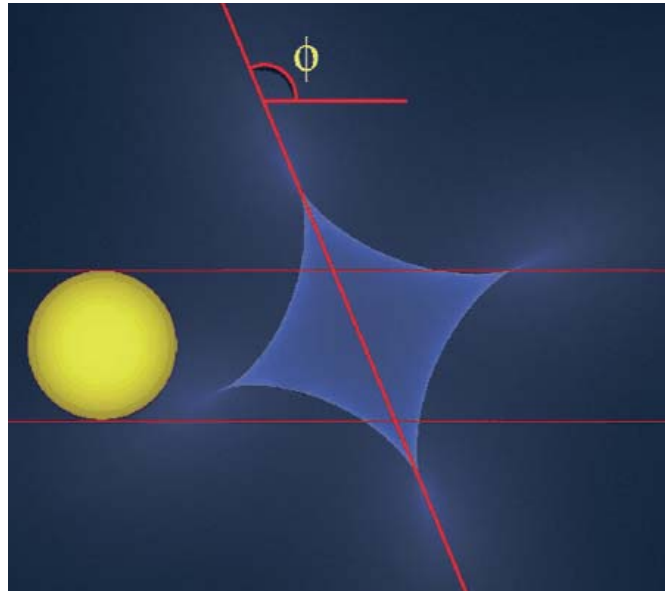
Un equipo internacional de astrónomos, entre los que se encuentra el investigador del IAA Antonio Claret, ha determinado por primera vez la forma de una estrella lejana, MOA-2002-BLG-33, mediante el estudio de un fenómeno de microlente gravitatoria. Los resultados de la investigación aparecieron publicados en la revista científica *Astronomy & Astrophysics*.

Los fenómenos de lente gravitatoria se producen por la fuerza de gravedad de los cuerpos que se encuentran en la trayectoria de la luz. Como predijo Albert Einstein, la luz, ante grandes cúmulos de materia, se desvía o se divide, en función de la masa del cúmulo y del nivel de alineación de los dos objetos. El Universo sin materia se asemeja a una sábana tensada por sus cuatro costados; si una pelota cayera en medio, el espacio se curvaría, de forma que los rayos de luz emitidos por objetos lejanos serían desviados por esa curvatura.

El resultado de este fenómeno de lente varía desde un aparente cambio de posición del objeto más lejano, también conocido como imagen fuente, hasta una deformación o multiplicación de la misma. La mayoría de las lentes encontradas tiene su origen en cúmulos, si bien una galaxia, en alineación con un cúmulo de galaxias, también puede dar lugar a espejismos gravitatorios y ofrecer una imagen deformada.

## Las microlentes

Una tipología particular de este fenómeno es lo que se conoce como microlente, que se produce por la intervención de cuerpos menores, como estrellas. Su fuerza gravitatoria provoca la división de los rayos de luz en una proporción mucho menor que las galaxias, de modo que la separación resulta imperceptible y sólo se detecta un aumento en el brillo de la imagen lejana (la lente provoca en este caso el efecto de una lupa). Se trata



Representación de la microlente MOA-BLG-33. Nótese que los bordes de la estrella-fuente están oscurecidos según los modelos esféricos de atmósferas estelares.

*El estudio de las microlentes se presenta como una herramienta esencial para el estudio de la forma de las estrellas*

de un fenómeno difícil de detectar, ya que exige que la estrella fuente, el objeto lente y el punto de observación estén alineados de un modo muy determinado.

Casi todas las estrellas aparecen en principio como puntos en el cielo, de modo que el análisis de su forma, imprescindible para la comprobación de los modelos teóricos, resulta muy complejo. Hasta ahora sólo se disponía de información sobre la forma de unas pocas estrellas cercanas, como Altair o Achernar, ésta última muy achatada en los polos. En cambio, MOA-2002-BLG-33, la estrella estudiada por este equipo internacional, se halla cientos de veces más alejada que las anteriores. El estudio de las microlentes gravitatorias se muestra de hecho como la única técnica capaz de estudiar la forma de estrellas lejanas.

## La microlente MOA 2002-BLG-33

En julio de 2002, un grupo de astrofísicos observó una microlente, MOA 2002-BLG-33, que ampliaba el objeto fuente más de 400 veces. Gracias a la

combinación de las observaciones de cinco telescopios terrestres y del Telescopio Espacial Hubble, los investigadores descubrieron que el objeto que actuaba como lente era una estrella binaria. En un principio se asumió que la estrella fuente, MOA-33, era esférica, pero las últimas conclusiones de la investigación apuntan a una forma elipsoidal.

Existe una explicación lógica al hecho de que los cuerpos celestes en rotación no sean totalmente esféricos. La Tierra misma debe a su rotación diaria un ligero achatamiento en sus polos. Si se aplica esta misma idea a las estrellas, de carácter gaseoso y en algunos casos con velocidades de rotación muy altas, se comprende que algunas de ellas también tengan una forma achatada.

La dificultad que presenta el estudio de la forma de estos astros, unida a la suposición tradicional de que su forma es esférica, han constituido hasta ahora las principales trabas para el estudio de una posible distorsión de las estrellas. La técnica de análisis de las microlentes gravitatorias utilizada en este trabajo se presenta ahora como una herramienta esencial para estudiar en el futuro la forma de las estrellas.

# Descubierta una nueva galaxia satélite de la Vía Láctea

Ursa Major es la galaxia de luminosidad más débil jamás encontrada



Muchas de las estrellas débiles de esta imagen pertenecen a la recientemente descubierta Ursa Major. Fuente: Andrew West (Univ. Washington)/Apache Point Observatory.

Silbia López de Lacalle y  
David Martínez-Delgado (IAA)

**Un equipo internacional de astrónomos, entre los que se encuentra el investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) David Martínez-Delgado, ha descubierto una nueva galaxia satélite de la Vía Láctea, cuya débil luminosidad la convierte en la galaxia más débil encontrada hasta el momento; prueba de ello es que algunas estrellas de la Vía Láctea, como Deneb, producen más luz que esta pequeña galaxia al completo. Denominada Ursa Major, se trata de una galaxia esferoidal enana, carente de gas y con grandes distancias entre las estrellas que la integran.**

El descubrimiento forma parte de una búsqueda sistemática de compañeras galácticas realizada en colaboración con el Sloan Digital Sky Survey (SDSS), un ambicioso proyecto internacional de cartografiado del cielo que determinará la posición y luminosidad absoluta de más de 100 millones de objetos celestes. Gracias a los datos del SDSS, los astró-

nomos descubrieron una ligera concentración de estrellas gigantes rojas, lo que suele ser un síntoma de la existencia de una galaxia enana o de un cúmulo globular (grupos de hasta varios millones de estrellas que se encuentran en las regiones externas de la galaxia).

A partir de esta hipótesis, los astrónomos emplearon el telescopio Isaac Newton, situado en la isla de La Palma, para determinar la naturaleza del objeto. El estudio confirmó que se trataba de una galaxia enana, ya que su tamaño excedía en 10 veces el del cúmulo globular más grande conocido. Además, Ursa Major presenta un gran parecido con la galaxia del Sextante, otra galaxia satélite enana que forma parte del séquito de la Vía Láctea, formado hasta el momento por 12 miembros: dos galaxias enanas más masivas -las nubes de Magallanes-, además de una decena de galaxias pequeñas y débiles, como la recientemente hallada.

## El problema de las galaxias perdidas

El estudio de las galaxias enanas, las más numerosas del Universo, constituye una herramienta fundamental para comprender los procesos de formación de las galaxias, ya que se cree que son los ladrillos a partir de los cuales se forman las galaxias mayores, como la Vía Láctea. El modelo de formación de galaxias más aceptado hoy día, el que postula la intervención de la denominada materia oscura fría, exigía la existencia de un mayor número de galaxias enanas de las censadas, lo que se conoce como problema de las galaxias perdidas.

Este problema de las galaxias perdidas podría estar ahora en vías de solución, según los investigadores, ya que el descubrimiento de Ursa Major, realizado casi al límite de sus posibilidades de detección, sugiere la posible existencia de otras galaxias enanas situadas alrededor de la Vía Láctea.

*Algunas estrellas de la Vía Láctea, como Deneb, producen más luz que esta pequeña galaxia esferoidal al completo*

# Se desvelan las propiedades del meteorito de Villalbeto de la Peña

José Luis Ortiz y Silbia López de Lacalle (IAA)

La revista científica *Meteoritics and Planetary Science* destaca en su portada de este mes el trabajo sobre el espectacular fenómeno celeste que se produjo el 4 de enero de 2004 y sobre los fragmentos del meteorito descubiertos días después en la provincia de Palencia. El artículo, que resume los hallazgos y culmina todo un año de investigación, ha supuesto, por primera vez en España y novena vez en la historia mundial, el logro de determinar la órbita del objeto progenitor a la par que sus propiedades físicas y químicas, lo que en muchos sentidos es equivalente a haber enviado una misión espacial a un lugar concreto del Sistema Solar para recoger muestras.

En la tarde del domingo 4 de enero de 2004, miles de personas observaron cómo una bola de fuego irrumpía en el cielo provocando una gran alarma social. A las pocas horas, los investigadores de la red española de investigación sobre bólidos y meteoritos anunciaban que el impresionante destello se debía a la entrada en la atmósfera de un fragmento de asteroide, fenómeno técnicamente conocido como bólido. A diferencia de las estrellas fugaces, con apenas unos gramos de masa y un brillo similar al de una estrella normal, los bólidos se originan a partir de cuerpos mucho mayores y tienen un brillo que en ocasiones, como fue el caso, superan al de la luna llena.

Unos días más tarde se hallaron, en la provincia de Palencia, algunos fragmentos del cuerpo que originó a este bólido, los primeros encontrados en España desde que en 1947 cayera otro meteorito en Reliegos (León). De acuerdo con las normas internacionales de nomenclatura, el meteorito fue registrado oficialmente por el equipo de investigación en el catálogo de la Meteoritical Society con el nombre de la localidad donde aparecieron los primeros fragmentos: Villalbeto de la Peña.

## Conclusiones de la investigación

Cabe destacar, por ejemplo, que es la primera vez que se determina la masa de un objeto entrante con cuatro métodos independientes (luminosidad, detección sísmica,

Uno de los ejemplares del meteorito Villalbeto de la Peña recuperado "in situ" por la Red de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos. Fuente: Jesús Martín.

El bólido, fotografiado desde León. Fuente: Salvador Díez.



y detección infrasonica y radioisótopos), y coinciden en una cifra de unos 750 kilogramos. El objeto, que medía algo menos de un metro de diámetro, llevaba, a su entrada en la atmósfera terrestre, una velocidad de casi 61.000 kilómetros por hora. La enorme presión por el rozamiento con la atmósfera hizo que estallara a unos 28 kilómetros de altura y que los restos se esparcieran en un área elíptica de unos cien kilómetros cuadrados.

También se ha podido calcular la energía de la potente explosión que se produjo en la atmósfera (unos centenares de veces más débil que la explosión nuclear de Hiroshima), así como otros muchos detalles, como la composición mineralógica del cuerpo y el tiempo que transcurrió desde que el objeto salió despedido de su asteroide progenitor (probablemente tras la colisión entre dos asteroides), hace unos 48 millones de años. El meteorito de Villalbeto de la Peña pertenece a la familia de las condritas ordinarias, un tipo bastante común.

El análisis de todos los datos relacionados con el bólido, junto con los estudios químicos e isotópicos realizados a los fragmentos hallados del meteorito, han

permitido obtener las conclusiones de este estudio, para el que la colaboración de muchos voluntarios resultó primordial. Sus valiosas aportaciones han incluido desde testimonios precisos sobre la trayectoria aparente del bólido desde su lugar de observación hasta rastreos por la zona de la caída en busca de fragmentos del meteorito.

## Equipo investigador

Gracias al abundante material gráfico recogido y a los distintos fragmentos recuperados se ha podido realizar, por primera vez en España y novena en el mundo, un profundo estudio tanto del meteorito como del fenómeno meteórico; se conoce la composición química y las propiedades físicas del cuerpo que originó el fenómeno, así como su lugar de procedencia en el Sistema Solar.

Todas estas conclusiones han sido obtenidas por un grupo multidisciplinar de científicos liderado por investigadores españoles. En dicho grupo participan varias instituciones nacionales y extranjeras, entre las que figura el IAA (los investigadores José Luis Ortiz y Alberto Castro Tirado).

Guillem Anglada (IAA)

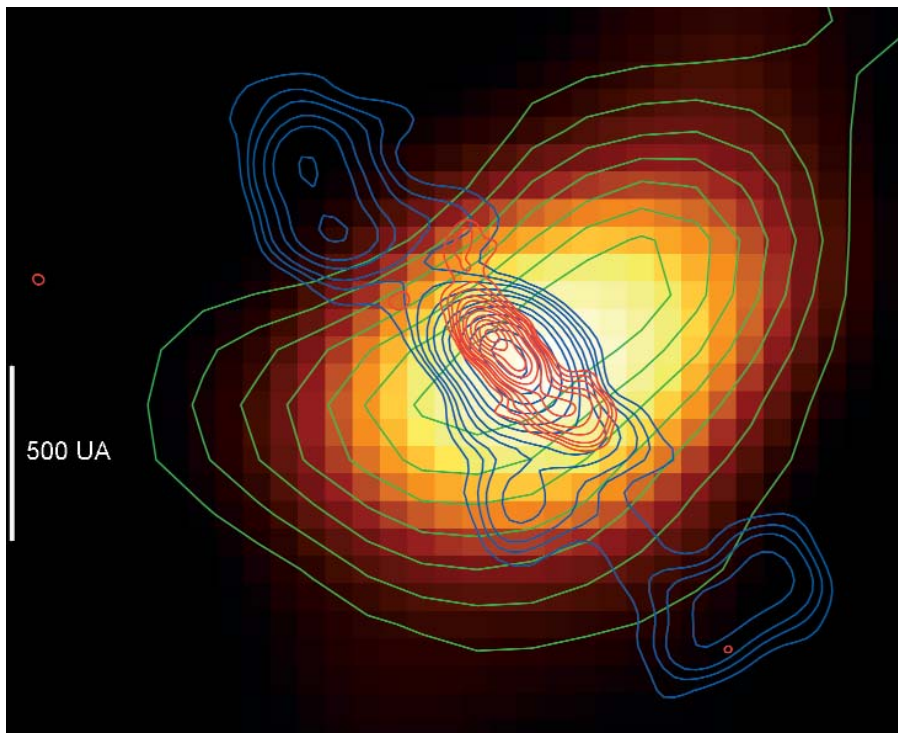
Un equipo internacional de astrónomos, entre los que se encuentran tres españoles del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) y en el Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC), ha descubierto en la región de Cefeo, a una distancia de la Tierra de 2000 años luz, un disco de gas y polvo en torno a una estrella muy joven con una masa 15 veces mayor que nuestro Sol. El propio disco tiene una masa entre una y ocho veces la del Sol. El descubrimiento apoya con rotundidad la hipótesis de que todas las estrellas, incluso las más grandes, se forman mediante un proceso similar al que, hace ahora 4500 millones de años, dio lugar a la formación de nuestro Sol y su sistema planetario. Estos resultados han sido publicados en la revista científica *Nature* del 1 de septiembre de 2005, que también dedica un comentario sobre esta investigación en su sección *News & Views*.

En las últimas décadas se han realizado grandes avances en la comprensión del proceso de formación de las estrellas similares al Sol. Ahora se sabe que este tipo de estrellas se forma mediante un proceso de "acrecimiento", cuyo primer paso es el hundimiento gravitatorio de fragmentos de inmensas nubes interestelares de gas y polvo. A lo largo de varios cientos de miles de años, el material se va acumulando en el centro, formando un objeto denominado "protoestrella" o embrión estelar. Del material sobrante, una parte se expulsa en forma de chorros a gran velocidad, mientras que otra se acumula alrededor de la protoestrella, formando un disco de gas y polvo en rotación. Posteriormente, el embrión estelar se alimenta de materia de ese disco para ir creciendo poco a poco y convertirse en una estrella. En el propio disco puede formarse un sistema planetario similar al Sistema Solar, al cabo de varios millones de años.

**El problema de la formación de las grandes estrellas**

Sin embargo, el nacimiento de estrellas mucho mayores que el Sol (incluso más de cien veces mayores que este) sigue siendo

# La formación de las grandes estrellas



un misterio en muchos aspectos. El estudio de la formación de estas estrellas gigantes es muy difícil, ya que son mucho más escasas, su evolución es mucho más rápida y las regiones donde se forman suelen estar más lejos de la Tierra. Algunos especialistas piensan que pueden

*El estudio de la formación de estas estrellas gigantes es muy difícil, ya que son mucho más escasas, su evolución es mucho más rápida y las regiones donde se forman suelen estar más lejos de la Tierra*

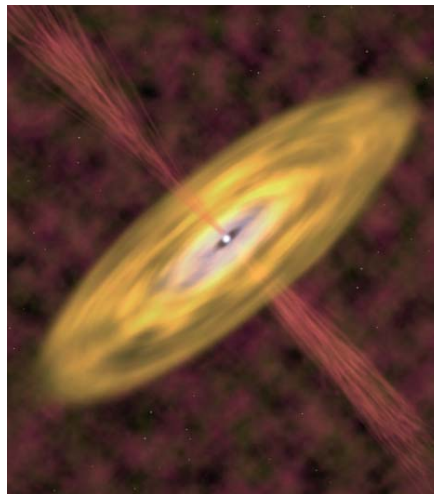
formarse también por "acrecimiento", de modo similar a las estrellas más pequeñas, como el Sol, mientras que otros piensan que este proceso es imposible para estrellas tan masivas y que deben formarse por fusión mediante colisiones de estrellas más pequeñas formadas previamente. El trabajo

de Patel y colaboradores que acaba de ser publicado en *Nature* da un fuerte espaldarazo a la primera de estas hipótesis.

"La presencia de un sistema formado por una estrella con un disco de gas y polvo a su alrededor, junto con un chorro de materia expulsado a velocidades de millones de kilómetros por hora en dirección perpendicular al disco, como el que hemos encontrado en la región de Cefeo, es la marca

Imagen del disco de gas (contornos verdes) y polvo (escala de colores), junto con el chorro que emerge en dirección perpendicular (en contornos rojos y azules), obtenida con el "Submillimeter Array". Fuente: *Nature*.

Representación artística del conjunto del disco de gas y polvo, con el chorro de alta velocidad emergente. Fuente: David Aguilar.



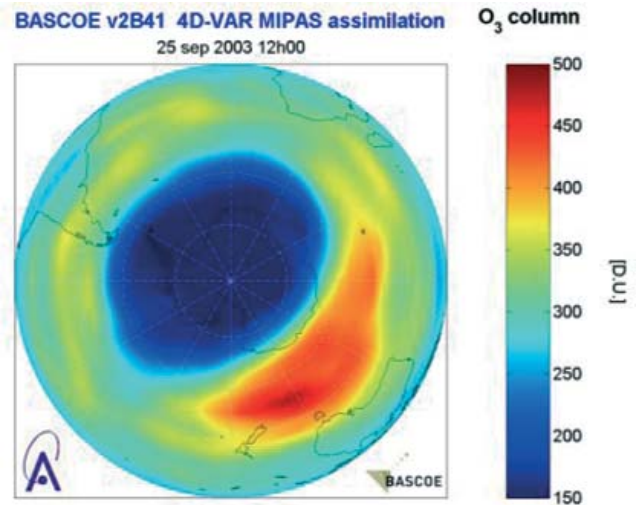
del proceso de acrecimiento. Un sistema como éste no puede ser el fruto de la colisión entre varias estrellas. Lo importante es haberlo encontrado en un objeto que ya ha alcanzado una masa 15 veces superior a la del Sol", comenta José María Torrelles, investigador del IEEC/CSIC.



## Investigadores españoles miden el efecto de las tormentas solares sobre la capa de ozono

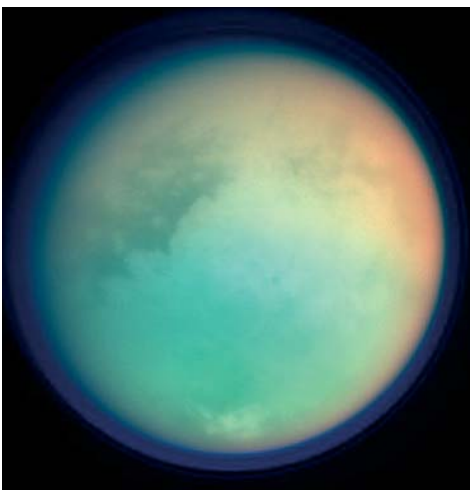
A la capa de ozono no le afecta sólo la actividad humana. Las tormentas solares, unas enormes descargas de partículas cargadas que emite el Sol, alteran la química de la atmósfera terrestre, incluida la del ozono. Usando ENVISAT, un satélite de observación de la Tierra, científicos como Manuel López Puertas, del IAA, han medido por primera vez con detalle los cambios que estas tormentas inducen en la atmósfera terrestre. Aunque muy pequeña en comparación con la influencia humana, en especial la de compuestos químicos como los clorofluorocarbonos (CFC), ya prohibidos, los científicos participantes en el estudio señalan la importancia de conocer la variable de las tormentas solares para indagar en el estudio de la recuperación o daño del ozono atmosférico en los próximos diez o treinta años.

Más información en: [http://www.esa.int/esaCP/SEMZLHD3M5E\\_Spain\\_0.html](http://www.esa.int/esaCP/SEMZLHD3M5E_Spain_0.html)



El agujero de la capa de ozono sobre el polo sur en septiembre de 2003. Fuente: MIPAS.

## Novedades desde Titán



La llegada de la misión Cassini-Huygens a Titán, la mayor de las 46 lunas conocidas de Saturno, ha proporcionado a los científicos algunos fascinantes resultados que o bien han confirmado sus sospechas o bien las han desechado. Así, se ha comprobado que la superficie sólida de esta luna, de brumosa y densa atmósfera, está surcada de unos ríos o canales que quizá excavó el metano líquido. Precisamente la erosión es la responsable de que en la superficie de Titán escaseen los cráteres de impacto -tan sólo se ha constatado algunos gigantes-, lo que demuestra que los vientos,

las lluvias de metano y los procesos geológicos han tenido un gran protagonismo en la vida del satélite. El paisaje de Titán se completa con la existencia de unas estructuras superficiales similares a lagos o depresiones rellenas de lo que parecen ser hidrocarburos condensados. La presencia de estos hidrocarburos en abundancia, aunque en este caso en las nubes estratosféricas (por encima de 1200 kilómetros), ha contribuido a desechar los modelos químicos y términos empleados hasta la fecha en el estudio de la atmósfera del frío satélite (su temperatura media es de 178°C bajo cero), que además presenta vientos más veloces que su rotación, en un fenómeno similar al que ocurre en Venus.

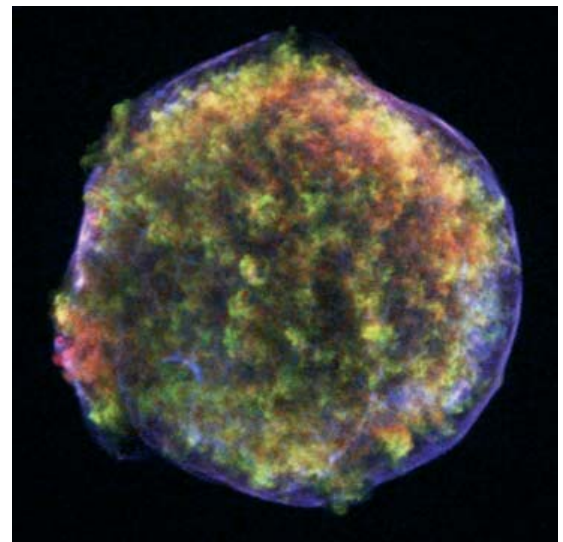
Más información en: <http://www.esa.int/SPECIALS/Cassini-Huygens/index.html>

## La supernova de Tycho

En 1572, el astrónomo danés Tycho Brahe observó la explosión de una estrella que hoy se conoce como la supernova de Tycho. Más de cuatro siglos después, las imágenes del remanente obtenidas por el satélite de rayos X Chandra muestran una burbuja en expansión (rojo y verde) dentro de un “caparazón” de electrones muy energéticos (azul).

La expansión de los restos de la estrella ha creado dos ondas de choque, una que se mueve hacia el exterior y otra que se desplaza hacia dentro. Según la teoría estándar, la primera onda de choque debería hallarse a dos años luz de los restos de la estrella, pero Chandra ha determinado que se halla a apenas medio año luz de los restos estelares. La explicación más plausible afirma que gran parte de su energía se ha empleado en acelerar núcleos atómicos hasta casi la velocidad de la luz, lo que relaciona definitivamente las explosiones de supernova con los rayos cósmicos, un tipo de partículas muy energéticas que pueblan nuestra Galaxia y bombardean constantemente la Tierra.

Más información en: <http://chandra.harvard.edu/photo/2005/tycho/>



## Reunión del proyecto AMIGA

Entre el 9 y el 13 de mayo se reunieron en el IAA los miembros del proyecto AMIGA (Análisis del Medio Interestelar de una muestra de Galaxias Aisladas), liderado desde nuestro centro y con la participación de investigadores del Departamento de Astronomía de la Universidad de Tuscaloosa, Max Planck Institut für Radioastronomie de Bonn, Universidad de Texas, FCRAO (Umass) y Observatorio de Paris.

El proyecto AMIGA tiene como fin definir una muestra de galaxias en la que basar el estudio de la influencia del entorno

no en las propiedades y la evolución de las galaxias.

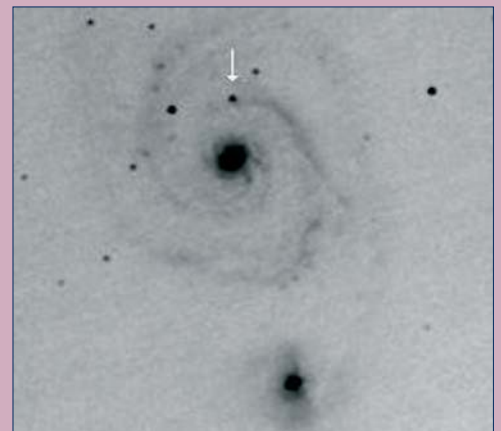
Durante la reunión se pusieron en común los resultados obtenidos para la muestra, de unas mil galaxias, incluyendo la revisión del aislamiento y tipos morfológicos, así como el análisis de observaciones ópticas, infrarrojas y de radio (línea y continuo) y la puesta a punto de una base de datos con esta información. Asimismo, se discutió el rumbo que debe seguir el proyecto una vez finalizado el análisis estadístico de dichos datos.

## Descubrimiento de una supernova en M51

El pasado 27 de junio, un astrónomo aficionado alemán, Wolfgang Kloehr, descubrió una supernova en M51 -también conocida como galaxia del "remolino"-, una espiral situada a 30 millones de años luz de nosotros en la constelación de Canes Venatici. Esta supernova (SN2005cs), con una magnitud de 13.5, es una de las más brillantes observadas en los últimos años. Gracias a esto y a la cercanía de la galaxia, SN2005cs es observable con un telescopio de aficionado, como el telescopio de divulgación del Instituto de Astrofísica de Andalucía (PETI).

El día 1 de julio, Victor Manuel Muñoz y Patricia Arias observaron SN2005cs desde el telescopio PETI de forma independiente, demostrando cómo los aficionados pueden contribuir a la astrofísica profesional.

Imagen tomada con el telescopio PETI del IAA el 1 de julio, algunos días después de que la supernova fuera descubierta.



## Premio e-Science

Los científicos integrantes del grupo MOA y colaboradores, entre los que se encuentra nuestro compañero Antonio Claret, han recibido el Premio e-Science del World Summit Award (Nueva Zelanda) por su trabajo publicado recientemente en la revista *Astronomy and Astrophysics* sobre la microlente gravitatoria MOA-BLG-33.

Entre los méritos de la investigación, el jurado destacó el empleo de un fenómeno natural -las lentes gravitatorias- para obtener resultados precisos, así como el carácter internacional de la investigación, en la que participan once países. También resaltó el uso de Internet como una herramienta indispensable en el estudio, al coordinar el trabajo de diversos observatorios, y del aprovechamiento de las posibilidades de los ordenadores al trabajar con un cluster de 400 PCs que se mantenían encendidos durante la noche y los fines de semana. Finalmente, el estudio contribuyó a mejorar la capacidad de los astrónomos para detectar planetas de tipo terrestre alrededor de estrellas lejanas.

## Reunión general de GAW

En los meses de febrero y junio tuvieron lugar en el IAA-CSIC dos reuniones de la colaboración GAW (*Gamma Air Watch - A Large Field of View Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope*), en las que se dieron cita investigadores de institutos de Palermo (Italia) y Lisboa (Portugal), así como del IAA. Participan por el IAA Mariano Moles, Francisco Prada y Miguel A. Sánchez Conde.

GAW es una propuesta pionera en el campo de la Física de Altas Energías, cuyo objetivo es evaluar la viabilidad de una nueva generación de telescopios Cherenkov que combinen alta sensibilidad con gran campo de visión. Para ello se propone un diseño que comprende un sistema de tres telescopios idénticos situados en los vértices de un triángulo equilátero de unos 80 metros de lado. El experimento GAW se instalará en el Observatorio de Calar Alto, en Almería, a 2160 metros. Pretendemos que GAW abra una nueva ventana al estudio de la radiación de muy alta energía que permitirá, en particular, abordar el problema de la naturaleza de la materia oscura y de otras cuestiones en el campo de las astropartículas.

## Semana de la Ciencia y la Tecnología 2005

El Instituto de Astrofísica de Andalucía ha preparado el siguiente programa de actividades para la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2005, que tendrá lugar del 7 al 13 de noviembre:

**Miércoles 9, 19:00:** "Astrofísica de imágenes". Charla de divulgación.

**Jueves 10, 19:00:** "Año Einstein". Charla de divulgación.

**Viernes 11, 19:00:** "Resultados astronómicos 2005". Charla de divulgación y noche de observación con PETI.

Más información en [www.iaa.es/scyt2005](http://www.iaa.es/scyt2005)

# Celebración del 25 aniversario del Observatorio de Calar Alto



Su Alteza Real el Príncipe de Asturias visitó el pasado 29 de junio el observatorio astronómico de Calar Alto, en Almería, con motivo de la celebración del 25 aniversario de este centro de investigación. El observatorio es un centro científico de gestión compartida entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Sociedad Max Planck de Alemania (MPG).

En el acto científico conmemorativo intervinieron distintas autoridades y personalidades del mundo de la ciencia. Entre otros, asistieron a la celebración el secretario de Estado de Universidades e Investigación, Salvador Ordóñez, el presidente del CSIC, Carlos Martínez Alonso, el delegado del Gobierno en Andalucía, Juan José López Garzón, el director del Instituto Max Planck de Astronomía de Heidelberg, Thomas Kai Henning, el director del Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC), José Carlos del Toro, y el ex presidente de la Sociedad Max Planck, Hans Zacher.

Este centro de investigación astronómica se creó en 1972 mediante un acuerdo entre los Gobiernos de España y Alemania. Su Majestad el Rey Juan Carlos I inauguró oficialmente el observatorio de Calar Alto hace un cuarto de siglo. El observatorio está codirigido en la actualidad por el CSIC, a través del Instituto de Astrofísica de Andalucía, y la Sociedad Max Planck de Alemania, a través de su Instituto de Astronomía (MPIA, Heidelberg).

## Líder mundial en sistemas infrarrojos

El observatorio de Calar Alto, el más importante de la Europa continental, es líder mundial en instrumentación infrarroja, y cuenta en la actualidad con un telescopio de 3.5 metros de apertura y otros tres de 0.8, 1.23 y 2.2 metros de apertura, respectivamente.

Entre los trabajos de investigación que desarrollan los científicos en Calar Alto se encuentran el estudio de la



estructura de la Vía Láctea y la formación de estrellas a partir de la materia interestelar; la investigación de sistemas extragalácticos, como galaxias o cúasares; el análisis de la estructura y el desarrollo de los objetos estelares; así como el estudio de la historia del Universo en su conjunto.

El observatorio de Calar Alto mantiene además importantes colaboraciones con otros observatorios internacionales y con proyectos espaciales.

## ALGUNOS HITOS CIENTÍFICOS DE CALAR ALTO

- Los científicos descubrieron en el observatorio en 2000 algo inédito hasta ese momento: cuerpos libres similares a planetas ubicados en la constelación de Orión. Antes de ese hallazgo se suponía que los planetas siempre giraban alrededor de una estrella central.
- En 1994 el observatorio captó las primeras imágenes de la colisión del cometa Shoemaker-Levy 9 contra el planeta Júpiter, con una cámara infrarroja a través del telescopio de 3.5 metros.

- En el observatorio se descubrieron en la década de los ochenta unos chorros de gas fuertemente concentrado expulsados por estrellas jóvenes a una velocidad de cientos de kilómetros por segundo. Hoy día estos chorros de gas siguen siendo objeto de investigación.
- Los científicos observan en Calar Alto el cometa Tempel 1, de la misión Deep Impact de la NASA; trabajan en la detección de enanas marrones; y estudian los estallidos de la radiación gamma, las supernovas y los planetas extrasolares, entre otras tareas de investigación.

## CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA

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

FECHA	CONFERENCIANTE	TEMA O TÍTULO TENTATIVO
27 de octubre	Luisa M. Lara y Pedro J. Gutiérrez, IAA-CSIC	'Deep Impact', ¿diana!
24 de noviembre	Antxon Alberdi, IAA-CSIC	El centro galáctico
15 de diciembre	Rafael Guzmán, Univ. de Florida	El lado oscuro del Universo

## LIBROS DE DIVULGACIÓN

**De Arquímedes a Einstein. Los diez experimentos más bellos de la Física.** M. Lozano Leyva (2005, DEBATE)

**Ciencia para Nicolás.** C. Chorda (2005, Laetoli S.L.)

**Houston, tenemos un problema. La historia de la exploración espacial a través de sus accidentes.** J. Casado (2005, El Rompecabezas)

**Las pasiones de Einstein. La vida íntima de un genio.** D. Overbye (2005, Lumen)

**Newton. El umbral de la ciencia moderna.** J. Muñoz Santonja (2005, NIVOLA libros y ediciones S.L.).

**Comentario del Dr. Luis F. Miranda (IAA-CSIC).** Este libro forma parte de la colección de la editorial NIVOLA llamada "La matemática en sus personajes". Esta colección nos describe la vida y obra de los matemáticos más relevantes de la historia a través de veinte libros, cada uno dedicado a un personaje, escritos por diferentes autores, con la intención de presentar y acercar las matemáticas como ciencia a un sector muy amplio del público. Científicos de la talla de Fermat, Euler, Pitágoras, Lagrange, Legendre, Kolmogorov, etc, desfilan por estos libros ofreciéndonos un buen panorama del desarrollo y situación actual de las matemáticas. En el libro dedicado a Newton, que puede servir como base para hacerse una idea de las características de esta colección, se describen su vida, sus grandes contribuciones a las matemáticas y a la ciencia en general y el contexto histórico en el que se desarrolló su investigación en unas doscientas páginas de lectura fácil y amena. Es obvio que con ese número de páginas no se pueden esperar grandes detalles ni mucha profundidad en la descripción de la vida de un individuo tan complejo como Newton ni en la de sus múltiples, variadas, cruciales, y revolucionarias contribuciones científicas. Sin embargo, muchos lectores encontrarán interesante disponer de un libro que les permita saber, de forma rápida y como cultura general, quién fue y qué hizo Newton, sin tener que recurrir a voluminosas, a veces tediosas, biografías más aptas para una profundización posterior, caso de que se avive el interés, que para adquirir unos buenos conocimientos básicos. Para los interesados, el libro proporciona también bibliografía a la que recurrir si se quiere profundizar en el tema.



## MATERIAL DE DIVULGACIÓN

El pasado mes de julio se publicó el último artículo de la serie "Una vuelta por el Cosmos en 52 semanas", fruto de una colaboración que el IAA mantiene con el diario Granada Hoy. Todos los artículos están a disposición del público en la página web del IAA:

<http://www.iaa.es/articulos/gradahoy/cosmos/>



## 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 Cristina Torrededia (Tel.: 958 12 13 11; e-mail: [ctr@iaa.es](mailto:ctr@iaa.es)).