



LAS GALAXIAS ANFITRIONAS DE LOS GRBs

**MARTE: UNA HISTORIA DE
DESCUBRIMIENTOS**

**EL PROBLEMA DE LA
DISTANCIA A LAS
PLÉYADES**

**UN BÓLIDO SOBRE
NUESTRAS CABEZAS**

**ENTREVISTA A
FERNANDO CORNET**



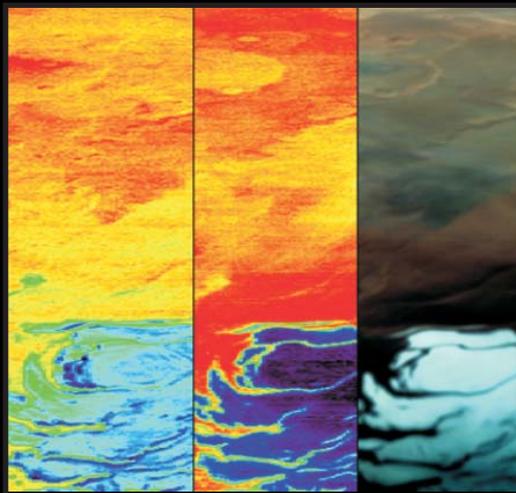
Rumbo a Marte

Créditos: NASA.



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS





El Polo Sur en diferentes bandas (de izq. a drch: agua helada, dióxido de carbono sólido y visible). ESA.

SUMARIO

Investigación

Las galaxias anfitrionas de lo GRBs3

Javier Gorosabel

Marte: una historia de descubrimientos5

Silbia López de Lacalle

Ventana Abierta

Programa Ramón y Cajal:

¿Recuperación o catapulta de cerebros?9

Colectivo RyC del IAA

Charlas con...

Fernando Cornet10

Actualidad Científica

El problema de la distancia a las Pléyades12

Miguel A. Pérez-Torres

Un bólido sobre nuestras cabezas13

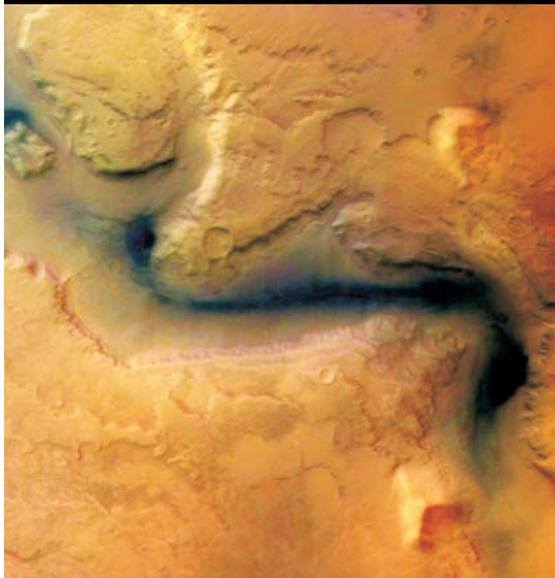
Olga Muñoz

Actividades IAA

.....14

Agenda

.....16



Valle Reull. ESA.

Flanco oeste del Monte Olimpo. ESA.



Imágenes de Marte tomadas por las cámaras de la misión Mars Express, en la que participa el IAA.

Dirección: José M. Vílchez. Coordinación de Secciones: Antonio Alberdi, Emilio J. Alfaro, José María Castro, Luis Miranda, Olga Muñoz, Miguel Ángel 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 DIS 2003-10261-E del Programa Nacional de Difusión y divulgación 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.

Instituto de Astrofísica de Andalucía
c/ Camino Bajo de Huétor 24 , 18008 Granada. Tlf: 958121311 Fax: 958814530. e-mail: revista@iaa.es

Depósito legal: GR-605/2000
ISSN: 1577-2004

Las galaxias anfitrionas de los

GRBs

¿Qué son los GRBs?

Los estallidos cósmicos de rayos Gamma (GRBs del acrónimo inglés Gamma-Ray Bursts) son breves e intensos estallidos de radiación gamma. Su duración oscila entre una milésima de segundo y unos 17 minutos aproximadamente. Su distribución en la esfera celeste es completamente isotrópica y no aparecen concentrados en el disco de nuestra Galaxia ni en torno a su núcleo. Durante el estallido, los GRBs son las fuentes más brillantes del cielo visible y eclipsan a todas las fuentes galácticas y extragalácticas que emiten en dicha zona del espectro electromagnético.

Nuestra atmósfera es opaca a la radiación gamma, por lo que su detección se realiza mediante satélites en órbita. De hecho, su descubrimiento en el año 1967 se produjo mediante una red de satélites espía norteamericanos (serie Vela), diseñados para comprobar que la extinta URSS cumplía con

los tratados de no proliferación de armas nucleares. Estos satélites detectaron una serie de copiosos estallidos de rayos gamma que procedían del espacio, y no de la tierra como cabría esperar si éstos fueran ensayos nucleares soviéticos.

Desde 1967, año de su descubrimiento por los satélites Vela (Klebesadel & Olsen 1969), hasta 1997, fueron un auténtico enigma para la astrofísica del siglo XX. Su radiación gamma nunca se había detectado en otras longitudes de onda, por lo que era imposible asociar dichas emisiones de origen misterioso a fuentes celestes. Así resultaba imposible determinar su distancia, y de ahí que durante 30 años los astrofísicos no conocieran si su origen era galáctico o extragaláctico.

En 1997, con la ayuda inestimable del satélite Italiano-Holandés SAX, se detectó por primera vez la radiación de estos estallidos en otras longitudes de onda (Costa et al., 1997 et al., van

Paradijs 1997 et al., Costa et al. 1997 et al., Castro-Tirado et al. 1997), y fue posible la medida de su distancia (Metzger et al. 1997).

Actualmente se sabe que estos brotes violentos de radiación gamma ocurren en galaxias distantes y, por lo tanto, su origen extragaláctico está bien establecido. Desde 1997 se han localizado unos 50 GRBs en frecuencias ópticas y para 35 de ellos ha sido posible determinar la distancia o su equivalente corrimiento al rojo, que oscila entre $z=0.085$ (Galama et al. 1998) y $z=4.50$ (Andersen et al. 2000).

Las teorías actuales de GRBs parecen apuntar a que los GRBs se producen por la explosión de estrellas supermasivas (por encima de unas decenas de masas solares), que llevan asociadas un tipo extremadamente energético de supernova (Hjorth et al. 2003). De hecho, ciertos autores denominan a dichas explosiones como "hipernovas".

¿Cómo son las galaxias donde se originan los GRBs?

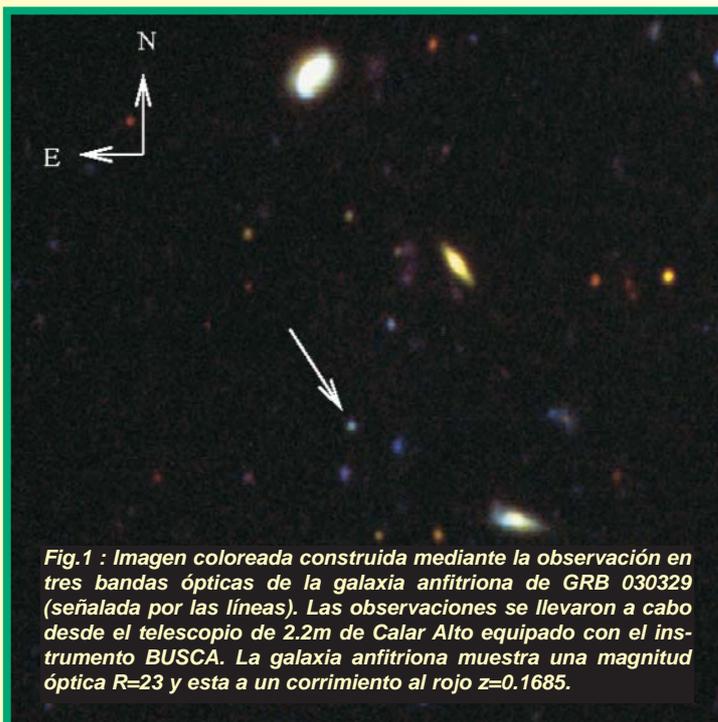


Fig. 1 : Imagen coloreada construida mediante la observación en tres bandas ópticas de la galaxia anfitriona de GRB 030329 (señalada por las líneas). Las observaciones se llevaron a cabo desde el telescopio de 2.2m de Calar Alto equipado con el instrumento BUSCA. La galaxia anfitriona muestra una magnitud óptica $R=23$ y esta a un corrimiento al rojo $z=0.1685$.

Las galaxias donde ocurren los GRBs son galaxias muy débiles, cuyas magnitudes oscilan entre $R \sim 22$ y $R > 29$. La figura 1 muestra una imagen en color de la galaxia anfitriona de GRB 030329, cuya magnitud es $R=23$ aproximadamente. Actualmente, los estudios espectroscópicos sólo son posibles para las galaxias más brillantes ($R < 24$) y sólo están al alcance de los grandes telescopios (VLT, Gemini, Keck.) o del telescopio espacial Hubble (HST).

Una forma económica y práctica para salvar dicho inconveniente se basa en la construcción de su distribución espectral de energía (SED, del inglés Spectral Energy Distribution) mediante medidas fotométricas en varias bandas. Dicha técnica es mucho menos costosa y está al alcance incluso de telescopios terrestres de 2 metros de apertura (VLT, Gemini y Keck son telescopios de 8 metros).

Nuestro grupo está llevando a cabo, desde 1999, un estudio sistemático

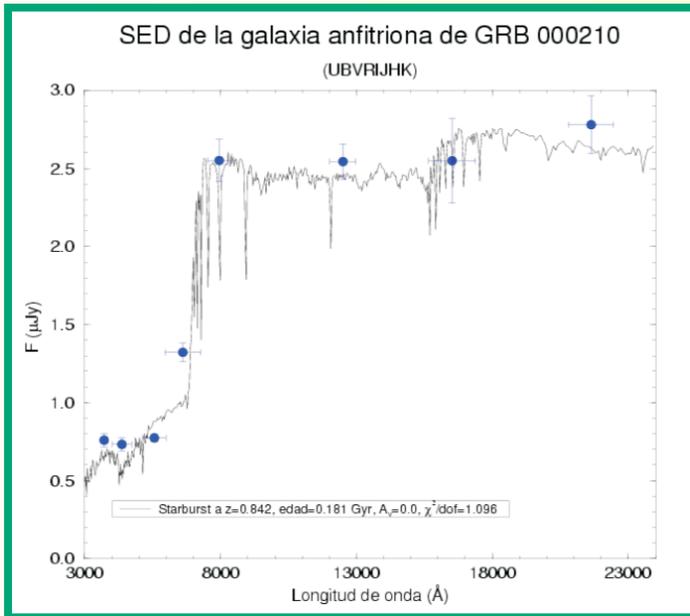


Fig.2 :Distribución espectral de energía (SED) desde 3600 hasta 22000 Angstrom (filtros UBVRJHK) construida para la galaxia anfitriona de GRB 000210. Los puntos azules representan las medidas fotométricas, que se basan en observaciones realizadas con los telescopios NTT, 3.6m, 1.54 Danés y VLT, todos ellos situados en observatorios en Chile. La línea muestra el mejor ajuste, obtenido con una galaxia tipo starburst asociado a un episodio de formación estelar ocurrido hace 0.181 Gigaños (mil millones de años). El fuerte color azulado de la galaxia anfitriona hace que su extinción (A_v) sea prácticamente cero. El corrimiento al rojo fotométrico obtenido para dicha galaxia es de $z=0.842$, en pleno acuerdo con el espectroscópico ($z=0.846$), obtenido posteriormente con el VLT. Figura adaptada de Gorosabel et al. (2003).

para una amplia muestra de galaxias anfitrionas de GRBs. Dicho estudio pretende responder a las siguientes preguntas: ¿tienen estas galaxias algo en especial? ¿Qué diferencias morfológicas muestran con respecto a otras galaxias que están a distancias similares? ¿Son más azules? ¿Predomina en nuestra muestra algún tipo de galaxia? ¿Cómo es la tasa de formación estelar en las galaxias anfitrionas? Con el objeto de responder a dicha pregunta hemos obtenido imágenes ópticas e infrarrojas de una muestra de 10 galaxias anfitrionas más brillantes que $R=25$ (25 magnitudes en la banda R - rojo-). Una vez realizadas las observaciones fotométricas se han construido sus SEDs desde aproximadamente

3600 a 2200 Angstrom. El siguiente paso consistió en tratar de reproducir dichos puntos observacionales mediante espectros construidos con modelos teóricos basados en síntesis de poblaciones estelares. Dicho catálogo de modelos cubre un amplio rango de edades estelares, corrimientos al rojo, tipos de galaxias y extinciones. La construcción del SED nos permite además la obtención del corrimiento al rojo fotométrico, que debe ser consistente con el obtenido mediante técnicas espectroscópicas (mucho más seguras y precisas que las fotométricas). Se consideran diversos tipos de galaxias en nuestros ajustes (espirales, elípticas, lenticulares, brotes de forma-

ción estelar en general,...) con el fin de estudiar si existía algún tipo predominante de clase de galaxia. La figura 2 muestra la SED de la galaxia anfitriona de GRB 000210, detectada en los filtros UBVRJHK (círculos azules). La línea muestra el ajuste a dicha SED. Todo el proceso explicado anteriormente se repitió con una muestra de control que nos servirá como muestra contra la que poder comparar los resultados obtenidos con nuestras 10 galaxias anfitrionas de GRBs. La muestra de control o comparación se basa en el catálogo del "Hubble deep field" (HDF), que comprende las medidas fotométricas de 2678 galaxias.

Conclusiones:

El estudio comparativo de nuestra muestra con el HDF nos permitió llegar a las siguientes conclusiones:

Los diez miembros de nuestra muestra, y sin excepción, fueron catalogados como starbursts o galaxias con brotes de formación estelar. Este hallazgo se ajusta perfectamente con el escenario de "hipernovas" nombrado anteriormente, según el cual los GRBs procederían de la muerte violenta de una estrella "hipermasiva". Dichos progenitores tienen una vida de unos pocos Megaños (un periodo breve astronómicamente hablando; un Megaño=un millón de años) y son típicos en brotes de formación estelar o *starbursts*.

Las galaxias anfitrionas son más azules que las galaxias del HDF. Este resultado tiene dos interpretaciones posibles: i) en general tienen una extinción menor o/ y ii) muestran una mayor tasa de formación estelar que las galaxias localizadas a la misma distancia. Esta segunda posibilidad es consistente con que las galaxias anfitrionas sean *starbursts* como hemos discutido anteriormente.

La luminosidad intrínseca de las galaxias anfitrionas tiende a ser menor que las de las galaxias de la muestra de comparación que tienen el mismo corrimiento al rojo. Este hecho parece indicar que las galaxias anfitrionas son subluminosas.

En resumen, podemos concluir que las galaxias anfitrionas de los GRBs son subluminosas, azules, y con un SED similar a las galaxias conocidas como *starbursts* o brotes de formación estelar. Estos hechos son compatibles con una alta formación estelar o/ y con una baja extinción global.

Bibliografía:

- Andersen, M.I., et al., 2000, A&A 365, L54.
- Castro-Tirado, A.J., et al., 1997, Science 279, 1011.
- Costa, E., et al., 1997, Nature 387, 783.
- Frail, D., et al., 1997, Nature 389, 261.
- Galama, T., et al., 1997, Nature 395, 670.
- Gorosabel, J., et al., 2000, A&A 400, 127.
- Hjorth, J., Nature 423, 847.
- Van Paradijs, J., et al., 1997, Nature 386, 686.

Javier Gorosabel (IAA)

MARTE

UNA HISTORIA DE DESCUBRIMIENTOS

Fig.2 : Detalle de la atmósfera marciana, donde también puede observarse la abundancia de cráteres sobre la superficie del planeta. Créditos: NASA.



Fig.1 : El Monte Olimpo, el mayor volcán del Sistema Solar, con unos 24 km de altura y una caldera de unos 3 km de profundidad. La imagen de la izquierda, tomada por la cámara HRSC a bordo de Mars Express, es la primera a todo color y con alta resolución de toda la caldera. Créditos: ESA/DLR/FU Berlín (G. Neukum). A la derecha observamos una vista en 3D del volcán al completo, realizada a partir de los datos topográficos del Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) con las imágenes de la Mars Orbiter Camera (MOC), ambas parte de la misión Mars Global Surveyor.

A finales del siglo XVI, Bernard de Fontenelle sugería en su obra *Conversaciones sobre la pluralidad de los mundos* que no merecía la pena prestar atención a Marte, planeta que él consideraba inhóspito porque "es cinco veces más pequeño que la Tierra y recibe mucha menos luz solar. Júpiter es una mucho mejor opción, con sus cinco lunas". Ahora sabemos que el diámetro de Marte es bastante mayor (la mitad que el de la Tierra), que Júpiter tiene muchas más lunas (63 descubiertas hasta la fecha) y que la sugerencia de Fontenelle no tuvo éxito. A lo largo de los tres últimos siglos, Marte ha sido un protagonista indiscutible: variadísimas teorías sobre el planeta rojo han postulado la existencia de grandes canales construidos para el transporte de agua, de zonas de vegetación y, por supuesto, de marcianos. Todas estas creencias fueron revelándose incongruentes,

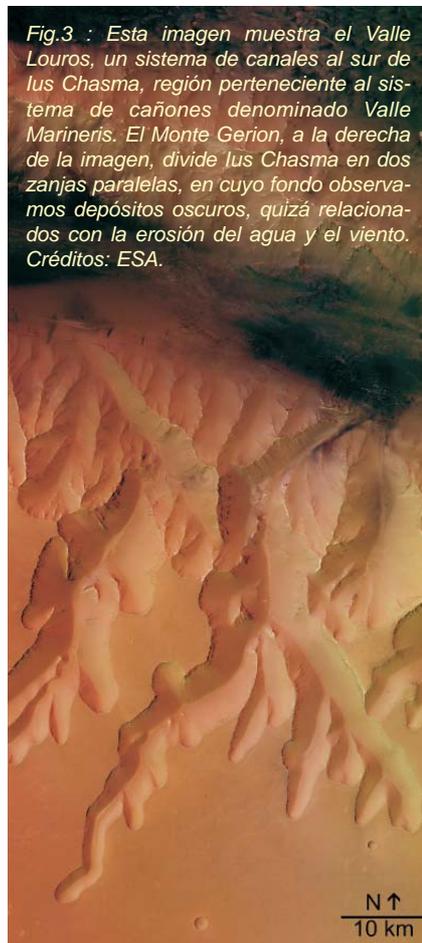
sobre todo a medida que las primeras misiones, las Mariner y Viking, recondujeron, a partir de los años sesenta del siglo pasado, este polémico planeta hacia una firme senda científica. No obstante, y a pesar de la abundante información de que se dispone, Marte sigue presentando enigmas, sobre todo en relación con la abundancia de agua. Las teorías al respecto también son variadas, e implican factores atmosféricos, de presión y temperatura, así como geológicos o relacionados con la historia del planeta. En la Tierra se ha comprobado que la existencia de vida se halla indiscutiblemente ligada con la existencia de agua líquida, de modo que la búsqueda de este preciado elemento constituye un objetivo primordial en algunas de las investigaciones científicas.

A grandes rasgos

Marte podría considerarse como un "híbrido" en el Sistema Solar interno, donde pueden distinguirse dos tipos de objetos: por una parte encontramos cuerpos pequeños y rocosos, como Mercurio y la Luna que, aparentemente, no acumularon suficiente calor interno como para activar volcanes o generar movimientos de las placas tectónicas, de modo que sus cortezas apenas han experimentado cambios desde su formación. Además, carecen de atmósfera y se presentan cubiertos de cráteres. Por otra parte, encontramos cuerpos geológicamente vivos, como la Tierra o Venus, ambos con importantes fuentes de calor interno y atmósferas densas; sus superficies se hallan en continua modificación debido a la actividad tectónica y volcánica y apenas presentan huellas de impactos. Marte, por su lado, comparte características de los dos tipos: carece de placas tectónicas pero posee un buen número de volcanes (Fig.1), cuya activi-

dad parece que cesó mucho antes que sus iguales en la Tierra y Venus. También tiene una fina atmósfera y, al igual que la Luna o Mercurio, abundantes cráteres (Fig.2). El progresivo descubrimiento de estos datos provocó que se le considerara como una "segunda Tierra" o una "segunda Luna" dependiendo del estado de las investigaciones, pero Marte cuenta con demasiadas peculiaridades como para ser encasillado en cualquiera de estas definiciones. Si bien la apariencia actual de Marte se adecua con bastante precisión a la descripción de "desierto helado", existen muchos indicios que apuntan a un pasado algo más benévolo. En la actualidad, con una temperatura media de -63° y una presión atmosférica 100 veces inferior a la de la Tierra, la existencia de agua líquida sobre la superficie queda descartada; si, por ejemplo, consiguiésemos hacer llegar un vaso de agua hasta allí, se congelaría o evaporaría inmediatamente (ver cuadro final: "Una atmósfera huidiza"). No obstante, existen estructuras geológicas similares a las que el agua modela en nuestro planeta: las imágenes de antiguos ríos, deltas, afluentes o lagos marcianos, cuya edad se estima en unos 4000 millones de años, indican que el planeta debió ser relativamente cálido a lo largo de sus primeros 500 millones de años (Fig.3). En ese intervalo de tiempo, que se enmarca dentro de lo que los científicos han denominado Era Noeica, Marte debió de ser bastante activo, quizá con periodos cálidos y húmedos y abundante actividad volcánica, así como con una atmósfera más espesa que generara el efecto invernadero suficiente para establecer una temperatura superior a 0° y permitir el flujo de agua líquida por la superficie. A lo largo de los siguientes 500 millones de años, en lo que se conoce como Era Hespérica, la actividad geológica

Fig.3 : Esta imagen muestra el Valle Louros, un sistema de canales al sur de las Chasma, región perteneciente al sistema de cañones denominado Valle Marineris. El Monte Gerion, a la derecha de la imagen, divide las Chasma en dos zanjas paralelas, en cuyo fondo observamos depósitos oscuros, quizá relacionados con la erosión del agua y el viento. Créditos: ESA.



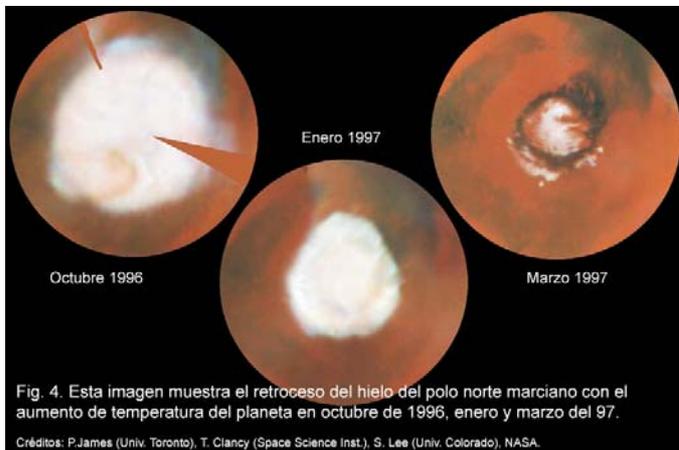


Fig. 4. Esta imagen muestra el retroceso del hielo del polo norte marciano con el aumento de temperatura del planeta en octubre de 1996, enero y marzo del 97.

Créditos: P. James (Univ. Toronto), T. Clancy (Space Science Inst.), S. Lee (Univ. Colorado), NASA.

comenzó a disminuir y el agua de la superficie a congelarse y formar masas de hielo superficiales y subterráneas; se cree que, quizá por motivo de grandes impactos o movimientos tectónicos, ese agua fue expulsada catastróficamente hacia la superficie, formando algunas de las huellas fluviales que conocemos. Sin embargo, en la era actual, que comenzó hace unos 3000 ó 3500 millones de años y se conoce como Era Amazónica, apenas queda rastro del agua que supuestamente inundó el planeta, así como de la densa atmósfera que lo cubría, ausencias ante las que se han articulado varias posibilidades: puede que, debido a su baja fuerza de gravedad, Marte fuera incapaz de retener su atmósfera y ésta se perdiera en el espacio o, quizá, aún se conserva en forma de hielo en el regolito marciano (una capa superficial creada por impactos de meteoritos). Esta última hipótesis cuadra bastante bien con uno de los posibles destinos del agua perdida: los estudios del oxígeno de la atmósfera de Marte resultaron incompatibles con el escape de grandes cantidades de agua, de modo que se impuso la idea de que debía estar congelada y almacenada en el subsuelo marciano en forma de suelo helado o permafrost (una especie de barro congelado que cubre los primeros metros de profundidad del planeta).

No obstante, se han formulado un buen número de teorías que intentan explicar los valles y canales marcianos y que proponen desde un "pasado azul" de Marte, cuyo hemisferio norte se hallaba cubierto por un océano, hasta otras que apuntan al dióxido de carbono sólido o a una conjunción de viento, polvo y sedimentos como agentes causantes de las estructuras geológicas que se han atribuido a torrentes de agua en el pasado. Algunas teorías se establecen en una posición intermedia y afirman que pro-

cesos de colapso, producidos por el reblandecimiento y derrumbe del suelo debido al agua subterránea, originaron los misteriosos valles.

La senda del agua

Hace cuatro décadas, antes de la primera misión con éxito a Marte, los científicos contaban con escasísima información sobre el planeta: los estu-

dios espectroscópicos revelaban el carácter y composición de la atmósfera, muy fina y formada en su mayor parte por dióxido de carbono, y las observaciones telescópicas mostraban unos polos que aumentaban y disminuían con lo que se entendió eran cambios de estación (Fig.4). Aunque la existencia de los famosos canales estaba prácticamente descartada, en la década de los 60 del siglo pasado algunos científicos aún creían en la existencia de vegetación en Marte. Sin embargo, la veintena de imágenes obtenidas por la *Mariner 4* supusieron un verdadero jarro de agua fría: la superficie del planeta, plagada de cráteres de impacto, presentaba un desafortunado parecido con la de la Luna. Los cráteres apuntaban a una superficie muy antigua e inerte, que parecía no haber experimentado cambios en miles de millones de años y evi-

denciaban la carencia de energía interna, pues de lo contrario las huellas antiguas hubieran sido borradas como ocurre en la Tierra. Los datos de la *Mariner 4* confirmaron también la bajísima presión atmosférica, y su combinación con las observaciones en tierra demostró que no sólo la atmósfera se componía de dióxido de carbono (CO₂) sino que también los polos, presuntamente cubiertos de agua helada, se hallaban recubiertos en realidad de hielo seco o dióxido de carbono sólido. "La superficie altamente craterizada de Marte debe ser muy antigua, quizá entre 2000 y 5000 millones de años de edad... es difícil creer en la existencia posterior de cantidades de agua suficientes como para formar cauces o llenar océanos", concluyeron los miembros de la misión.

En 1969, las naves *Mariner 6* y *Mariner 7* tomaron fotografías -de la región ecuatorial y austral respectivamente- que cubrían aproximadamente un 10% de la superficie del planeta. De nuevo, los cráteres acapararon los planos, aunque hubo un par de sorpresas: las imágenes del polo sur mostraban un casquete polar de aspecto joven y cambiante y se descubrieron los "terrenos caóticos", zonas de hundimiento que se atribuyeron a la fusión del permafrost marciano.

En 1971, la nave *Mariner 9* supuso un avance en la exploración espacial ya que consiguió situarse en la órbita de

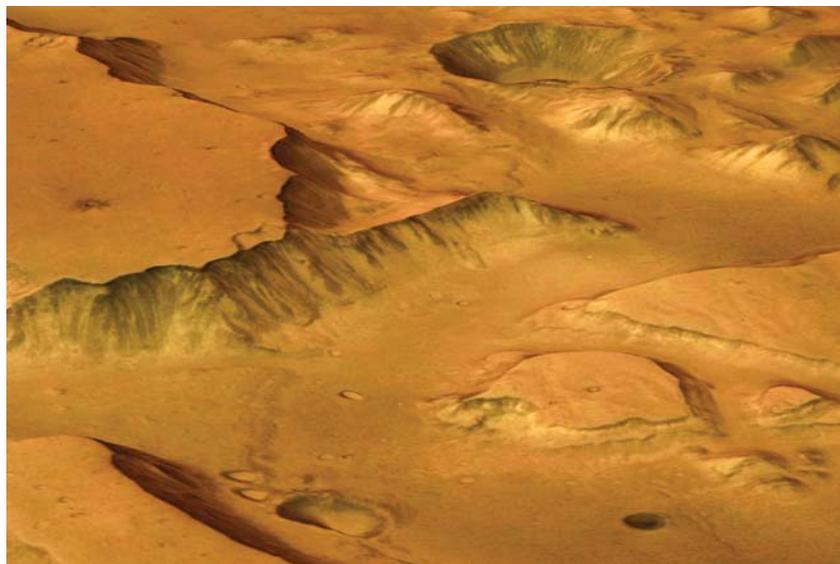
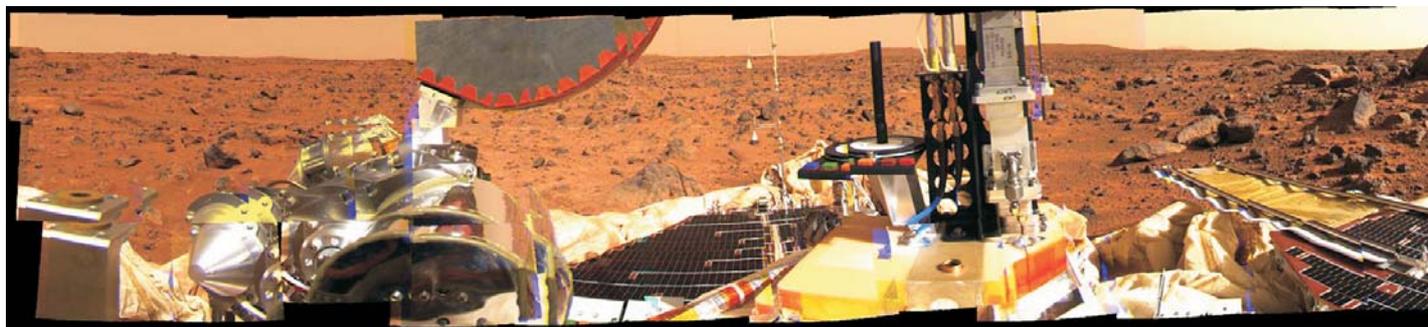


Fig.5 : Esta imagen, tomada por la cámara de alta resolución (HRSC) a bordo de Mars Express, en color y 3D, muestra una región del Valle Marineris, con estructuras quizá atribuibles a la acción del agua. Créditos: ESA/DLR/FU Berlín (G. Neukum).



Marte, a diferencia de las misiones anteriores, diseñadas para realizar observaciones del planeta en un vuelo "de paso". Tras tres semanas de espera con las cámaras apagadas debido a una tormenta de polvo que cubría toda la superficie marciana, *Mariner 9* comenzó un cartografiado sistemático del planeta: los grandes puntos oscuros que desafiaban toda explicación se revelaron como enormes volcanes, entre los que se encuentra, con sus 24 km de altura, la mayor montaña del Sistema Solar: el Monte Olimpo (Fig.1). La exploración de la región austral amplió el álbum de imágenes de cráteres, aunque también emergieron estructuras totalmente inesperadas: se hallaron redes de canales y afluentes que parecían ríos secos, lo que sugirió que las condiciones en Marte debieron ser en el pasado bien diferentes a las actuales: el agua líquida debió fluir en su superficie. *Mariner 9* prosiguió su reconocimiento hacia el norte, topándose con un descomunal sistema de cañones, el Valle Marineris (Fig. 5), que se extiende unos 4000 km a lo largo del ecuador del planeta. Otro hallazgo importante fue el de un terreno laminado y con grietas alrededor del casquete del polo sur, constituido por sedimentos depositados sobre un antiguo cráter; esta región, erosionada por los vientos y, quizá, por el hielo, constituye otro posible argumento a favor del

cambio climático en Marte. Cuando, tras año y medio de actividad, la nave *Mariner 9* se quedó sin combustible, había tomado 7329 imágenes de Marte y había provocado un giro en la concepción que se tenía del planeta: el hecho de que, quizá, el agua líquida hubiera corrido por la superficie del planeta y la posibilidad de unas condiciones menos hostiles en el pasado dio un fuerte empujón a la siguiente misión americana, la *Viking*, entre cuyos principales objetivos se encontraba la búsqueda de evidencias de vida en Marte. El lanzamiento, en 1975, de las dos naves *Viking*, constituyó otro hito en la historia de la exploración espacial: cada nave estaba formada por un componente orbital y un módulo de descenso y, si bien estaba previsto que funcionaran durante dos años, la misión se prolongó hasta 1982. Gracias a los datos de esta misión, que configuran una amplísima visión del planeta, se confirmó la ausencia de un campo magnético global en Marte, así como el gran grosor de la corteza del planeta, que soporta los mayores accidentes geológicos del Sistema Solar. Se obtuvieron abundantes imágenes de los volcanes, cañones y áreas craterizadas, así como de los valles y canales, y se hizo evidente la denominada "dicotomía marciana", que establece una división entre sus dos hemisferios: el norte, que sólo presenta dunas y se halla situado en una cota entre dos y tres kilómetros inferior al resto del planeta, y el hemisferio sur, plagado de impactos de meteoritos, estructuras geológicas y rasgos de deformación tectónica (Fig.6). También se observaron tormentas de polvo, cambios de presión y transporte de gases en la atmósfera, aunque los experimentos biológicos, que acapararon gran parte de la atención, no encontraron evidencias de vida en ninguno de los lugares que visitaron los módulos de descenso.

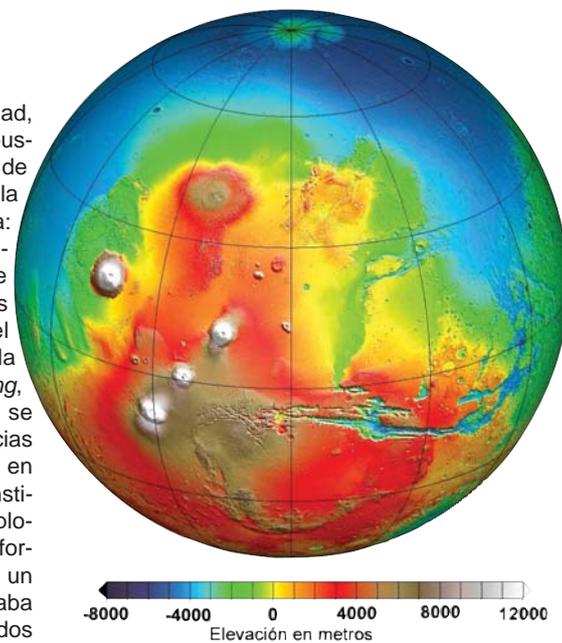


Fig.6 : Este gráfico, realizado por el grupo investigador a cargo del Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) muestra la diferencia de cota entre ambos hemisferios, con el norte situado en una cota bastante inferior. Créditos: MOLA.

censo que alojaba el rover *Sojourner*, instrumentos que se probaron muy efectivos al aportar más de 17000 imágenes de Marte, así como varios análisis de las rocas y el suelo, además de información sobre los vientos y la climatología del planeta. Las investigaciones apoyaron la hipótesis de un pasado más benévolo en Marte, con agua líquida en su superficie y una atmósfera más densa.

El mismo año, aunque con mayor duración, partió hacia Marte la misión *Mars Global Surveyor*, que descubrió evidencias del paso reciente de fluidos sobre la superficie marciana (Fig.8), así como rocas estratificadas que sugerían la existencia de lagos en el pasado y de hematita gris, un mineral que, en Tierra, se forma en ambientes húmedos. En el año 2002, la misión *Mars Odyssey* aportó medidas espectrales que desvelaban la existencia de hidrógeno en abundancia, compatibles con la existencia de grandes cantidades de agua helada mezcladas con las capas superiores de suelo en extensas áreas del planeta próximas a los polos.

La avidez de noticias sobre el planeta rojo llegó a su clímax el pasado año, en el que la Agencia Espacial Europea vio, por fin, en la órbita marciana la nave *Mars Express*, fruto de una colaboración internacional de varios años, al tiempo



Fig.8 : Estas imágenes muestran las hondonadas, aparentemente evidencia de una reciente erosión producida por algún fluido, quizá el agua. Créditos: NASA.

En 1996 comenzó el viaje de la nave *Mars Pathfinder* (Fig.7), la primera misión completada dentro de un programa espacial renovado de la NASA, que apostaba por misiones de bajo coste, rápido desarrollo y con fines científicos muy específicos. Contaba con un módulo de des-

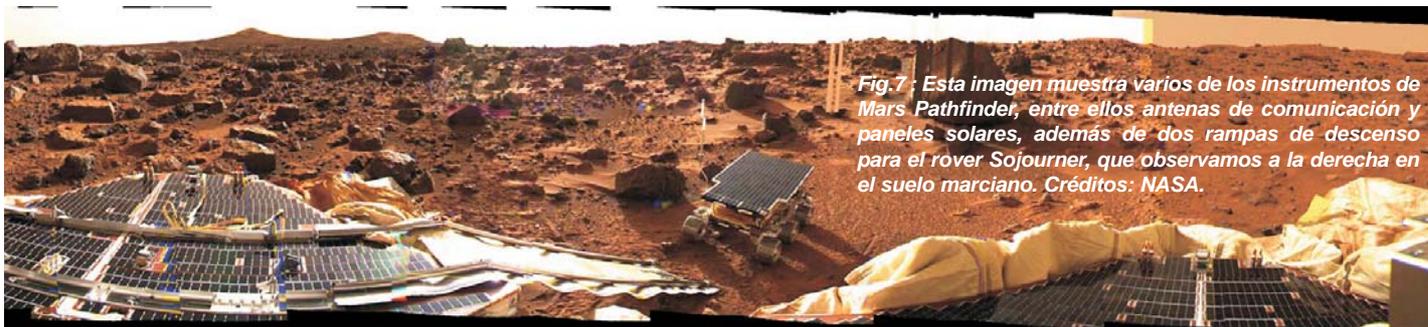


Fig.7 : Esta imagen muestra varios de los instrumentos de Mars Pathfinder, entre ellos antenas de comunicación y paneles solares, además de dos rampas de descenso para el rover Sojourner, que observamos a la derecha en el suelo marciano. Créditos: NASA.

en que aterrizaban los *rover* gemelos de la NASA, *Spirit* y *Opportunity*, protagonistas de la misión *Mars Exploration Rovers*. A pesar de la desgraciada pérdida de contacto con el *Beagle 2*, el módulo de descenso encargado de realizar medidas *in situ* y de buscar posibles restos de vida, *Mars Express* ha comenzado a dar sus frutos: el pasado enero las señales emitidas por dos de los instrumentos a bordo detectaron la existencia de moléculas de hielo de agua en el polo sur marciano, lo que constituyó la confirmación observacional de los indicios que *Mars Odyssey* había aportado de forma indirecta. Recientemente, la misión europea ha obtenido medidas espectrales, aunque con mucho ruido, que parecen apuntar a la existencia de pequeñas cantidades de metano en la atmósfera marciana; aunque su cantidad se reduce a sólo diez de cada mil millones de moléculas, la más mínima traza resulta interesante porque exige de un proceso que la realimente: el metano reacciona con los iones de hidroxilo de la atmósfera y forma agua y dióxido de carbono, proceso que en unos cientos de años puede acabar con las existencias de metano. Se han propuesto diversos procesos que pudieran reponer el gas perdido, entre los que se halla el aporte de meteoritos o cometas, la actividad volcánica y geotérmica o, la más plausible, la degasificación de fuentes geotérmicas como manchas calientes (fenómeno que, al contrario que el anterior, sí ha sido detectado). Con quizá demasiada esperanza se ha barajado otra alternativa, muchísimo menos posible pero más emocionante: en la Tierra, los seres vivos se encargan de abastecer la atmósfera de metano y se ha sugerido que microbios en el subsuelo marciano puedan exhalar este gas como producto de su metabolismo.

Por su parte, los *rover* de la NASA también producen un continuo flujo de noticias prácticamente desde su amortizaje. *Opportunity* se encuentra en Terra Meridiani, una región donde, gracias a los datos de *Mars Odyssey*, se conocía la existencia de hematites, en tanto que *Spirit* se halla en el cráter Gusev, posiblemente un antiguo lago. Ambos vehículos han analizado el suelo marciano y aportado diferentes pruebas de que ambas zonas estuvieron, hace mucho tiempo, recubiertas de agua. Entre las pruebas de *Opportunity* se encuentran el hallazgo de grandes cantidades de azufre en forma de sales de sulfato -en la Tierra, las rocas que contienen mucha sal se formaron en el agua o estuvieron sumergidas en ella mucho tiempo-, la detección de jarosita -un sulfato de hierro hidratado que pudo haberse formado en un lago ácido-, o la toma de imágenes de diversas texturas, como pequeñas esferas o cavidades rocosas, cuya formación parece también relacionada con un prolongado contacto con agua líquida (Fig.9). Por su parte, *Spirit*,

Fig.9 : Imagen microscópica tomada por el *rover Opportunity* que muestra texturas que quizá se originaron por el contacto de la roca con el agua líquida.

tras taladrar una roca volcánica apodada "Humphrey", advirtió la presencia de un material brillante en las grietas internas que se asemeja a los minerales que, en la Tierra, cristalizan en agua. Si bien todos estos hallazgos pueden relacionarse con la búsqueda de ambientes compatibles con la existencia de agua líquida (y quizá de vida) en Marte, tanto en el pasado como en el presente, aún no puede asegurarse nada; mientras se analizan los datos de las misiones *Mars Express* y *Mars Exploration Rovers*, quedamos a la espera de los hallazgos de futuras misiones, ya programadas para esta



década, que plantean desde el despliegue de un laboratorio sobre la superficie marciana hasta una misión que combine un orbitador, una lanzadera y un *rover*.

Silbia López de Lacalle (IAA)

UNA ATMÓSFERA HUIDIZA

Las condiciones físicas en la superficie de Marte, que conjugan una presión atmosférica cien veces menor que la terrestre y una temperatura media de -63° (en la Tierra se halla en 15°), crean unas condiciones donde el agua líquida es inestable y se encuentra bien en estado sólido o gaseoso. Los antiguos valles y afluentes, presumiblemente creados por torrentes de agua, obligan a un repaso a la historia de la peculiar atmósfera de este planeta, que en su infancia pudo ser más densa para permitir la existencia de agua líquida en abundancia.

Si bien la etapa "húmeda" de Marte quizá fue posible gracias a los gases (dióxido de carbono $-CO_2-$, nitrógeno y, probablemente, dióxido de azufre y metano) liberados por la actividad volcánica en el primer periodo del planeta, que formaron una atmósfera incluso más densa que la de la Tierra hoy día, ¿qué proceso pudo ser el causante de la disminución de la atmósfera hasta el mínimo actual? Existen tres posibilidades: podría haber ocurrido que, al igual que en la Tierra, el CO_2 se disolviera en el agua, reaccionara con las rocas de silicato y formara carbonatos que se depositaron en el fondo de los océanos. Más tarde, al detenerse la actividad volcánica que reinyectaba CO_2 a la atmósfera, la presión atmosférica, así como el efecto invernadero, descendieron con los niveles de CO_2 y las temperaturas se precipitaron hasta las gélidas que hoy conocemos. Sin embargo, la misión *Mars Global Surveyor* de la NASA no detectó los carbonatos esperados que, de existir, quizá se hallen enterrados. O, quizá, no sean tan abundantes y la atmósfera disminuyera debido a otras posibilidades: gran parte de los gases de la atmósfera pudieron haber sido expulsados hacia el espacio debido a grandes impactos de meteoritos, o la acción del viento solar pudo también tener una pequeña colaboración. El viento solar es un flujo de partículas eléctricamente cargadas que bombardean constantemente los cuerpos del Sistema Solar. La Tierra, por ejemplo, cuenta con su magnetosfera como protección ante el viento solar, pero Marte es un planeta más pequeño que se enfrió rápidamente: así, posee un campo magnético relacionado con su historia geológica, con terrenos antiguos que muestran una magnetización superficial alternada, pero carece de magnetosfera, de modo que sufre las consecuencias del choque del viento solar con las partículas de su alta atmósfera, que acaban siendo expulsadas al espacio. Independientemente del proceso que provocó la disminución de la presión atmosférica, cuando la densidad de la atmósfera descendió hasta un valor cincuenta veces superior al actual, el planeta se enfrió lo suficiente como para que la atmósfera condensara y su densidad descendiera hasta el nivel actual (seis milibares). Esta cifra resulta interesante porque se halla justo por debajo del valor del punto triple del agua, que delimita las condiciones en las que el agua puede existir en sus tres estados y que combina la temperatura ($0,01^{\circ}C$) con la presión (6,1 milibares). Si bien el agua líquida puede existir en Marte de forma transitoria (existen regiones muy hundidas, como el cráter denominado Hellas Basin, donde la presión puede superar la media, y momentos en que la temperatura aumenta hasta $27^{\circ}C$, condiciones en las que el agua líquida es posible), indefectiblemente se congelará o evaporará. Algunos científicos opinan que la propia atmósfera de Marte se autolimita a este respecto: si la presión fuera mayor y permitiera que el agua corriera por la superficie del planeta, el dióxido de carbono de la atmósfera se disolvería en el agua y terminaría en forma de carbonatos tras reaccionar con las rocas de silicato; como consecuencia, la atmósfera iría perdiendo densidad hasta caer, de nuevo, a un valor inferior al punto triple del agua.

Programa Ramón y Cajal: ¿Recuperación o catapulta de cerebros?

En el año 2000, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, encabezado por la ministra Anna Birulés, anunció la panacea que vendría a paliar la precariedad de los jóvenes investigadores españoles: el Programa Ramón y Cajal o "de recuperación de cerebros". Según lo presentó el Sr. Secretario de Estado de Política Científica y Tecnología (Marimón Suñol) en el Congreso de los Diputados (Diario de Sesiones del Congreso de 25 de junio de 2001): "hacía falta definir un periodo largo y bien dotado (lo que en países anglosajones se llama *tenure track*) para desarrollar la investigación y madurar como investigador, estando sujeto a evaluación, de forma que tras este periodo un investigador ya esté en condiciones de integrarse de forma permanente en el sistema de ciencia y tecnología". (Un contrato *tenure track* implica la contratación indefinida del contratado, de modo automático, tras superar el periodo de contratación en pruebas y una evaluación de su actividad). Parecía que por fin se implantaba una carrera científica definida en España. ¡El paraíso soñado! ¡Si seguíamos trabajando al fuerte ritmo al que estamos acostumbrados tras cuatro años de beca predoctoral, y varios postdocs en el extranjero y en España, podríamos conseguir un contrato Ramón y Cajal (RyC) y, tras superar las correspondientes evaluaciones, conseguir por fin integrarnos de forma permanente en el sistema científico español! Es decir, aquello que por ley en una empresa privada se consigue tras superar el tercer año de contrato, nosotros lo conseguiríamos tras unos quince años de trabajo e innumerables evaluaciones.

El programa "de recuperación de cerebros" ilusionó a los jóvenes científicos españoles (cada vez menos jóvenes, por cierto) dispersos por la geografía mundial, que por fin veíamos la posibilidad de volver a España a trabajar en lo que nos gusta y en condiciones dignas. Sobre todo al leer las declaraciones del entonces Presidente del CSIC, Rolf Tarrach: "hay un compromiso no escrito, pero moral, de que la institución (CSIC) ofrezca al contratado (RyC) que ha obtenido éxito en dos evaluaciones la posibilidad de conseguir una plaza de permanente." (Diario de Sesiones del Senado, de 12 de noviembre de 2002). Manos a la obra. Solicitamos el contrato y fuimos evaluados por comisiones internacionales expertas en nuestra línea de trabajo que dijeron que sí, que estábamos en condiciones de conseguir una *tenure track*, que nuestros currícula y nuestros proyectos de trabajo nos respaldaban. Así que fuimos "recuperados", en algunos casos incluso renunciando a plazas fijas en otros países.

Pero la euforia inicial se ha ido transformando en decepción. El periodo "largo y bien dotado" que anunció el Sr. Marimón se ha transformado en un contrato en prácticas. Sí: después de una media de diez años trabajando, dirigiendo tesis y liderando proyectos, tenemos un contrato en prácticas. Aparte del daño moral existe el daño laboral y económico, ya que la contratación en prácticas está limitada por ley a cinco años. Con lo cual si has disfrutado un contrato I3P del CSIC, que también es en prácticas, el "periodo largo" inicial de cinco años se ha podido quedar reducido a ¡dos años! La primera en la frente. No obstante, el ánimo sigue alto, porque el compromiso moral del Sr. Tarrach permanece en nuestras mentes. De hecho, se informó desde la entonces vicepresidencia del CSIC a los directores de los centros de lo siguiente (Circular No. 1 de 23/04/01, enviado por el vicepresidente del CSIC a los directores de los institutos del CSIC): "se prevé que los contratados (RyC) para desarrollar los proyectos tendrán oportunidades a lo largo de los cinco años para ingresar como funcionario de carrera en el CSIC o en otro Centro Público de Investigación del sistema español." Entonces, si pasamos con éxito las evaluaciones de nuestro contrato... ¡tendremos oportunidades para ingresar como funcionario de carrera! Pero, un momento, las cuentas no salen, desde noviembre de 2001 hemos entrado 522 Cajales al CSIC. En los años 2002, 2003 y 2004 se han ofertado en total 200 plazas de científicos titulares no necesariamente destinadas a Cajales, y cuando preguntamos si hay algún plan alternativo para nosotros...no saben, no contestan.

Los investigadores Ramón y Cajal estamos muy preocupados por la actual situación, y empezamos a desconfiar seriamente de todo aquello que se nos prometió. Tememos que la cacareada "recuperación de cerebros" se convierta en una "gran catapulta" que los expulsará sin contemplaciones fuera del sistema de investigación pasados cinco años. Esperemos que no sea así, no sólo por el bien del colectivo de contratados Ramón y Cajal, sino por el irreparable daño que causaría a la ciencia española.

Colectivo RyC 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.

Prof. Fernando Cornet

El pasado 19 de febrero, el Prof. Fernando Cornet del Departamento de Física Teórica y del Cosmos de la Universidad de Granada impartió una conferencia titulada "Los neutrinos: ¿Astrofísica o Física de Partículas?", dentro del ciclo de charlas mensuales de divulgación organizadas por el IAA.

El título de su charla parece plantear una dicotomía epistemológica o metodológica entre dos grandes ramas de la Física: la Física de Partículas (FP) y la Astrofísica. ¿Considera el Universo el gran laboratorio natural de la Física de Partículas? ¿De dónde cree que vendrán nuevas respuestas acerca de la naturaleza de los neutrinos: de los grandes aceleradores de partículas o de laboratorios de detección de neutrinos actualmente funcionando o en diseño?

La Astrofísica y la FP son dos ramas de la Física que se ocupan del estudio de dos aspectos de la naturaleza que, en principio, parecen poco relacionados. La Astrofísica se ocupa de fenómenos que ocurren a grandes distancias y la FP de los que ocurren a muy pequeñas distancias. Eso ha llevado a formar dos comunidades diferentes cada una con sus propias revistas, congresos, etc. Sin embargo, en los últimos años hemos aprendido que ambos aspectos de la naturaleza no están tan alejados uno del otro y que hay una amplísima intersección entre ambos campos de estudio. Casi se podría decir que se está creando una nueva "rama" de la Física conocida como Física de Astropartículas (si se introduce la palabra "astroparticle" en el buscador de Internet Google devuelve unas 255,000 páginas). Ahí estamos viendo cómo se puede comprobar la validez de algunas teorías de FP en fenómenos astrofísicos e, incluso, cómo podemos obtener información acerca de algunas propiedades de las partículas elementales, como ha ocurrido en el caso de los neutrinos, en el que la primera indicación de que podían oscilar se obtuvo de la observación de los neutrinos procedentes del Sol.

El Universo, considerado como laboratorio de FP, tiene ventajas e inconvenientes. Una gran ventaja es que las energías que se alcanzan en muchos fenómenos son mucho mayores que las podemos alcanzar en los laboratorios terrestres, lo que nos permite asomarnos a fenómenos fuera del alcance de los aceleradores de los que disponemos (y de los que dispondremos en un futuro próximo). La gran desventaja es que no podemos variar los parámetros de los experimentos (por ejemplo, la distancia del Sol a la Tierra, o el flujo de partículas que llega, etc.). Esta desventaja limita la capacidad de experimentación y, por lo tanto, la determinación de muchos parámetros.

Una vez hemos observado el fenómeno de las oscilaciones de neutrinos tenemos que medir con la mayor precisión posible los parámetros que gobiernan esas oscilaciones por lo que, teniendo en cuenta lo que decía anteriormente, creo que los próximos avances en la Física de neutrinos se obtendrán a partir de neutrinos producidos en aceleradores o reactores.

Una de las grandes incógnitas del modelo estándar del Universo es la masa en reposo de las distintas familias de neutrinos. ¿Considera que existe al menos un rango de valores distinto de cero donde esta pueda encontrarse?

Es difícil dar un rango de masas para los neutrinos. Los experimentos de oscilaciones de neutrinos (los únicos que requieren, hasta el momento, que la masa de los neutrinos sea diferente de cero) no dan información acerca de las masas directamente, sino acerca de la diferencia entre los cuadrados de las masas de dos tipos de neutrinos. Además intervienen otros parámetros como los ángulos de mezcla entre los diferentes tipos de neutrinos, por lo que es hoy en día imposible dar un rango de masas sin hacer hipótesis.

En su opinión, ¿cuál es el descubrimiento más esperanzador en el campo de la FP en los últimos años?

La inmensa mayoría de los resultados experimentales de los últimos años han confirmado de forma espectacular el Modelo Estándar de las interacciones fuertes, electromagnéticas y débiles. Estos resultados incluyen los obtenidos en el colisionador de electrones y positrones LEP del Laboratorio Europeo de Física de Partículas Elementales (CERN) que, en su primera fase pudo comprobar la validez de las predicciones teóricas con una precisión mejor que el 1%, y en la segunda fase, en la que se duplicó la energía a la que trabajaba el acelerador, con una precisión algo menor. Para acabar de confirmar el Modelo Estándar, sólo falta por encontrar el Bosón de Higgs, que es el gran reto de la próxima generación de aceleradores. Sin embargo, desde el punto de vista teórico, el Modelo Estándar tiene varios problemas de consistencia por lo que parece evidente que no puede ser más que un modelo efectivo a bajas energías de una teoría fundamental que se manifestaría claramente a

energías superiores a las que podemos alcanzar en los aceleradores actuales. Sin embargo, la falta de datos experimentales, cuya explicación requiere de lo que llamamos "Física Más Allá del Modelo Estándar", hace difícil formular de forma unívoca esa teoría.

La masa de los neutrinos en el Modelo Estándar es nula, por lo que no puede darse el fenómeno de oscilaciones que hemos observado. Así pues, esta observación es la primera ventana experimental hacia una Física Más Allá del Modelo Estándar, por ello me atrevería a decir que éste es el descubrimiento más esperanzador de los últimos años. Lo es porque nos abre todo un nuevo campo de estudio de gran interés.

¿Qué importancia le da a la Tecnología en el desarrollo de la FP?

Los experimentos de FP siempre han estado en la vanguardia de los avances tecnológicos. Estos han sido, sin duda, fundamentales para permitirnos construir aceleradores de más alta energía, realizar experimentos con mayor precisión, tomar datos con mayor rapidez, etc. Pero quizás es menos conocido que la FP experimental ha sido un gran motor en muchos avances tecnológicos. El gran ejemplo es el desarrollo de la World Wide Web que ha pasado a formar parte de nuestra vida cotidiana. La WWW se desarrolló en el CERN para permitir a los grupos experimentales dispersos por el mundo un acceso más eficiente a los recursos comunes y los datos experimentales que se tomaban en Ginebra, pero que podían ser analizados en cualquier otro lugar del mundo. En el mismo sentido se está haciendo actualmente un gran esfuerzo por desarrollar lo que ha venido a llamarse el GRID, puesto que los actuales recursos para la transmisión de datos son insuficientes para las necesidades de los próximos experimentos.

En conexión con la pregunta anterior, ¿qué papel juega España en el contexto internacional de la FP?, y, ¿en el desarrollo de nuevos aceleradores o grandes experimentos?

Yo diría que España está totalmente integrada desde hace varios años en el trabajo de investigación a nivel mundial en FP. En primer lugar, en cada uno de los cuatro grandes experimentos de LEP participó al menos un grupo español con algunas contribuciones muy destacadas. En el otro gran acelerador que hay en Europa (HERA, en Alemania) está el grupo experimental de la Universidad Autónoma de Madrid formando parte del experimento ZEUS. También en los experimentos que se desarrollan en Estados Unidos hay participación, así en la colaboración CDF en el TEVATRON participan el Instituto de Física de Altas Energías de Barcelona y la Universidad de Cantabria. He citado solamente la participación española en los experimentos más grandes pero, junto a estos casos, hay también una participación importante en experimentos más pequeños, aunque también muy interesantes, que sería demasiado largo enumerar.

La Universidad de Granada tiene un grupo experimental de reciente creación que se ha integrado en la colaboración ICARUS, dirigida por el Premio Nobel de Física, Carlo Rubbia. Se trata de un detector de neutrinos que se situará en el laboratorio subterráneo del Gran Sasso, cerca de Roma y con el que se detectarán neutrinos producidos en el CERN (en Ginebra) después de que estos hayan realizado un viaje de unos 700 km en línea recta. La finalidad de este experimento es estudiar con más detalle las oscilaciones de neutrinos y medir con mayor precisión los parámetros que

los gobiernan.

Obviamente, la investigación en España en FP sufre los mismos problemas que sufre la investigación en general en nuestro país. Aunque los grupos existentes, tanto teóricos como experimentales, son muy activos tal como he señalado, el número de investigadores es todavía muy bajo, sobre todo si lo comparamos con el número de investigadores por habitante de los países que nos rodean. Un segundo problema es la escasez de empresas tecnológicamente muy avanzadas, lo que impide a los grupos españoles asumir una mayor responsabilidad en la construcción de los experimentos. Todo ello, por no hablar de la escasa financiación, la falta de agilidad burocrática, etc. En fin, los mismos problemas que sufrimos todos los que queremos hacer investigación puntera en España. Estoy seguro que en el IAA los conocéis igual de bien.

Como profesor universitario tiene un conocimiento directo del estado actual de la licenciatura de Ciencias Físicas, al menos, en la Universidad de Granada: ¿Cómo ve la carrera de "físico" en un próximo futuro?

Eso depende de las decisiones que se tomen desde el gobierno. En particular, la decisión sobre el número de años que va a tener el grado es importante. En cualquier caso, yo diría que a nivel de materias troncales no va a haber grandes revoluciones. En el grupo de trabajo proponemos aumentar un poco el peso de las materias de "Física Moderna", e incluir materias que requieran el uso de ordenadores. Los mayores cambios se producirán a nivel de asignaturas optativas, que dependen de cada universidad. Junto con asignaturas que permitan acceder a másters deberá haber asignaturas más "profesionalizantes" que permitan a los estudiantes integrarse en el mercado de trabajo.

Emilio J. Alfaro - José M. Vílchez (IAA)

Algunas de sus preferencias personales

-Un libro:

Cien años de soledad de Gabriel García Márquez.

-Tipo de música:

Me gustan muchos tipos de música. Soy bastante ecléctico en este aspecto.

-Una película:

Hace mucho tiempo que no voy al cine. Probablemente la película que más veces he visto sea Casablanca.

-Una ciudad:

Para visitar como turista, Venecia.

-Un paisaje:

El Gran Cañón del Colorado en una tarde tormentosa.

-Un sueño:

Nunca me acuerdo de ningún sueño.

-Un pintor:

Gauguin.

El problema de la distancia a las Pléyades

Las Pléyades son un bellissimo cúmulo abierto que se encuentra relativamente cerca de nosotros y cuyas estrellas más brillantes se distinguen a simple vista en el cielo nocturno (ver figura).

Su nombre proviene de la mitología griega: las Pléyades eran las siete hijas de Atlas y Pleione. Al ser perseguidas por el guerrero Orión, las Pléyades pidieron auxilio a Zeus, quien les otorgó refugio en el cielo.

Cúmulo abierto de las Pléyades. Crédito: Róbert Gendler.

Los cúmulos abiertos han desempeñado un papel fundamental en el estudio de la astronomía estelar, ya que las estrellas de estas asociaciones estelares nacieron aproximadamente al mismo tiempo y en el mismo lugar. Por esta razón, los cúmulos abiertos son excelentes laboratorios donde los astrónomos pueden contrastar sus modelos estelares.

La distancia a las Pléyades se ha determinado tradicionalmente usando la relación que existe entre el color de una estrella y su brillo durante la etapa más larga en la vida de una estrella (etapa conocida como secuencia principal). Primero se determinó la distancia de la Tierra al cúmulo de las Híades, el más cercano a nosotros. Luego, se comparó el brillo de las estrellas de la secuencia principal de las Pléyades con el de las Híades.

Como el brillo aparente de una estrella es inversamente proporcional al cuadrado de su distancia, conociendo el brillo de las estrellas en un cúmulo y otro, así como la distancia a las Híades, se puede determinar la distancia a las Pléyades. Ésta resultó ser de 430 ± 13 años luz. Este valor iba a cambiar bastante con la puesta en órbita del satélite Hiparco. Las observaciones de Hiparco indicaron una distancia significativamente menor a las Pléyades: 385 ± 12 años luz, haciendo incompatibles las distancias estima-

das con el método de la secuencia principal y con Hiparco.

¿Cuál de las dos distancias es la correcta?

En principio, se pensó que la distancia estimada por Hiparco. De ser así, la implicación era profunda: el método de la secuencia principal sería erróneo, o en el mejor de los casos, mucho menos preciso de lo que suponían los astrónomos. Esto equivale a poner en tela de juicio los modelos estelares, que permiten establecer de manera precisa la relación entre el color y el brillo de las estrellas en la secuencia principal. Los astrónomos teóricos, por el contrario, estaban convencidos de que los modelos estelares funcionaban perfectamente, y apuntaban la posibilidad de algún error sistemático en las mediciones de Hiparco. Esta disputa podría haberse solventado a favor de los astrónomos teóricos. En efecto, un grupo de astrónomos californianos ha usado recientemente técnicas interferométricas en el óptico y en el infrarrojo para determinar la distancia al sistema doble Atlas, una de las estrellas de las Pléyades (mitológicamente, el padre de las siete hermanas).

El equipo californiano ha determinado de este modo un límite inferior para la distancia a las Pléyades de 414 años luz, estimando que el valor más probable es 440 ± 7 años luz. Este valor está de acuerdo con la estimación ini-

cial de la distancia a las Pléyades (430 ± 13 años luz) y lleva a concluir que la distancia determinada con Hiparco es errónea.

Aunque los defensores de Hiparco seguramente criticarán este nuevo resultado porque utiliza indirectamente el método de la secuencia principal, lo cierto es que el efecto en la determinación final de la distancia es muy pequeño. Esto hace que el dedo acusador apunte a Hiparco como responsable de la discrepancia en la distancia determinada a las Pléyades. De hecho, algunos expertos han mencionado la probable existencia de errores sistemáticos en los datos de Hiparco debido a la elevada excentricidad de su órbita.

Esta órbita no fue la que inicialmente se había planeado, sino que fue forzada por problemas en los motores del satélite poco después del lanzamiento. Esto podría haber causado un desgraciado y sistemático desplazamiento en los resultados de Hiparco. Por ello, si queremos tener confianza en las mediciones de distancias astronómicas, y no sólo a las Pléyades, es fundamental que se revise a fondo la posible existencia de errores sistemáticos en las mediciones de Hiparco.

Miguel A. Pérez-Torres (IAA)

Un bólido

sobre nuestras cabezas

El pasado 4 de enero, miles de personas del norte de España pudieron disfrutar de un impresionante espectáculo que la naturaleza ponía a su disposición. Una gigantesca bola de fuego (o bólido) más brillante que la luna llena apareció en el cielo al sur de la provincia de León, sobrevoló la ciudad de León hacia Guardo y explotó a una altura aproximada de unos 30 kilómetros sobre el norte de la provincia de Palencia. Los fragmentos siguieron penetrando en la atmósfera generando luz aún a alturas por debajo de 20 km, indicándonos así la alta probabilidad de que se pudiesen encontrar pequeños fragmentos del bólido en la superficie terrestre. En realidad, el fenómeno al que estaban asistiendo los asombrados espectadores es bastante habitual aunque no siempre tan espectacular como en este caso. La bola de fuego se produjo cuando un fragmento de un asteroide entró en la atmósfera terrestre con una velocidad aproximada de unos 15 km/s. Debido a la alta velocidad y la fricción con el aire atmosférico el fragmento se calentó hasta la incandescencia ofreciendo el espectacular rastro luminoso que podemos ver en la Figura 1. Como decíamos, este fenómeno ocurre con mucha más frecuencia de la que podríamos pensar. Según algunas estimaciones, cada día llegan a la atmósfera terrestre unas 500 toneladas de material meteorítico. Por lo general son pequeños fragmentos de cometas o asteroides que se desintegran en las capas altas de la atmósfera dando lugar a las conocidas estrellas fugaces. En algunas ocasiones, como en este caso, los fragmentos tienen el tamaño y masa suficientes como para alcanzar la superficie terrestre. Las primeras estimaciones parecen indicar que el fragmento tendría una masa entre una y diez toneladas. Sólo se han podido encontrar unos 10 pequeños fragmentos de entre 20 y 1400 gramos (ver Figura 2) en la superficie terrestre. Esto nos da una idea de la potencia del escudo protector que es nuestra atmósfera, ya que el mayor porcentaje de la masa del bólido se desintegró en las capas altas de la misma.

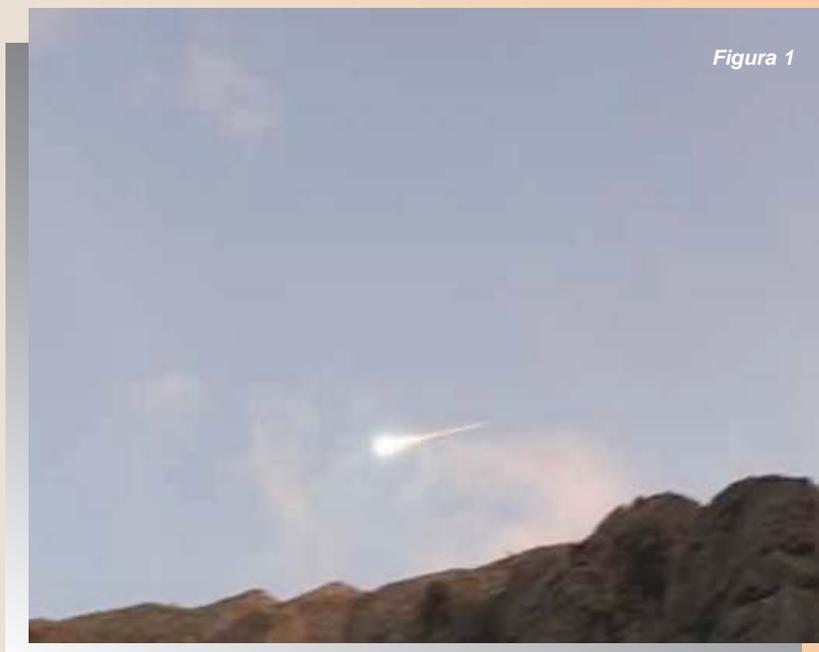


Figura 1



Figura 2

Los primeros análisis de los pequeños fragmentos confirman su origen extraterrestre. Está compuesto principalmente de olivino y, en menor proporción, troilita, hierro-níquel, cromita y apatita. Los datos que se presentan en este artículo se han obtenido de los resultados de la investigación que

están llevando a cabo Josep María Trigo Rodríguez, José Luis Ortiz, Jordi LLorca Piqué y José Angel Docobo.

Olga Muñoz (IAA)

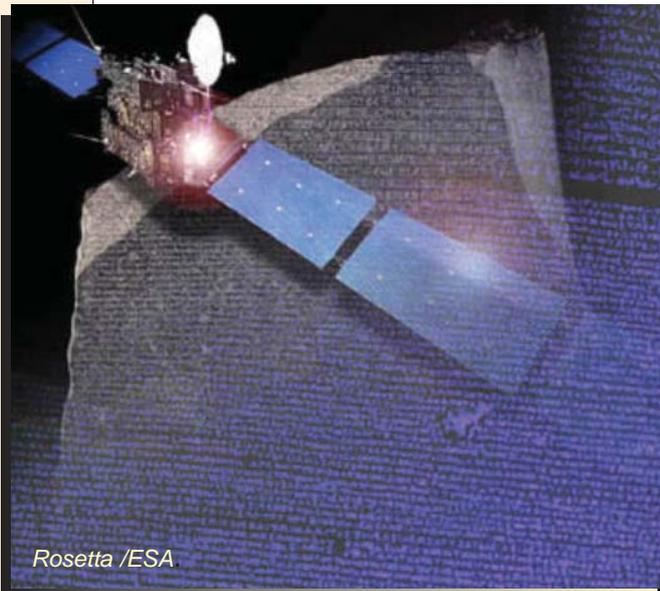
LANZAMIENTO DE LA SONDA ROSETTA

El pasado 2 de marzo, desde la base de Kourou, en la Guayana Francesa, y mediante un cohete Ariane-5G+ (misión V158), la sonda Rosetta inició su viaje de diez años hacia su objetivo, el cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko.

En el año 2014, tras diez años de periplo, la sonda se convertirá en el primer ingenio espacial diseñado para orbitar alrededor del cometa y permitir que un vehículo de aterrizaje, de nombre Philae, intente posarse sobre el mismo. Se prevé que las actividades científicas de la sonda se prolonguen al menos hasta diciembre de 2015 (el cometa habrá pasado por el perihelio en octubre).

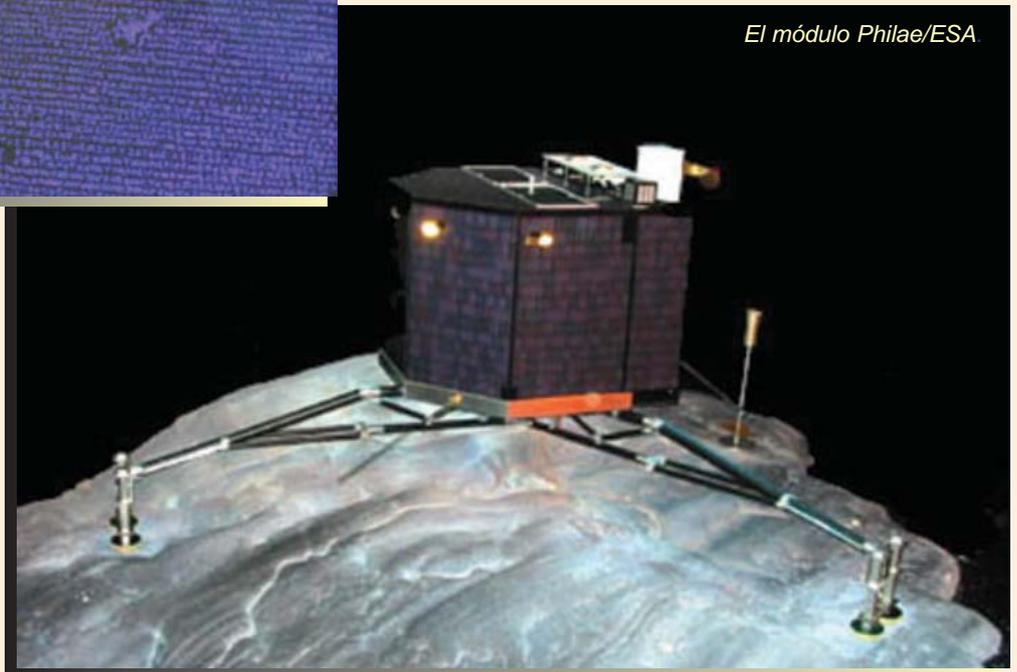
Las primeras operaciones en el espacio han resultado óptimas para la sonda y para los instrumentos que se han probado, entre ellos Osiris y Giada, en cuyo diseño ha colaborado el IAA. Mientras, los científicos han seleccionado los dos asteroides sobre los que se realizará el sobrevuelo, Steins y Lutetia, que se hallan en el cinturón situado entre Marte y Júpiter, gracias a la gran precisión alcanzada durante la inyección en ruta interplanetaria. El primero es pequeño y será sobrevolado el 5 de septiembre de 2008, a 1.700 Km de distancia. El segundo es mucho mayor (unos 100 Km de diámetro) y Rosetta se aproximará a él el 10 de julio de 2010, a unos 3.000 km de distancia.

José M^a Castro Marín



Rosetta /ESA

El módulo Philae/ESA



ACTUALIZACIÓN DEL SERVICIO DE NOTICIAS CIENTÍFICAS DEL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA

El Instituto de Astrofísica de Andalucía está realizando un esfuerzo por actualizar el servicio de noticias ya existente en su página web (<http://www.iaa.csic.es/noticias>), y ofrecer un servicio que pueda resultar útil tanto a los ciudadanos interesados por la astronomía como a los medios de comunicación. Dado que los boletines dependerán de la generación de noticias por parte de los centros de investigación nacionales e internacionales, dicho servicio carecerá de una periodicidad establecida, pero existe la posibilidad de incluir a los interesados en una lista a la que se distribuirán las noticias recién publicadas.

PREMIO DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

La delegación provincial en Granada de la Junta de Andalucía ha concedido sus premios anuales "Bandera de Andalucía" con motivo de la celebración del 28 de febrero, día de Andalucía. Uno de los premios ha sido concedido a nuestros compañeros José Juan López Moreno, Rafael Rodrigo y Julio Rodríguez por su participación en el instrumento PFS (Planet Fourier Spectrometer) a bordo de la misión "Mars Express". La alta resolución proporcionada por PFS en el análisis de la atmósfera marciana ha permitido detectar líneas de vapor de agua sobre el polo sur marciano, así como certificar una diferente distribución de monóxido de carbono en los hemisferios norte y sur.

En ausencia de los homenajeados debido a motivos profesionales, Antonio Alberdi, Vicedirector de Asuntos Generales del IAA, acudió en su nombre a la ceremonia de entrega de premios.



PREMIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

La Facultad de Ciencias Políticas y Sociología de la Universidad de Granada ha acordado conceder al IAA el Premio a la Institución Andaluza del año. El premio fue entregado en un Acto Académico que se celebró el día 18 de marzo en la citada Facultad.

SEMINARIOS CELEBRADOS EN EL IAA

<http://www.iaa.csic.es/seminarios/proxseminario.html>. Montse Villar Martín (montse@iaa.es)

28.03.04. Ángel R. López Sánchez. Inst. de Astrofísica de Canarias. *Formación estelar masiva y estructuras de marea en galaxias Wolf-Rayet. Comparación sistemática con las galaxias inactivas.*

15.03.04. Antonio de Ugarte Postigo. IAA-CSIC. *Estudio de Explosiones de Rayos Gamma con Instrumentación Robótica.*

Daniel Espada. IAA-CSIC. *Caracterización en radio de una muestra de 760 galaxias aisladas.*

Jose Antonio Jiménez Madrid. IAA-CSIC. *El lado oscuro del Universo.*

31 03.04. Dr. Sebastián Sánchez. Astrophysikalisches Institut Potsdam (Alemania). *Las galaxias anfitrionas de los AGNs en el campo GEMS: Comparación sistemática con las galaxias inactivas.*

24.03.04. Dr. Carlos de Breuck. European Southern Observatory (Garching, Alemania). *Dust and gas in radio galaxies and their surrounding proto-clusters.*

17 03.04. Dra. MariLiza Koukoulis. IAA-CSIC. *Venus: the forgotten planet.*

10.03.04. Dr. Lucas Lara. Dpto. Física Teórica y del Cosmos, Universidad de Granada. *Propiedades de las radiogalaxias grandes*

26.02.04. Dr. Christian Wolf University of Oxford, UK. *Galaxy Evolution in COMBO-17 and GEMS.*

18.02.04. Dra. Deborah Dultzin Kessler. Inst. de Astronomía de Méjico. *Un esquema evolutivo para AGNs.*

13.02.04. Luc Fامت. Observatoire de Meudon. *BELLFIT.*

11.02.04. Dra. Angels Riera Univ. Politécnic de Catalunya. *Interpretación de la cinemática de objetos Herbig-Haro.*

5.02.04. Dr. Guillem Anglada Pons. IAA-CSIC. *Formación de sistemas planetarios en torno a estrellas binarias.*

26-28.02.04. *Workshop on Massive Star Formation in Different Environments.*

21.01.04. África Castillo Morales Universidad de Granada. *Clusters of galaxies in X-rays: Distribution of baryonic and non-baryonic matter.*

AGENDA

CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA

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

FECHA	CONFERENCIANTE	TEMA O TÍTULO TENTATIVO
29 de abril	Montserrat Villar (IAA)	A la luz de las primeras estrellas
27 de mayo	Miguel Guirao (Facultad de Medicina - UGR)	La consciencia cósmica del ser humano
24 de junio	José Francisco Gómez (LAEFF)	Las ondas de radio del Universo: observación en directo con la antena PARTNeR

LIBROS DE DIVULGACIÓN

El café de la Astronomía. S. Odenwald (Ediciones Robinbook, 2003).

El futuro del Universo. A Benz (Herder, 2003).

Leonardo, el primer científico. M. White (Debolsillo, 2003).

Historia de la Ciencia 1543-2001. J. Gribbin (Crítica, 2003).

El reto de Hilbert. Los 23 problemas que desafiaron la matemática. J.J. Gray. (Crítica, 2003).

¿Por qué el cielo es azul? J. Fernández Panadero (Páginas de Gomaespuma, 2004).

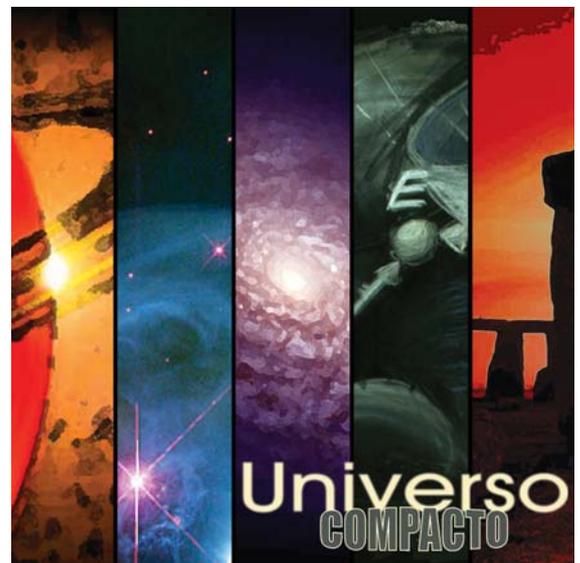
Fórmulas elegantes. Grandes ecuaciones de la ciencia moderna. G. Farnelo. (Matatemáticas, 2004).

CD-ROM DE DIVULGACIÓN

Universo compacto. E.J. García & S. López de Lacalle. (IAA, 2004)

Comentario del Dr. Luis F. Miranda (IAA, CSIC): El comentario de este número está dedicado al CD interactivo "Universo Compacto" realizado por dos compañeros del IAA, Silbia y Emilio. En este CD los autores nos invitan a dar un paseo por el Universo, cómodamente sentados delante de nuestro ordenador, visitando el Sistema Solar, las estrellas y galaxias al mismo tiempo que aprendemos qué son estos objetos, qué teorías actuales los explican y cómo se ha llegado a la concepción presente sobre los diferentes aspectos del Universo y sus constituyentes. El soporte empleado permite a los autores un despliegue más que notable de imágenes y películas de gran calidad y actualidad, acompañando al texto, que ayudan a entender de forma rápida y sencilla ideas que muchas veces resultan difíciles de explicar sólo con palabras. El CD está dirigido a institutos y centros de enseñanza y su alto nivel didáctico está fuera de duda. Además, todo hay que decirlo, el CD resulta divertido, lo cual, aunque parezca secundario, es de importancia capital. Sirva esto como pequeña recompensa a los autores por el esfuerzo realizado, la dedicación robada al ocio, y la profesionalidad en la ejecución.

*Para obtener un ejemplar del CD-Rom, ponerse en contacto con Silbia López de Lacalle (958121311).



LIBROS CIENTÍFICOS

Introducción a la Mecánica Celeste (formulación newtoniana).

Ignacio González Martínez-Pais.

Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna (2004).



CONGRESOS Y REUNIONES ASTRONÓMICAS EN GRANADA

Third Granada Workshop on Stellar Structure: Tidal Evolution and Oscillations in Binary Stars.

Lugar de celebración: *Parque de las Ciencias de Granada.*

Fecha: del 26 al 28 de mayo de 2004.

Presidente del comité organizador local: A. Claret (IAA-CSIC).

The many scales in the Universe. JENAM 2004.

Lugar de celebración: *Palacio de Congresos de Granada.*

Fecha: del 13 al 17 de septiembre de 2004.

Presidente del comité organizador local: J.C. del Toro Iniesta (IAA-CSIC).

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).