

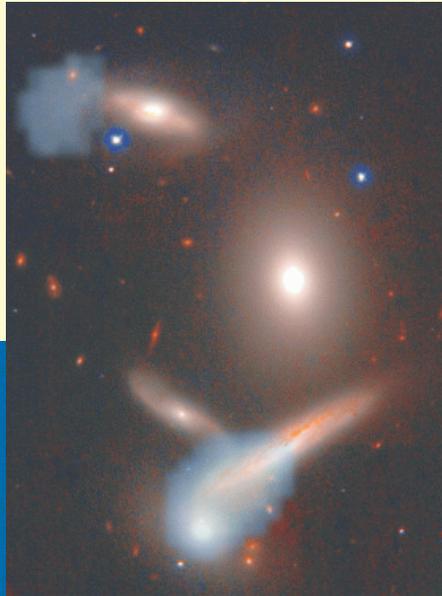
COLISIONES ENTRE GALAXIAS

PULSACIÓN ESTELAR:
NUEVAS TÉCNICAS,
NUEVOS AVANCES

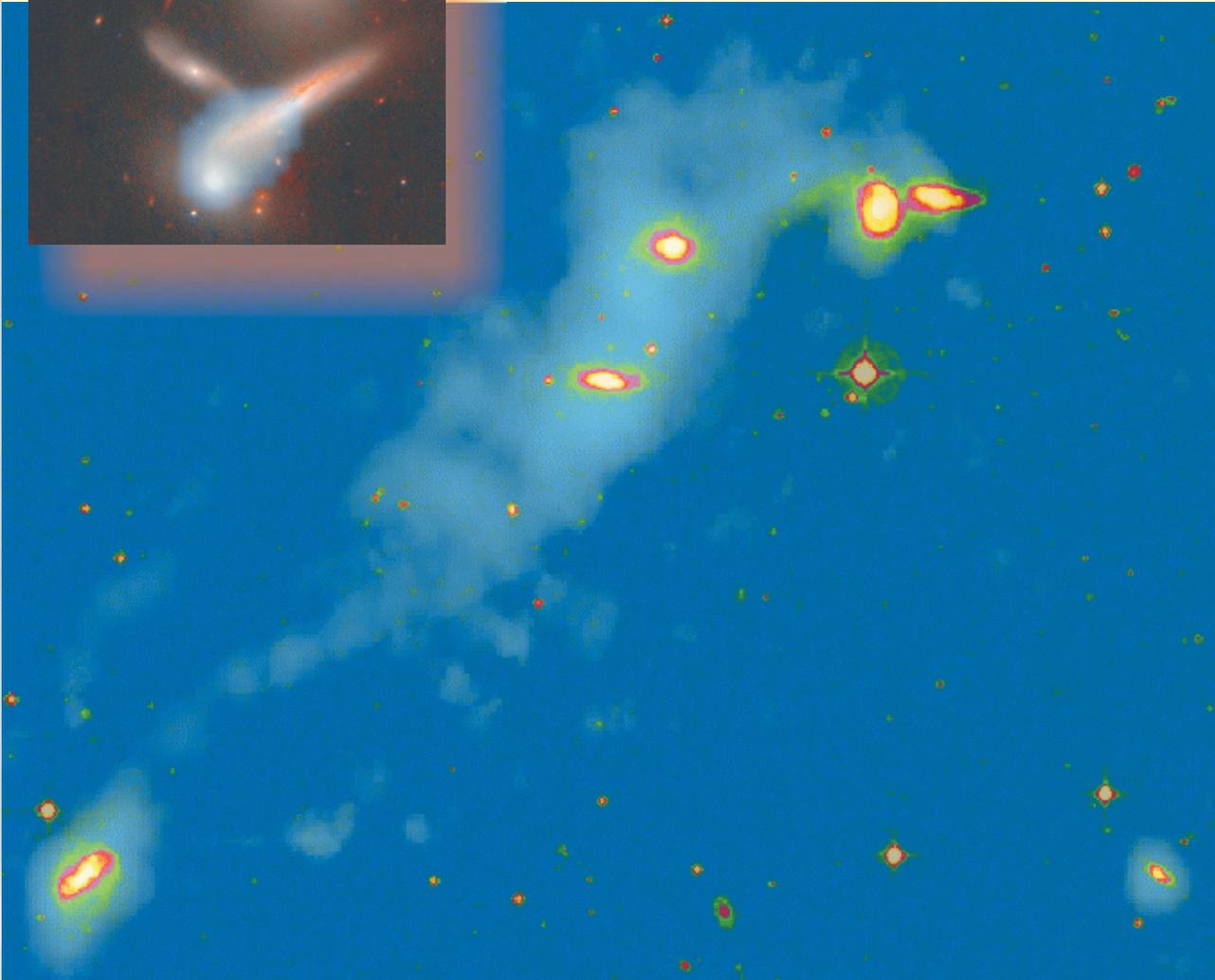
EL "IMPACTANTE"
NACIMIENTO DE LA LUNA

DESCUBRIMIENTO
DE AGUA EN UNA
NEBULOSA PLANETARIA

ENTREVISTA A
RICARDO AMILS



Galaxias en colisión



Las galaxias sufren colisiones debidas a su vida en grupo. Aquí mostramos las imágenes de Hickson 16 (grande) y Hickson 40 (pequeña), grupos formados cada uno por 5 galaxias. Como en cualquier choque las componentes más frágiles, en este caso el gas atómico (azul claro), son dispersadas con mayor facilidad. Las componentes más densas, como las estrellas, son las menos afectadas.

SUMARIO

Investigación

Colisiones entre galaxias.....3
L. Verdes-Montenegro

Pulsación estelar: nuevas técnicas, nuevos avances.....6
E. Rodríguez

Ventana Abierta

The Black Hoyle8
A. Claret

Charlas con... Ricardo Amils9

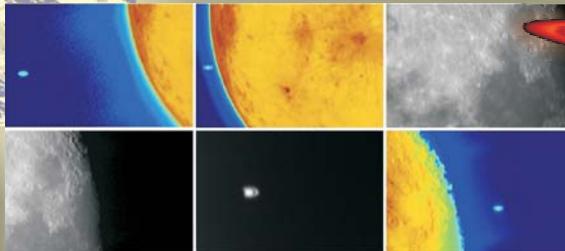
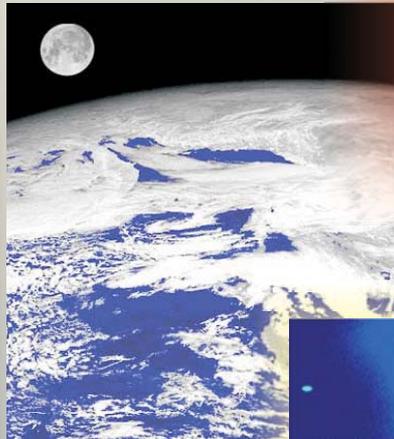
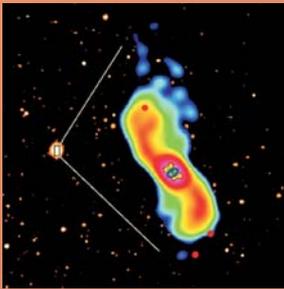
Actualidad Científica

El “impactante” nacimiento de la Luna11
M. A. López Valverde

Descubrimiento de agua en una nebulosa planetaria12
L. F. Miranda

Actividades IAA14

Agenda16



Dirección: Jose Carlos del Toro Iniesta. Coordinación de Secciones: Antonio Alberdi, Emilio J. Alfaro, José María Castro, Antonio Claret, Jose Carlos del Toro Iniesta, José Luis Ortiz, José Vilchez. Edición, Diseño y Maquetación : Francisco Rendón. Imprime: Proyecto Sur de Ediciones 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.

COLISIONES ENTRE GALAXIAS

INTRODUCCIÓN

La contemplación del cielo nocturno nos produce la sensación de que nada cambia en los objetos celestes. Esto no sólo se debe a que a simple vista apenas percibimos los fenómenos que tienen lugar, sino a la gran diferencia entre las escalas de tiempo de nuestra vida diaria y la que caracteriza a la mayoría de los procesos del Universo. Pensemos que desde que los mamíferos aparecieron en la Tierra hasta hoy, es decir en los últimos 200 millones de años aproximadamente, el Sol sólo ha completado una vuelta alrededor del centro de la Galaxia, y esto moviéndose a varios cientos de miles de kilómetros por hora. Para nosotros los humanos, que con mucha suerte llegamos a cumplir 100 años, la danza de las galaxias no existe, pues los tiempos característicos de sus movimientos son de miles de millones de años.

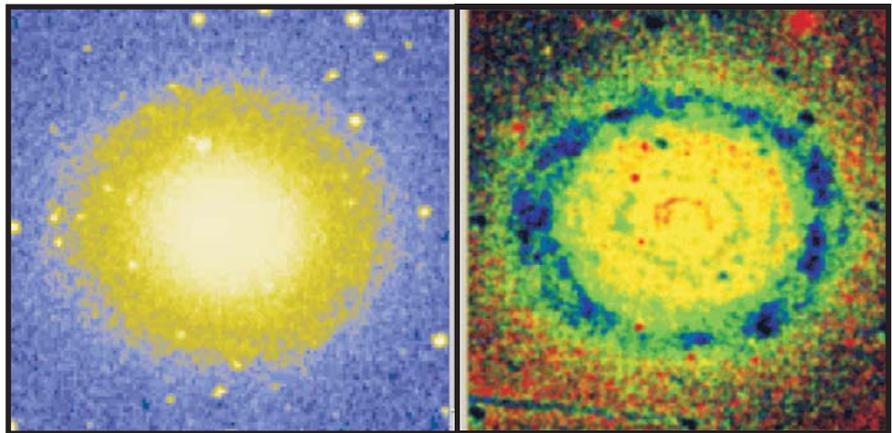


Figura 1. Imagen de la galaxia NGC 7217 (izquierda) de las placas de Monte Palomar. En la derecha se muestra una combinación de las imágenes B e I (Verdes-Montenegro et al. 1995) donde se observa un gran anillo externo (azul), uno intermedio (verde) y otro interno (rojo).

Las galaxias son sistemas cambiantes, y sufren dos tipos de evolución. Una interna, dominada por los procesos de formación estelar y la propia gravedad, y otra externa, debida a la interacción con otras galaxias próximas. Las estrellas se forman en las nubes moleculares y durante su vida procesan el material que las compone. La primera generación de estrellas de una galaxia se habrá formado a partir de hidrógeno y helio. Estos materiales son transformados en elementos más pesados, como el hierro, y cuando la estrella, al final de su vida, devuelve al medio la mayor parte de su masa, ya sea como una supernova o como una nebulosa planetaria, está enriqueciendo las nubes con elementos pesados. Esto hace que las galaxias sufran una evolución química. A ello se añade la evolución dinámica debida al balance entre sus movimientos internos y la fuerza de la gravedad. Los resultados no siempre son intuitivos, y pueden producirse diversas estructuras como barras y anillos (Fig. 1). Aquí nos vamos a concentrar en los efectos que produce

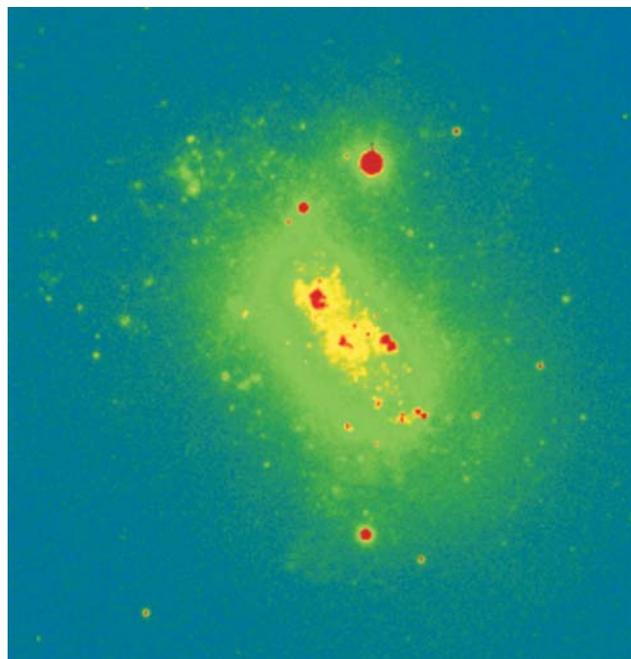


Figura 2. Imagen en la banda V de NGC 1156, la galaxia menos perturbada del Universo Local, perteneciente a nuestra muestra de galaxias aisladas. Ha sido tomada por S. Larsen con el telescopio NOT de 2.5m de la Palma.

el entorno en la evolución de las galaxias, pues como veremos a continuación, la mayoría de ellas sufren al menos una colisión en sus vidas.

COLISIONES ENTRE GALAXIAS

Los choques entre estrellas son prácticamente inexistentes. Pensemos que el Sol está separado de su vecina más cercana (Proxima Centauri) por una distancia igual a 30 millones de veces su diámetro. Esto supone que el Sol tendría que vivir 100.000 vidas para que existiera alguna probabilidad de que chocara con Proxima Centauri. En las asociaciones estelares la distancia se reduce a 450.000 veces el diámetro solar, y en los densos cúmulos globulares esta distancia es de 5.400 diámetros. Por el contrario, las galaxias más aisladas suelen estar separadas de la galaxia más cercana por una distancia de unas 60 veces su propio diámetro. Y esto sólo sucede en la cuarta parte de los casos. Las tres cuartas partes restantes pertenecen a grupos o cúmulos, con lo cual sufrirán al menos una colisión en su vida. Los tiempos típicos de los encuentros son de 100 millones de años. No es por tanto extraño que para nosotros la película de sus interacciones parezca congelada.

El primer problema que surge en este estudio es que para identificar las características de las galaxias en interacción debidas al choque, es necesario saber cómo las veríamos si no estuvieran colisionando. Para resolverlo se hace fundamental contar con una muestra amplia de galaxias aisladas, que nos sirva como patrón de normalidad. Nosotros hemos elaborado una muestra compuesta por más de 700 galaxias cuyo aislamiento está bien establecido (Karachentseva 1973), para las que hemos obtenido sus luminosidades en el rango visible y en el infrarrojo (Verdes-Montenegro et al. 2001a). A estos datos estamos añadiendo información, a otras longitudes de onda, que pueda servir de referencia en el estudio de las interacciones. En la Fig. 2 mostramos a modo de ejemplo una de las galaxias de dicha muestra, conocida como la galaxia más aislada del Universo Local (Karatchensev et al. 1996).

El otro problema al que nos enfrentamos son las escalas de tiempo características, inasequibles para

“las galaxias son sistemas cambiantes”

nosotros. En este caso la aproximación es estadística: si no podemos seguir la evolución completa de una galaxia, componemos los fotogramas de muchas en diferentes

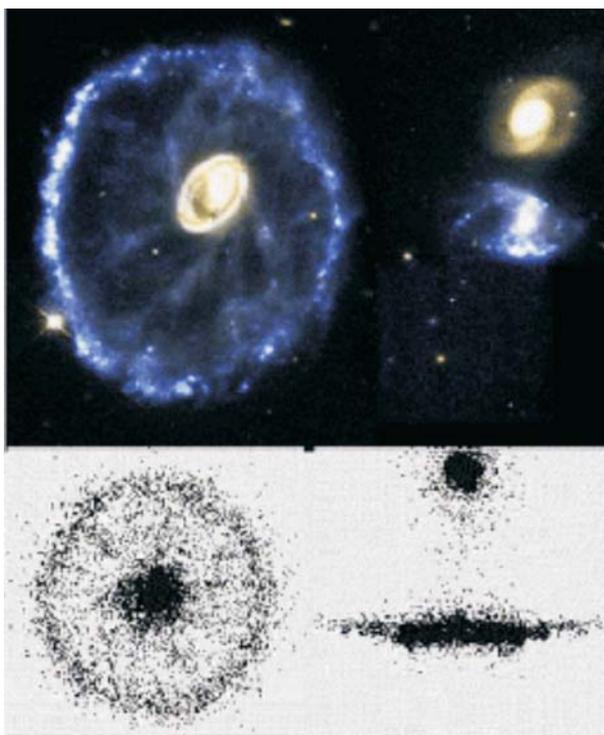


Figura 3. La imagen inferior corresponde a un fotograma de una simulación numérica realizada por E. Athanassoula. En él se muestra una galaxia de frente (izda.) y otra de perfil (dcha.) que acaba de ser atravesada por otra más pequeña. La simulación tiene como objeto reproducir el sistema real que mostramos en la imagen superior: la galaxia de la Rueda de Carreta, cuya estructura está dominada por un prominente anillo. Junto a ella podemos ver sus dos galaxias compañeras, a una de las cuales se atribuye el origen del anillo. Esta imagen ha sido obtenida con el telescopio espacial Hubble.

estados evolutivos. Por ello, el estudio de grandes muestras de galaxias se hace indispensable, aunque no siempre es factible debido a la gran cantidad de tiempo de observación que suele requerir. Otra aproximación complementaria al problema es la realización de simulaciones numéricas, en las cuales el ordenador aplica las leyes físicas conocidas a un conjunto de partículas que representan el gas y/o las estrellas de una o varias galaxias, y partiendo de diferentes condiciones iniciales, se hace evolucionar el sistema mediante el cálculo de las fuerzas de interacción en diferentes posiciones y tiempos. Con ello se pueden comprimir miles de millones de años en unos pocos

segundos. En la Fig. 3 mostramos un instante de una simulación numérica en el que se reproduce con gran precisión la morfología de la galaxia real que se muestra encima de ella. Sobre este sistema hablaremos con más detalle en la próxima sección.

INTERACCIONES MENORES Y MAYORES

Clasificamos la interacción entre dos galaxias como *menor* cuando la masa de una de ellas supera a la de la otra en un factor del orden de 10. Estas colisiones pueden producir, entre otros: brotes de formación estelar; un segundo núcleo en la galaxia más masiva, debido a la *absorción* de la otra; anillos polares, es decir, perpendiculares al plano de la galaxia mayor, correspondientes a los restos de la satélite que han quedado en órbita (Fig. 4); y estructuras de anillo en la galaxia dominante formados al ser atravesada por la satélite. En la Fig. 3 hemos mostrado un ejemplo: la galaxia de la Rueda de Carreta, que debe muy probablemente su estructura al paso por su centro de una más pequeña, como sugieren las simulaciones numéricas realizadas por E. Athanassoula (<http://www-obs.cnrs-mrs.fr/dynamique/pap/simul.html>).

Cuando las masas de las galaxias que colisionan son similares, son también frecuentes los brotes de formación estelar (e.g. el par de galaxias en interacción conocido como Las Antenas). En cuanto a las morfologías, la señal de identidad de una colisión es



Figura 4. Imagen combinada en los filtros B, V y R de la galaxia NGC 4650A, tomada con el Very Large Telescope (ESO, Chile), en la que se observa un ejemplo de anillo polar.

la formación de colas de marea y puentes de materia entre las dos galaxias en interacción, que a veces son visibles en la componente estelar, pero principalmente se hacen prominentes en el gas atómico (HI) que emite a una longitud de onda de 21 cm. Ello se debe a que el HI constituye la componente más frágil de una galaxia, tanto por su baja densidad como por su situación más exterior en el disco de la galaxia. Su comportamiento es similar a los cristales rotos en un accidente de coche, los cuales indican claramente que ha tenido lugar una colisión y de qué modo. El gas nos da por tanto una información crucial sobre la dinámica del sistema en estudio. Esto es de gran relevancia en la comprensión de sistemas complejos, como los grupos densos de galaxias, en los que entre 4 y 10 galaxias cohabitan en un espacio muy pequeño, de manera que a menudo sus discos están en contacto. Nosotros hemos estudiado la distribución de gas en 16 de estos grupos mediante el interferómetro centimétrico del VLA (Very Large Array) y ello nos ha permitido elaborar un esquema evolutivo. Encontramos que a medida que los grupos evolucionan, las galaxias se vuelven cada vez más deficientes en HI que pasa a formar un complejo entramado de colas y puentes de marea (e.g. el grupo 16 del catálogo de Hickson que

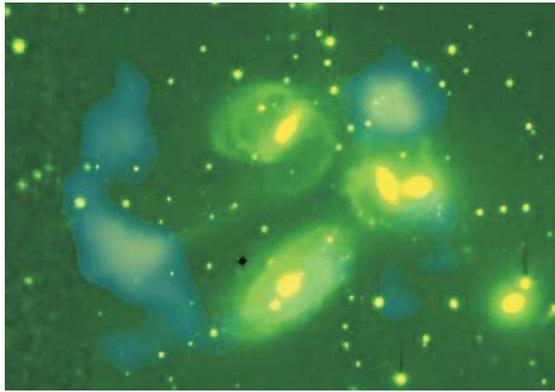


Figura 5. En el grupo compacto de galaxias Hickson 92 (el Quinteto de Stephan) las interacciones han despojado a las galaxias de la mayor parte del gas (azul), así como de una pequeña parte de las estrellas (verde y amarillo) que forman colas de marea (Verdes-Montenegro et al. 2001).

mostramos en la portada en grande). Estas colas, más frágiles una vez separadas de sus discos, llegan incluso a ser destruidas posteriormente, haciendo que el grupo completo quede desprovisto de hasta el 90% de su contenido de gas atómico (Verdes-Montenegro et al 2001b; véase la Fig. 5 y la imagen pequeña de la portada).

CÚMULOS DE GALAXIAS

El 10% de las galaxias se encuentran en cúmulos, cuyo número de miembros puede llegar a ser de varios miles, como en el caso de Coma. En este caso la evolución se produce debido al movimiento rápido, ¡del orden de 1000 km/s!, de las galaxias en el cúmulo, que van perdiendo su propio gas y formando un medio intracúmulo muy caliente, con un máximo en el centro, y que *evapora*

literalmente el material de las galaxias que se acercan. También en los cúmulos tiene lugar el fenómeno denominado "canibalismo galáctico", por el cual las galaxias más masivas atraen y absorben a las más pequeñas. En la Fig. 6 mostramos una galaxia del cúmulo Abell 3827 que ya ha ingerido varias galaxias menores, y rodeada de algunas candidatas a ser "canibalizadas". Estas galaxias fagocitarias son las más grandes que se conocen y su morfología es elíptica. Cualquiera de las pequeñas galaxias que la rodean puede tener un tamaño similar al de nuestra propia Vía Láctea.

Vemos pues que la vida de las galaxias guarda muchas similitudes con la nuestra. El entorno nos condiciona enormemente y nuestras relaciones producen lazos, como los puentes y colas que observamos en galaxias en interacción. Es también muy frecuente que "el pez grande se coma al chico" como las galaxias caníbales de los cúmulos de galaxias. Sin duda los nuevos instrumentos que verán la luz en los próximos 10 años, como el VLA expandido, el gran interferómetro milimétrico ALMA, el satélite infrarrojo Herschel o el gran telescopio canario (GTC) en el visible, harán que la *sociología* de las galaxias no deje de asombrarnos con nuevas sorpresas.

L. Verdes-Montenegro (IAA)

Referencias:

Karachentseva, I. 1973, *Comm. Spec. Ap. Obs., USSR*, 8, 1

Karachentsev, I., Musella, I., y Grimaldi, A. 1996, *Astronomy and Astrophysics*, 310, 722

Verdes-Montenegro, L., Sempere, M. J., Sulentic, J., Cernicharo, J. 2001a, *ESA SP-460*, 315

Verdes-Montenegro, L., Bosma, A., Athanassoula, E. 1995, *Astronomy and Astrophysics* 300, 65

Verdes-Montenegro, L., Yun, M. S., Williams, B. W., Huchtmeier, W. K., Del Olmo, A., Perea, J. 2001, *Astronomy and Astrophysics*, 377, 812

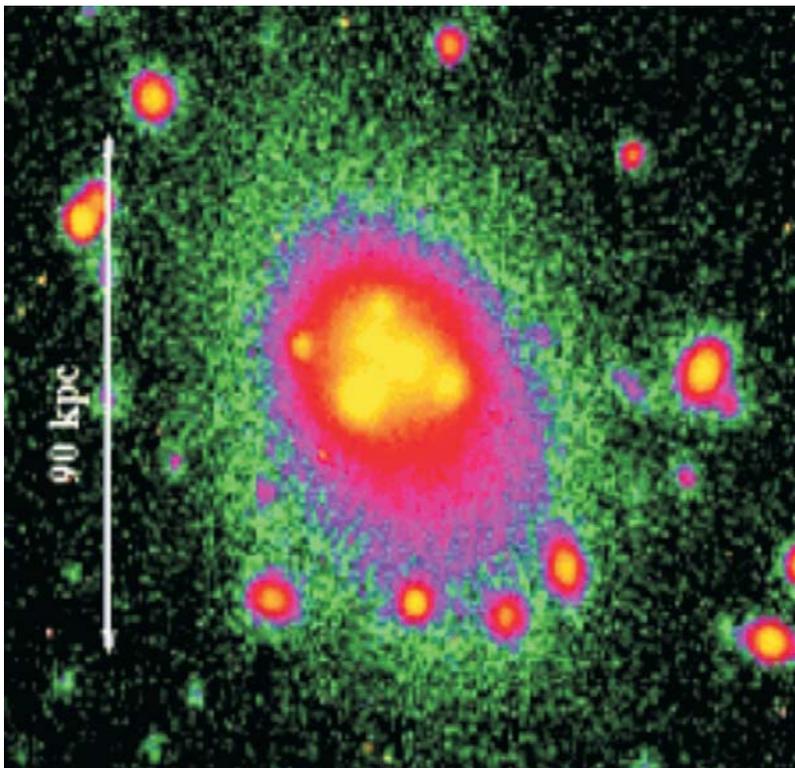


Figura 6. Galaxia gigante del cúmulo Abell 3827 rodeada de varias "más pequeñas" de tamaño similar a nuestra Vía Láctea. En su interior se aprecian cinco que ya han sido "canibalizadas". Imagen de M. West.

Pulsación estelar: nuevas técnicas, nuevos avances

Las estrellas variables pulsantes presentan variaciones de luminosidad que son producidas en el interior de la propia estrella. Tales variaciones se deben a la existencia de movimientos dinámicos a escala estelar y de una forma más o menos rítmica; de ahí el nombre de "pulsante". Estas estrellas desempeñan un papel primordial en nuestro entendimiento del Cosmos, bien a través del estudio de sus interiores, bien a través del establecimiento de escalas de distancias. Según el tipo de pulsante, las características observacionales de las variaciones son diferentes, con escalas de tiempos desde unos pocos minutos en algunos tipos hasta centenares de días en otros, y amplitudes entre unas pocas milimagnitudes y varias magnitudes. En cualquier caso, las variaciones que tienen lugar en el interior de algunos tipos de pulsantes son espectaculares, pudiéndose llegar a oscilaciones de hasta millones de kilómetros en escalas de tiempo de decenas de días en algunas pulsantes clásicas supergigantes. Pero algunas pulsantes de corto periodo no se quedan atrás en cuanto a espectacularidad: las capas externas de la variable SX Phoenix, prototipo de las variables del mismo nombre, recorren en tan solo una hora y veinte minutos más de 200.000 km (100.000 en cada sentido) en algunos de sus ciclos. Por otra parte, la "vida pulsacional" de una estrella está marcada por el tiempo que la estrella pasa en una determinada zona del diagrama de evolución Hertzsprung-Russel, denominada *banda de inestabilidad*. En particular, para una estrella de masa dos veces la de nuestro Sol y abundancias solares, su vida pulsacional es de unos 750 millones de años. Este tiempo se reduce a menos de 500 millones para una estrella de población II que evoluciona por la misma zona de dicho diagrama evolutivo.

El conocimiento exacto de los modos de oscilación de una estrella conlleva la posibilidad de un examen exhaustivo del interior estelar a través de la construcción de modelos de pulsación. Por ello, la precisión en las observaciones es de suprema importancia y ha llevado a la aparición,

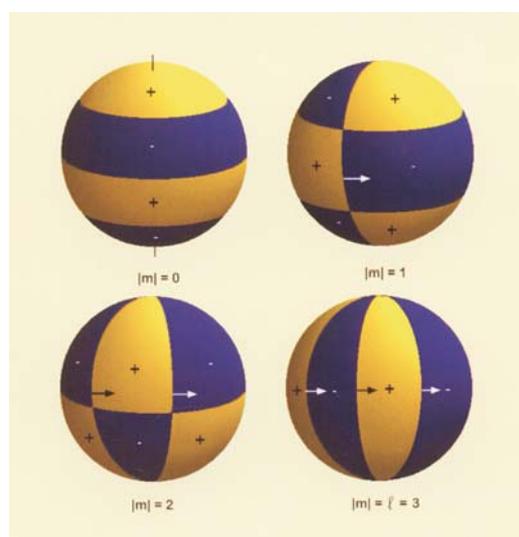


Figura 1. Diferentes modos de oscilación no radial en una estrella pulsante. Todos los casos corresponden al grado angular $l=3$ para diferentes valores del orden azimutal m . l y m vienen definidos por los armónicos esféricos solución de las ecuaciones de la oscilación y nos dan información sobre el aspecto superficial de la misma. Las zonas de igual color se corresponden con zonas en la misma fase pulsacional (hacia dentro o hacia fuera de la superficie estelar).

en los últimos años, de un nuevo término en Astrofísica denominado Astrosismología que tiene que ver con el complejo y variado número de modos de pulsación de algunas estrellas y también con la mejora de precisión en las medidas y en las técnicas de reducción y análisis de datos. El aumento en la precisión conlleva además el continuo descubrimiento de pulsantes de muy pequeña amplitud que, hasta hace muy poco tiempo, eran consideradas como constantes. Esto hace que, en algunos tipos de pulsantes, el número de variables conocidas actualmente aumente de forma casi exponencial a medida que las variaciones son más pequeñas y nos acercamos al nivel de detectabilidad de los instrumentos. Este es el caso de las de tipo Scuti, pulsantes de corto periodo, entre media hora y unas seis horas, con amplitudes entre unas pocas milésimas de magnitud y varias décimas. Este aumento de precisión en las medidas, unido a los proyectos de largo seguimiento que actualmente están funcionando desde la Tierra (tipo OGLE, MACHO, etc), o a los datos obtenidos por el satélite Hiparcos, ha llevado a incrementar enormemente el número de pulsantes conocidas durante los últimos años. Este avance

viene fielmente reflejado en las propias pulsantes de tipo Scuti. La primera variable de este tipo fue descubierta a principios del siglo XX y en 1994 solo habían 298 catalogadas. En cambio, en el año 2000 teníamos ya catalogadas más de 600, es decir, más del 50% han sido descubiertas en los últimos 6 años. Otro ejemplo claro son las pulsantes de tipo SX Phoenix (similares observacionalmente a las Scuti pero de población más vieja) en cúmulos globulares: en la actualidad se conocen cerca de 200 de las que el 80% han sido descubiertas en los últimos cinco años. Otro ejemplo son las pulsantes tipo Doradus (periodos del orden de 1 día y amplitudes de unas pocas centésimas de magnitud), las cuales no fueron definidas como grupo hasta 1995. En la actualidad hay catalogadas un par de decenas, y más de un centenar están propuestas como candidatas a presentar este tipo de variabilidad. En general, los números correspondientes a las estrellas variables pueden ser resumidos de la siguiente manera: se conocían 18 variables en 1844, 4.000 en 1912 y 40.000 a principios de la década de los 90 (incluyendo aquí todas las variables intrínsecas y binarias eclipsantes), de las que el 90% eran pulsantes; más de 10.000 nuevas variables se han descubierto durante la última década de las que alrededor del 50% lo han sido gracias a la misión Hiparcos a bordo del satélite del mismo nombre.

***“las capas
externas...recorren en
tan solo una hora y
veinte minutos más de
200.000 km”***

En un futuro muy cercano, se esperan muchos y muy buenos resultados de las próximas misiones espaciales, cuyos satélites serán lanzados en los próximos años. Este es el caso de las misiones "nacionales" COROT (francesa con socios, incluida España), MONS (danesa) y MOST (canadiense) que tienen entre sus objetivos principales el estudio de la variabilidad estelar mediante el seguimiento continuado de una

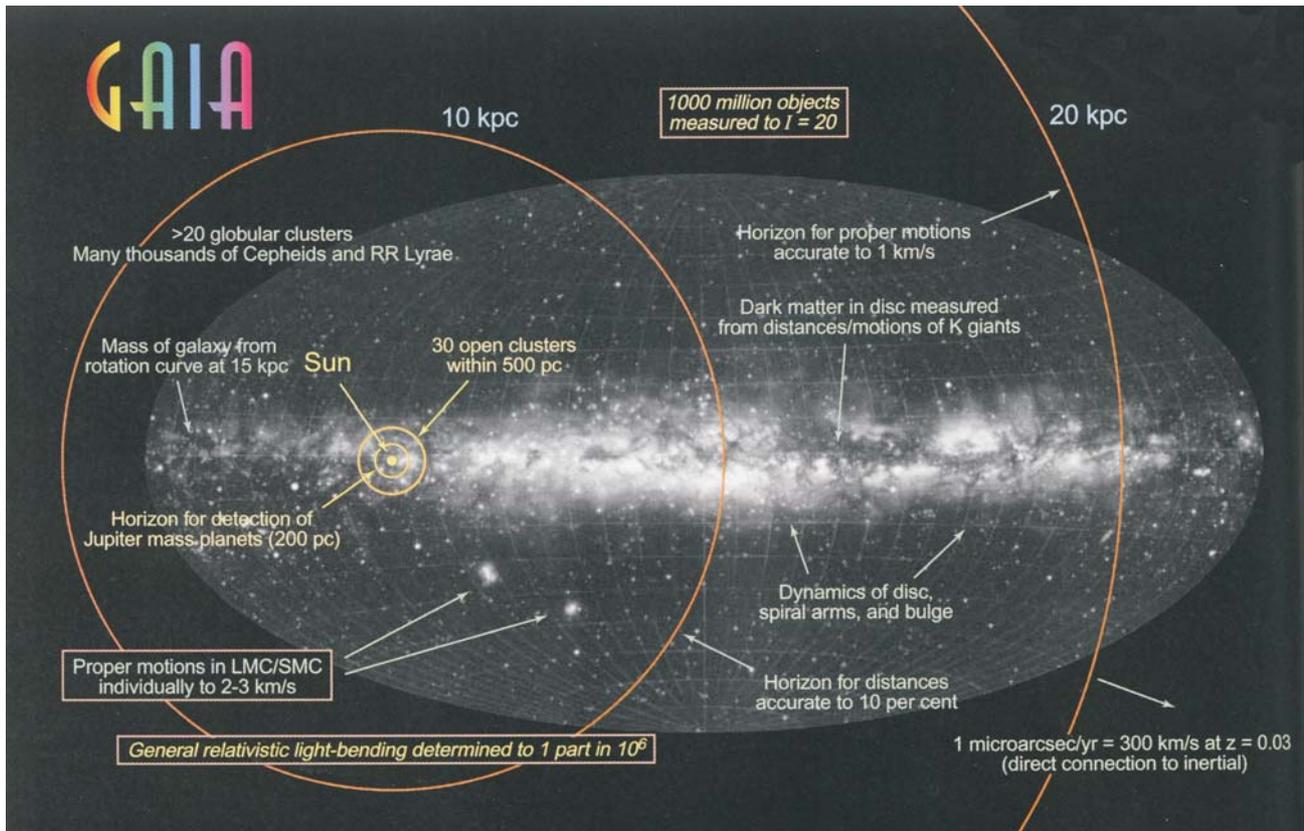
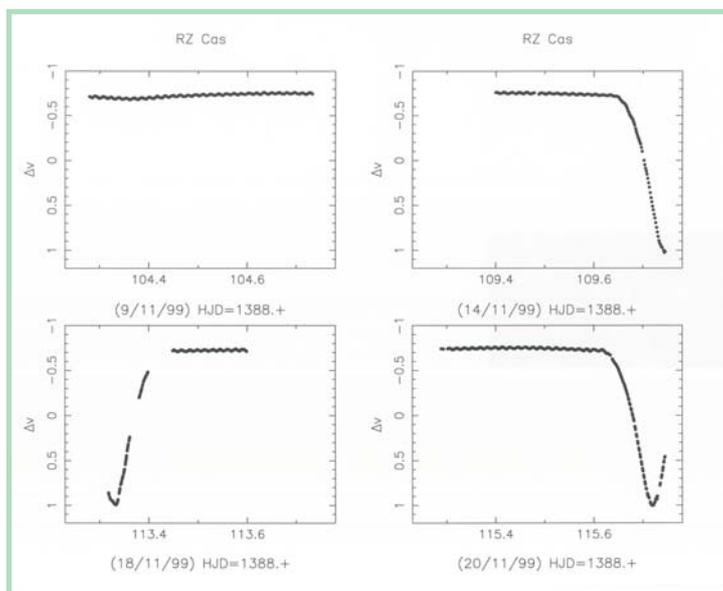


Figura 2. Aspecto a gran escala de las características y objetivos de la misión espacial GAIA cuyo lanzamiento está previsto para el año 2009.

muestra previamente seleccionada de variables de interés general. En el caso de COROT, el lanzamiento está previsto para 2004; la precisión a alcanzar en la fotometría es de unas pocas millonésimas de magnitud y entre sus objetivos principales figura también el descubrimiento de planetas extrasolares mediante la detección de tránsitos planetarios. Un proyecto mucho más ambicioso es la misión espacial europea Eddington que está aún en vías de aprobación por la Agencia Espacial Europea y cuyo lanzamiento está previsto hacia 2010-2012. En este caso se trata de un telescopio de tipo mediano (1.2 metros) con 5 años de vida; entre sus objetivos primordiales están ciertos estudios de Astrosismología y la detección de planetas "habitables" extrasolares. Se entiende por habitables aquellos planetas del tamaño aproximado de la Tierra, a diferencia de los planetas del tipo de Júpiter a los cuales se puede llegar con la precisión de COROT. Es evidente que el avance que se prevé en estos campos para los próximos

años es extraordinario, así como para la Astrofísica que se puede desarrollar en paralelo a estos acontecimientos (estructura y evolución estelar, formación y evolución de sistemas planetarios, técnicas de análisis, etc). Espectacular es también el avance que se espera de la misión espacial europea GAIA (varios grupos de nuestro país están implicados en ella), cuyo lanzamiento está previsto para el año 2009 y cuyos objetivos fundamentales están enfocados hacia

la fotometría y astrometría estelar, de forma similar a los de la misión Hiparcos de la década anterior. Pero mientras que en Hiparcos la magnitud límite de observación estaba en 12 mag, ahora está en 20 mag. El número de estrellas observadas por Hiparcos fue de unas 120.000; ahora es de 1.000 millones, es decir, 10.000 veces las estrellas observadas por Hiparcos. La precisión astrométrica de Hiparcos era de 1 milisegundo de arco para estrellas de 10 mag, mientras que GAIA tendrá una de 4 microsegundos de arco para estrellas de la misma magnitud y 0.16 milisegundos de arco para estrellas de 20 mag. La precisión de Hiparcos permitía la detección de planetas extrasolares del tipo de Júpiter a una distancia de 10 pc, mientras que con GAIA y a la misma distancia se prevé poder detectar planetas del tipo de la Tierra.



E. Rodríguez
(IAA)

Figura 3. Curvas de luz obtenidas en el Observatorio de Sierra Nevada durante cuatro noches de noviembre de 1999 en el filtro V de Strömgren para el sistema binario eclipsante RZ Cas (periodo orbital=1.1953 días) en el que la componente primaria es una variable pulsante tipo Delta Scuti con periodo pulsacional de tan solo 22 minutos y amplitud del orden de 0.02 mag. En las figuras se observan simultáneamente los dos tipos de variaciones: binariedad y pulsación durante cada noche de observación. HJD significa Día Juliano Heliocéntrico.

THE BLACK HOYLE

Nacido en Yorkshire en 1915, hijo de una profesora y de un vendedor de telas, el carácter de Fred Hoyle fue moldeado por su entorno: los humos de las fábricas y la miseria tan características de la “belle époque”. Las duras críticas al sistema que oía en casa contribuyeron a que adquiriese el hábito de cuestionar lo establecido. Fracásó en su primer intento de ingresar en Cambridge pero, una vez dentro, trabajó con Eddington y Dirac.

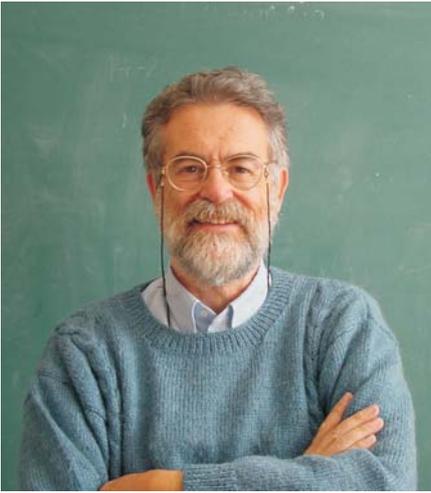
En el centro de investigación del radar, durante la segunda guerra mundial, Fred inició una fructífera amistad con dos jóvenes austríacos: T. Gold y H. Bondi. Este trío, junto a R. Lyttleton, asentó los pilares de la teoría de la creación continua o del estado estacionario, opuesta a la del Big Bang. La creación continua defendía que se creaba materia fresca al mismo ritmo de la expansión del universo, manteniendo así su densidad constante. Los enfrentamientos entre las dos escuelas fueron homéricos; baste recordar que en una reunión sobre Cosmología, G. Gamow retiró un retrato de Einstein, que presidía las sesiones, al llegar el turno de los “herejes” como si sus alocuciones pudiesen ofender al eminente científico. Y esa quizá no haya sido una de las mayores ofensas hechas a Fred Hoyle. Su mordacidad, sin embargo, era superior. Bautizó la teoría rival de Big Bang, nombre que ha perdido un poco la connotación peyorativa que tenía entonces pero que aún hoy recuerda más a un bocadillo que a toda una teoría cosmológica. Creo que sus adversarios científicos le perdonaban su talante iconoclasta pero no le podían perdonar la brillantez de sus respuestas, sus grandes conocimientos de Física y Matemáticas, ni su incisiva capacidad crítica y, menos aún, que hiciera realmente grandes contribuciones a la Astrofísica.

A raíz de la lucha titánica con la big band (no es un error de tipografía) Hoyle marcó época en la nucleosíntesis estelar. Gamow insistía que todos los elementos pesados habrían sido creados durante la gran explosión inicial. La opinión de Hoyle era distinta: los elementos pesados serían producidos poco a poco en el interior de las estrellas. Los prejuicios cegaron a la mayor parte de los científicos que apoyaron firmemente a Gamow. Como en el caso de los periódicos cuando publican falsedades, las erratas -cuando existen- suelen estar en letra pequeña y en la sección de venta de sellos. Los artículos de Hoyle sobre la transmutación de los elementos químicos en el interior estelar son todavía puntos de referencia, además de su trabajo con Schwarzschild en 1955 sobre evolución estelar. En esta investigación, por primera vez, se simuló numéricamente la transformación de estrellas “normales” en gigantes rojas. Toda la investigación de Fred Hoyle sobre evolución estelar, y en particular, sobre la nucleosíntesis, le quitó un poco de la mancha negra que parte de los astrofísicos echaban a sus espaldas por su quijotesca defensa de la teoría de la creación continua.

Más tarde Hoyle continuó también por caminos poco ortodoxos. En cierta forma, revivió la panespermia de Anaxágoras: cometas que traían los prolegómenos de la vida. Discusiones, risas, groserías y en pocos casos análisis atento de sus colegas, fueron el resultado de una serie de artículos publicados en los últimos años.

Fred Hoyle murió el 20 de Agosto del 2001. Parte del mundo científico fue injusto con él porque la barca que conduce el pensamiento de los hombres les llevó a creer que era mejor un solo despropósito inicial grandioso que pequeños despropósitos diarios. Sin duda, Fred Hoyle ha dado al mundo científico mucho más de lo que ha recibido.

Antonio Claret (IAA)



ENTREVISTA A RICARDO AMILS

Catedrático de Bioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid e Investigador Científico del CSIC, asociado al Centro de Astrobiología (INTA/CSIC).

¿Podrías resumirnos tus intereses científicos a lo largo de tu carrera?

La verdad es que en este aspecto he tenido una amplia evolución, de la que no me arrepiento. En realidad soy químico, empecé a trabajar en síntesis de carbodiimidas sustituidas con el fin de estudiar su reactividad. Finalmente terminé en la Facultad de Medicina de la U. de Buenos Aires, Argentina, con una beca del Ministerio de Trabajo, realizando mi tesis doctoral en metabolismo de bacterias termófilas. Ese fue mi primer contacto con la extremofilia. Realicé mi primera estancia posdoctoral en degradación de proteínas anormales en la Escuela de Medicina de Dartmouth, New Hampshire, continué con otra en la U. de Columbia en Nueva York trabajando en biofísica: transferencia de energía, fotomarcaje de afinidad y reconstitución de ribosomas. Finalmente me incorporé al Centro de Biología Molecular (UAM-CSIC), en el que he continuado trabajando en reconstitución de ribosomas, lo que nos ha llevado al estudio de ribosomas de microorganismos extremófilos (halófilos y termófilos). De ahí a interesarme en la extremofilia hay un sólo paso. En este momento estoy interesado en los microorganismos acidófilos del río Tinto, su biodiversidad, la génesis de aguas ácidas, el modelo de vida basado en el metabolismo del hierro, su analogía con el arcaico terrestre y con Marte, la Astrobiología, la Biominería, el secuestro de metales pesados. De cualquier manera continúo interesado en mis temas de juventud, concretamente en la reconstitución de ribosomas y su inhibición con antibióticos. Esa educación multidisciplinar seguramente ha influido en mi interés por la Astrobiología.

¿Cómo definirías la vida? ¿Cuán frágil es?

Es tremendamente difícil definir la vida. Podemos identificar seres vivos, pero definir la vida lo han intentado muy buenos científicos y todos han fracasado. Lo que sí sabemos es que la vida es robusta, capaz de desarrollarse en condiciones muy extremas de temperatura, fuerza iónica, presión, acidez, basicidad, radiación, etc. Esa robustez tiene importantes connotaciones astrobiológicas. La vida tiene muchas posibilidades de desarrollarse fuera del planeta azul.

¿Resulta difícil la vida en el Río Tinto?

Debe ser más fácil de lo que suponíamos porque el nivel de biodiversidad procariótica y sobre todo eucariótica es apabullante. Es increíble ver la cantidad de seres vivos capaces de vivir frente a gradientes de seis órdenes de

magnitud de pH y sin otra protección que la membrana citoplasmática. Eso, sin mencionar las elevadas concentraciones de metales pesados (cobre, plata, arsénico, zinc) que existen en el río a causa del bajo pH del mismo. A excepción de los procariotas responsables de las condiciones extremas del río, el resto de los microorganismos: bacterias, cianobacterias, algas, dinoflagelados, levaduras y hongos son muy parecidos a los que se encuentran en otros hábitats. La conclusión es que debe ser más fácil adaptarse a esas condiciones que lo que creíamos hace unos cuantos años.

¿Es plausible considerar la existencia de vida extraterrestre desde una perspectiva científica?

Hay científicos que piensan que nuestro planeta es raro y que el fenómeno de la vida sólo se ha podido dar en él. De cualquier manera, creo que somos mayoría los que no estamos de acuerdo con esa visión excesivamente homocéntrica. El cálculo de probabilidades nos dice que deben existir muchos planetas con condiciones parecidas a las del nuestro, por lo tanto capaces de generar o por lo menos albergar vida como la nuestra. El número de planetas observados fuera de nuestro sistema solar aumenta exponencialmente, y eso que nuestros sistemas de detección son muy primitivos. En los próximos años podremos estudiar las características de las atmósferas de planetas orbitando otras estrellas. Dependiendo de esas características podremos tener un mejor conocimiento de las posibilidades de la vida en el Universo, y eso teniendo sólo en cuenta nuestro sistema de referencia.

¿Qué misiones espaciales consideras relevantes para el estudio de las posibilidades de vida?

Creo que todas las misiones espaciales que están en marcha o en proceso de estudio son vitales para responder preguntas relevantes sobre la existencia de vida en el Cosmos. Las dedicadas a nuestro sistema solar porque permitirán conocer en un tiempo razonable las características de distintos sistemas explorables (Marte, Europa, Titán) y su compatibilidad con la vida tal y como la conocemos en la Tierra. Las dedicadas a explorar otras estrellas de nuestra galaxia o de otras galaxias porque nos permitirán conocer la regularidad o la singularidad de nuestro sistema solar. Todas producirán avances tecnológicos de indudable utilidad. De cualquier manera, tengo especial predilección por la exploración de Marte, porque eso está sucediendo ya.



Fotos: http://www.cab.inta.es/pagina/Lab_bacte

El estudio y caracterización de ambientes extremos terrestres se considera fundamental en el mapa de ruta de la Astrobiología

¿Cuál es tu opinión sobre el famoso meteorito ALH.....? ¿Aporta indicios sobre la existencia de vida extraterrestre?

Yo creo que ha animado definitivamente las discusiones sobre las posibilidades de vida en el Universo. En general, el "stablishment" científico está muy en contra, probablemente por la manera en que se hizo pública la comunicación. A mí en particular me cae bien McKey, me parece una persona muy crítica y razonable. Me disgusta la caza de brujas que se ha organizado a su alrededor. De los cuatro posibles signos de vida enunciados en su trabajo: presencia de PHBs, temperatura de formación de los carbonatos, presencia de magnetita similar a la biológica y tamaño mínimo de la vida, creo que la cosa anda en empate. Los PHBs son indudablemente fruto de la contaminación terrestre, la temperatura de formación de los carbonatos ha bajado sensiblemente y está cerca de los límites compatibles con la vida en nuestro planeta, la magnetita se parece a la de los magnetosomas bacterianos (aun cuando hay detractores que dicen haber conseguido sintetizar sistemas parecidos en condiciones abióticas), y finalmente el problema del tamaño mínimo para un ser vivo es una discusión bizantina, ¿no sabemos definir la vida y somos capaces de ponerle límites!. En plena crisis de la vacas locas deberíamos ser un poco más prudentes. Creo que es una cuestión abierta. Hay otros meteoritos que se están analizando. En pocos años tendremos muestras marcianas.

La Astrobiología es, por definición, multidisciplinar. ¿Qué recomendarías estudiar a un joven que pretenda dedicarse a ella?

Precisamente porque la Astrobiología es multidisciplinar habría que recomendar apertura de miras. Por desgracia, nuestras carreras son extremadamente especializadas. Esa ha sido la moda en los últimos años. Por suerte parece

que hay una tendencia en sentido contrario, pero llevará tiempo cambiar nuestros currícula. En cualquier caso, de nada sirve lamentarse. Cualquier carrera científica o de ingeniería puede servir de base. Obviamente sería aconsejable escoger asignaturas de libre configuración que enriquezcan la multidisciplinariedad. Y sobre todo participar en los foros de divulgación y debate astrobiológicos. Por suerte en nuestro país existe un Centro de Astrobiología, asociado al NASA Astrobiology Institut, que puede servir de referencia y contacto con especialistas que han empezado su aventura astrobiológica.

Algunas de sus preferencias personales

- Una obra musical: *Take Five (D. Brubeck)*
- Un libro: *Rayuela (Cortázar)*
- Una película: *Metrópolis*
- Un pintor: *Tapies*
- Una ciudad: *Nueva York con o sin torres*
- Un paisaje: *el desierto de Atacama*
- Un sueño: *que encontremos signos de vida en el planeta rojo*

A. Alberdi - J. C. del Toro Iniesta (IAA)

EL “IMPACTANTE” NACIMIENTO DE LA LUNA



Algunos trabajos recientes sobre el origen de la Luna han despertado un gran interés por este viejo problema astronómico y geofísico. La única teoría que parecía explicar el origen de nuestro satélite, la llamada "hipótesis del impacto", tenía serios problemas hace apenas cuatro años. La razón del renovado interés es que estos trabajos recientes aportan resultados nuevos que parecen eliminar dichos problemas y reforzar esa teoría. Aunque todavía quedan algunas incertidumbres por aclarar...

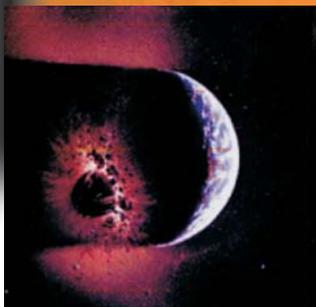


Imagen tomada por la sonda Galileo en diciembre de 1992. Cortesía JPL/NASA.

A mediados de los años setenta, el refinamiento de la teoría del acrecimiento (mecanismo de Safronov) y los resultados de las misiones Apolo impulsaron los trabajos de dos grupos diferentes, liderados por W. Hartman y A. Cameron. Estos trabajos propusieron que un cuerpo de un tamaño similar al actual de Marte, y aproximándose a unos 10 km por segundo, podría haber impactado de modo oblicuo con la Tierra arrancándole parte de su manto; parte del material expulsado habría quedado en órbita alrededor de la Tierra dando lugar a la Luna.

Con esta teoría se explicaban tres datos básicos de un modo directo: la gran diferencia de masas entre la Tierra y la Luna, la diferencia de composición química (el muy bajo contenido en hierro y elementos volátiles de la Luna), y el gran momento angular que posee el sistema Tierra-Luna. En contraste con estos méritos, existía la clara dificultad de realizar estimaciones cuantitativas precisas. Describir la física e hidrodinámica de un proceso como el de un impacto gigantesco entre dos cuerpos sólidos

heterogéneos, con la dificultad añadida de la gravedad mutua entre un gran número de cuerpos (los despojos del impacto), no era una tarea realista para las simulaciones que eran factibles en aquella época. Y la propuesta del impacto no pasó de ser eso, una hipótesis de trabajo. Solo el aumento de la capacidad de cálculo en las siguientes décadas y los avances en algoritmos para impactos y explosiones que permitían incorporar gravedad e hidrodinámica permitieron acometer dichas simulaciones cuantitativas con mejores expectativas. Es entonces cuando surgieron serios problemas para el escenario del impacto.

Una primera dificultad era poner en órbita (fuera del radio de Roche) una cantidad de masa suficiente para formar la Luna, y con el momento angular adecuado. Para ello el bólido debía de ser suficientemente masivo; más concretamente, su masa debía de ser el 35% de la masa total. En otras palabras, el impacto debió de ocurrir cuando la Tierra tenía sólo unos 30 millones de años; aún le quedaban otros 20 o 30 millones de años de acrecimiento de material hasta llegar a su masa actual. El problema radicaba en que la Luna recién formada también habría incorporado material acabando por

enriquecerse demasiado en hierro, contrariamente a lo observado. Otra dificultad era que el material expulsado tendería a formar un disco que, en vez de acrecer formando una sola Luna, habría dado lugar a una miríada de "lunitas" pequeñas (las fuerzas de marea limitaban la aglomeración).

El horizonte de esta teoría empezó a mejorar el año pasado cuando un grupo de investigadores japoneses, utilizando un algoritmo de simulación de la interacción de N cuerpos perfeccionado con efectos no locales, simuló de modo eficaz la formación de una sola Luna a partir de un disco de acrecimiento, y en tan solo un mes tras el impacto. Parece que esos efectos no locales aparecen en una evolución del disco que forma espirales cuyo giro coloca material fuera del límite de Roche. Y este verano, Canup y Asphaug, en un trabajo publicado en la revista Nature (412, 708-712, 2001) proponen una solución también para el primer problema. Según estos investigadores, con un ángulo óptimo de incidencia del bólido, y con un momento angular similar al del actual sistema Tierra-Luna, la masa del bólido podría ser tan solo del 10% de la masa de la prototierra. La probabilidad de impacto de bólidos



más pequeños era sin duda mayor debido a su mayor número, pero las simulaciones anteriores requerían impactos casi frontales (y por tanto con demasiado hierro) para arrancar suficiente material. Ahora bien, dichas simulaciones utilizaban una resolución muy pobre, con “partículas” del tamaño del núcleo lunar.

Canup y Asphaug reanalizaron el impacto de un bólido pequeño con una resolución 10 veces superior a la de los intentos anteriores, y con una ecuación de estado más

adecuada a los procesos de compresión de rocas. Con ello produjeron un tipo de impacto que cumple los requisitos básicos de bajo hierro, masas correctas de la Tierra y la Luna así como su momento angular. Además,



sugieren que la Luna nació hacia el final de la formación terrestre, quizás a los 50 ó 70 millones de años del comienzo del acrecimiento. El material expulsado sería del orden del 5% de la masa del sistema Tierra-Luna, proveniente en su mayor parte del bólido, y con un momento angular del 10% del sistema, exceso que se perdería en los siguientes mil millones de años por las mareas solares. Los datos del material expulsado se ajustan a los necesarios para que un disco de acrecimiento genere una sola Luna.

Queda bastante trabajo para explicar diversos aspectos, tanto en las fases del propio impacto (con una ecuación de estado más realista) como en las de formación y evolución del disco de despojos, pero la llegada de ordenadores potentes que permitan aumentar aún más la resolución de las simulaciones, y el aumento probable del número de investigadores que estudien el problema, ofrecen buenas perspectivas para la teoría del impacto.

M. A. López. Valverde (IAA)

DESCUBRIMIENTO DE AGUA EN UNA NEBULOSA PLANETARIA

Una estrella como el Sol se convertirá en una gigante cuando el hidrógeno se consuma en su núcleo. Las gigantes expulsan su atmósfera formando una envoltura alrededor de un núcleo estelar cada vez más caliente. Cuando la temperatura superficial de este núcleo alcanza unos 30.000 grados, su intensa radiación ioniza la envoltura. Se observa entonces una envoltura brillante en expansión rodeando a la estrella central: una Nebulosa Planetaria. Las envolturas de las gigantes contienen moléculas incluyendo las de agua. La presencia de agua se deduce de su emisión máser (similar a la emisión de un láser pero en el rango de las microondas) proveniente de las partes más internas de la envoltura, a 10-100 Unidades Astronómicas (UA) (una UA es la distancia media Tierra-Sol, unos 150 millones de kilómetros) de la estrella. En las nebulosas planetarias, la intensa radiación estelar destruye progresivamente las moléculas

siendo las de agua de las primeras en desaparecer. La existencia de agua en una nebulosa planetaria estaba por tanto descartada.

En este contexto, el descubrimiento de agua en la nebulosa planetaria K3-35 publicado por Luis F. Miranda (IAA/CSIC), Guillem Anglada (IAA/CSIC), José María Torrelles (IEEC/CSIC) y Yolanda Gómez (UNAM, México) en la revista Nature (15 de Noviembre) ha resultado sorprendente. El descubrimiento ha sido realizado con el sistema de radiotelescopios VLA (Very Large Array) en EE.UU. que consiste en 27 radiotelescopios de 25 metros de diámetro cada uno. No sólo se ha detectado agua sino que, además, la enorme resolución angular del VLA ha permitido localizar en qué regiones de la nebulosa se localiza. El agua está



Los doctores Luis F. Miranda (derecha) y José M. Torrelles durante la rueda de prensa celebrada en el salón de actos del IAA en la que se presentó este descubrimiento.

en el disco de K3-35 a unas 85 UA de la estrella y, sorprendentemente, también en dos regiones diametralmente opuestas a 5000 UA del centro y en los extremos de dos chorros supersónicos que deben desempeñar un papel importante en la emisión del agua a grandes distancias.

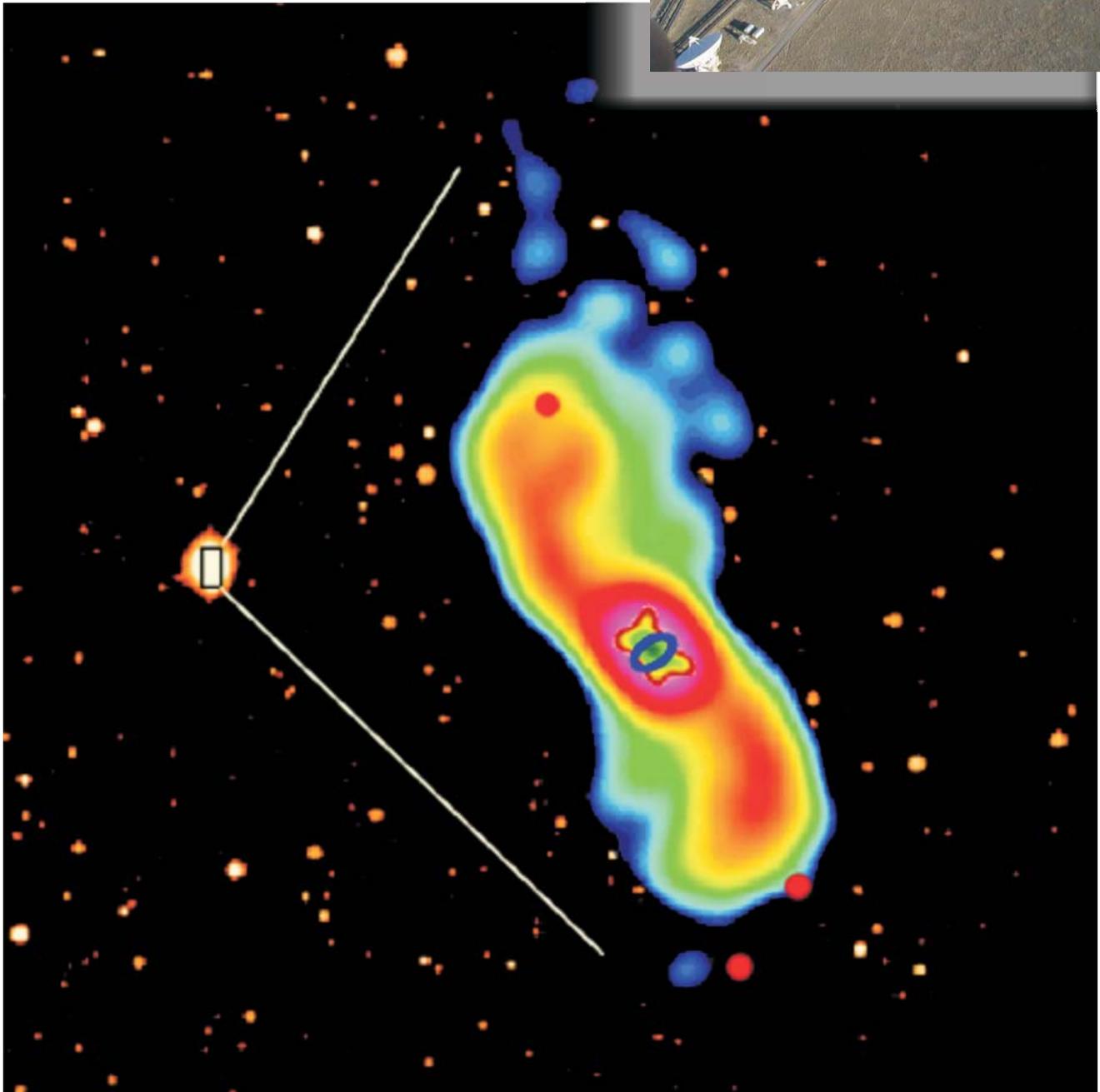
K3-35 está justo en el proceso de transformación de gigante en nebulosa planetaria. Los datos sugieren que K3-35 entró en su fase de nebulosa planetaria después de 1984. Las moléculas de agua sólo pueden sobrevivir unas pocas décadas en la fase de nebulosa planetaria. Este intervalo de tiempo es ínfimo comparado con la edad de la estrella de K3-35 que puede ser de unos diez mil millones de años. Observar una fase que dura “prácticamente nada” en de la vida de una estrella era impensable hasta ahora. Así, K3-35

ofrece una oportunidad única de estudiar la transformación de una gigante roja en una nebulosa planetaria.

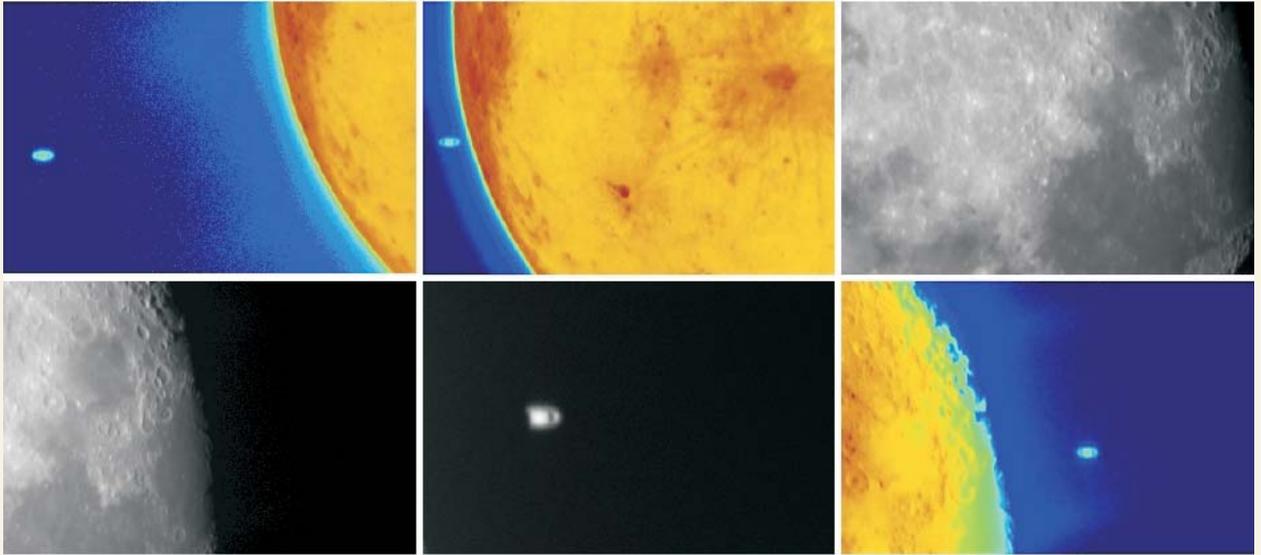
L. F. Miranda (IAA)

El Very Large Array del National Radio Astronomy Observatory en Nuevo Mexico (EE.UU.). Con este instrumento se obtuvieron las observaciones de agua en la nebulosa planetaria K3-35.

(Foto del NRAO).



La imagen de fondo muestra la zona del cielo donde se encuentra la nebulosa planetaria K3-35 (indicada con un cuadrado negro) tal como se observa en luz visible. La ampliación de este cuadrado (en color) muestra la envoltura ionizada de K3-35 observada en radio con el VLA. Se distinguen una región central brillante, en cuyo centro se localiza la estrella que ilumina la nebulosa, y dos chorros de gas curvados. El anillo en el centro representa el disco en cuyas partes más internas se ha encontrado agua. También hay agua (indicada por círculos rojos) en los extremos de los chorros. Estas regiones están separadas unas 10.000 UA.



OCULTACIÓN DE SATURNO POR LA LUNA: 3 de Noviembre de 2001

El pasado, 3 de Noviembre tuvimos la oportunidad de contemplar desde toda la geografía española un fenómeno astronómico de singular belleza: la ocultación del planeta Saturno y su peculiar sistema de anillos por la Luna.

El fenómeno de la ocultación es bastante usual. Es un hecho cotidiano que unos astros "pasen" por delante de otros, ocultando nuestra visión de estos últimos. Quizá, las ocultaciones más espectaculares y conocidas por todos sean las del Sol por la Luna, que dan lugar a los populares eclipses de Sol. A simple vista pudimos apreciar a Saturno muy cerca de la Luna hacia las 9 y media de la noche (hora local), unos 15 grados por encima del horizonte en dirección Este, quedando completamente oculto pocos minutos después para reaparecer por el lado opuesto aproximadamente una hora más tarde.

Como actividad enmarcada en la "Semana de la Ciencia y la Tecnología" y con el objeto de hacer accesible al público la belleza de tal acontecimiento, se tomaron imágenes del proceso de ocultación de modo continuo con la cámara CCD acoplada al Pequeño Telescopio del IAA (PETI). Las imágenes obtenidas cada pocos segundos se transformaban en tiempo real de modo que fuesen accesibles a través de Internet. A pesar de que coincidiendo con esta iniciativa hubo un serio problema en la red que afectó a todos los centros del CSIC y universidades que dependen de RedIRIS, el acontecimiento despertó un enorme interés computándose más de 3000 visitas en la página Web creada para el evento.

Lucas Lara y José Luis Ortiz (IAA)

SEMINARIOS DE ASTROFÍSICA EN GRANADA

http://www.iaa.csic.es/~eperez/iaa/semin_gr.html

13 de diciembre

"Cool-Bottom process in AGB stars and observational consequences". Prof. M. Busso. Universidad de Perugia-Osservatorio di Torino, Italia)

29 de octubre

"Cosmology with clusters of galaxies". Prof. S. Schindler. Astrophysics Research Institute (John Moores University, UK)

SEMINARIOS CELEBRADOS EN EL IAA

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

18 de diciembre

"The Martian atmospheric evolution: implications for the planetary water inventory" . Dr. H. Lammer. Austrian Academy of Sciences.

17 de diciembre

"Searching for signatures of life on extra-solar planets" . Dr. F. Selsis. Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)

22 de noviembre

"Cúmulos estelares en regiones de HII extragalácticas". Dra. R. González. IAA-CSIC

16 de noviembre

"The Rayleigh ellipsoid approximation. A poor man's approach to the extinction of electromagnetic radiation by small particles". Dr. A. Jurewicz. Academia Polaca de Ciencias

14 de noviembre

"Non-adiabatic eigenfunctions in the atmosphere of pulsation stars: a tool for better mode identification". Dr. A. Dupret. Université de Liège, Bélgica

7 de noviembre

"Enigmática expulsión esférica de materia en un embrión estelar. ALMA, una gran expectativa". Dr. J. M. Torrelles. Instituto Estudios Espaciales de Cataluña (CSIC)

6 de noviembre

"The Hamburg/SAO survey for low metallicity BCGs (HSS-LM)". Dr. S. Pustilnik. Astrophysical Observatory, Rusia

24 de octubre

"Acrecimiento y pérdida de masa cerca del límite subestelar". Dra. M. Fernández. IAA-CSIC

2 de octubre

"The evolution of galaxies in different cosmological environment". Dr. S. Gottloeber. IAP-Postdam

26 de septiembre

"Perspectivas científicas con VLBI a longitudes de onda milimétricas". Dr. A. Alberdi. IAA-CSIC



MEJORAS INFORMÁTICAS EN EL IAA

Durante el último trimestre del año se han completado los trabajos de instalación del nuevo equipo informático que permitirá aumentar la capacidad y la velocidad de cálculo que había llegado, en los equipos antiguos, a los límites superiores. Para satisfacer las nuevas necesidades de cálculo de todos los usuarios, se ha adquirido un nuevo sistema, compuesto por un AlphaServer ES40 y un AlphaServer DS20, ambos de Compaq, formando un "cluster" con un total de 6 procesadores, 40 Mbytes de memoria "cache" y 12 Gbytes de memoria principal.

Asimismo, también se ha sustituido el enlace de microondas existente entre la sede central del IAA y el Observatorio de Sierra Nevada por uno de mayor ancho de banda y con protocolos de seguridad mejorados. Este nuevo radioenlace aumentará la velocidad de comunicaciones con el OSN, permitiendo mejores servicios informáticos y facilitando a los astrónomos la realización de observaciones remotas.

José Ruedas (IAA)

AGENDA

CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA

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

FECHA	CONFERENCIANTE	TEMA O TÍTULO ALTERNATIVO
24 de enero	Rafael Garrido (IAA)	Exoplanetas
21 de febrero	Juan Antonio Belmonte (IAC)	Templos, pirámides y estrellas: el firmamento del Egipto Antiguo
21 de marzo	Emilio Alfaro (IAA)	¿Desde cuándo las galaxias son espirales?

CONGRESOS ASTRONÓMICOS EN GRANADA

Ciencia con el GTC.

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

Fecha: del 6 al 8 de Febrero de 2002.

Presidente del comité organizador local: Víctor Costa (IAA)

Información en internet:

<http://www.iaa.es/~gtc02gr> o <http://www.iac.es/proyect/scigtg>



LIBROS DE DIVULGACIÓN

Astronomía y Matemáticas en el Antiguo Egipto. Ángel Sánchez (Aldebarán, 2001).

Los Enigmas del Cosmos: las grandes preguntas sin respuesta de la astronomía actual. Vicente Aupí (Planeta, 2001).

Nosotros en el Universo. Josep M^a Trigo i Rodríguez (Editorial Complutense, 2001).

Tras los Secretos del Universo. Rafael Alemañ Berenger (Equipo Sirius, 2001).

TESIS DOCTORALES DEL IAA

"Modelo Tridimensional de Núcleos Cometaarios: Producción de Agua y Evolución de Estado Rotacional".

Pedro José Gutiérrez Buenestado.

CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS EN EL IAA

El IAA organiza en su sede charlas de divulgación astronómica para estudiantes, a petición de los colegios interesados y en función de la disponibilidad de los investigadores. Pueden obtener más información en la página Web del instituto o contactando con Cristina Torrededía (Tel.: 958 12 13 11; e-mail: ctorre@iaa.es).



"El Consejo Editorial de la revista presenta sus disculpas a José Antonio Ruiz Bueno por no haberle adjudicado el crédito de la portada del número anterior. Muchas gracias, compañero. Desafortunadamente, hemos detectado que éste no ha sido el primer caso, por lo que hacemos extensivas nuestras disculpas y nuestro agradecimiento a todos aquellos compañeros y colaboradores cuyo material gráfico ha sido publicado sin citar su procedencia."