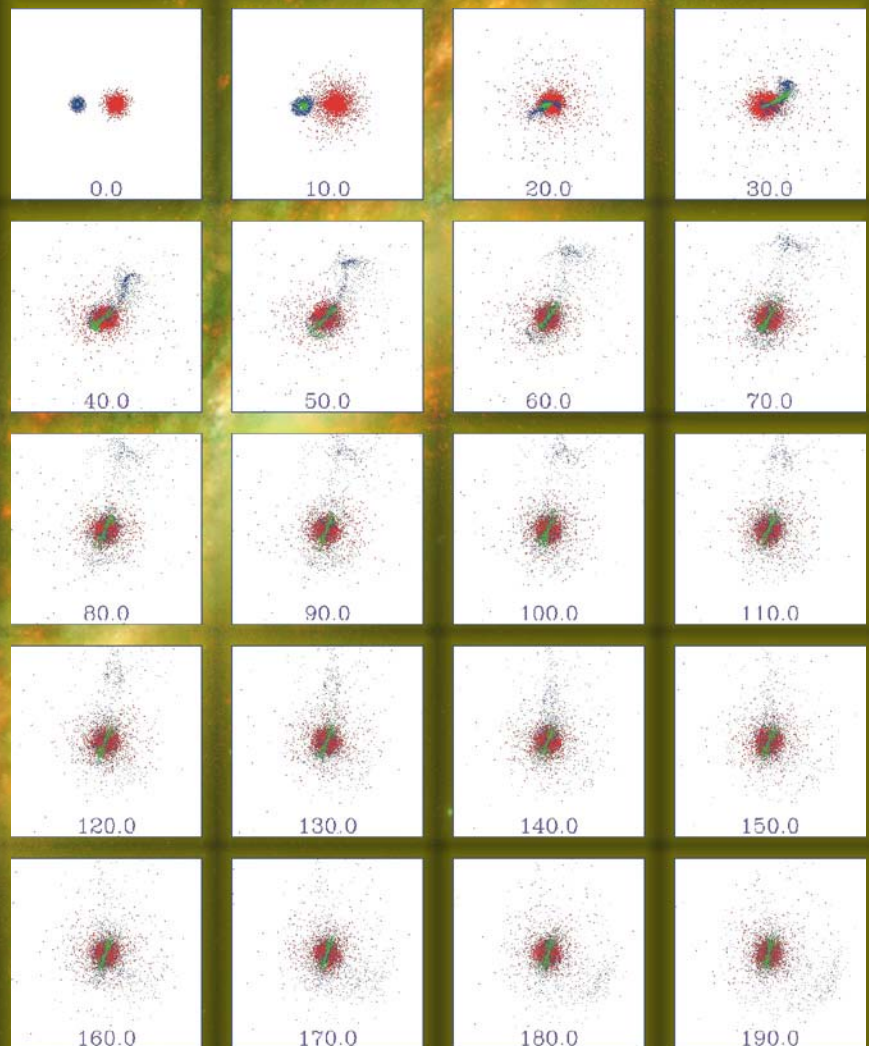


## Galaxias en interacción

Simulación de la colisión entre una galaxia espiral y una elíptica cuatro veces más masiva. El modelo contiene 100000 partículas de las que no mostramos las que representan la materia oscura. Se ve como el material del disco escapa, pero el del bulbo queda atrapado en el ecuador de la galaxia elíptica.



SUPERCOMPUTACIÓN  
EN ASTROFÍSICA

EVOLUCIÓN EN  
RADIOGALAXIAS

¿ES EL UNIVERSO  
MÁS VIEJO DE LO  
QUE PENSAMOS?

NUEVOS SATÉLITES  
DE JÚPITER

ENTREVISTA A  
FRANCISCO ANGUITA



## SUMARIO

### Investigación

Supercomputación en Astrofísica.....3  
*Jaime Perea*

Evolución y ciclos de actividad en radiogalaxias.....6  
*Lucas Lara*

### Ventana Abierta

Algunos apuntes sobre el programa «Ramón y Cajal».....8  
*Antxon Alberdi*

Charlas con... Francisco Anguita.....9

### Actualidad Científica

¿Es el Universo en realidad más viejo o evolucionado  
de lo que pensamos?.....11  
*José M. Vilchez*

Descubrimientos de nuevos satélites de Júpiter .....12  
*Olga Muñoz*

Actividades IAA .....14

Agenda .....16

Dirección: [Jose Carlos del Toro Iniesta](#). Coordinación de Secciones: [Iván Agudo](#), [Antonio Alberdi](#), [Emilio J. Alfaro](#), [José María Castro](#), [Olga Muñoz](#), [Jose Carlos del Toro Iniesta](#), [José Vilchez](#). Edición, Diseño y Maquetación : [Francisco Rendón](#). Imprime: Proyecto Sur de Ediciones S.L.

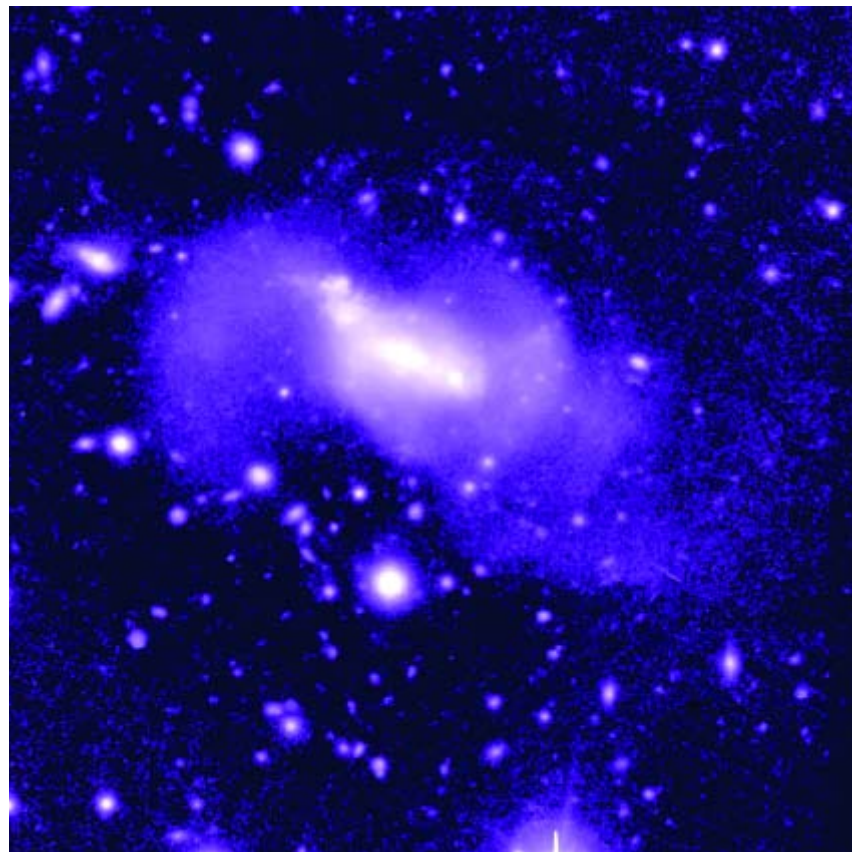
Esta revista se publica con la ayuda de la Acción Especial DIF 2001-4284-E del Programa Nacional de Difusión de la Ciencia y la Tecnología, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

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



# Supercomputación en Astrofísica

**Figura 1.- Imágenes de los grupos HCG95 (izquierda) y HCG54 (derecha) obtenidas ambas en el telescopio nórdico de 2.5m del Observatorio del Roque de los Muchachos en La Palma. Cada una de ellas corresponde a la combinación de una decena de imágenes para aumentar la relación señal a ruido.**



En los últimos tiempos hemos asistido a una fuerte caída de precios en ordenadores y sus componentes. En este momento, es totalmente viable que cada científico cuente con una o más estaciones de trabajo. Además, en el *software* se ha producido una revolución con el desarrollo de potentes sistemas operativos de los que **Linux** es sin duda el más popular y que son los más adecuados para el tipo de trabajo que realizamos. Por añadidura, nuestros medios de cómputo se hallan conectados por sistemas de comunicaciones internos y externos de alta velocidad. Todo esto ha devenido en un nuevo escenario para la informática, de la cual ahora ya sabemos que podemos sacar muchísimo más partido que la mera utilización de cada máquina individualmente. Vamos a mostrar de qué modo. La situación que describimos a continuación es la que nos encontramos en nuestro trabajo de astrofísicos; pero realmente se

puede extrapolar a otras ramas de la Física, Estadística, Biología... incluso a entornos comerciales donde se requiere gran cantidad de cómputo como diseño, cine, arquitectura...

Nuestro trabajo se centra en el estudio de galaxias y agrupaciones así como en el análisis de la influencia de la interacción gravitacional en su evolución, y tiene dos vertientes que precisan gran cantidad de cálculo. Por una parte, realizamos observaciones con diferentes tipos de instrumentación en telescopios ópticos, satélites, interferómetros... El resultado de éstas se presenta en forma digital y consta de imágenes, espectros, *cubos* (que contienen información en posición, frecuencia e intensidad), etc. En nuestro caso, los principales tipos de datos consisten en imágenes tomadas en varias bandas fotométricas y espectroscopía bidimensional, las cuales, junto a datos de radiointerferometría para el estudio de

la distribución del gas, o los que obtenemos de espectrógrafos de fibras, forman un conjunto de datos brutos de algunos *terabytes* que hay que procesar y reducir: limpieza, calibración fotométrica, en posición, en frecuencia, etc.

En la Fig. 1 mostramos como ejemplo dos de los casos de interacción de galaxias que estamos estudiando. Se trata de imágenes en falso color que llegan a muy bajos niveles de luz: unas pocas centésimas del fondo de cielo. Éstas corresponden a los grupos de galaxias HCG95 (izquierda) y HCG 54 (derecha). En HCG 95 se está produciendo el choque entre una galaxia espiral y un elíptica masiva y se pueden ver claramente las colas de marea y los puentes de materia que unen los centros. Por su parte, HCG 54 es una interacción entre galaxias espirales pequeñas en una fase muy avanzada de colisión donde ya no se distinguen

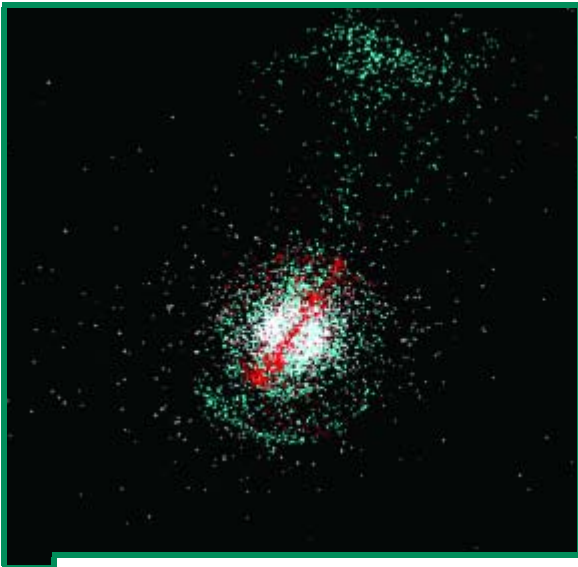


Figura 2.- Ampliación de una de las iteraciones de la portada. En color blanco se han representado las partículas de la elíptica, en rojo las del bulbo de la espiral y en azul celeste las de su disco. Es aparente la formación de estructuras transitorias externas como las que se observan en sistemas reales.

cada una de las galaxias y el signo más evidente de esta interacción son los arcos que se ven alrededor del centro y que denominamos *ruinas*. El análisis de la creación de estas interacciones y sus efectos en la evolución de las galaxias conforma el otro aspecto de nuestro trabajo y se lleva a cabo mediante el desarrollo de modelos capaces de explicar propiedades que deducimos de las observaciones.

**“La naturaleza misma del problema, en el cual debemos simular la interacción de un alto número de partículas, requiere una enorme cantidad de cálculo”**

Para estos grupos de galaxias, utilizamos *simulaciones de n cuerpos* que consisten en seguir la evolución de un sistema compuesto por muchas partículas que interaccionan entre sí gravitacionalmente (véase la figura de la portada). Los modelos deben tener gran detalle si se quieren estudiar las zonas externas de baja densidad de una galaxia (que son las que primero trazan la interacción) y además analizar a la vez si se producen máximos locales de densidad que eventualmente puedan dar lugar a pequeñas galaxias o ser susceptibles de iniciar formación estelar. La naturaleza misma del problema, en el cual debemos simular la interacción de un alto número de partículas, requiere una enorme cantidad de cálculo. Ello ha limitado tanto el desarrollo de estas simulacio-

nes como su aplicación a diferentes situaciones observacionales.

Hasta ahora, en cada centro, el cálculo intensivo se ha venido haciendo en servidores de propósito general compitiendo con unas cuantas decenas más de investigadores con temas de naturaleza diferente, pero con los que compartíamos los mismos problemas informáticos: enormes bases de datos para procesar y detallados

modelos que requieren toda la CPU posible. Ésta es una situación que todos conocemos muy bien y que nos fuerza a exprimir hasta el último segundo de CPU de nuestros (siempre lentos) ordenadores.

Sin embargo, hemos llegado a un punto en el que el PC que tenemos encima de la mesa es barato, fácilmente adquirible (literalmente en la tienda de la esquina) y presenta características de velocidad de cálculo y memoria que lo hacen idóneo como estación de trabajo. Si a esto unimos que lo podemos dotar de un sistema operativo *de verdad*, como por ejemplo **Linux** o algún otro **Unix** de código abierto, que cuestan prácticamente nada en dinero y tiempo, y que tienen el mejor *software* de comunicaciones (al fin y al cabo Internet nació en ellos), estamos llegando a una especie de solución única para nuestros problemas de cómputo.

### Agrupaciones de ordenadores personales

La idea que hay detrás de estas agrupaciones es muy sencilla. Se trata de unir un conjunto de ordenadores personales, dotarlos de buenas tarjetas de comunicaciones (*Fast ethernet* o aun más rápidas como *Gigabit* o *Myrinet*) y ponerlos a trabajar juntos. En cada uno de los nodos de esta agrupación hay que olvidarse del módem, del sonido, del DVD, de la tarjeta gráfica 3D... y quedarnos con lo que de verdad se necesita para nuestro propósito: procesadores y memoria.

Respecto al *software*, que es donde verdaderamente ganamos con las posibilidades que nos proveen estos sistemas, hay dos aspectos que abordar:

### Cálculo paralelo

Es lo que necesitan nuestros modelos, es decir, repartir el trabajo entre los ordenadores. El ejemplo más básico sería el de la evaluación de una suma de muchos términos; cada ordenador calcularía una suma parcial y enviaría ésta a un sistema central que juntaría los resultados y nos daría la suma total. Existen muchas técnicas con este objetivo, aunque en nuestro caso y debido al tipo de red que tenemos (*Myrinet*) hemos de usar **MPI**, siglas en inglés de interfaz de paso de mensajes. MPI es un conjunto de rutinas y procedimientos que nos sirven para enviar datos entre procesos cooperantes que pueden estar en diferentes ordenadores. Lo que se hace es ejecutar una o más copias de un programa en cada nodo de nuestra agrupación y utilizar MPI para sincronizar y enviar *mensajes* (datos, resultados parciales...) entre ellas.

Con este tipo de herramientas podemos crear modelos como el de la portada de esta revista, donde representamos la colisión entre una galaxia espiral y una elíptica cuatro veces más masiva. El modelo intenta caracterizar



Figura 3.-Agrupación de ordenadores Pentium III, biprocesadores, de 1Gb de RAM, comunicados por Myrinet e instalado en el IAA. Se ha desarrollado dentro del Proyecto AYA 2000-1564 en colaboración con la empresa Catón Sistemas Alternativos.

situaciones como las que observamos. El resultado final es muy estable y es una configuración similar a la que observamos en galaxias como Centauro A. Si nos fijamos con mayor detalle en alguna de las iteraciones (Fig. 2), vemos que se forman una especie de arcos alrededor del cuerpo



principal. Éstos son de la misma naturaleza dinámica que los que se detectan en HCG 54 o en galaxias elípticas que han sufrido la caída de una espiral menor. La simulación mostrada contiene varias decenas de miles de partículas y es sólo un ejemplo de lo que se puede conseguir con una agrupación de PC (Fig. 3) como la de nuestro proyecto en el IAA.

### Migración de procesos

Está claro que ya tenemos máquina para hacer los modelos, pero, ¿qué pasa con lo interactivo?, o sea, con la reducción de datos que hemos mencionado, los análisis, el diseño, etc. Bueno, aquí empieza la parte más mágica de este negocio.

La idea se conoce como **migración de procesos** y el *software* que lo lleva a cabo se denomina **OpenMosix** el cual proporciona una solución casi total al aprovechamiento de una agrupación de PC para las tareas no paralelizadas. En un sistema así, si estamos

varias personas trabajando a la vez en uno de los nodos, puede ocurrir que la carga sea tan alta que el sistema decida que hay que enviar algún proceso a otro nodo. Esto se realiza de manera transparente para el usuario y nos garantiza la máxima velocidad para cada tarea. Nuestra agrupación se está comportando como una máquina única de decenas de procesadores. Un ejemplo podría ser el del filtrado de una serie de imágenes o la codificación de ficheros de sonido. Si enviamos varios procesos a la vez en un solo ordenador, éste los distribuirá entre todos y dividiremos el tiempo total entre el número de ordenadores, con lo que el filtrado de 32 imágenes se realiza en el tiempo de sólo una en nuestro sistema. Esto, que sin duda es uno de los desarrollos más activos que existen en la actualidad, sólo está disponible para Linux y seguramente siempre será así, ya que hay que modificar internamente su núcleo y, como bien sabemos, esto no se puede realizar en otros sistemas operativos.

Lo que aprendamos en este tipo de entornos es inmediatamente exportable a otros sistemas. Si contamos con una máquina *Alpha* o *Sparc* de varios procesadores, la programación de los modelos será también MPI, si bien en vez de usar comunicaciones por red como en nuestra agrupación, utilizaremos dispositivos como el de memoria compartida. Ahora bien, una máquina *Alpha* de 32 procesadores y 16 Gb de memoria RAM tiene un precio prohibitivo para la gran mayoría de los centros de investigación, mientras que un sistema de 16 *Pentium*, biprocesadores, con 1 Gb de RAM cada uno, está al alcance de muchos proyectos de investigación, centros, o incluso despachos de profesionales. Así pues, con no mucho dinero, muchos metros de cable y un montón de ingenio, se puede llegar a una situación en la que todos podemos acceder a la supercomputación.

Jaime Perea (IAA)

## EVOLUCIÓN Y CICLOS DE ACTIVIDAD EN RADIOGALAXIAS

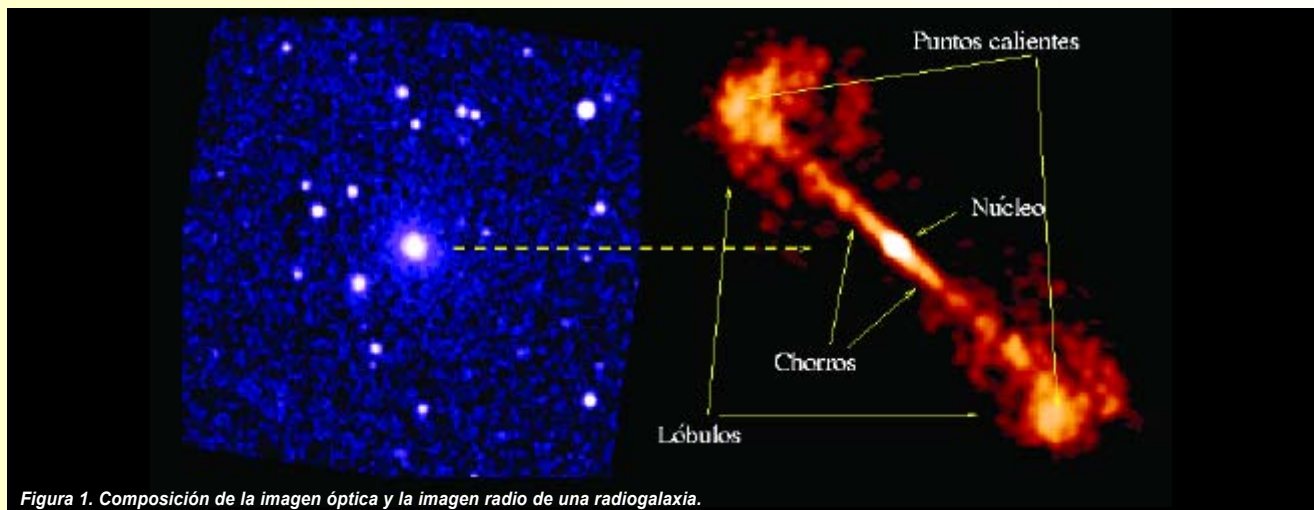


Figura 1. Composición de la imagen óptica y la imagen radio de una radiogalaxia.

Cuando una galaxia emite energía de manera muy importante, casi dominante, en longitudes de onda de radio se le da el nombre de radiogalaxia para distinguirla de otras galaxias que presentan una emisión muy débil en este rango del espectro electromagnético. Así de simple, y a la vez así de complicado, puesto que la causa última responsable de que unas galaxias merezcan el apelativo de radiogalaxias y otras en cambio no, sigue siendo hoy día una cuestión sin resolver. A dife-

rencia de la emisión óptica, normalmente confinada en la región de la galaxia en donde hay estrellas, la emisión en ondas de radio puede extenderse hasta regiones muy alejadas del campo estelar. De hecho, las radiogalaxias son los objetos individuales más grandes que se conocen en el Universo, pudiendo alcanzar tamaños de hasta varios millones de pársec. Para hacernos una idea, si el diámetro de una galaxia espiral típica como nuestra Vía Láctea es de unos 30

kilopársec, una radiogalaxia puede llegar a tener tamaños hasta 100 veces mayores, alcanzando incluso el medio intergaláctico. Las radiogalaxias se conocen prácticamente desde los orígenes de la Radioastronomía como técnica observacional, allá por los años 1940. Los dispositivos de observación de la época, dotados de una pobre resolución angular, detectaron fuentes compactas de emisión distribuidas fuera del plano definido por la Vía Láctea, aunque hicieron falta algunos

años más para identificar su naturaleza extragaláctica.

Conforme la Radioastronomía fue depurando su técnica, y sobre todo, con el desarrollo de la radiointerferometría y el espectacular aumento en la resolución angular ligado a ella, fue posible estudiar la estructura de las radiogalaxias. Aunque existe una gran variedad de formas y tamaños, se puede hablar de una estructura básica (véase la Fig. 1) consistente en un núcleo brillante del que emanan de manera más o menos simétrica dos chorros de partículas altamente energéticas (relativistas). Estos chorros se abren paso a través del medio externo, ya sea interestelar o intergaláctico, hasta que llegan a un punto en que encuentran una gran resistencia en su avance y que se manifiesta como una zona de emisión muy brillante: son los llamados puntos calientes. A partir de ahí, el chorro se rompe y el material transportado se desparrama por el medio externo, dando lugar a unos extensos lóbulos (véase la Fig. 2). La Radioastronomía nos permite observar la radiación sincrotrón que se produce por la presencia de partículas con carga eléctrica, fundamentalmente electrones, moviéndose a altas velocidades en el seno de campos magnéticos existentes en los chorros y en los lóbulos de una radiogalaxia.

Ante los descomunales tamaños de las radiogalaxias, nos planteamos la pregunta de cómo se originan y cómo evo-

lucionan estos objetos hasta alcanzar semejantes dimensiones. Hoy día sabemos que la existencia de los chorros, los lóbulos y la energía emitida por una radiogalaxia son consecuencia de la actividad en una región muy reducida y compacta, a escalas galácticas, localizada en el centro de la galaxia que la alberga. Esa zona compacta central es el núcleo activo de la galaxia, que se supone formado por un agujero negro con una masa equivalente a la de varios millones de soles, rodeado por un remolino de gas y polvo que va depositando materia hacia su interior. De esta forma, es el campo gravitatorio el que proporciona la cantidad de energía necesaria para explicar las observaciones, que en principio no encajaba dentro de otros esquemas de liberación de energía más tradicionales propios de la física estelar (reacciones termonucleares en estrellas). Así pues, como primer elemento necesario para la generación de una radiogalaxia tenemos un potencial gravitatorio extraordinariamente intenso.

Imaginemos un núcleo activo con dos chorros de partículas relativistas emitiendo radiación sincrotrón. En un principio, es de esperar que esos chorros empiecen a abrirse camino venciendo la presión del medio interestelar de la propia galaxia, que atraviesen el halo galáctico, y que por fin entren en contacto con el medio intergaláctico. Según este sencillo esquema evolutivo de una radiogalaxia, cabría esperar

encontrar objetos representativos de cada una de las fases que atraviesa, y de hecho, las observaciones parecen demostrar esta idea.

**“...para la generación de una radiogalaxia tenemos un potencial gravitatorio extraordinariamente intenso”**

Las fases iniciales de la evolución de una radiogalaxia parecen estar representadas por los llamados objetos compactos simétricos (CSO) (véase la Fig. 3). Los CSO son radiofuentes con un núcleo brillante y dos componentes dispuestas simétricamente respecto al núcleo, con una estructura similar a la de las radiogalaxias usuales, pero con tamaños de unos pocos cientos de pársec. Durante años se ha especulado sobre si estos objetos serían radiogalaxias jóvenes, o si por el contrario serían radiogalaxias adultas que se han desarrollado en un medio particularmente denso que les ha impedido alcanzar tamaños mayores. Algunas observaciones realizadas con alta resolución angular mediante la técnica de interferometría de muy larga base (VLBI) han permitido, no hace mucho, determinar los movimientos propios de las componentes a medida que se alejan del núcleo, siendo posible calcular aproximadamente la edad de estos objetos. En los casos medidos, las edades oscilan entre los varios cientos de años y las varias decenas de miles de años, lo cual apoya de manera concluyente el escenario de objetos jóvenes. Los CSO son pues objetos de gran interés para el conocimiento de los núcleos activos de galaxias radioemisoras, puesto que a través de su estudio sería posible determinar el factor o factores causantes de la emisión radio e intentar resolver una de las incógnitas que desde hace años revolotean sobre los núcleos activos de galaxias: por qué unos emiten intensamente en radio y en cambio otros no lo hacen.

Los CSO llegarán a ser, pasado el tiempo, radiogalaxias con tamaños de varios cientos de kilopársec. Estas radiogalaxias se agrupan en dos familias, constatadas ya en 1974 por Fanaroff y Riley. En honor a estos dos astrónomos, las dos familias se denominan FR I y FR II. Ambas presentan notables diferencias morfológicas y también se diferencian por la potencia emitida. Las primeras (FR I) poseen dos chorros que se ensanchan rápidamente y cuya emisión se va debilitando conforme nos alejamos del núcleo hasta alcanzar niveles por debajo del umbral de detección. Las segundas (FR II) poseen dos chorros bien col-

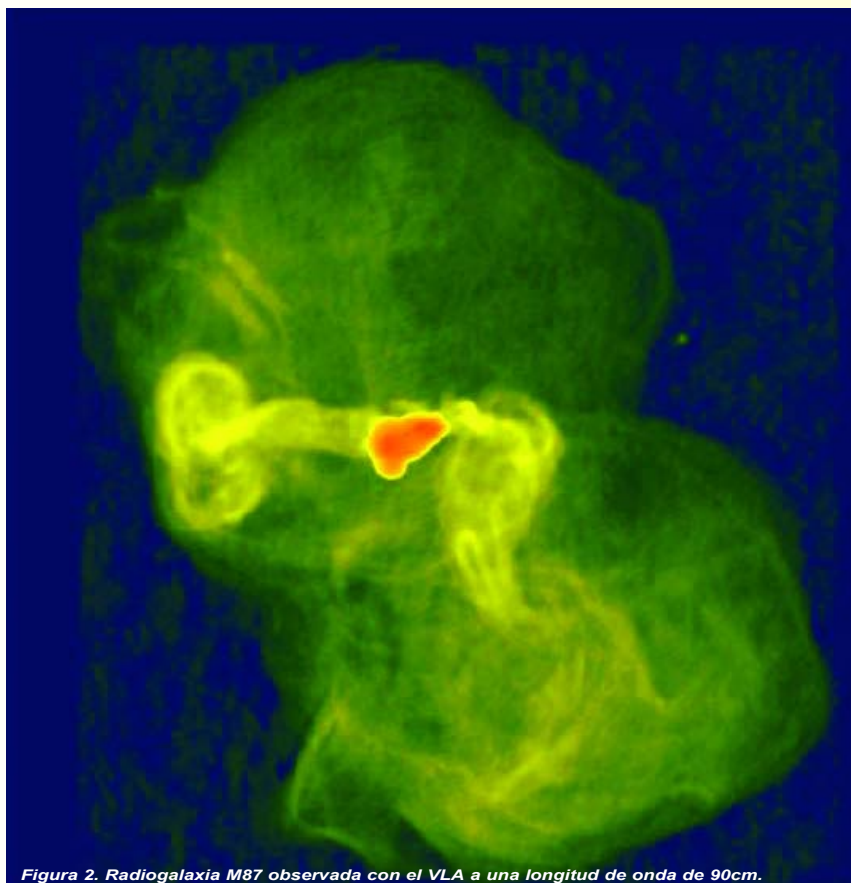


Figura 2. Radiogalaxia M87 observada con el VLA a una longitud de onda de 90cm.



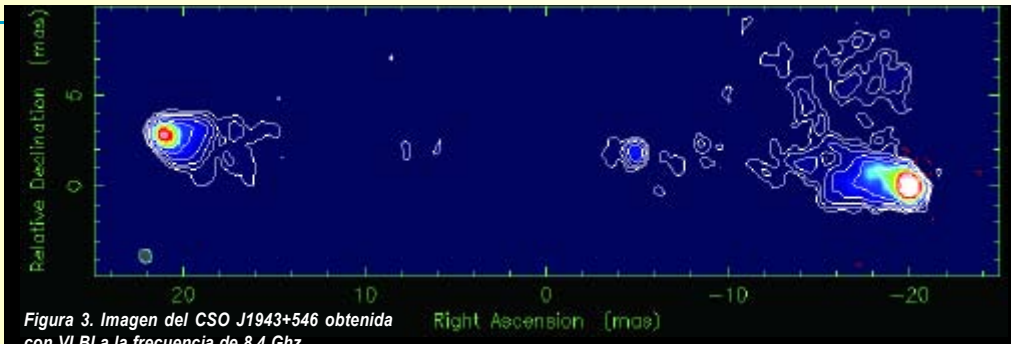


Figura 3. Imagen del CSO J1943+546 obtenida con VLBI a la frecuencia de 8.4 Ghz.

mados y estrechos que terminan en puntos calientes muy brillantes, para dar lugar a partir de ahí a dos lóbulos de emisión radio (véase la Fig. 4). En cuanto a potencia, las FR II son más potentes que las FR I. La causa física de la distinción entre las dos familias tampoco está muy clara. Las observaciones en radio con alta resolución angular de los núcleos de estos objetos no muestran diferencias significativas entre una familia y otra. Las diferencias aparecen dentro del primer kilopársec a lo largo de los chorros, lo que induce a pensar que las características del medio en el entorno del núcleo galáctico son cruciales a la hora de definir las propiedades observadas a gran escala.

Unas pocas radiogalaxias, ya sean de tipo FR I o de tipo FR II, consiguen alcanzar tamaños superiores al megapársec. Son las llamadas radiogalaxias gigantes. Hoy día se acepta que la causa del gran tamaño de estos objetos es simplemente la avanzada edad de los mismos. Así pues, desde el núcleo galáctico hasta el espacio entre galaxias, los chorros van abriéndose paso y expandiéndose en el medio. Y así, ¿hasta cuándo? Como hemos mencionado anteriormente, es la materia que va cayendo hacia el agujero negro la que produce la energía liberada. Parece lógico pensar que la potencia emitida dependa del ritmo de caída (o acrecimiento) de materia. Aunque en principio un ritmo elevado produciría una mayor potencia emitida, los efectos asociados a la viscosidad pueden conseguir que el acrecimiento tenga una eficiencia radiativa muy baja. Ello podría explicar la existencia de núcleos activos de pobre luminosidad en radio, aun cuando posean una situación física similar de potencial gravitatorio intenso. Por otro lado, una disminución en el ritmo de acrecimiento produciría una caída en la emisión liberada. Podría incluso llegarse a un punto en que el núcleo dejara de proporcionar energía a los chorros, y estos por tanto dejaran de alimentar a los lóbulos. A partir de ese momento, la emisión radio comenzaría a debilitarse, más rápidamente a fre-

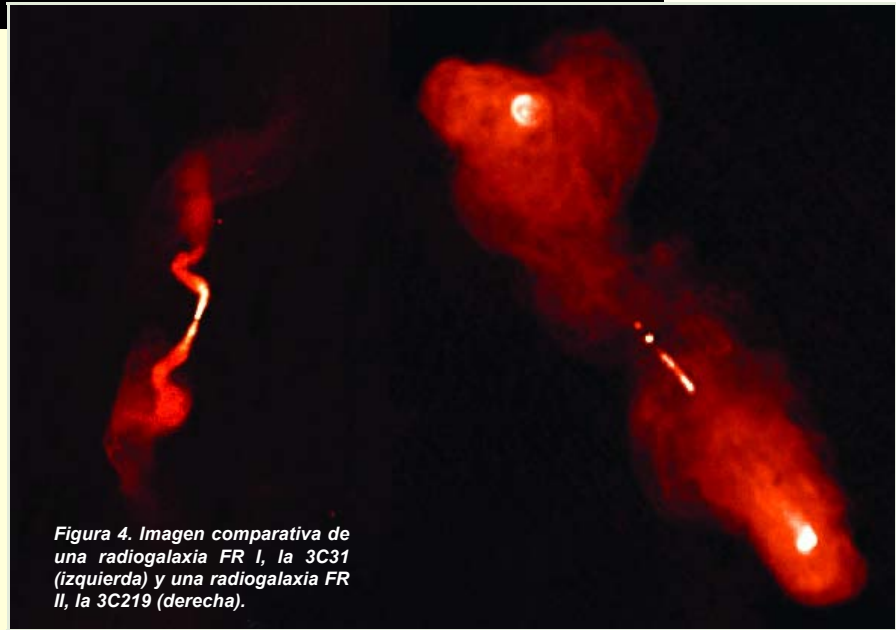


Figura 4. Imagen comparativa de una radiogalaxia FR I, la 3C31 (izquierda) y una radiogalaxia FR II, la 3C219 (derecha).

cuencias de observación más altas, hasta caer por debajo del umbral de detección de los mejores radiotelescopios al cabo de unos pocos miles de años. Ése sería el triste final de una radiogalaxia.

Pero la desaparición de la emisión radio no implica la destrucción de la maquinaria productora de energía en el núcleo galáctico. Sería posible que bajo unas condiciones adecuadas se iniciara un nuevo ciclo de actividad nuclear capaz de producir nueva emisión en radio. Estaríamos hablando de radiogalaxias reactivadas. Durante los últimos años se han descubierto al menos una decena de radiogalaxias que muestran en su estructura características propias de haber atravesado diferentes etapas de actividad nuclear (véase la Fig. 5).

Así pues, a modo de conclusión, podemos decir que las radiogalaxias, al igual que los seres vivos, nacen, crecen y mueren...o duermen. Cada vez hay indicios más fuertes de que las radiogalaxias de tipo CSO son recién nacidas, y que crecen posteriormente hasta alcanzar dimensiones de cientos de kilopársec. Algunas, las gigantes, lo hacen desmesuradamente. Finalmente la actividad nuclear cesa y la radiogalaxia muere. Lo sorprendente es que algunas «resucitan», reanudando su

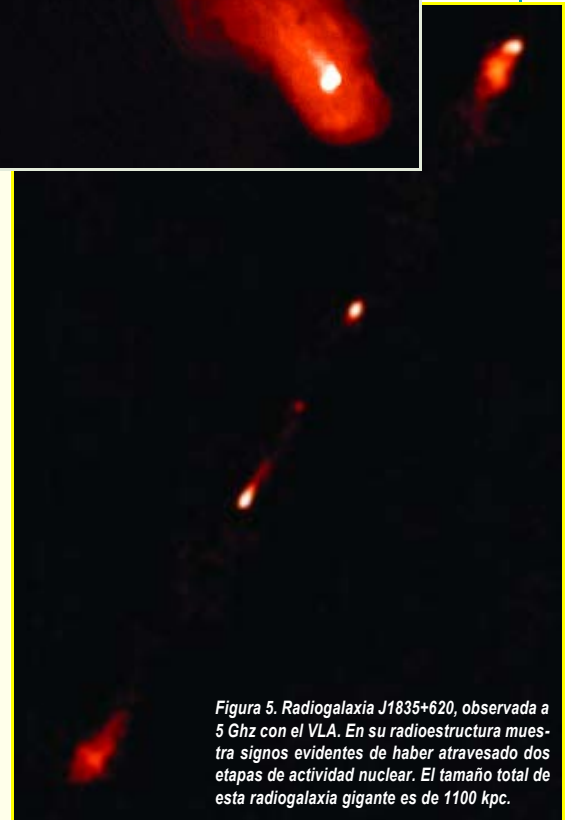


Figura 5. Radiogalaxia J1835+620, observada a 5 Ghz con el VLA. En su radioestructura muestra signos evidentes de haber atravesado dos etapas de actividad nuclear. El tamaño total de esta radiogalaxia gigante es de 1100 kpc.

actividad nuclear para volver a mostrar características de radiogalaxias jóvenes.

Las figuras 2 y 4 son cortesía del National Radio Astronomy Observatory / Associated Universities, Inc.

La figura 3 ha sido tomada de: <http://www.evlbi.org/gallery/images.html>

L. Lara  
(Univ. de Granada-IAA)

## *Algunos apuntes sobre el programa «Ramón y Cajal»*

Hace ya dos años, el Ministerio de Ciencia y Tecnología puso en marcha la que, según la entonces ministra Anna Birulès, era la iniciativa estrella del ministerio en el área de la Ciencia: el programa «Ramón y Cajal». Los objetivos del programa, tal y como detalla la convocatoria, establecen que «A través de este programa se pueden incorporar científicos, tanto españoles como extranjeros, que actualmente se encuentren realizando su actividad posdoctoral en centros de España o de otros países. El programa Ramón y Cajal supone la creación de una etapa bien definida en la carrera del investigador que estabiliza y mejora las condiciones de trabajo de los doctores.»

El programa nació con una enorme expectación, dado el alto número de científicos bien preparados, con varios periodos posdoctorales en su trayectoria científica, con prestigio internacional y un reconocido liderazgo en su campo de investigación, que no habían encontrado estabilidad en su situación profesional. Antes de que esta convocatoria se hiciera oficial, circulaban en las universidades y centros de investigación diversos borradores que establecían diversas categorías en los contratos, dependiendo de la experiencia posdoctoral y el CV de los candidatos: contratos júnior (doctores con una experiencia posdoctoral inferior a 4-5 años), sénior (experiencia superior a 4-5 años), y para científicos de gran prestigio, asentados en institutos extranjeros, que las instituciones quisieran reintegrar en el sistema de investigación español. Sin embargo, debido a problemas administrativos, el proyecto final estableció un único tipo de contratos.

El establecimiento de una única categoría en la convocatoria y la eliminación de otras convocatorias paralelas como los «contratos de reincorporación» ha creado numerosos problemas. Han tenido que acudir a la misma convocatoria i) doctores que han realizado varias estancias en distintos centros, que han dirigido tesis doctorales, que están realizando labores de gestión que realizan trabajos de diseño y caracterización de instrumentación, junto a ii) doctores que están realizando su primera estancia posdoctoral, que están en un periodo de formación, que pueden ser muy productivos científicamente pero que quizás no han demostrado todavía su independencia investigadora y que, dada su juventud, no se han involucrado todavía en labores de gestión o de instrumentación. De hecho, la lista de concesiones (especialmente la del primer año) muestran que entre los candidatos seleccionados hay ejemplos de ambos tipos, difícilmente comparables, ordenados en ocasiones de forma extraña. Al haber cancelado las categorías júnior y sénior de los contratos, se está haciendo competir a doctores que están en etapas muy distintas de sus carreras científicas. Evidentemente, esto no es culpa de los solicitantes mas jóvenes que han visto que la única opción que tienen para regresar a España es a través de este programa, por la cancelación de los programas de contratos de reincorporación. En este sentido, es claramente equívoco presentar el programa a la opinión pública como el proyecto que permitirá «la recuperación de cerebros» y «el relanzamiento de la ciencia española».

Existe una iniciativa similar de la Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA) que, aunque lógicamente más reducida en número de contratos que la «Ramón y Cajal», establece diferentes categorías según la experiencia del candidato y que aborda la situación de una forma más profesional. ICREA es una fundación privada, impulsada conjuntamente por el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI) de la Generalitat de Catalunya y por la Fundació Catalana per a la Recerca (FCR). ICREA se propone contribuir al incremento de la investigación que se hace en Cataluña, alcanzando nuevos niveles de calidad y de cantidad en la investigación científica. Es un programa complementario, más modesto, pero bien planteado y realizado, que pretende crear una base de científicos de calidad donde cada investigador seleccionado por ICREA negocia con la Fundación sus propias condiciones de incorporación de acuerdo a su trayectoria científica.

Un comentario final: el programa «Ramón y Cajal» no ha respondido a las expectativas creadas, no ha solucionado los problemas de la ciencia española y se ha quedado corto en el número de contratos concedidos en sus dos convocatorias. Los diferentes comités evaluadores de cada una de las 24 áreas de conocimiento clasificaron a los candidatos en diferentes niveles («Excelente», «Bueno»...). Resulta chocante e incomprensible que el número de contratos concedidos en algunas de las áreas no haya cubierto ni siquiera a todos los candidatos calificados como excelentes. Resulta también chocante que algunas disciplinas de especialización no hayan recibido ningún contrato en las dos convocatorias. Por todo ello, una iniciativa que en sus orígenes podría considerarse loable, ha quedado configurada como una iniciativa insuficiente y confusa en su resolución.

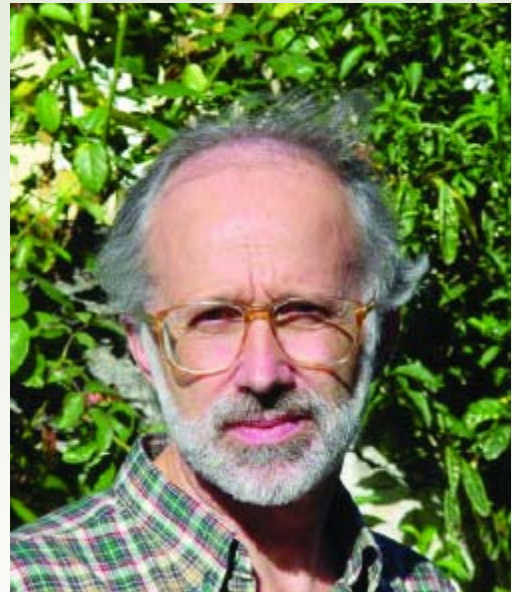
*Antxon Alberdi (IAA)*

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



# FRANCISCO ANQUITA

## *Profesor de la Universidad Complutense de Madrid*



### **¿Cuál ha sido, a su juicio, el descubrimiento más importante en ciencias planetarias de los últimos años?**

*Creo que la mayor parte de los científicos planetarios coincidirían en que el hallazgo de abundantes planetas en órbita alrededor de otras estrellas (planetas extrasolares, o exoplanetas) ha abierto una perspectiva apasionante: por primera vez podemos aspirar a comprender el fenómeno planetario con la profundidad con que comprendemos las estrellas o las galaxias.*

### **¿Cuáles son los objetivos inmediatos más importantes que tienen las ciencias planetarias?**

*Cada campo de especialidad tiene metas específicas. Por ejemplo, los físicos planetarios aspiran a conseguir modelos fiables de la dinámica de las atmósferas y el clima de otros cuerpos del Sistema Solar; los geólogos quieren reconstruir historias evolutivas de otras litosferas, y así ver hasta qué punto coinciden con la terrestre; los astrobiólogos no renuncian a obtener una «receta general» para la vida, a partir del estudio de las condiciones actuales y pasadas en cuerpos teóricamente capaces de soportar biosferas incipientes o residuales, como son Marte, Europa o Titán. Lo interesante es que estos objetivos se entrelazan: si hay un campo que sirva de ejemplo a la necesidad de crear grupos de trabajo interdisciplinarios, éste es el de la Planetología.*

**La predicción precisa, a largo y corto plazo, de los cambios climáticos terrestres es uno de los anhelos del hombre. ¿Cómo ve el camino hacia ese objetivo y qué puede aportar la Planetología comparada?**

*Si se me permite emplear el título de una de las canciones míticas de los Beatles, el camino de la predicción climática se me antoja largo y tortuoso, dada la cantidad de parámetros implicados, y sobre todo su resistencia a dejarse tratar*

*por métodos matemáticos convencionales, lo que los hace resistentes a, por ejemplo, la «fuerza bruta» de los superordenadores. En cuanto a la aportación de las Ciencias Planetarias a este espinoso problema, opino que será humilde: no creo que la solución del clima del futuro nos llegue de Marte. Ahora bien, teniendo en cuenta lo que hay en juego, tengo muy claro que hay que jugar todas las bazas, por lo que comprender la dinámica de atmósferas menos activas que la terrestre (como es la marciana), o más activas que ella (como es la joviana) sería una ayuda no despreciable.*

**La exploración espacial ha marcado una nueva era en el conocimiento del Sistema Solar. La sensibilidad y resolución espacial de las imágenes planetarias tomadas fuera de la atmósfera ha mejorado en varios órdenes de magnitud respecto a las obtenidas desde la Tierra e, incluso, podemos hacer medidas in situ de la atmósfera y suelo de algunos cuerpos planetarios. ¿Vislumbra o desea algún desarrollo tecnológico que pueda significar una nueva revolución en el conocimiento de nuestro Sistema Solar?**

*En este campo, pienso que es obligado volver la vista atrás para ver cuáles fueron las herramientas tecnológicas de la revolución en Ciencias de la Tierra que aconteció a partir de los años 60. La Oceanografía y la Sismología se beneficiaron de grandes inversiones que aportaron saltos cualitativos en instrumentación, como fueron el sonar de barrido lateral y, unos años después, la tomografía sísmica. Bien, creo que debemos repetir en el ámbito del Sistema Solar esta revolución tecnológica: establecer progresivamente redes sísmicas en todas las superficies sólidas de los cuerpos que presentan huellas de dinámica reciente es un paso obligado. Asimismo, explorar los océanos subterráneos de los satélites supondrá una nueva revolución en Oceanografía, y quién sabe si también en Exobiología.*

Usted ha creado el primer «Seminario de ciencias planetarias» en España. ¿Cuáles son los objetivos fundamentales de este seminario, y qué lo diferencia de un grupo de investigación universitario al uso?

*Se trata de dar a los estudiantes universitarios interesados en las Ciencias Planetarias (una minoría muy vocacional) la oportunidad de iniciarse en la investigación en este campo. Estas investigaciones no están financiadas, y no están encaminadas a la realización de tesis doctorales. En lo que coincidimos con las estructuras de investigación típicas es en que pretendemos dar a conocer (en revistas de investigación) lo que hemos conseguido; pero también mantene-mos una línea de publicaciones de divulgación en revistas de astronomía popular, asistimos a reuniones en planetarios, etc.*

Usted es conocido, aparte de por sus trabajos científicos, como un gran divulgador y enseñante de la Ciencia. ¿Cómo ve el papel de los científicos profesionales en la divulgación de la Ciencia en España? ¿Qué sobra y qué falta?

*No digo nada nuevo al afirmar que nuestro país tiene un déficit de divulgadores científicos: por eso no me atrevo a decir que sobre nada. Aún seguimos echando de menos la pasión con que Félix Rodríguez de la Fuente hablaba de sus lobos. Quizá sea eso lo que más se echa en falta: divulgadores que sepan transmitir al público su pasión por lo que están haciendo. Para ello se requiere un gran carisma personal, y muchas tablas ante las cámaras. Creo que las cadenas de televisión harían su agosto con programas de divulgación científica presentados por alguien con este perfil.*

¿Qué opinión le merece la divulgación científica en los medios de comunicación?, ¿y en los museos de la Ciencia?

*Ha mejorado mucho en los últimos años; pero los periodistas científicos que conozco se siguen quejando del poco peso que tienen en sus periódicos. Lo que sí me parece una gran noticia es la proliferación de museos de Ciencia, que demuestra que, incluso en un país con tan escasa tradición científica como es éste, el ciudadano medio entiende que vivimos en la era de la Ciencia.*

#### Algunas de sus preferencias personales

- Una obra musical: *el Concierto nº 21 para piano de Mozart.*
- Un libro: *Alexis Zorba, de Nikos Kazantzaki.*
- Una película: *¡Qué difícil! "Missing".*
- Un pintor: *Joan Miró.*
- Una ciudad: *Copenhague.*
- Un paisaje: *el Tassili n'Ajjer, al Sur de Argelia: sólo arena y roca.*
- Un sueño: *que la profesión de maestro fuese la más apreciada del mundo.*

E. Alfaro - A. Alberdi (IAA)



Portada de la página Web del "Seminario de Ciencias Planetarias (SCP)" que dirige el Prof. Anguita en la Universidad Complutense de Madrid (<http://www.ucm.es/info/planetas>)



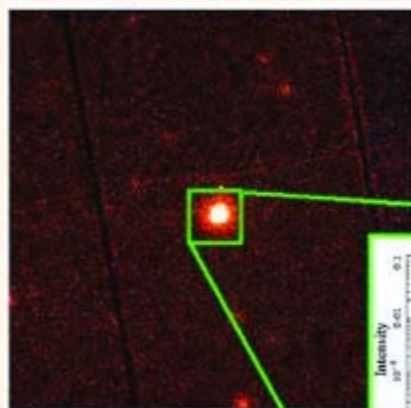
## ¿ES EL UNIVERSO EN REALIDAD MÁS VIEJO O EVOLUCIONADO DE LO QUE PENSAMOS?

En una reciente carta publicada en la revista *The Astrophysical Journal* (número de 10 de Julio de 2002), un equipo de investigadores europeos ha encontrado un interesante resultado que hace referencia a los primeros momentos de la vida de nuestro Universo utilizando los datos proporcionados por el satélite para observar emisiones de rayos X llamado XMM-Newton, de la ESA.

De acuerdo con lo que sostienen estos científicos, la observación indica que o bien el Universo puede ser más viejo de lo que se piensa, o bien ha existido una forma aún desconocida de producción masiva de hierro (Fe) en el Universo primitivo. El equipo ha encontrado una huella de Fe en un espectro del cuásar APM8279+5255 (véase la Fig. 1) que implica cantidades de este elemento muy superiores a las que se esperaría en un objeto celeste a esa tremenda distancia: trece mil quinientos millones de años luz.

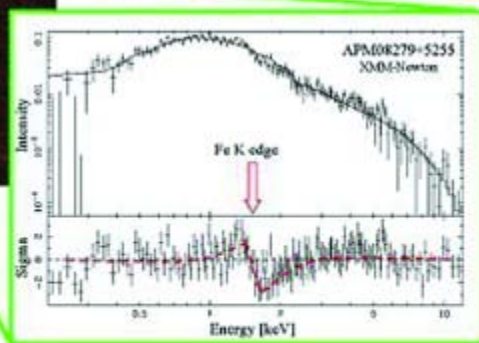
**“... o bien ha existido una forma aún desconocida de producción masiva de hierro”**

APM8297+525 es un cuásar, un objeto muy «activo» es decir que muestra signos de haber albergado procesos físicos que implican ingentes cantidades de energía. Hoy se cree que muchos de estos objetos corresponden en rea-



**Figura1.**

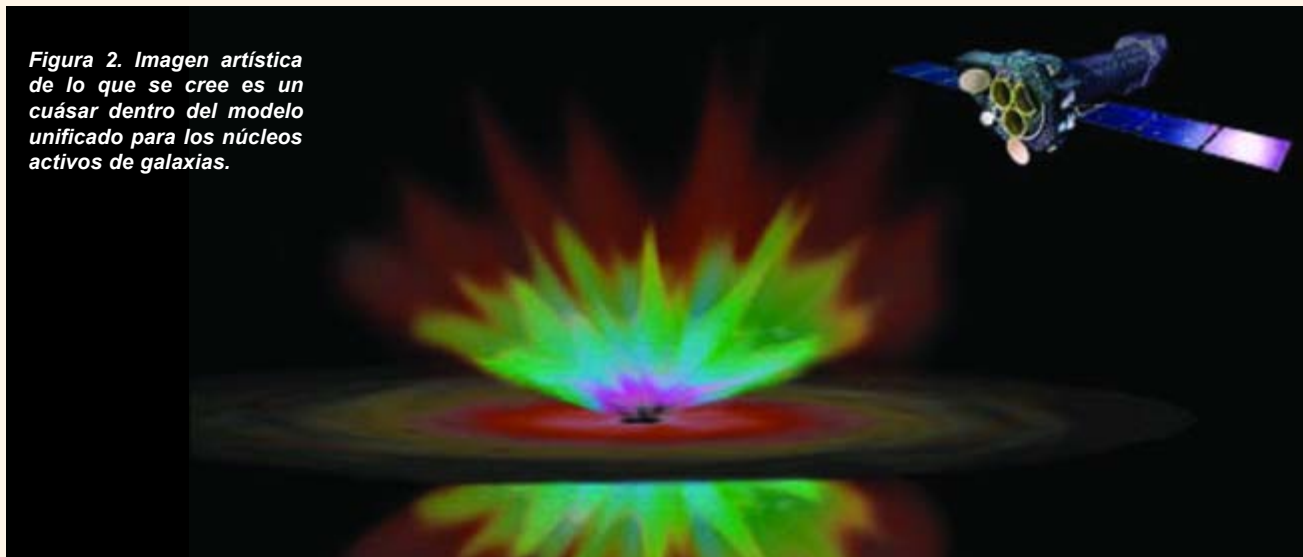
**El espectro muestra la huella de hierro en absorción en el espectro del cuásar en el rango de energía de los rayos X -entre 1.5 y 2 electrón-voltios aproximadamente- de forma parecida a como nuestros huesos absorben la emisión de rayos X que queda impresa en una radiografía.**



lidad a jóvenes galaxias que se están formando, y muestran una zona central muy compacta y extremadamente brillante que se piensa está producida por un agujero negro muy masivo, el cual «se alimenta» de grandes cantidades de materia que caen hacia él (véase la Fig. 2).

La enorme distancia del cuásar se calculó a partir del desplazamiento hacia el rojo que se puede observar en su espectro, admitiendo, como comúnmente se hace, que dicho desplazamiento «cosmológico» se produce por la expansión del Universo. Igualmente, el análisis del espectro del satélite

XMM-Newton proporcionó la información sobre la abundancia de Fe, la cual es tres veces más grande que en nuestro Sistema Solar. Hoy sabemos que el hierro se produce en las supernovas: explosiones de estrellas al final de su vida. Este mecanismo de producción responde a fenómenos físicos que se consideran relativamente bien conocidos, dentro de las indeterminaciones actuales. Los astrofísicos pensamos que el enriquecimiento del Universo en hierro debió ir, por lo tanto, aumentando de manera gradual a lo largo del tiempo tras las sucesivas generaciones de estrellas y supernovas.



**Figura 2. Imagen artística de lo que se cree es un cuásar dentro del modelo unificado para los núcleos activos de galaxias.**

Se cree que nuestro Sistema Solar se formó hace unos cinco mil millones de años, y por lo tanto debería de provenir de un material en principio más enriquecido químicamente que el material observado en el cuásar, el cual habría emitido la señal de su espectro hace unos trece mil quinientos millones de años. El debate está servido. De un lado, la determinación de las edades de (y distancias a) fuentes tan lejanas a partir, puramente, de la medida de su desplazamiento al rojo (supuesto) «cosmológico» puede ser errónea en el entorno de objetos tan masivos; los autores advierten de una posible inconsistencia al convertir directamente desplazamiento al rojo en edad: sugieren que una posibilidad (jemocionante!) sería que el Universo

en esos momentos es decir para el gran desplazamiento al rojo del que hablamos, sería más viejo de lo que se piensa. Una alternativa a esta manera de interpretar los resultados sería que existen enormes «factorías» de producción de Fe en el cuásar o en su entorno; quizá pienso que otro tipo de población de estrellas, nada convencional, que produjera las supernovas o «hipernovas» necesarias podría ser una solución al dilema; pero el ritmo de la formación estelar debió ser realmente «de estruendo».

De cualquier manera, tras las próximas misiones espaciales programadas (INTEGRAL, XEUS) o incluso utilizando los telescopios terrestres, creo que la solución a este problema se cono-

cerá muy pronto. Mientras tanto, por lo menos ya sabemos que al principio del Universo parece que ya «no es hierro todo lo que reluce», ¿o era oro ...?

*Bibliografía. Hasinger, Komossa y Schartel, ApJ 573, L77. 10 Julio 2002.*

**J. M. Vilchez (IAA)**

## DESCUBRIMIENTO DE NUEVOS SATÉLITES DE JÚPITER

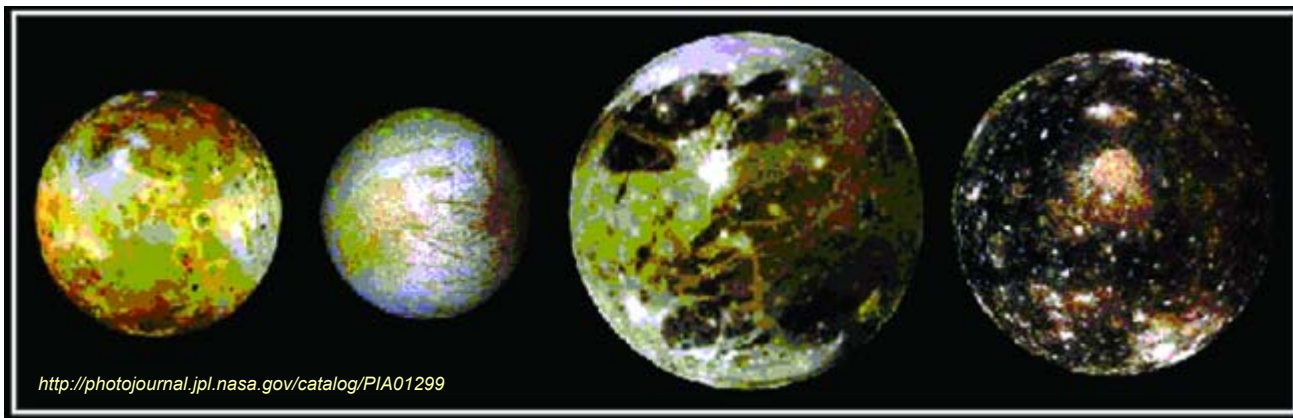


*El pasado mes de abril de 2002, Scott S. Sheppard y David Jewitt, astrónomos de la Universidad de Hawái, anunciaron el descubrimiento de 11 nuevos satélites pertenecientes al grupo de satélites irregulares de Júpiter. Estos nuevos satélites, unidos a los 11 descubiertos el año pasado por el mismo grupo, nos llevan a un total de 39 en el sistema joviano, convirtiendo a Júpiter en un sistema solar en miniatura.*

*Para que tengamos una idea más clara de la estructura de este «pequeño sistema solar», vamos a ver cómo podemos clasificar los 39 satélites atendiendo a las características de sus órbitas y, por lo tanto, a su posible origen.*

*Composición de fotografías obtenidas por Voyager 1 de Júpiter con sus cuatro satélites galileanos.  
© 1998 Clavin J. Hamilton  
<http://www.solarviews.com/cap/jup/jupsystm.htm>*





<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01299>

Figura 1.-De izquierda a derecha, Ío, Europa, Ganímedes y Calixto.

**Satélites regulares:** Presentan órbitas circulares pequeñas con baja inclinación; son también conocidos como satélites interiores al describir órbitas relativamente cercanas al planeta. Estos objetos se formaron probablemente a partir del disco de polvo y gas que rodeaba a Júpiter durante el proceso de su formación. A este grupo de satélites pertenecen los cuatro satélites galileanos, Ío, Europa, Ganímedes y Calixto, descubiertos por Galileo en 1610. Los diámetros ecuatoriales de los satélites descubiertos por Galileo varían entre los 3120 km de Europa y los 5268 km de Ganímedes, tamaños similares a los de nuestra Luna (3476 km). En la Fig. 1 presentamos unas imágenes de los cuatro satélites galileanos, tomadas por la nave Galileo de la NASA.

Además de los cuatro satélites galileanos, Júpiter cuenta con cuatro satélites regulares (o interiores) más pequeños: Metis, Adrastea, Amaltea y Tebe

(véase la Fig. 2). Sus diámetros varían entre los 8 km de Adrastea y los 84 km de Amaltea.

**Satélites irregulares:** Se caracterizan fundamentalmente por sus grandes órbitas con altas excentricidades. Debido a estas características de sus órbitas y a su pequeño tamaño, se piensa que estos objetos fueron capturados por el potente campo gravitatorio joviano en un estado primigenio del planeta gaseoso. El principal indicio a favor de la teoría de la captura de los satélites es que las órbitas de un gran número de ellos son retrógradas; esto es, orbitan alrededor del planeta en el sentido contrario a la rotación del mismo. Respecto a sus tamaños podemos decir que Himalia es el mayor de los satélites irregulares conocidos, con un diámetro de unos 180 km; 11 de los 20 satélites con diámetros medidos los tienen menores de 10 km.

Con los avances de la tecnología

moderna, ya se han atisbado otros cientos de pequeños cuerpos rocosos con diámetros mayores que 1 km girando alrededor de Júpiter. Es de esperar, por tanto, que en los próximos tiempos sigamos oyendo hablar de nuevos descubrimientos. La pregunta que de inmediato nos viene a la mente tras conocer las características físicas de los «nuevos satélites» jovianos es: ¿dónde está la línea divisoria entre un trozo de roca girando alrededor de un planeta y un satélite propiamente dicho? O, dicho de otra forma, ¿deberíamos replantearnos la definición de lo que consideramos como satélite, o por el contrario seguir tomando como tal a cualquier cuerpo sólido bajo la influencia del campo gravitatorio de un planeta? Esperamos tener la respuesta en próximos números.

Olga Muñoz (IAA)



<http://solarviews.com/cap/jup/galsatz.htm>

Figura 2.-De izquierda a derecha imágenes de Tebe, Amaltea y Metis tomadas por la nave Galileo. El gran cráter de impacto en Tebe tiene un diámetro de unos 40 kms.

## PARTICIPACIÓN DEL IAA EN LA JORNADA DE PUERTAS ABIERTAS DEL PARQUE DE LAS CIENCIAS DE GRANADA

El Parque de las Ciencias de Granada, museo interactivo de divulgación científica, celebró su séptimo aniversario con una Jornada de Puertas Abiertas que tuvo lugar el 19 de mayo.

Este año se ha iniciado una nueva actividad denominada «Ciencia en el aula: talleres y demostraciones» en la que los centros de investigación mostraron a los visitantes cómo se puede hacer la Ciencia, y los centros educativos cómo se puede aprender la Ciencia.

El IAA tomó parte en dichas jornadas. Para ello, el Instituto instaló un pequeño pabellón en la sede del Parque en el que se mostraron paneles divulgativos sobre las actividades científicas del IAA, programas interactivos de divulgación astronómica que realizaban un viaje por el Universo, el vídeo conmemorativo del 25º aniversario del IAA que constituye un buen reportaje sobre la investigación más actual en Astrofísica, modelos de vuelo de instrumentación espacial, entre otros materiales expositivos. Numerosos ciudadanos, incluido el alcalde de Granada, visitaron nuestro pabellón.



## CURSO ASTRONOMÍA de MAX PETTINI

Durante dos semanas, el pasado mes de mayo tuvimos con nosotros a Max Pettini, astrónomo de prestigio internacional en Cosmología observacional. En su curso, «QSO absorption lines systems», presentó una amplia revisión sobre el estudio del Universo a alto corrimiento al rojo a través del análisis de las líneas de absorción presentes en cuásares.

Nos mostró tanto la perspectiva histórica de esta línea como sus últimos resultados, a los cuales Max Pettini contribuye de manera significativa. Es herramienta imprescindible para este tipo de estudios el uso de datos obtenidos con telescopios de muy gran tamaño (KECK, VLT), junto con la utilización de los resultados de códigos numéricos sofisticados que tratan de reproducir la evolución del Universo desde etapas muy tempranas hasta la actualidad.

Isabel Márquez



## DÍA INTERNACIONAL DEL LIBRO

El 23 de abril, «Día Internacional del Libro», se vive especialmente en las bibliotecas. A través del objeto libro, se homenajean la difusión de las ideas, el conocimiento y la información. Para sumarse a esta celebración, la biblioteca del IAA organizó una exposición -«Los inicios de nuestra biblioteca...»- y una conferencia -«Manuscritos de Astronomía en el Medievo»-. La muestra recogía los fondos más antiguos con los que contamos. Libros, revistas, catálogos y atlas especialmente interesantes por su antigüedad, su formato - en cinta magnética, microfichas,...-, los primeros trabajos y tesis del IAA, el primer ejemplar registrado en nuestra biblioteca, así como las microfichas de nuestro catálogo colectivo en los inicios de la automatización. La conferencia estuvo a cargo de A. Claret -investigador del IAA-. El tema elegido fue muy oportuno por el lugar en el que estábamos y para esta ocasión, así que la asistencia fue general y pasamos un rato realmente agradable.

Ese día además, se estaba realizando en nuestro centro un curso de formación: «Los recursos electrónicos en las bibliotecas especializadas y centros de documentación» y contábamos por tanto con un gran número de compañeros de otras bibliotecas. Esta coincidencia hizo que el momento fuera particularmente grato y de gran satisfacción para nosotras.

Un entrañable recuerdo nos ha dejado este 23 de abril. Muchas gracias por vuestra participación y contamos con vosotros para el próximo Día del Libro.

M<sup>a</sup> C. Romero Vilchez - M<sup>a</sup> A. Arco Sarmiento



## SEMINARIOS CELEBRADOS EN EL IAA

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

**15.07.02.** Dr. M. Krips. Universidad de Colonia, Alemania. *The feeding of monsters - a study of nearby active galaxies.*

**3.07.02.** Dr. I. Pérez. Research School of Astronomy and Astrophysics, Mt. Stromlo and Siding Spring Obs., Australia. *Luminous Vs. dark matter in the inner parts of bright spiral galaxies.*

**25.06.02.** Dr. J. Braine. Observatorio de Burdeos, Francia. *Everything you always wanted to know about the isolated galaxy NGC 4414 but were afraid to ask.*

**12.06.02.** Dr. A. Mathieu. IAA-CSIC, Granada. *A review of the fundamental problem of galactic dynamics.*

**27.05.02.** Dr. L. Carigi UNAM, México. *Evolución química en galaxias enanas esferoidales y su importancia en el medio intergaláctico del Grupo Local*

**24.05.02.** Dr. G. Hensler. Institute of Theoretical Physics and Astrophysics, Universidad de Kiel, Alemania. *Star formation, gas cycles and the chemical evolution of dwarf irregular galaxies.*

**17.05.02.** Dr. J. Maíz Apellániz. ESA y STScI, EE.UU. *A Hipparcos y la población estelar temprana de la vecindad solar: Estructura vertical galáctica, la burbuja local y extinciones masivas.*

**14.05.02.** Dr. I. Ferreras. Universidad de Oxford, Reino Unido. *La compleja vida de las galaxias elípticas.*

**10.05.02.** Dr. U. Lisenfeld. IAA - CSIC, Granada. *Gas molecular y formación estelar en galaxias enanas de marea.*

**25.04.02.** Dr. T. Boeker. Space Telescope Science Institute (Baltimore, EE.UU.). *Nuclear star clusters in late-type spirals.*

**24.04.02.** Dr. M. Guelin. IRAM, Grenoble, Francia. *New results from Plateau de Bure.*

**17.04.02.** Dr. S. Sargoytchev. Centre for Research in Earth and Space Technology (York University, Toronto, Canada). *Solar Terrestrial Physics Laboratory at CRESS, York University, Canada.*

**16.04.02.** Dr. J. R. Pardo. Instituto de Estructura de la Materia (CSIC), Madrid. *La calibración de ALMA: Efectos atmosféricos, su modelización, medida y estrategias de corrección.*

## CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA

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

| FECHA           | CONFERENCIANTE                   | TEMA O TÍTULO TENTATIVO            |
|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 24 de octubre   | Olga Muñoz (IAA)                 | ¿Qué nos dice la luz del Universo? |
| 21 de noviembre | Inés Rodríguez Hidalgo (IAC)     | ¿Cómo lo hacemos los científicos?  |
| 19 de diciembre | Ángel Rafael López Sánchez (IAC) | Formación estelar en galaxias      |

## LIBROS DE DIVULGACIÓN

**El origen del Sistema Solar.** Josep M<sup>a</sup> Trigo i Rodríguez (Editorial Complutense, 2001).

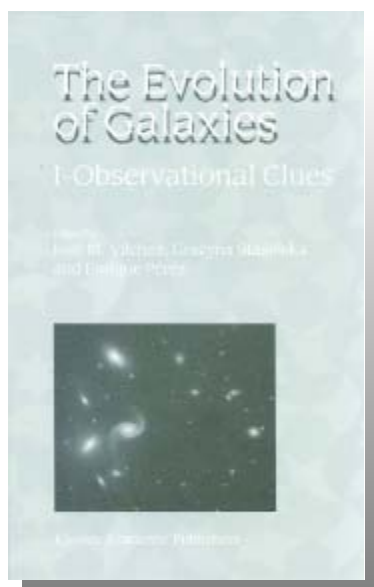
**El vigía del Cosmos.** José Ripero (Equipo Sirius, 2001).

**La potencia del Sol.** Julen Sarasola, José Sert y Morgens Winter (Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, 2001).

## LIBROS CIENTÍFICOS

**The evolution of galaxies: I-Observational clues.** Editado por José M. Vílchez (IAA-CSIC), Grazyna Stasinska (Observatoire de Paris-Meudon) y Enrique Pérez (IAA-CSIC) (Kluwer Academic Publishers, 2001).

**The evolving Sun and its influence on planetary environments.** Editado por Benjamín Montesinos, Álvaro Giménez y Edward F. Guinan. ASP Conf. Ser. 269 (Astronomical Society of the Pacific, San Francisco: 2002).



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