

## POLVO EN EL SISTEMA SOLAR

Aerosoles atmosféricos: Sus efectos en el clima de las atmósferas del Sistema Solar

El Gas Molecular en las Galaxias

Un sistema planetario joven en torno a Beta Pictoris

Una nueva visita a Canis Major

Entrevista a Vicent Martínez

Colas de polvo (en blanco) y de iones (en azul) del cometa Hale-Bopp.  
Crédito: John Gleason (Celestial Images).

## SUMARIO

### Investigación

- Aerosoles atmosféricos:  
Sus efectos en el clima de las atmósferas del Sistema Solar .....3  
*Olga Muñoz*
- El Gas Molecular en las Galaxias .....6  
*Stephane Leon*

### Ventana Abierta

- Todo un privilegio .....8  
*José Carlos del Toro*

### Charlas con...

- Vicent Martínez .....9

### Actualidad Científica

- Un sistema planetario joven en torno a Beta Pictoris .....11  
*Miguel A. Pérez-Torres*
- Una nueva visita a Canis Major .....12  
*Emilio J. Alfaro*

### Actividades IAA

- .....14

### Agenda

- .....16

Dirección: José M. Vílchez . Coordinación de Secciones: 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: Francisco Rendón Martos, Silbia López de Lacalle, Diseño y Maquetación: Francisco Rendón Martos. Imprime: EUROPRINT S.L.

Esta revista se publica con la ayuda de la Acción Especial DIF 2001-4284-E del Programa Nacional de Difusión de la Ciencia y la Tecnología, del Ministerio de Ciencia y 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.

# Aerosoles atmosféricos: Sus efectos en el clima de las atmósferas del Sistema Solar

Fig. 1

El efecto de los aerosoles atmosféricos en el clima, entendiéndolo como aerosol cualquier partícula en suspensión en la atmósfera, se está convirtiendo en los últimos tiempos en una de las mayores preocupaciones medioambientales. Esto se debe a que los aerosoles afectan directamente al clima en la Tierra por su interacción con la radiación procedente tanto del Sol como de la superficie terrestre. Su estudio es interesante, entre otras razones, porque el efecto climático de los aerosoles es mucho más complejo que el que producen los gases de efecto invernadero, tanto por sus fuertes variaciones temporales -su tiempo de vida en la atmósfera oscila entre una semana a unos meses-, como por las distintas y variadas fuentes de emisión tanto naturales como antropogénicas - cenizas volcánicas, arena del desierto, contaminación urbana e industrial o incendios-. A modo de ejemplo podemos señalar que la presencia en la atmósfera de aerosoles procedentes de los desiertos, consistentes en

pequeños granos de arena levantados por los vientos, da lugar a cambios significativos en la temperatura del aire sobre los grandes desiertos y océanos (ver p.e. Miller y Tegen, 1988). En la Figura 1 presentamos una espectacular tormenta de arena del Sahara (figura 2) que sobrevuela el atlántico cerca de las islas Canarias. La imagen fue tomada por el instrumento MODIS del satélite Terra de la NASA.

Las erupciones volcánicas constituyen otra fuente importante de aerosoles. Dichas erupciones inyectan en la atmósfera toneladas de cenizas volcánicas que vienen afectando el clima en la Tierra desde hace millones de años (Stenchikov y col. 1998). En la Figura 3 presentamos una imagen tomada en octubre de 2002 por el instrumento MODIS a bordo del satélite Aqua (NASA). La imagen muestra la columna de ceniza eyectada por el volcán Etna localizado en la isla italiana de Sicilia. Finalmente, los aerosoles producidos por el hombre, tales como la contaminación urbana e industrial, o los

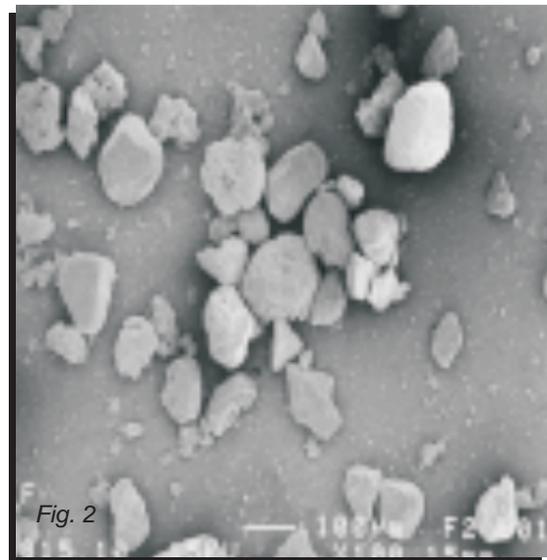


Fig. 2

Fig1. Imagen del satélite Terra de una tormenta de arena del Sahara sobrevolando el atlántico. (Imagen cortesía de Jacques Descloitres, MODIS Rapid Response Team, NASA GSFC. [http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_22.html](http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_22.html)) En la figura 2 podemos ver una foto ampliada de los granos de arena del Sahara.



Fig. 3

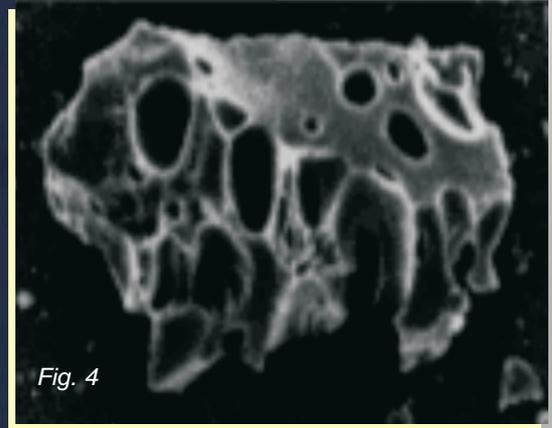


Fig. 4

**Figura 3:** Imagen del instrumento MODIS de la erupción del monte Etna en la isla de Sicilia. (<http://www.ssec.wisc.edu/media/spotlight/etna.html>). En la figura 4 presentamos una foto ampliada de una partícula de ceniza volcánica donde podemos apreciar su estructura característica con numerosas cavidades.

producidos tras grandes incendios, tienen también una fuerte influencia en el clima (Charlson y col. 1992).

### Efecto global

El calentamiento o enfriamiento de la Tierra constituye un posible efecto global de los aerosoles atmosféricos. El efecto final (calentamiento o enfriamiento) dependerá fuertemente del tamaño de los aerosoles. Así, el calentamiento tendrá lugar cuando las partículas tengan un tamaño del orden de una micra o mayores, ya que las partículas de ese tamaño tienden a bloquear la radiación infrarroja que procede de la superficie terrestre e impiden que salga al espacio, provocando así un calentamiento de la superficie. A este fenómeno se le conoce como efecto invernadero. Por el contrario, las partículas de menor tamaño tienden a bloquear la radiación procedente del sol evitando que alcance la superficie terrestre y de esta forma generan un enfriamiento de la atmósfera. Por lo tanto, el conocimiento del tamaño de

las partículas es vital en el estudio del efecto global de los aerosoles en la atmósfera.

### Los aerosoles en astronomía

La investigación de las propiedades de los aerosoles no resulta importante únicamente para los estudios de la atmósfera terrestre, sino también para los estudios astrofísicos. Las investigaciones más recientes indican que las propiedades de las partículas minerales terrestres se asemejan a las partículas minerales que podemos encontrar en otros planetas y cuerpos del Sistema Solar, como los cometas y los asteroides. A modo de ejemplo, en la Figura 5 podemos ver la mayor tormenta de polvo que ha sufrido Marte en los últimos 25 años. El tamaño de la gigantesca nube de polvo que se gestó en el verano de 2001 es tal que podría haber cubierto todos los continentes de la Tierra si los pusiésemos uno al lado del otro. Lógicamente, estas inmensas tormentas de polvo afectan en gran medida al clima marciano.

### Estudios experimentales

Las medidas desde satélite y las observaciones desde telescopios terrestres proporcionan una herramienta única para la observación de la distribución global de los aerosoles y para el estudio de su efecto en el clima o, más técnicamente, en el balance radiativo de la atmósfera. Para dicho estudio necesitamos saber cómo los aerosoles "reflejan" o absorben la radiación solar o la procedente de la superficie terrestre. Es decir, necesitamos saber lo que se conoce como las propiedades de *scattering* (o dispersión) de los aerosoles. Estas propiedades dependerán de la forma que tenga el aerosol, así como de su composición y tamaño. El principal problema con el que nos encontramos es la gran irregularidad de la geometría que presentan los aerosoles que pueblan tanto nuestra atmósfera como otras atmósferas del Sistema Solar (ver figuras 2, 4, y 6). Este hecho hace que la simulación numérica de la interacción de la radiación con este tipo de partículas

Fig. 5



June 26, 2001



September 4, 2001

## Mars • Global Dust Storm Hubble Space Telescope • WFPC2

NASA, J. Bell (Cornell University), M. Wolff (SSI), and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA) • STScI-PRC01-31

conlleve una gran dificultad y que, en la mayoría de los casos, sea imposible. El estudio experimental es, por lo tanto, la única herramienta con la que contamos actualmente para interpretar de una manera rigurosa los datos que se obtienen tanto de los satélites terrestres como de las observaciones astronómicas de objetos con atmósfera del Sistema Solar. Se trata de simular en el laboratorio la interacción de la radiación solar con distintas muestras de polvo mineral que podemos encontrar en las atmósferas tanto de la Tierra como de otros cuerpos del Sistema Solar (e.j. Volten y col. 2002; Muñoz y col. 2004). Para ello estamos desarrollando un laboratorio de *scattering* en el Instituto de Astrofísica de Andalucía. En estos experimentos, los aerosoles bajo estudio se mantienen en suspensión, simulando así la atmósfera, y se hace incidir sobre ellos un haz láser, que hace el papel de nuestro Sol; entonces se mide la intensidad y polarización de la radiación dispersada en todas las direcciones por las partículas de polvo. La radiación medida nos

dará información sobre las propiedades físicas de las partículas (tamaño, composición y geometría). Así, comparando las medidas experimentales con las observaciones de los cuerpos del Sistema Solar o los satélites que orbitan la atmósfera terrestre, seremos capaces de caracterizar las partículas que existen en sus atmósferas y, por lo tanto, estudiar el efecto global que producen en el clima.

**Olga Muñoz (IAA)**

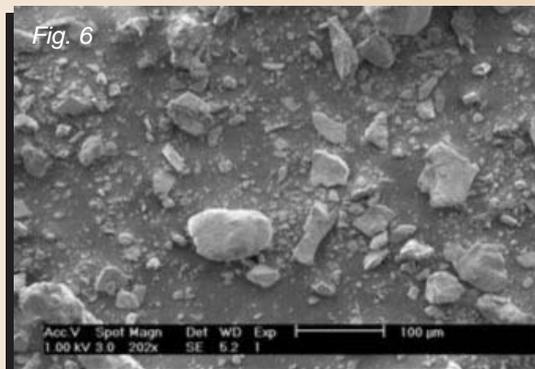


Fig. 6

**Fig.5.** La mayor tormenta de polvo que ha sufrido Marte en los últimos 25 años.

**Fig.6.** Una muestra de aerosoles que pueden encontrarse en el Sistema Solar.

Charlson R. J., Schwartz S.E., Hales J.M., Cess R.D., Coakley J.A., Hansen J.E., and Hoffmann D.J., *Climate forcing by anthropogenic aerosols*, *Science*, 255, 423-430, 1992.

Miller R.L., and Tegen I., *Climate response to soil dust aerosols*. *Journal of Climate*, 11, 3247-3267, 1998.

G.L. Stenchikov, I. Kirchner, A. Robock, H.F. Graf, J.C. Antuña, R.G. Grainger, A. Lambert, and L. Thomason, *Radiative forcing from the 1991 Mount Pinatubo volcanic eruption*, *Geophys. Res. Lett.* 103, 13,837-13,857, 1998.

O. Muñoz, H. Volten, J.W. Hovenier, B. Vehilman, W.J. van der Zande, L.B.F.M. Waters and W.I. Rose, *Scattering matrices of volcanic ash particles of Mount. St. Helens, Redoubt and Mount Spurr volcanoes*. *Journal Geophys. Res.* 109, D16201, 2004.

# El Gas Molecular en las Galaxias

En sus primeros días, el Universo estaba compuesto por materia en forma de gas, ingrediente a partir del que se formaron las estrellas que vemos hoy. Desde hace más de 10.000 millones de años, la mayor parte de la materia visible en el Universo está compuesta por estas estrellas. No obstante, el gas juega un papel fundamental en la evolución de las galaxias, en cualquiera de las formas que se presente: bien ionizado, como el que ocupa las regiones de formación estelar (cuya emisión vemos en las líneas de emisión ópticas) o el centro de los cúmulos de galaxias (que observamos en la región de los rayos X del espectro electromagnético), neutro (que observamos en la línea de 21cm del hidrógeno), o bien molecular, que se observa sobre todo en la región del espectro de las ondas milimétricas. Lo que nos interesa aquí es el papel del gas molecular en las galaxias: su naturaleza y la forma de detectarlo, su distribución en las galaxias y su relación con la formación de estrellas y, por fin, su evolución dinámica.

El gas molecular está constituido principalmente por la molécula de hidrógeno  $H_2$ . Dada su baja temperatura, de unas decenas de grados Kelvin, las únicas líneas visibles de la fase molecular del gas se producen gracias a la rotación de las moléculas en ondas de radio centimétricas y sub-milimétricas. Desafortunadamente, la molécula  $H_2$ , debido a su simetría, no tiene momento dipolar y, por tanto, no se observa directamente en radio. Pero la segunda molécula más abundante en el gas molecular, el monóxido de carbono -CO-, aunque es más de 10.000 veces menos abundante que el  $H_2$ , sí posee un momento dipolar suficientemente fuerte como para ser detectado. Estudiando la emisión del CO, el radioastrónomo puede determinar las condiciones físicas del gas molecular (densidad, temperatura). Una clave para poder determinar la masa de algunos objetos extragalácticos es, precisamente, el estudio de las líneas de emisión de CO, que también nos puede proporcionar el factor de conversión que se requiere para estimar la masa total de gas.

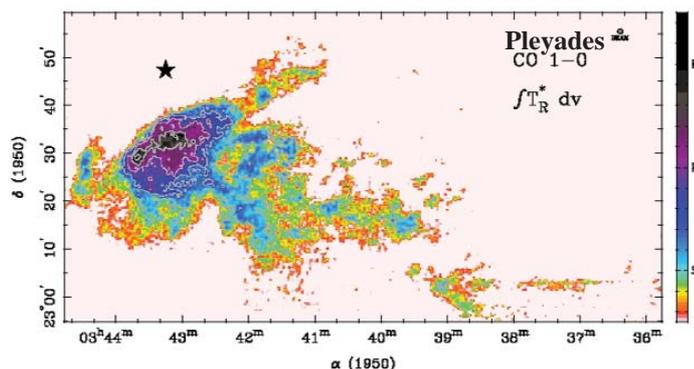
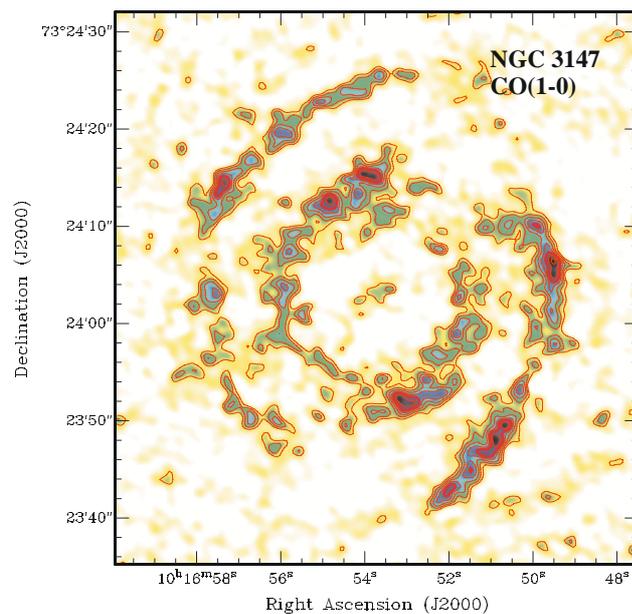
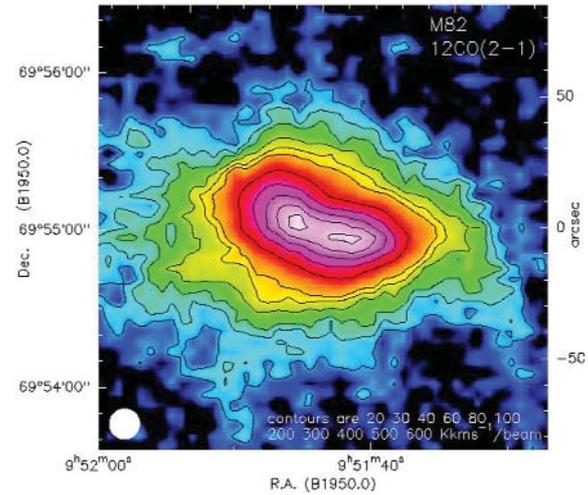


Fig.1. Distribución espacial del gas molecular en galaxias, a tres diferentes escalas (ver texto).

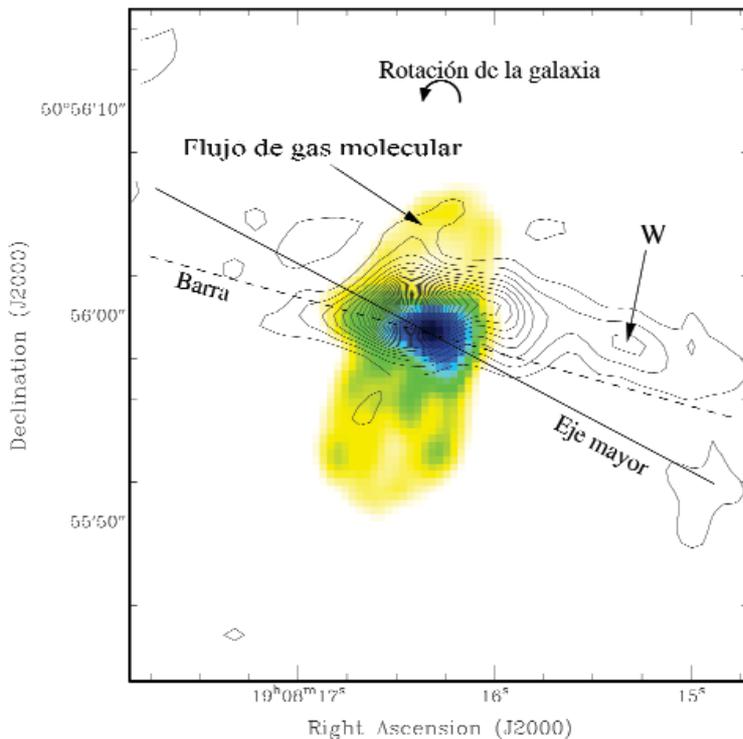


Fig. Flujo de gas molecular detectado en la galaxia Messier 82.

Las colisiones entre las partículas del gas pueden excitarlo y dar lugar a la aparición de las primeras transiciones moleculares del CO, pero para ello es necesario alcanzar una densidad mínima de unas 100-1000 moléculas por centímetro cúbico. Este nivel de densidad, despreciable en nuestro mundo cotidiano, se puede encontrar principalmente en las partes centrales de las galaxias (dentro de un radio < 10 kpc). Los rastreos (o *surveys*) de la molécula de CO llevados a cabo en diferentes tipos de galaxias, desde las elípticas hasta las irregulares, muestran una preferencia del gas molecular por las galaxias espirales. La masa de gas molecular detectada en galaxias elípticas es mucho menor (ver por ej. Leon y col. 2003). Esta ausencia de gas molecular se puede explicar por el agotamiento y la expulsión del gas durante las primeras fases de la formación intensa de estrellas en esas galaxias.

En las galaxias espirales, el gas molecular presenta una distribución espacial, en forma disco (Fig. 1 arriba). Cuando se observa con mayor resolución espacial, aparecen estructuras variopintas en forma de anillos, espirales, discos nucleares, barras...(Fig. 1 centro). Y, aumentando aún más la resolución espacial de la observación, llegamos a las nubes moleculares que forman los bloques constitutivos del gas molecular más denso (Fig. 1 abajo). Estas nubes cubren un largo rango de masas: desde una pequeña fracción hasta el millón de masas solares. Una función vital de estas nubes moleculares es su papel como semillero para las estrellas.

Las zonas de formación estelar importante están normalmente asociadas con una gran concentración de gas molecular de densidad elevada. Las estrellas jóvenes y masivas, por su liberación de fotones ionizantes y de energía mecánica, retroalimentan el proceso de distribución del gas molecular: en los casos extremos de los *starbursts*, la energía liberada puede llegar a ser suficiente para expulsar el gas molecular del disco; así ocurre en la galaxia Messier 82 (NGC 6764; Fig. 2). Uno de los trabajos de los astrónomos consiste en analizar la interrelación entre la concentración de gas molecular que está formando estrellas y la correspondiente destrucción o esparcimiento que sigue a esa formación.

La evolución dinámica de las estrellas en una galaxia está gobernada por el campo gravitatorio producido por las estrellas, el gas y la materia oscura. Una estrella, debido a su bajo grado de interacción con sus vecinos directos, solo es sensible al campo gravitatorio medio de la galaxia. Sin embargo, el gas, por su naturaleza "disipativa", evoluciona sufriendo además las condiciones locales. La velocidad de dispersión del gas molecular en un disco galáctico ronda los diez kilómetros por segundo, mientras que para las estrellas es de entre cincuenta y cien kilómetros por segundo; así, el gas presenta una mayor sensibilidad a las perturbaciones gravitatorias existentes en las barras, las espirales o los alabeos de los discos. Por esto, la forma de las espirales de gas en las galaxias se ve con más nitidez que las espirales de

estrellas. La velocidad de dispersión del gas es sorprendentemente constante a lo largo del radio de una galaxia, a diferencia de lo que se observa para la velocidad de dispersión de las estrellas, que va en aumento.

Dentro de los discos se desarrollan ondas de densidad, como las espirales o las barras, que pueden dar lugar a resonancias con las órbitas de las estrellas y el gas. Según la teoría, las distribuciones espaciales de estas resonancias se puede calcular partiendo de la curva de rotación de la galaxia. A partir de esta información se pueden predecir cuándo aparecen dichas resonancias, llamadas "de Lindblad" Externa o Interna en honor a este eminente astrofísico europeo.

Cuando el gas molecular fluye hacia el centro, debido por ejemplo, a una barra, este gas se estabiliza entre las resonancias de Lindblad Internas y forma un anillo (Combes & Gerin 1985). Pero a la vez que el gas cae hacia el centro, su distribución espacial va cambiando y puede destruir la misma barra y modificar las resonancias. Así, una concentración muy grande de gas se puede producir en el núcleo de las galaxias y provocar allí un brote masivo de formación de estrellas o incluso alimentar un núcleo activo. Un efecto curioso de este mecanismo es la presencia de estrellas con baja velocidad de dispersión en el centro de galaxias barradas: son estrellas jóvenes que se forman a partir del gas molecular que ha caído hacia el centro y sus velocidades reflejan la baja dispersión de la velocidad de este mismo gas (Emsellem et al. 2001).

Aunque el gas de una galaxia contribuye solo en una fracción de la masa total, su influencia en la evolución de la galaxia resulta crucial: baste recordar que este gas molecular es imprescindible para formar las estrellas que constituyen el esqueleto mismo de una galaxia.

**Stephane Leon (IAA)**

Bibliografía:

- Combes, F. & Gerin, M. 1985, *A&A*, 150, 327.
- Emsellem, E. y col. 2001, *A&A*, 368, 52.
- Leon, S., Lim, J., Combes, F., Dinh-v-Trung 2003, Conferencia "Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy", *ASP*, 290, 525.

# Todo un privilegio

Trabajar todos los días en algo que te gusta es, sin duda, un privilegio. Lo es desde un punto de vista absoluto porque la posibilidad -o el hecho- de disfrutar a diario resulta estimulante, pero también, y quizá en mayor grado, es un privilegio desde un punto de vista relativo al de la media de los seres humanos. Contemplado así, el trabajo científico es toda una franquicia porque no sólo nos permite trabajar diariamente en algo que nos gusta, sino que trasciende ese gusto para internarse en lo más íntimo de la entretela humana: nos permite vivir de forma continuada en la frontera de la ilusión y la frustración, en permanente estado de ansiedad ante el problema irresuelto y que, pertinaz y esquivo, elude la solución día tras día mostrando habilidades (ahora se les llama "talento") de un gran jugador de fútbol. Si yo supiera un poco de la Bioquímica que me avergüenzo de desconocer, sin duda podría añadir aquí la segura alteración de los niveles de hormonas, enzimas, o cualquier otro de los componentes químicos que nos caracterizan como seres vivos. Pero ese estado de ansiedad y angustia tiene a veces un final feliz: ese emocionante momento en que la solución se descubre, en que el enigma se desvela, en que el corazón da un verdadero vuelco porque vemos la luz al final del largo túnel. Lamentablemente (o quizá el hecho es en realidad afortunado porque así lo apreciamos más), ese placentero momento dura poco, mas la dicha es inenarrable sobre todo cuando viene aderezada con unas gotitas de ese conocido perfume Vanity nº 5 con el que todos, independientemente de nuestro sexo, gustamos de adornarnos. El reconocimiento de tus compañeros cuando relatas tu hallazgo durante el café, la publicación de tu artículo en una revista prestigiosa, o la invitación recibida para pronunciar una conferencia plenaria en un congreso o para dar un curso en una universidad o centro de investigación ajeno pueden bastar para colmar todas las expectativas laborales que, ciertamente, distan bastante de ser tan sólo pecuniarias.

Comprender una explosión de una supernova, ser testigo de cómo una galaxia gigante fagocita a otra más pequeña, contemplar intensos brotes de formación estelar, medir enormes chorros de material eyectados por una galaxia activa, realizar un censo de las espectaculares explosiones extremadamente energéticas que aparecen en numerosas partes del Cosmos, escudriñar el interior de las estrellas mediante el estudio de sus oscilaciones, admirar la estructuración jerárquica de los campos magnéticos en el Sol, comprender el estado de las atmósferas de nuestro planeta y de los otros del Sistema Solar, participar del diseño y desarrollo de instrumentos que, a bordo de vehículos espaciales, visitarán al cabo de no pocos años algunos de nuestros compañeros de viaje planetario para, finalmente, proporcionarnos valiosísimos datos acerca de su estado y composición, o ser capaces de traducir al lenguaje inequívoco de las Matemáticas algunas de las propiedades fundamentales de nuestro Universo, son algunas de las fascinantes oportunidades de que disponemos los que con entusiasmo volcamos un buen pedazo de nosotros mismos al estudio del Cosmos. Debemos sentirnos orgullosos y, sin duda, lo hacemos.

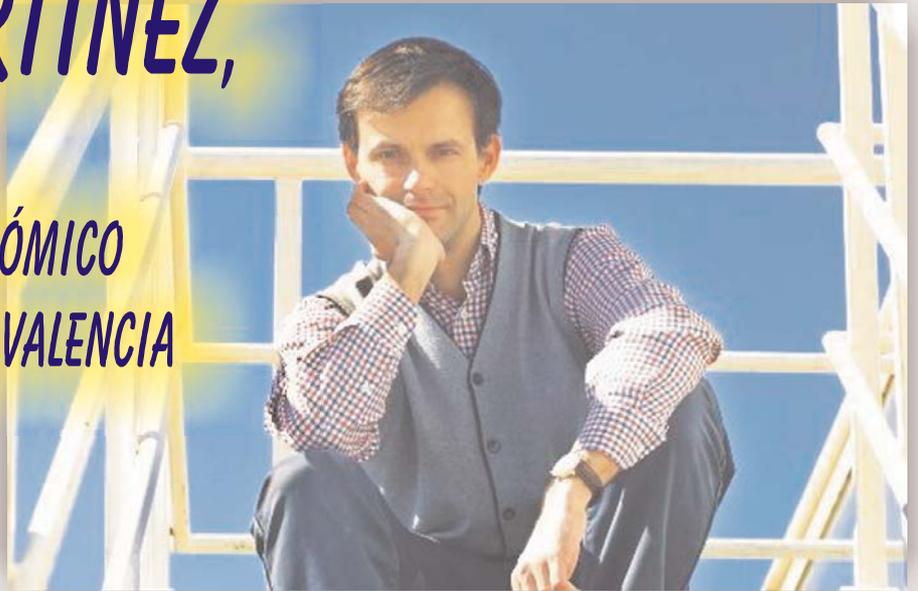
Dirigir el Instituto de Astrofísica de Andalucía me proporciona otra oportunidad singular e inédita a lo largo de mi carrera científica: la de coordinar y aunar los esfuerzos de más de ciento cincuenta personas encaminados al objetivo común de consolidar al instituto como un centro de referencia en el ámbito de la astronomía mundial. Hacemos ciencia básica que, a la vez, genera un significativo desarrollo tecnológico. Éste último tiene repercusión directa y a relativo corto plazo sobre la sociedad, pero el aporte de aquélla al acervo cultural de la humanidad no es menos importante aunque el plazo sea más largo. La labor realizada por el anterior director, Rafael Rodrigo, ha sido importantísima y, como se suele decir, "ha colocado el listón muy alto". La responsabilidad que afronto es enorme, pero la confianza que han depositado en mí mis compañeros es, sin lugar a dudas, un verdadero privilegio.

*Jose Carlos del Toro es Director del IAA*

*Esta sección está abierta a las opiniones del lector que desde aquí queda invitado a expresar. Los artículos deben dirigirse a [revista@iaa.es](mailto:revista@iaa.es).*

# VICENT MARTÍNEZ,

DIRECTOR DEL  
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO  
DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA



**EL PASADO 25 DE NOVIEMBRE, EL PROFESOR VICENT MARTÍNEZ IMPARTIÓ UNA CONFERENCIA TITULADA "EL RESPLANDOR DEL UNIVERSO, ¿POR QUÉ LA NOCHE ES OSCURA? ¿O NO LO ES?", DENTRO DEL CICLO DE CHARLAS MENSUALES DE DIVULGACIÓN ORGANIZADAS POR EL IAA.**

Usted es Director del Observatorio Astronómico de la Universidad de Valencia, que agrupa las tareas de divulgación, enseñanza e investigación científica, ¿resulta difícil de gestionar? ¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes de aunar estas actividades?

*Cuesta gestionarlo porque tienes que diversificar tu actividad, pero desde luego tiene una gran ventaja, y consiste en que son actividades muy complementarias: la ciencia que se investiga se tiene que comunicar, tanto en el ámbito académico como en el de la divulgación científica. Además, el equipo que trabaja en el Observatorio trata de complementar las tareas lo mejor posible y, cuando hemos tenido un "empacho" de divulgación, por la Semana de la Ciencia o el tránsito de Venus, nos refugiamos en tareas de investigación u otras más técnicas, relacionadas con la estación de observación... Yo creo que la gran ventaja de gestionar un centro pequeño como el nuestro es que el capital humano se ha integrado muy bien, tiene muchos deseos de colaborar en todas las facetas y, al sentir el observatorio como suyo propio, trata de sacar adelante todos los proyectos.*

¿Cómo surgió la idea de compartir la investigación, enseñanza y divulgación?

*La historia del observatorio es larga y compleja: nació hace casi cien años, al tiempo que el Observatorio del Ebro, o el de la Cartuja, aquí en Granada. Se trata de centros -en algunos casos asociados a la universidad- que nacen con la intención de dedicar sus esfuerzos a la ciencia y a ampliar el bagaje científico de la sociedad del momento. Así, se dotan de la tecnología necesaria para que esté disponible tanto para los alumnos como para los proyectos de investigación. En este momento aparece la faceta más puramente investigadora, aunque la actividad de divulgación siempre ha estado ahí. Había, por ejemplo, responsabilidades sociales: en Valencia el Observatorio daba la hora oficial al ayuntamiento, y se conservan artículos de prensa de la época relacionados con eclipses... Por otro lado, y como cualquier institución centenaria, también el Observatorio Astronómico de Valencia ha sufrido fluctuaciones y periodos de inactividad, seguidos, claro, de otros más brillantes: se conserva una biblioteca buena, con fondos del siglo XVIII y hay más de tres mil placas del Sol.*

¿Qué es lo que le motivó a dedicarse a la astronomía y, más específicamente, a su campo de trabajo?

*Yo aprendí sobre astronomía leyendo, e interesándome mayormente por la faceta de divulgación, aunque en cierto modo me equivoqué. Vi en los planes de estudio que donde más astronomía había era en la carrera de matemáticas, así que la elegí y disfruté de ella sin apenas preocuparme por la astronomía hasta el final. Cuando acabé tuve que recordar para qué había estudiado eso y, como tenía claro que quería dedicarme a cuestiones de cosmología y relatividad, me fui reconvirtiendo en más observacional, aunque comencé con aspectos más teóricos. Realicé la tesis en un instituto de física teórica de Dinamarca sobre la estructura a gran escala del Universo, y la leí en Valencia, donde acabé como profesor titular.*

En su opinión, ¿cuál es el mayor avance o descubrimiento desarrollado en su terreno de investigación?

*Si nos referimos al siglo XX habría que remontarse a Hubble y al descubrimiento de la expansión cósmica aunque, evidentemente, también a su confirmación, que es el hallazgo de anisotropías en el fondo cósmico de microondas. Si acotamos la pregunta a la última década, tendríamos que hablar sin duda de las supernovas a alto redshift y del hecho de que sean un 25% más débiles de lo que se esperaba; se trata de un descubrimiento fundamental que nos ha hecho cambiar el modelo cosmológico y pensar que la expansión se está acelerando, lo que implica el renacimiento de la constante cosmológica.*

¿Y el gran desafío?

*Saber qué es la materia oscura y qué es y cómo se comporta la energía oscura.*

¿Se puede anticipar un "para cuándo", o pensar en un plazo para la resolución de estas cuestiones?

*Yo creo que no, porque todo esto ya se estaba diciendo desde hace mucho tiempo. Parece que hay como un estancamiento, no hay una respuesta muy clara por parte, por ejemplo, de la física de altas energías, que dijera "vamos a hacer este experimento que puede dar un candidato". Se ha dado como una época dorada en la que una serie de observaciones llegan a presentarse con unas barras de error adecuadas para ajustarse a un modelo teórico que llamamos el modelo estándar, pero luego llega el problema al darnos cuenta de que ese modelo está lleno de "lados oscuros": un modelo en el que el 70% no sabemos lo que es y lo llamamos energía oscura, por mucho que sea satisfactorio con las observaciones, deja un poco frío. Es como decir "tenemos un modelo que explica muchas cosas, pero el propio modelo está por*

*explicar". Aquí se refleja esa herencia un poco especulativa de la astronomía, que en muchos casos ha funcionado, como en el caso del principio cosmológico, pero necesitamos una comprobación.*

¿Cree que su especialidad es una de las afortunadas, tanto desde el punto de vista humano como económico?

*Desde el punto de vista humano es un campo con muchas expectativas, donde puedes apasionarte por lo que haces porque hay muchas preguntas por contestar y, sobre todo, muchas preguntas por formular. Desde el punto de vista económico, creo que estamos todos más o menos igual; tenemos una cierta ventaja en cuanto que existe un Plan Nacional que nos permite tener acceso a la financiación para desarrollar nuestro trabajo.*

*Por otro lado, y afortunadamente, mi campo de trabajo cuenta con el interés de muchos y a diferentes niveles. Además, la astrofísica extragaláctica atrae mucho a los estudiantes porque se trata de un tema fronterizo, con proyectos importantes en marcha, ya sea en relación con el fondo cósmico de microondas o con las grandes muestras de galaxias a alto redshift.*

#### Algunas de sus preferencias personales

##### -Canción o tipo de música:

"Va pensiero" en el Nabucco de Verdi.

##### -Libro:

Recientemente he disfrutado con "La sombra del viento" de Carlos Ruiz Zafón; un clásico: el Tirant lo Blanc.

##### -Película:

Casablanca.

##### -Ciudad:

Copenhague.

##### -Un paisaje:

Los fiordos noruegos y el mar helado de Escandinavia.

##### -Sueño:

Sueño despierto con preservar nuestro pequeño planeta para las generaciones futuras.

##### -Pintor:

Marc Chagall.

# Un sistema planetario joven en torno a Beta Pictoris

La astromineralogía es un campo de investigación que combina la astronomía y la mineralogía. Los astrónomos, observando en el rango del infrarrojo medio (longitudes de onda entre 2 y 30 millonésimas de metro), determinan el tamaño, la estructura cristalina y la composición química de los granos de polvo en el espacio. Esto permite estudiar la distribución del polvo en los discos protoplanetarios, o sistemas solares en formación donde, probablemente, se originarán planetas similares a la Tierra.

Se cree que las estrellas, durante su formación, se encuentran rodeadas de un disco de polvo. La estrella no es visible directamente, ya que el polvo del disco absorbe su emisión y la irradia en longitudes de onda del infrarrojo. A medida que la estrella en formación va madurando, comenzamos a observar su emisión directa en longitudes de onda visibles; si a su alrededor

se están formando planetas, deberíamos seguir viendo emisión infrarroja. Por ello, una estrella rodeada de un disco de polvo que emite en el infrarrojo medio suele ser una señal inequívoca de la formación de un sistema planetario.

Un grupo de astrónomos, liderado por el japonés Okamoto (Nature, 7 de octubre de 2004), ha utilizado, precisamente, técnicas de observación infrarrojas para detectar un disco de polvo en torno a la estrella beta Pictoris. Cada grano de polvo emite con más intensidad en una determinada longitud de onda. De este modo, el análisis del espectro de emisión infrarroja ha

permitido a Okamoto y su equipo determinar el tamaño, la estructura cristalina y la composición química del polvo del disco. Así, han encontrado que el disco está formado predominantemente por granos de silicato y olivinos, en su mayoría amorfos (carecen de una estructura cristalina ordenada).

Okamoto y colaboradores encuentran que el polvo del disco se halla concentrado en tres anillos, a distancias de unas 6, 16 y 30 UA (UA=unidad astronómica, la distancia media Tierra-Sol). Para explicar la existencia de estos anillos es necesario que éstos reciban continuamente aportes de

**Los anillos de polvo en torno a Beta Pictoris. Okamoto y colaboradores han analizado la radiación infrarroja del disco de polvo que rodea la estrella Beta Pictoris, obteniendo así el tamaño y la composición mineral característicos de los granos de polvo. Los autores proponen que la estrella está rodeada de tres anillos de polvo que pueden contener cometas o planetesimos, e incluso podría contener un planeta.**



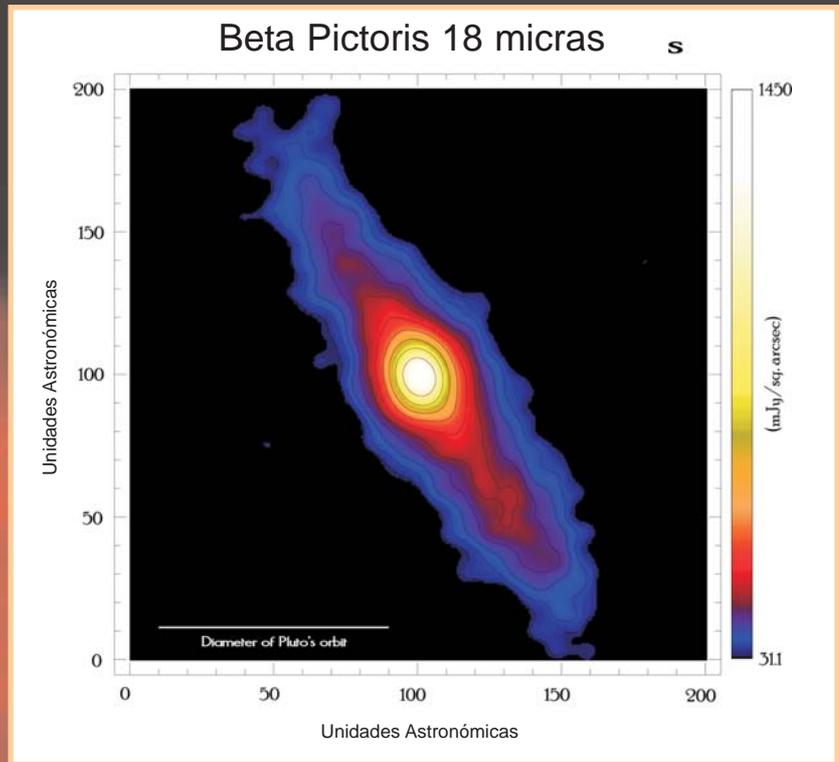
polvo, bien de cometas o bien de planetésimos, u objetos pequeños cuya acumulación da lugar a los asteroides o planetas. Okamoto y colaboradores sugieren que la existencia de los anillos de polvo a 6 y 16 UAs puede deberse, a su vez, a la existencia de un planeta a una distancia de unas 12 UA.

El polvo de los anillos está dominado por silicatos amorfos. Los autores especulan sobre la posibilidad de que no haya silicatos cristalinos a esas distancias, una situación muy diferente de la inferida del estudio de los cometas de nuestro Sistema Solar. La alternativa es que los silicatos se transformen, de una estructura cristalina a una amorfa, mientras se encuentran en los planetésimos. Pero estos "detalles" necesitarán de observaciones futuras para confirmar o eliminar estas hipótesis.

Aunque la astromineralogía es un campo relativamente reciente, ya que ha exigido de un avance tecnológico significativo en las observaciones infrarrojas, el trabajo de Okamoto y colaboradores ha demostrado que esta rama

científica ha alcanzado ya su edad adulta, y que es una técnica de primera calidad para el estudio de la formación de sistemas solares, así como de planetas similares al nuestro.

**Miguel A. Pérez-Torres**  
(IAA)

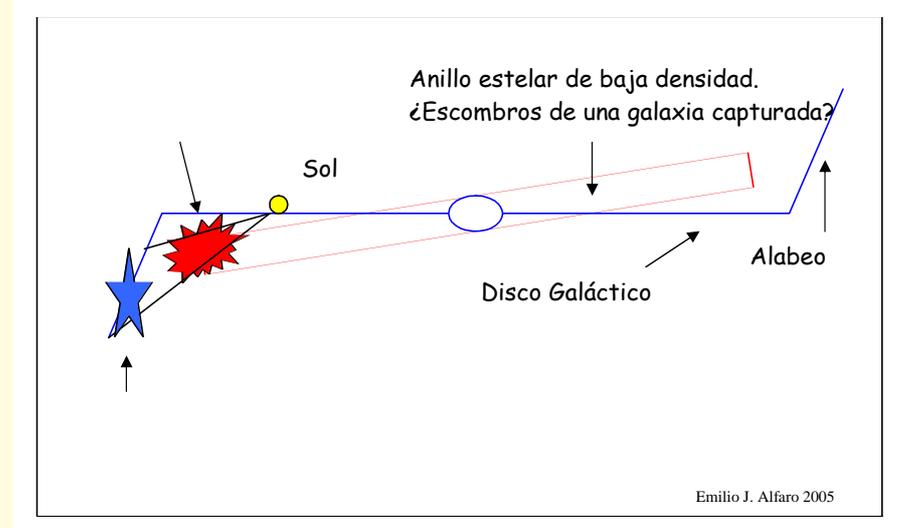


# Una nueva visita a Canis Major

Uno de los paradigmas emergentes en la Astrofísica actual es que las galaxias se formaron jerárquicamente. ¿Qué quiere decir esto? Simple y llanamente, que las galaxias que conocemos actualmente son menos y mayores que las galaxias de un tiempo cósmico anterior y que las grandes espirales que conforman nuestro entorno más próximo están formadas de galaxias más pequeñas que han sido engullidas a lo largo de la historia del Universo.

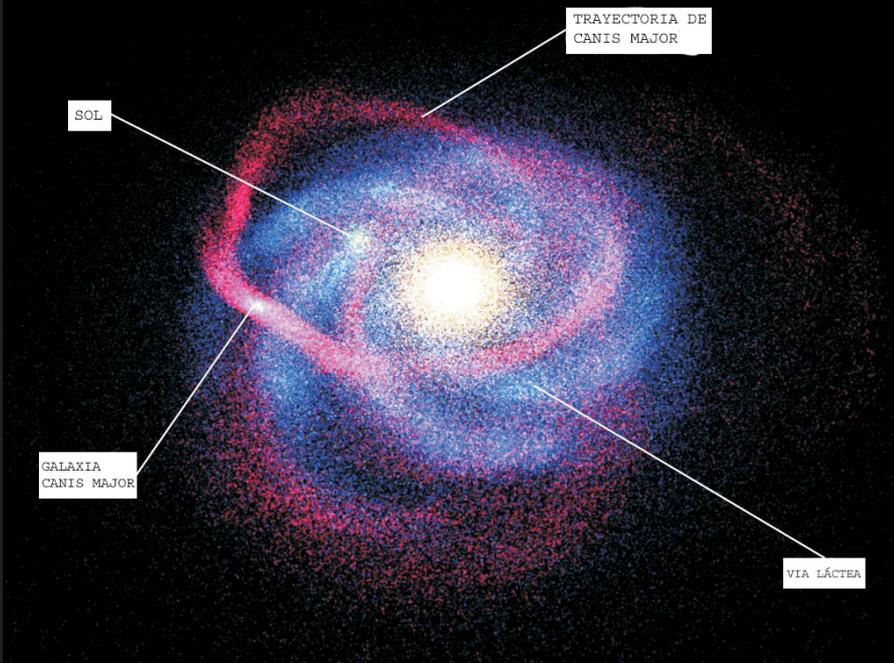
## La galaxia grande se come a la chica

Al igual que en otros reinos de la naturaleza, las galaxias pequeñas tienen que tener mucho cuidado con su trayectoria. Si se colocan cerca de una galaxia con un campo gravitatorio muy intenso, su destino es alimentar al



monstruo. La gravedad es aquí la responsable de esta cacería y, también, de que esta ingesta no genere formas fofas sino estructuras tan bellas y orga-

nizadas como las galaxias espirales. Las galaxias practican el "body building". ¿Qué pasa con la Vía Láctea? Pues



*las fuerzas de marea de la Vía Láctea desmembran paulatinamente a la galaxia enana de Canis Major (en rojo), cuyas estrellas, una vez arrebatadas, forman un anillo que rodea la galaxia.*

exactamente igual que con las otras; se come todo lo que esté a su alcance. La primera evidencia de este canibalismo llegó en 1994 con el descubrimiento de la galaxia enana de Sagitario cerca del centro de la Vía Láctea. Primero descubrimos el hueso -lo que no había sido posible de digerir, la estructura más densa y con mayor energía interna- y, después, nos pusimos a buscar la chicha, ¿dónde estaba lo que se había comido? Esta búsqueda, que aún continúa, ha motivado un renacimiento de los estudios de Física Galáctica y ha dado lugar a numerosos trabajos y al descubrimiento de algunos sistemas estelares que podrían estar asociados a los escombros de Sagitario y de algunos otros cuyo origen es más difícil de señalar.

Una de estas incógnitas es la existencia de un amplio anillo estelar, que parece rodear el centro de la Vía Láctea, con una ligera inclinación con respecto al plano galáctico. El mismo grupo que descubrió Sagitario en 1994 obtuvo las primeras muestras de esta estructura anular en 2003. Una de las interpretaciones de este anillo sugería un origen externo, aludiendo a restos de una galaxia enana desmembrada por la fuerza de marea de nuestra Galaxia. Curiosamente, se había descubierto primero la parte ya digerida, las estrellas que ya integraban la Vía Láctea, pero no sabíamos dónde estaba el hueso. A finales de 2003 (ver IAA, 12 [Enero 2004], Pág. 12), un grupo de astrónomos europeos encontró, muy cerca del plano galáctico, en la constelación de Canis Major, una aglomeración de estrellas gigantes cuya distancia y posición sugerían que formaban el remanente más denso de este anillo, el

núcleo de la galaxia que había sido destruida.

El descubrimiento era espectacular. Como ya comentamos en el anterior artículo, las características físicas de los núcleos y colas de marea de Sagitario y Canis Major eran completamente diferentes y complementarias. Teníamos dos grandes sistemas de escombros, casi perpendiculares, que nos podían dar mucha información acerca de los primeros estadios evolutivos de la Vía Láctea, y de la estructura del potencial gravitatorio galáctico, ¡incluso nos permitían hacer estadística! Pero no tardó en aparecer la primera sombra de duda, ¿no sería esta aglomeración una evidencia de un alabeo galáctico estelar? (ver Fig. 1). Un grupo italiano propuso esta hipótesis y los datos disponibles hasta ese momento no permitían elaborar una teoría concluyente. ¿No hay ningún conjunto de variables mensurables que dilucide esta cuestión? ¿Se puede diseñar un experimento observacional que resuelva la duda? Parece que sí.

El alabeo se encuentra más lejos del Sol que el posible núcleo de la galaxia engullida. Por lo tanto, las estrellas de ambos sistemas presentarán diferentes características físicas, tanto intrínsecas como extrínsecas, que podrían diferenciarse físicamente con los adecuados diagramas fotométricos. Había que obtener fotometría profunda y precisa y rezar para que ninguna conspiración cósmica mezclara ambas poblaciones en la misma región del diagrama color-magnitud. Esto es lo que ha hecho -medir, no rezar- el grupo del Instituto de Astronomía de la Sociedad Max Plank en Heidelberg, liderado por David Martínez-Delgado. Con los datos toma-

dos en el Observatorio Europeo Austral (ESO) en "La Silla" (Chile), han construido los diagramas "color-magnitud" más profundos de esta región del cielo. Su análisis sugiere que la concentración de estrellas en la constelación de Canis Major es un remanente estelar muy denso de la galaxia que ha dado lugar al anillo externo. Las características físicas derivadas de este análisis, tales como brillo superficial y absoluto, distancia, diámetro, etc..., lo clasifican como una galaxia enana muy similar a Sagitario. Sin embargo, al igual que esta, Canis Major presenta un contenido en metales muy superior al esperado para su luminosidad. Los autores sugieren que las galaxias enanas aisladas y aquellas situadas en regiones más pobladas, muy próximas a campos gravitatorios intensos, han podido tener historias de formación estelar muy diferentes. El reloj químico se acelera cuando las engullen.

Parece haber suficientes evidencias para pensar que estamos ante el remanente del núcleo de una galaxia enana destruida por la fuerza de marea de la Vía Láctea, que ha estado mezclándose con el disco galáctico durante los últimos centenares de millones de años. Sin embargo, hasta que no conozcamos su cinemática con suficiente precisión, no podremos descartar, de forma concluyente, cualquier otra hipótesis.

### Emilio J. Alfaro (IAA)

*Nota. Desde enero de 2005, David Martínez-Delgado es miembro del Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC), con un contrato "Ramón y Cajal". El trabajo reseñado puede verse en astro-ph/0410611 de 25 de octubre de 2004.*



Ganadoras del I Concurso IAA de Observación.

### ACTIVIDADES DEL IAA CON MOTIVO DE LA SEMANA EUROPEA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA 2004

Del 9 al 12 del pasado mes de noviembre se celebró la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2004, en la que el IAA ha participado de forma activa con un variado programa de actividades.

La entrega de los premios del "I Concurso IAA de Observación" y convocatoria de la II edición -cuyas bases se pueden consultar en <http://www.iaa.csic.es/scyt2004/concurso.pdf>- fueron las actividades inaugurales. El miércoles 10 y el viernes 12 se realizó una doble actividad consistente en una breve revisión de los eventos y resultados astronómicos más destacados del 2004, seguida de una jornada de observación con el telescopio PETI. Y el jueves día 11 tuvo lugar una actividad que, bajo el título de *Radio en directo: La Astrofísica en las ondas*, consis-

tió en la realización del programa de radio "Aviso para navegantes" (Canal Sur Radio) en directo desde el Salón de Actos del IAA en una sesión abierta al público.

Todas estas actividades registraron una amplia asistencia, en ocasiones superando el aforo y, según las encuestas realizadas, fueron muy positivamente valoradas por el público.

#### Silbia López de Lacalle (IAA)

### MESA REDONDA

El pasado 9 de noviembre, el Parque de las Ciencias celebró una mesa redonda que, titulada "Marte, el planeta rojo", contó con la intervención de varios científicos del IAA. José María Quintana habló de los inicios del IAA y de la influencia de Carl Sagan -tanto en el plano científico como en su capacidad divulgativa- a la hora de generar una vocación hacia la astrofísica. José Juan López Moreno, también del Instituto de Astrofísica de Andalucía, tocó el tema de la atmósfera marciana y su influencia en el clima de Marte, así como de la contribución del IAA en la exploración de Marte con su participación en sendas misiones: Mars '94/96 y Mars Express.

Por su parte, Jesús Martínez Frías, Fernando Rull Pérez y Javier Gómez Elvira hablaron, respectivamente, de la geología de Marte y de las implicaciones astrobiológicas de algunos hallazgos recientes (jarosita, óxidos de hierro, restos de vida en los meteoritos marcianos...), de las diferentes técnicas espectroscopias dedicadas a conocer mejor la mineralogía y geoquímica marciana, y de la robótica y del proyecto de Río Tinto como un análogo de los ambientes marcianos.

### CONVENIO ENTRE LA SOCIEDAD MAX PLANCK (MPG) ALEMANA Y EL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC) PARA LA PROPIEDAD Y GESTIÓN DEL OBSERVATORIO HISPANO ALEMÁN DE CALAR ALTO

El pasado 12 de noviembre, y tras obtener el correspondiente permiso del Consejo de Ministros, se firmó en Múnich (Alemania) y en Madrid el acuerdo por el cual la MPG y el CSIC se comprometen a compartir al 50% la propiedad del Centro Astronómico Hispano Alemán (CAHA) de Calar Alto (Almería). Éste es un acuerdo histórico que viene a modificar sustancialmente la participación española en el observatorio, que fue inaugurado hace veinticinco años por Sus Majestades los Reyes don Juan Carlos y doña Sofía. Desde entonces, España sólo contaba con el 10% del tiempo de observación, situación que ahora cambia radicalmente.

Para el Instituto de Astrofísica de Andalucía el acuerdo supone un enorme reto, ya que implica que compartirá la gestión y, lo que es aún más importante, el desarrollo instrumental y tecnológico del observatorio, a fin de asegurar su rendimiento científico, con el instituto Max Planck für Astronomie (Heidelberg). Se trata de un reto que asumimos con placer y orgullo y que confiamos suponga para nosotros un crecimiento significativo en esta área que, hasta ahora, se restringía fundamentalmente al desarrollo de instrumentación espacial y al mantenimiento del Observatorio de Sierra Nevada.

#### Jose Carlos del Toro (IAA)



## COROT WEEK

Del 14 al 17 del pasado mes de diciembre se celebró la séptima semana de Corot. En estas reuniones, que se celebran dos veces cada año y que anteriormente tuvieron sus sedes en París, Viena, Berlín o Lieja, se resumen todas las actividades tanto técnicas como científicas que se desarrollan en torno a este satélite. La misión tiene dos objetivos fundamentales: descubrir planetas de tamaños terrestres mediante la técnica de los tránsitos y comprobar en detalle las estructuras internas de las estrellas utilizando la información que proporcionan sus variaciones de luz (astrosismología). El Sr. alcalde de la ciudad aceptó gustosamente la invitación para inaugurar esta CW7 (Corot Week 7). En la foto aparece junto con la Investigadora Principal de proyecto, la Doctora Annie Baglin, y con el coordinador de la participación española, el Doctor Rafael Garrido.

**Rafael Garrido (IAA)**



## TELESCOPIO INFRARROJO

Imagen de la instalación del telescopio IR de 60 cm del IAA-CSIC, en el contexto del Proyecto BOOTES-IR. Se espera la primera luz en los meses venideros.



## GALARDÓN

**Rafael Rodrigo (IAA) ha sido nombrado "Corresponding Member of International Academy of Astronautics (Section: Basic Sciences)".** La elección se produce tras una selección y votación de distintos nominados y, según los estatutos, los *corresponding members* deben ser "expertos que han realizado contribuciones en su campo para el desarrollo de la astronáutica en su país y se dedican a favorecer la cooperación internacional en las ciencias aeroespaciales". Asimismo, Rogrigo ha recibido uno de los galardones de la VI edición de los premios "El Publico" concedidos por el programa del mismo nombre de Canal Sur Televisión. Estos premios son concedidos a aquellas personas/instituciones que destaquen por su labor cultural o artística.

## SEMINARIOS CELEBRADOS EN EL IAA

<http://www.iaa.csic.es/~lara/iaa/proxseminario.html>

**3.02.05.** Beatriz Toselli (Universidad de Córdoba, Argentina) *Estudio de Procesos Cinéticos y Radiativos de Interés Atmosférico.*

**27.01.05.** Richard de Grijs (University of Sheffield). *Normal versus Starburst Galaxies: Modes of Star Formation.*

**19.01.05.** Javier Gorosabel Urkia (IAA-CSIC). *Acotando el Misterio de los GRBs.*

**13-17.12.04.** *7th-Corot Week.*

**9.12.04.** Ahmed Grigahcene (IAA- CSIC). *Interacción Convección-Oscilación: Aplicación a las Estrellas d Scuti y ? Doradus.*

**2.12.04.** Dr. Sebastián F. Sánchez (CAHA). *Integral Field Spectroscopy observations of 3C 120, spectrum of the optical counter-part of the radio-jet and evidences of a past merging.*

**24.11.04.** Dr. Francisco Prada (IAA-CSIC). *El perfil más adecuado y el candidato idóneo.*

**18.11.04.** Dr. Alberto Fernández Soto (Observatori Astronomic - Universitat de Valencia) . *REM: Observación rápida multibanda de GRBs.*

**8-12.11.04.** *Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004.*

**4.11.04.** Prof. Simon White (Max-Planck-Institute for Astrophysics, Garching, Alemania) . *Large-scale simulation of the evolution of the galaxy population.*

**27.10.04.** Dr. Narciso Benítez (IAA-CSIC). *Redshifts fotométricos: técnicas y aplicaciones.*

**20.10.04.** Dra. Raffaella Morganti (Netherlands Foundation for Research in Astronomy, Dwingeloo). *The interplay between the radio activity and the ISM in radio galaxies.*

**15.10.04.** Dr. David Martínez Delgado (Max-Plack-Institut fur Astronomie, Heidelberg). *Tidal Streams in the Galactic Halo.*

**6.10.04.** Dr. Miguel Ángel López (Valverde IAA-CSIC). *Una ventana infrarroja en la atmósfera de Titán.*

**29 .09.04.** Dr. Rafael Garrido (IAA-CSIC). *La aportación del IAA al proyecto COROT.*

**13-17 .09.04.** *The many scales in the Universe - JENAM 2004.*

## CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA

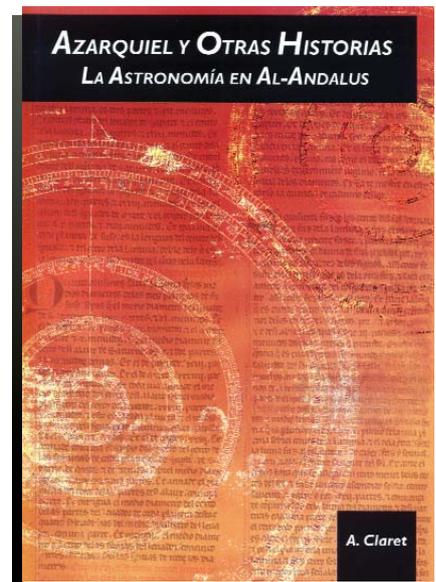
<http://www.iaa.es/~silbialo/charlas.html>

FECHA	CONFERENCIANTE	TEMA O TÍTULO TENTATIVO
27 de enero	David Martínez-Delgado, IAA-CSIC	Escombros galácticos: ¿Cómo se forman las galaxias?
24 de febrero	Josep Casadesus, Universidad de Sevilla	El origen de la vida: ¿un enigma insoluble?
31 de marzo	Víctor Aldaya, IAA-CSIC	Simetrías del Universo: Partículas y modelo estándar

## LIBROS DE DIVULGACIÓN

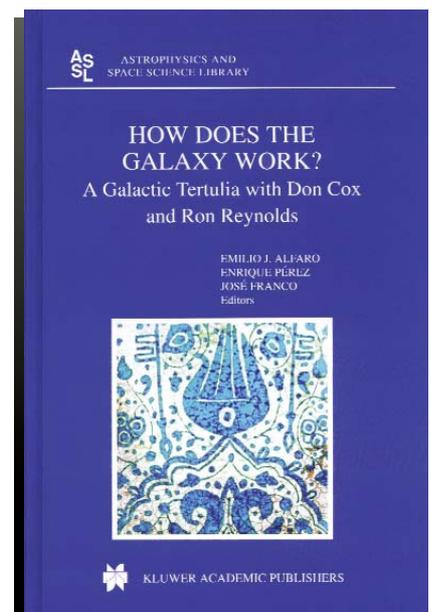
*Cielo y tierra. De lo visible, lo invisible.* A. Renshaw (Ed.) (Phaidon, 2004).  
*Cartas a Nuria. Historia de la ciencia.* R. Parés (Almuzara, 2004).  
*Una breve historia de casi todo.* R. Bryson (RBA Libros S.A., 2004).  
*Cara a cara con la vida, la mente y el universo.* E. Punset (Destino, 2004).  
*Eurekas y euforias. Cómo entender la ciencia a través de las anécdotas.* W. Gratzler (Crítica, 2004).  
*Historia de la Física. De Arquímedes a Einstein.* A. Udias (Síntesis, 2004).  
*Azarquiel y otras historias. La Astronomía en Al-Andalus.*  
 A. Claret (Clave Granada S.L. Editorial, 2004).

*Comentario del Dr. Luis F. Miranda (IAA, CSIC):* Es bien sabido que la astronomía árabe alcanzó altas cotas de desarrollo. Sin embargo, tanto a nivel popular como al nivel de muchos astrónomos profesionales, el conocimiento de la astronomía árabe en España y su influencia posterior es más bien escaso. Nos suena algún nombre como Averroes o Alfonso X el Sabio, pero no sabemos si hubo mas nombres dignos de mención y cuáles fueron las aportaciones concretas que todos estos personajes hicieron a la astronomía. En el libro del Dr. Antonio Claret encontraremos abundante información sobre la historia de la astronomía española durante la Edad Media y veremos que fue bastante más rica y trascendente de lo que nos podíamos imaginar. El libro, dentro de su enfoque histórico, contiene "Otras historias", en las que se relatan multitud de anécdotas y hechos curiosos asociados a los descubrimientos científicos y a los personajes involucrados. Este manera de contar la historia es relevante a la hora de entender aspectos inherentes al desarrollo científico que muchas veces pasan desapercibidos o, simplemente, no se consideran, pero que tienen una gran importancia dentro del contexto histórico. Antonio Claret ha conseguido escribir un libro que enseña, divierte y hace reflexionar, todo ello de una manera sencilla y amena. (El libro se puede conseguir de forma gratuita contactando con el autor.)



## LIBROS CIENTÍFICOS

*How does the galaxy work?*  
 Emilio Alfaro (IAA-CSIC), Enrique Pérez (IAA-CSIC), José Franco (IA-UNAM)  
 (Astrophysics and Space Science Library, Vol. 315, 2004)



## CONGRESOS Y REUNIONES ASTRONÓMICAS EN GRANADA

*Stellar end products.*  
 Lugar de celebración: *Instituto de Astrofísica de Andalucía.*  
 Fecha: del 13 al 15 de abril de 2005  
 Presidente del comité organizador local: M.A. Pérez Torres (IAA-CSIC).

*8th Conference on Electromagnetic and Light Scattering by Nonspherical Particles: Theory, Measurements, and Applications.*  
 Lugar de celebración: Hotel Salobreña, (Salobreña, Granada).  
 Fecha: del 16 al 20 de mayo de 2005.  
 Presidente del comité organizador local: F. Moreno (IAA-CSIC).

## TESIS DOCTORALES EN EL IAA

*"La interacción convección-oscilación: aplicación a las estrellas delta Scuti y gamma Doradus"*, Ahmed Grigahcene.

## 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).