

NEBULOSAS PLANETARIAS:  
NO TAN ESFÉRICAS

LA DESTRUCCIÓN DE LA  
GALAXIA ENANA DE  
SAGITARIO

RADIACIÓN DE FONDO

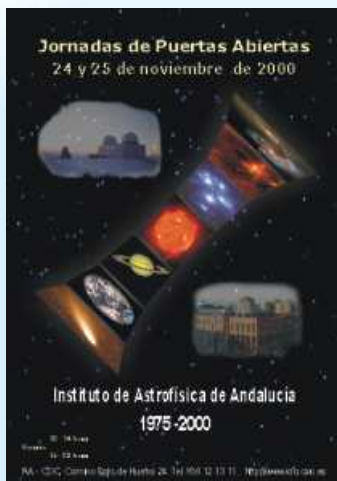
ENTREVISTA A  
CATHERINE CESARSKY

AGUJEROS NEGROS  
EN EL CORAZÓN  
DE LAS GALAXIAS



## 25 AÑOS del IAA





**Cartel anunciador de las jornadas de puertas abiertas**



**Imagen de la nebulosa planetaria Sa2-237**



**Telescopio KUEYEN (VLT), perteneciente a ESO, en el Cerro Paranal (Chile)**



**25 años del Instituto de Astrofísica de Andalucía.**

## SUMARIO

### Investigación

**Nebulosas planetarias, ¿no tan esféricas!** .....3  
*L. F. Miranda.*

**La destrucción de la galaxia enana de Sagitario** .....6  
*D. Martínez-Delgado.*

### Ventana Abierta

**Científicos de “usar y tirar”**.....8  
*Doctores contratados del IAA.*

### Charlas con...

**Catherine Cesarsky** .....9

### Actualidad Científica

**Chorros relativistas en el corazón de las galaxias** .....11  
*J. L. Gómez*

**Radiación de fondo: un diálogo entre ciencia básica y tecnología** .....12  
*J. L. Jaramillo Martín*

### Actividades IAA

**Y que cumplamos muchos más** .....14  
*A. González*

**Jornadas de puertas abiertas en el IAA** .....16  
*E. J. Alfaro.*

### Agenda

.....20

Dirección: Antonio Alberdi. Edición: Almudena González. Coordinación de Secciones: Antonio Alberdi, Emilio J. Alfaro, José María Castro, Antonio Claret, Jose Carlos del Toro Iniesta, Almudena González, José Luis Ortiz, José Vílchez. Diseño: Francisco Rendón. Maquetación: J.M. Martín López. Imprime: Proyecto Sur de Ediciones S.L.

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

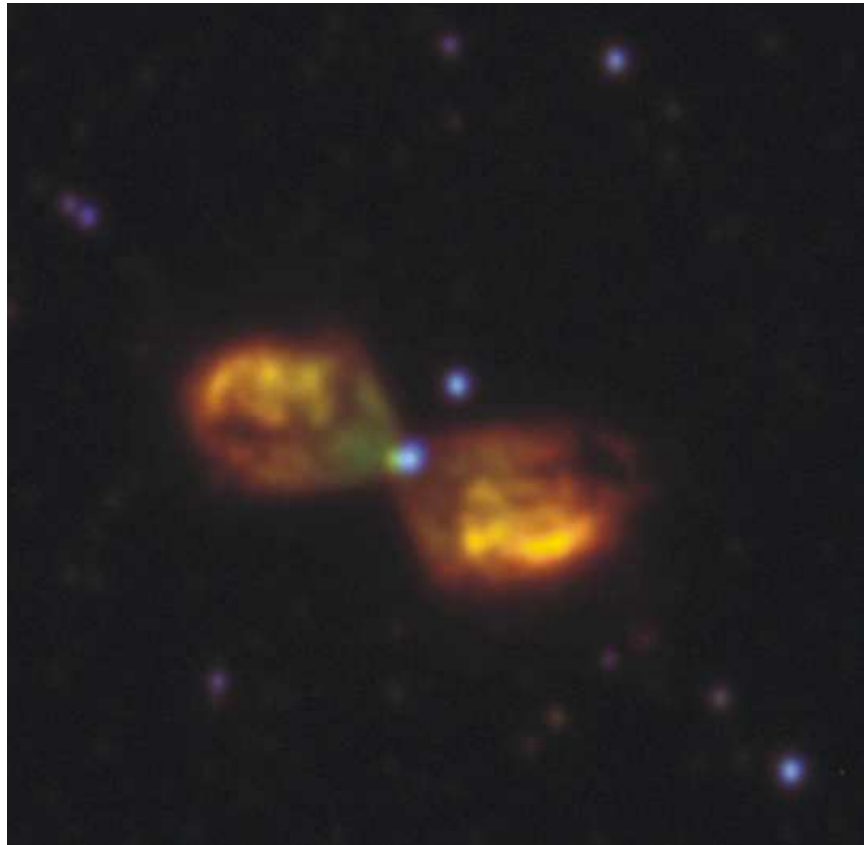
# Nebulosas planetarias, ¡no tan esféricas!

**En los últimos años hemos asistido a un gran cambio en nuestras ideas de lo que son las Nebulosas Planetarias. La presencia de geometrías no esféricas en las envolturas ionizadas y la detección de chorros colimados de alta velocidad han traído consigo una forma totalmente nueva de entender las Nebulosas Planetarias y los procesos de su formación. Entre estas novedades se encuentra la posibilidad de que las estrellas binarias interpreten un papel muy relevante en la formación de buena parte de las Nebulosas Planetarias.**

Las nebulosas planetarias (NPs) son envolturas gaseosas que rodean una estrella central muy caliente (con temperaturas entre 30.000 y 300.000 °C) que es capaz de ionizar el gas circundante. Las NPs representan la fase final de la vida de una estrella de masa pequeña, similar a nuestro Sol, justo después de la fase de gigante roja y antes de la fase de enana blanca. Durante la fase de gigante, el gas circumestelar es eyectado hasta dejar al descubierto el núcleo estelar de la NP. La temperatura de la estrella central aumenta progresivamente hasta alcanzar unos 30.000 °C, momento en el que la envoltura se ioniza y el viento de la estrella central adquiere velocidades de varios miles de km/s. Según el “Modelo de Vientos Interactivos” propuesto en 1978, la formación y evolución de las NPs está gobernada por la interacción entre este viento energético y la envoltura expulsada previamente. Finalmente, al cabo de varias decenas de miles de años, la envoltura se diluirá en el medio interestelar, la temperatura de la estrella central descenderá y lo único observable será una enana blanca aislada y cada vez más fría.

## ENVOLTURAS NO ESFÉRICAS

Las imágenes siempre mostraron que la simetría esférica no era muy común en las NPs y que más frecuentemente sus envolturas presentaban geometrías bipolares (tipo reloj de arena, Figura 1) o elípticas (Figuras 2 y 3). El reconocimiento pleno de este hecho y los intentos por explicarlo datan de hace poco más de diez años. Hoy en día se acepta que al final de la fase de gigante la masa se eyecta preferentemente hacia un plano donde se forma un disco o toroide ecuatorial denso alrededor de la estrella. Cuando el viento energético de la estrella central interactúa con esta distribución anisótropa de materia, la expansión será menor en el ecuador que en la dirección perpendicular (polar) que tiene menor densidad y se formará una envoltura no esférica. Las simulaciones numéricas han demostrado que este modelo es capaz de explicar las geometrías observadas nada más que considerando diferentes concentraciones de densidad en el

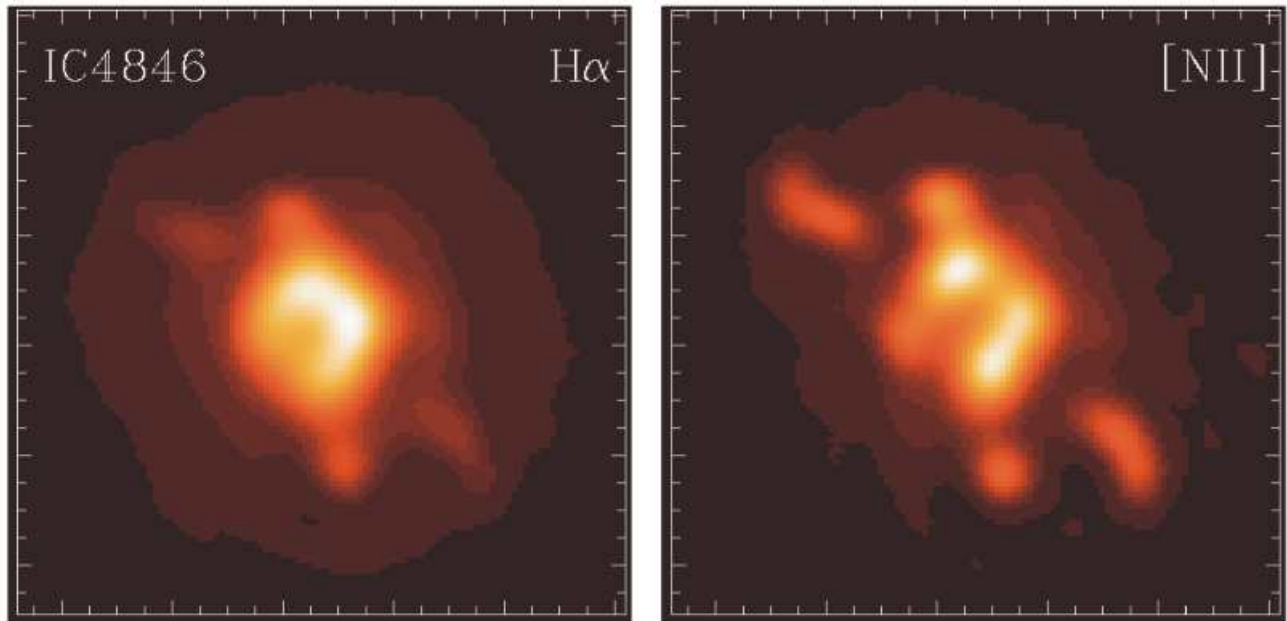


**Figura 1.** Imagen de la nebulosa planetaria Sa2-237 obtenida combinando imágenes en tres filtros: rojo corresponde a la emisión del nitrógeno una vez ionizado ([NII]), verde a la emisión del hidrógeno ( $H\alpha$ ) y azul a la emisión del oxígeno dos veces ionizado ([OIII]). La nebulosa presenta dos lóbulos bipolares sobre los que existen dos regiones brillantes con simetría de punto con respecto a la estrella central (localizada en el centro de la nebulosa). Estas regiones se producen por el impacto de dos chorros colimados de alta velocidad contra la envoltura. La estrella central es binaria. Este hecho puede ser determinante en la producción de los chorros. La investigación sobre Sa2-237 es una colaboración entre investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC), el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto de Ciencias del Espacio (CSIC) y el Departamento de Física y Astronomía de la Universidad de Manchester.

plano ecuatorial. Por otro lado, las observaciones comienzan a confirmar la presencia de estos discos densos (Figura 3).

**“La detección de chorros colimados de alta velocidad en NPs está aportando nuevas ideas que trastocan nuestro concepto de la evolución estelar tardía”**

Si bien la hipótesis de expulsión de masa hacia el plano ecuatorial explica las observaciones, no proporciona en sí misma una razón física del hecho. Los primeros modelos que se propusieron consideraban la presencia de una estrella binaria en la que una compañera desviaba hacia el plano orbital parte de la masa eyectada por la gigante creando un disco denso. Otros modelos más recientes invocan la existencia de rotación estelar y la presencia de campos magnéticos. Sin embargo, la idea de que una estrella



**Figura 2.** Imágenes en los filtros  $H\alpha$  y [NII] de IC4846. Constituye un ejemplo espectacular de nebulosa planetaria con múltiples eyecciones colimadas en diferentes direcciones. Un par de chorros se extiende en diagonal y presenta una marcada curvatura. Su velocidad es de más de 100 km/s. Un segundo par está formado por dos condensaciones compactas orientadas casi verticalmente en la imagen. Los dos filamentos brillantes casi horizontales podrían constituir un tercer par de chorros.

compañera pudiera desempeñar un papel importante modificando las propiedades de la gigante (por ejemplo, la velocidad de rotación) sigue estando presente en muchos de estos nuevos modelos.

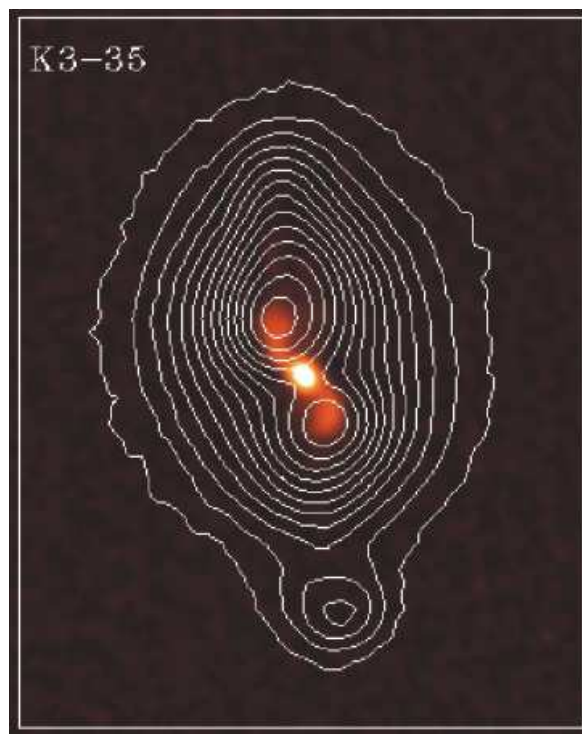
### CHORROS COLIMADOS DE ALTA VELOCIDAD

El cambio más drástico y radical en nuestro concepto sobre las NPs se produjo a consecuencia de la detección en estos objetos de chorros muy colimados de alta velocidad. La existencia de chorros era un fenómeno bien conocido en las primeras etapas de la formación estelar pero inimaginable en las últimas donde no se preveía un agente que pudiese colimar una eyección de manera tan eficiente. La primera detección de chorros en las NPs tuvo lugar en 1985 en NGC2392. En 1987 se detectaron chorros en NGC6543. Años más tarde, en 1992, se describió NGC6543 en términos de múltiples chorros colimados bipolares con diferentes velocidades, y en diferentes direcciones debidas a la precesión de la fuente central. También en 1992 se detectaron múltiples chorros en M1-16 y al año siguiente, en 1993, se descubrieron chorros curvados en Fleming 1. Estos trabajos marcaron el inicio de una línea de investigación sobre NPs que continúa con gran intensidad en nuestros días y que sigue aportando nuevas ideas que están trastocando nuestro concepto de la evolución estelar tardía. El grupo

de *Medio Interestelar* del IAA ha contribuido de manera significativa en estos avances. Las figuras que acompañan este artículo muestran algunos de los resultados obtenidos

por este grupo.

El número de NPs con chorros colimados ha aumentado enormemente en los últimos años,



**Figura 3.** Imágenes en el visible ([NII], contornos blancos) y en radio (3.6 cm, color) de K3-35, una nebulosa planetaria extremadamente joven. Se observan un par de chorros que cambian de dirección sugiriendo la precesión de la fuente central. El hecho de que en el visible no se observe la región central brillante que se observa en radio se debe a la presencia de un disco de polvo en el plano ecuatorial de la nebulosa que obscurece la emisión en longitudes de onda visibles.

En parte favorecido por la alta resolución de las imágenes obtenidas con el Hubble Space Telescope. De hecho, los chorros colimados se consideran ya como una componente estructural típica de las NPs y asociada a la propia formación de estos objetos.

Los chorros colimados tienden a aparecer en pares simétricos (tanto en posición como en velocidad) con respecto a la estrella central, pero presentan una enorme variedad de formas que van desde filamentos extensos (Figuras 2, 3 y 4) a condensaciones compactas (Figura 2) o estructuras brillantes sobre la envoltura (Figura 1). Las velocidades proyectadas también presentan un amplio rango de valores desde unos pocos km/s hasta cientos de km/s. Todos los chorros están caracterizados por emisiones intensas en líneas espectrales de nitrógeno, azufre y oxígeno neutros o con bajos grados de ionización. En concreto, las líneas de nitrógeno una vez ionizado ([NII]) son, en general, las más intensas de todas, incluso más que las del hidrógeno, a pesar de que la abundancia de éste es muchísimo mayor (Figuras 1 y 2). La presencia de elementos ionizados en los chorros se explica fundamentalmente por la propia fotoionización desde la estrella central. No obstante, pudiera existir una contribución no desdeñable debida a la excitación de los átomos

por choques. Probablemente, la propiedad más curiosa que presentan estas estructuras consiste en los cambios de dirección y orientación con respecto a la estrella central. Estos cambios nos indican que el eje de eyección está oscilando o precesando. Las figuras que acompañan este artículo ilustran claramente esta propiedad tan peculiar.

La idea de que una estrella aislada pudiese generar chorros colimados no pareció adecuada a los investigadores y, una vez más, éstos recurrieron a la hipótesis de una estrella binaria. Los primeros modelos proponían que una parte de la masa eyectada por la gigante fuera capturada por la estrella compañera a través de un disco de acrecimiento y, desde este disco, expulsada con un alto grado de colimación. Otra posibilidad, dentro del contexto de una binaria, sugería la destrucción de una compañera de masa pequeña (quizá un planeta tipo Júpiter o algo más masivo) formando un disco alrededor de la gigante que actuaría como agente colimador del viento. Actualmente se están explorando otros modelos que consideran la rotación estelar y la presencia de campos magnéticos. Algunos de ellos sugieren que una estrella aislada puede ser capaz de producir chorros. Sin embargo, si se quieren reproducir los cambios de dirección de los chorros, se tiende a recurrir, de una

manera u otra, a la presencia de una compañera que sea capaz de desalinearse y hacer oscilar el eje de colimación.

Un problema importante con el que se enfrentan todos estos modelos es el desconocimiento que existe sobre la evolución de las estrellas binarias, máxime si entre ellas existe una interacción. Quizá, la variedad en las propiedades de los chorros colimados en las NPs no sea más que el reflejo de las diferentes y variadas vías evolutivas que pueden tener lugar en las estrellas binarias interactivas.

### CONCLUSIÓN

En los diez últimos años hemos pasado de considerar las NPs como simples esferas de gas ionizado a tener, primero, que descartar la esfericidad y, después, que considerar chorros colimados donde nadie los esperaba. Estos resultados han traído consigo cambios profundos y radicales en el concepto de las nebulosas planetarias. Las nuevas ideas emergentes apuntan a que la binariedad puede ser clave en la formación de una buena parte de las NPs. Sin embargo, las NPs han de mostrarse como objetos sorprendentes, así que no se deben descartar nuevas sorpresas que aún no han sido imaginadas.

L.F. Miranda (IAA)

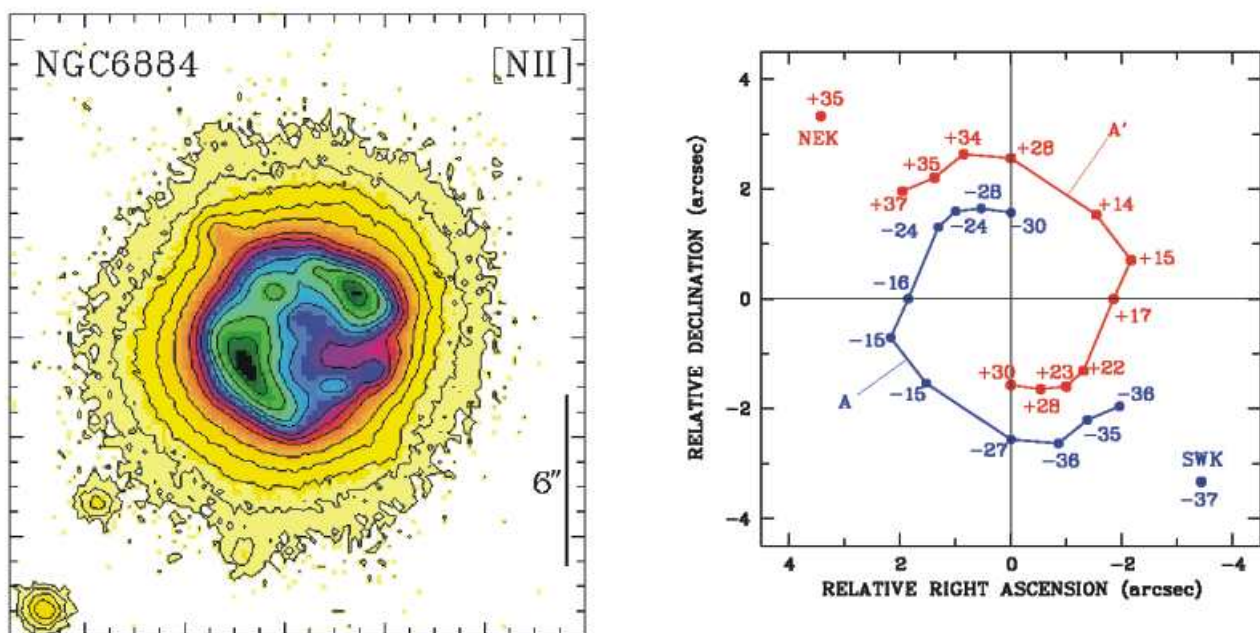


Figura 4. Imagen en [NII] de la nebulosa planetaria NGC6884 (izquierda). La nebulosa presenta una estructura circular dominada por dos arcos brillantes. La cinemática del gas se muestra a la derecha, con los números indicando velocidades radiales (en km/s) con respecto a la velocidad central. La distribución de las velocidades permite concluir que la estructura circular en la imagen es sólo un efecto de proyección y que los arcos brillantes son en realidad dos espirales simétricas (denotadas A y A') en posición y en velocidad con respecto al centro. A y A' representan dos chorros bipolares en precesión. Se observan además dos condensaciones compactas (denotadas NEK y SWK).

# LA DESTRUCCIÓN DE LA GALAXIA ENANA DE SAGITARIO

La cosmología estándar predice que las galaxias enanas son las primeras en formarse en el Universo y que muchas de ellas se fusionan para formar galaxias más masivas como la Vía Láctea. Este proceso pudiera haber dejado algunos restos fósiles en nuestra Galaxia, que podrían observarse en el halo externo en forma de corrientes de estrellas o escombros de galaxias enanas en la actualidad. Este escenario es consistente con el modelo de formación del halo galáctico propuesto por Searle y Zinn en 1978 a partir de las propiedades de los cúmulos globulares, que puede interpretarse como la manifestación local de la teoría de formación jerarquizada de galaxias.

En la última década, las observaciones han apoyado la hipótesis de la existencia de procesos de fusión de galaxias enanas en el halo externo de la Vía Láctea, cuya formación podría no haber concluido todavía. El descubrimiento de posibles corrientes compuestas por galaxias satélites y cúmulos globulares en el halo nos hace suponer que estos objetos podrían ser los restos de galaxias progenitoras mayores destruidas por la Vía Láctea hace miles de millones de años. Algunas corrientes aisladas de estrellas individuales han sido también identificadas incluso en la vecindad solar. Las observaciones con cámaras CCD de gran campo han revelado también colas de marea en algunos satélites de la Vía Láctea, indicando que se encuentran en un proceso de disolución debido a su interacción gravitatoria con nuestra Galaxia. La posibilidad de que estos procesos de fusión dejen alguna traza observable en el halo galáctico es también apoyada por modelos teóricos de destrucción por marea de galaxias enanas.

**“Desde su hallazgo, Sagitario ha sido objeto de numerosos descubrimientos, algunos de ellos sorprendentes”**

Sin duda, el resultado más relevante fue el descubrimiento de la galaxia enana de Sagitario (Figura 1), un satélite de la Vía Láctea para el que existe un acuerdo universal de que se encuentra en un avanzado estado de destrucción por marea. Desde su descubrimiento, Sagitario ha sido objeto de otros numerosos



**Figura 1.** Posición del cuerpo principal de Sagitario en el cielo. La corriente de marea NO de esta galaxia cruza el plano galáctico y es muy difícil de detectar debido a la enorme extinción de estas regiones.

descubrimientos, algunos de ellos sorprendentes, sobre todo porque es posible que estemos siendo testigos del mecanismo de formación de nuestra Galaxia en el sentido propuesto por Searle y Zinn.

## LA GALAXIA MÁS CERCANA

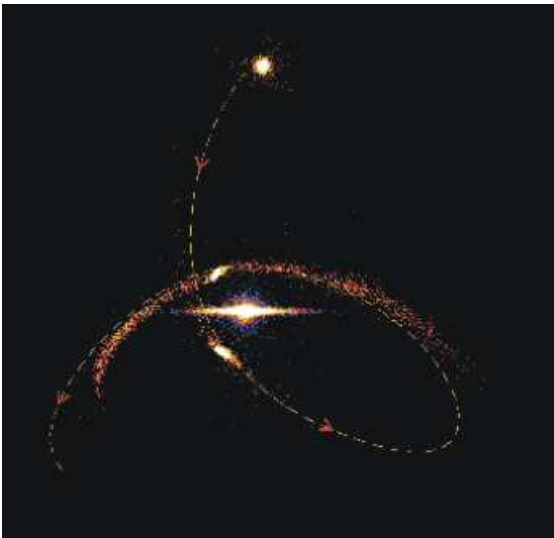
Sagitario fue descubierta casualmente en 1994 durante el curso de un estudio espectroscópico del bulbo de nuestra Galaxia. Los posteriores diagramas color-magnitud de esa región del cielo mostraron claramente su naturaleza de sistema estelar, compuesto por una mezcla de poblaciones de edad vieja e intermedia, situado a 25 kiloparsec (kpc; 1 parsec (pc) = 3.26 años luz) siendo por lo tanto la galaxia más próxima conocida. Su cuerpo principal es muy elongado, y está orientado aproximadamente perpendicular al plano de la Galaxia. Se encuentra muy próximo al centro de la Vía Láctea (16 kpc), la cual le induce enormes fuerzas de marea que le conducen a su destrucción total, llegando a disgregar sus estrellas y cúmulos globulares en el halo Galáctico. Sagitario es por lo tanto el ejemplo más cercano de *ladrillo galáctico*, como sugiere el escenario propuesto por el modelo de formación jerarquizada de galaxias.

Desde su descubrimiento, las medidas de su extensión en el cielo han ido creciendo constantemente. El primer mapa de Sagitario reveló que

se trataba de una galaxia con una estructura grumosa, que ocupaba una extensión total de  $8^\circ \times 5^\circ$ . Los estudios posteriores basados en diferentes trazadores estelares (tales como las variables RR Lyrae) incrementaron el tamaño angular del cuerpo principal de la galaxia hasta al menos  $20^\circ \times 8^\circ$ . Pero sin duda, el resultado más espectacular fue la detección de estrellas de Sagitario hasta  $34^\circ$  -más de 15 kpc- en dirección SO de su cuerpo principal. Los diagramas color-magnitud de estas regiones desvelaron un exceso de estrellas azules que podían identificarse como una secuencia principal muy bien definida idéntica a la de Sagitario. Además, Sagitario era realmente estrecha en estas zonas periféricas, por lo que se dedujo que se trataba de una corriente de marea más que de una extensión de la región elipsoidal interna de la galaxia.

Los modelos dinámicos de la interacción de Sagitario con la Vía Láctea y su destrucción en el halo también predicen la presencia de corrientes de marea muy extensas que podrían incluso "envolver" nuestra Galaxia en una órbita polar. En particular, predicen que su cola de marea es simétrica y, por lo tanto, la presencia de una corriente en dirección NO de brillo superficial muy similar a la descubierta en dirección SO (Figura 2).

Sin embargo, los intentos para



**Figura 2.** Modelo dinámico de la destrucción de Sagitario en el halo galáctico. La corriente de marea de Sagitario se extiende a enormes distancias del cuerpo principal de la galaxia, pudiendo incluso envolver nuestra Galaxia en una órbita polar.

Detectar la corriente NO fueron infructuosos. La principal dificultad estriba en que esta posible corriente cruza la región del plano galáctico, donde la contaminación de estrellas del campo y el enrojecimiento diferencial es tan grande que impide la aplicación de las técnicas de búsqueda basadas en los diagramas color-magnitud. Además, una vez lejos del plano galáctico, la corriente NO es mucho más débil y su posición (interpolada a partir del centro y la corriente SO de Sagitario) es muy incierta.

### LA DETECCIÓN DE LA CORRIENTE NORTE DE SAGITARIO

En la primavera de 2000, dos equipos del Sloan Digital Sky Survey (SDSS) presentaron los resultados del primer año de pruebas del proyecto. Estos datos cubrían dos regiones muy largas y estrechas centradas en el ecuador celeste en las proximidades de los polos Norte y Sur galácticos, de  $87^\circ$  de largo y  $60^\circ$  respectivamente, y ambas de  $2.5^\circ$ . En la práctica, esto sería una "rodaja" del halo galáctico. El resultado más espectacular fue la detección de dos franjas de estrellas azules de tipo A en ambos hemisferios, mostrando por primera vez una clara subestructura en el halo externo de nuestra Galaxia. Esta subestructura también se detectó en la distribución de las estrellas RR Lyrae descubiertas durante la búsqueda sistemática SDSS, que mostraba un cúmulo de estas variables situado a unos 45 kpc.

La franja situada en el hemisferio norte es la más densa y está formada por dos bandas paralelas de estrellas, con magnitudes  $\sim 19$  y  $\sim 21$

respectivamente. Esta dualidad es fácilmente explicable si se tratara de las estrellas de la rama horizontal y "blue straggler" pertenecientes a un mismo sistema estelar situado aproximadamente a 45 kpc. Por lo tanto, la idea de que estas franjas fueran la traza de una galaxia destruida por las fuerzas de marea de la Vía Láctea es muy tentadora.

La comparación de los resultados del SDSS con los modelos teóricos de Sagitario obtenidos por la Dra. M.A. Gómez-Flechoso (Universidad de Ginebra) mostraron que estas subestructuras eran compatibles con los escombros de marea pertenecientes a la

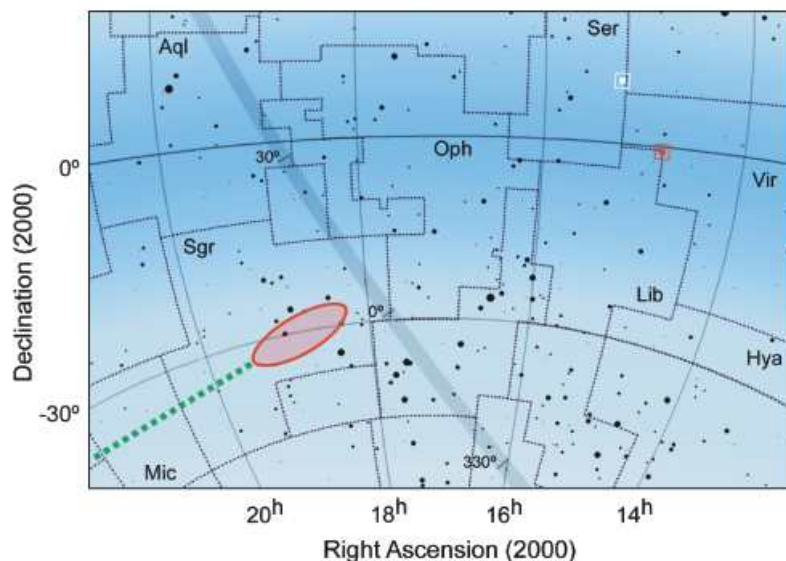
corriente NO de Sagitario. Sin embargo, era necesario obtener un diagrama color-magnitud más profundo en esa zona, para confirmar si se trataba de un sistema estelar consistente con las características predichas para Sagitario en esa posición del cielo. En Junio de 2000, D. Martínez y A. Aparicio del Instituto de Astrofísica de Canarias observamos esta zona con el telescopio Isaac Newton de 2.5m situado en el Roque de los Muchachos, usando una cámara CCD de gran campo. Detectamos un sistema de muy baja densidad situado a unos 50 kpc del Sol (Figura 3). Su posición en el cielo es de unos  $60^\circ$  al norte del centro de Sagitario y coincidente con la prevista

por los modelos dinámicos para la corriente NO de esta galaxia.

Para corroborar la hipótesis de que este sistema es realmente un escombros de Sagitario, comparamos todas las posibles detecciones de su corriente de marea disponibles en la bibliografía con un modelo dinámico de la misma. El acuerdo es excelente, encontrando que nuestra detección coincide con las predicciones para la posición del apocentro de esta galaxia. Esta región es además una de las más densas y por tanto es la más asequible para ser detectada; podría también explicar el exceso de estrellas de carbono encontrado en las proximidades en una muestra del APM ("Automated Plate Measuring") de Cambridge.

La detección de este escombros de Sagitario a  $60^\circ$  de su centro (que correspondería a una distancia de 46 kiloparsecs) es realmente importante, pues confirma las predicciones de los modelos teóricos de que Sagitario forma una corriente en el halo externo de nuestra Galaxia que incluso podría "envolver" todo el firmamento. Este resultado es clave en la investigación de estos procesos y da un nuevo impulso al estudio de Sagitario. La medida de velocidades radiales en esta región de la corriente y la búsqueda de más restos a lo largo de su órbita no ha hecho nada más que empezar y permitirán estudiar con un detalle sin precedentes un proceso de fusión en nuestra Galaxia o, lo que es lo mismo, cómo se forma la Vía Láctea casi en primera fila.

### D. Martínez- Delgado (IAC)



**Figura 3.** Mapa del cielo mostrando el cuerpo principal de Sagitario, la corriente Sur de Sagitario (cuadrados verdes) y la posición de nuestra detección (punto rojo) de sus restos en las proximidades del ecuador galáctico. El plano de la Vía Láctea está representado por una banda gris.

## Científicos de "usar y tirar"

¿Qué pensaría usted si echando un vistazo al periódico del domingo se encontrase con el siguiente anuncio? **"RUINA S.A., empresa líder, necesita personal: se requieren licenciados con buen expediente académico; 4 años de formación a cargo de la empresa en filiales nacionales (sin Seguridad Social); 2 años de perfeccionamiento en centros internacionales (sin Seguridad Social); retorno a España no garantizado; se valorará la iniciativa del candidato, pero no se tendrá en cuenta; salario no competitivo; incorporación definitiva, incierta"**. Seguramente estemos de acuerdo en que se trata de una oferta poco atractiva de una empresa que, además, falla en lo más elemental: en la recogida de beneficios tras realizar una importante inversión en personal. Tal ejemplo de despropósito empresarial sucumbiría al poco tiempo de su creación, absorbido por la competencia. Sin embargo, y aunque parezca increíble, tenemos en este país una empresa, "Política Científica Española", que se empeña en seguir los dictados de RUINASA.

Desde finales de los años 80 se han venido formando en nuestro país toda una generación de jóvenes científicos que después de una primera fase de doctorado, después de haberse especializado con un mínimo de dos años de trabajo en centros internacionales de reconocido prestigio y estar desarrollando líneas de investigación competitivas a nivel mundial, se encuentran con un horizonte profesional sin expectativas de continuidad. Dicho de otro modo, el Estado parece no tener el más mínimo inconveniente en prescindir de un personal científico cualificado y a punto para poder rentabilizar la inversión realizada durante los años anteriores. Y todo por una falta de previsión, falta de planificación a largo plazo y falta de entendimiento por parte de los responsables de la política científica sobre uno de los pilares que sustenta la civilización occidental: la investigación científica. Algo que se manifiesta, no solo en la agónica situación de los jóvenes investigadores, sino en el estado general de la Ciencia en España.

La idea de los contratos asociados a proyectos fue una solución acertada en su día para garantizar la reincorporación al sistema científico español de doctores con varios años de experiencia investigadora en el extranjero. Una idea con buenas intenciones, pero que actualmente ha quedado completamente desfasada. La pretensión original era que durante los tres años de duración del contrato, el investigador, con una calidad científica ya ampliamente demostrada, obtuviese una plaza de funcionario; o tal vez, que alguna empresa con afán innovador solicitara sus servicios. Pero la situación real no es ésta: el número de plazas que se convocan anualmente en las ofertas públicas de empleo es absolutamente insuficiente para absorber a un número razonable de doctores; por otro lado, el tejido empresarial español, formado esencialmente por pequeñas y medianas empresas, no parece mostrar mucho interés por el colectivo de doctores.

La situación actual requiere medidas concretas y efectivas para que un importante volumen de doctores bien preparados, hoy día considerados como científicos de usar y tirar, no acaben en el cubo de la basura. Desde hace ya varios años se viene hablando de unos contratos laborales de 5 años, no asociados a proyectos, renovables y con los que la iniciativa científica del investigador no se vería coartada. Pensamos que este tipo de contratación podría ser una interesante alternativa a la opción del funcionariado, siempre, claro está, que se oferten contratos en número suficiente. Pero hasta ahora, y tras el optimismo generado con la creación del nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología, sólo encontramos que las cosas se han agravado y que no hay perspectivas de solución en el plazo de tiempo que la delicada situación requiere.

Es hora de que los responsables de la política científica de este país se sienten a pensar, con honestidad, qué ciencia quieren para la España del siglo XXI. Si queremos seguir dependiendo de la investigación de otros, fieles seguidores del famoso *"que inventen ellos"*, vamos por el buen camino. Si por el contrario queremos que en un plazo de 20 a 30 años seamos capaces de innovar, crear y exportar tecnología, entonces es necesario planificar AHORA, con seriedad, nuestro futuro científico y tecnológico y cambiar radicalmente el estado de las cosas.





## CATHERINE CESARSKY DIRECTORA GENERAL DE ESO

### *“Paranal ha pasado de ser un proyecto a ser un observatorio”*

*Catherine Cesarsky ha desarrollado su carrera científica en diversas instituciones como la universidad de Harvard, el Instituto Argentino de Radioastronomía y el departamento de Astronomía del Instituto Tecnológico de California (Caltech). Posteriormente, ha sido directora del Servicio de Astrofísica y del Directorado de Ciencias de la Materia de Saclay. Desde el año 1999 es Directora General del Observatorio Europeo Austral (ESO). Cesarsky visitó el IAA con motivo de su 25 aniversario e impartió una conferencia en el acto institucional conmemorativo*

#### **¿Cuáles son los campos de la Astrofísica en los que ha desarrollado su labor investigadora ?**

Al principio de mi carrera trabajé en modelos estelares y luego me dediqué, durante muchos años, a la Astrofísica de altas energías, en particular al estudio de la propagación y aceleración de los rayos cósmicos, que son partículas de muy alta energía que están, por ejemplo, en nuestra Galaxia. Me he ocupado también de muchos problemas relacionados con el medio interestelar, en concreto del polvo entre las estrellas, y en los últimos años me he interesado por la evolución de las galaxias a través de observaciones infrarrojas.

#### **En su opinión, ¿cuáles han sido los desarrollos más importantes alcanzados durante los últimos años en esos campos?**

En el campo de la propagación de los rayos cósmicos, hemos establecido los paradigmas sobre la forma en que los rayos cósmicos están confinados en nuestra Galaxia. En el campo de la aceleración de los rayos, hemos dado una teoría que la explica en función de la interacción con ondas de choque de las supernovas, que funciona muy bien hasta ciertas energías. Para energías muy, muy elevadas, no se ha entendido bien el modo de aceleración. ¡Existen demasiadas teorías!

En el campo de las galaxias, estamos viviendo una etapa apasionante. Somos capaces de hablar de evolución de las galaxias ya que vemos galaxias con una edad mayor que cuatro quintas partes de la edad del Universo, y ver cómo se desarrollan. El infrarrojo nos ha permitido ver regiones con nubes de gas y polvo. En las regiones más densas, no vemos nada en el visible pero el infrarrojo nos muestra grandes regiones de formación estelar, con un impacto enorme sobre la evolución de las galaxias y sobre la evaluación de la formación de estrellas a lo largo de la historia del Universo.

#### **De entre los interrogantes abiertos en estos campos, ¿cuáles le resultan más fascinantes?**

En el campo de la evolución de galaxias, ¿en qué momento se formaron las grandes galaxias elípticas?, ¿se formaron en épocas tempranas o se siguen formando actualmente? Otra pregunta está relacionada con los enormes agujeros negros que se encuentran en el núcleo de las galaxias activas: ¿existe una conexión entre las galaxias elípticas y las colisiones entre galaxias? No se sabe muy bien si se empezó con agujeros negros o con colisiones entre galaxias, en qué momento aparecieron los agujeros negros y si son ellos los centros de coagulación, etc.

#### **¿Cuáles son las líneas principales de desarrollo que tiene previstas durante su etapa como Directora General de ESO?**

Mi mandato es por cinco años y estoy en el segundo de ellos. Este es el plazo que puedo considerar. Estamos en la etapa en que Paranal pasó de ser un proyecto a ser un observatorio. Consta de dos telescopios funcionando completamente y los otros dos serán puestos al servicio de los astrónomos en 2001. Se va a ir agregando nueva instrumentación. Seguiremos mejorando nuestro método novedoso de llevar las operaciones del observatorio y la manera de proporcionar los datos a los observadores, lo que llamamos el sistema "end to end", de "final a final", con cada paso pensado desde la preparación de la observación hasta el envío de los datos en un archivo informático. Disponemos de cuatro instrumentos y llegaremos a once.

Posteriormente, vendrá la etapa VLTI, el interferómetro. Actualmente es un proyecto en vías de desarrollo. La primera línea de retardo está ya instalada; la segunda ha llegado y será instalada prontamente. Esperamos probarlas y obtener las primeras franjas interferométricas

con dos siderostatos en marzo de 2001. Al final de este año esperamos hacer interferometría con dos de los grandes telescopios. En cualquier caso, el desarrollo completo del VLTI ocupará un periodo más largo que mi propio mandato. Llevará al menos una decena de años.

El tercer programa es ALMA, un interferómetro en ondas milimétricas y submilimétricas. Es un programa mundial en el que los países europeos están dejando que ESO coordine su participación. Además de ESO, participan otros países, entre ellos España. ALMA consta de 64 telescopios, que se instalarán a 5000 m de altura en Atacama. Ahora mismo estamos preparando la propuesta detallada que esperamos sea aprobada al final de 2001. Después de ello, se comenzará a construir ALMA.

El último programa está relacionado con la construcción de telescopios de muy gran tamaño en el óptico e infrarrojo. Vendrá después del VLT. Para ello tenemos una serie de estudios bajo el nombre de OWL, para diseñar un telescopio de 100 m.

### **¿Qué desafíos científicos más importantes se abordarán con el VLTI?**

La interferometría tiene por un lado unos campos en los que se han hecho previsiones que no han podido ser comprobadas como diámetros estelares, parámetros fundamentales de estrellas. Se podrán hacer imágenes de las superficies de las estrellas, estudios detallados de binarias, separar estrellas en las regiones centrales de los cúmulos globulares... Se podrán ver en detalle los discos de polvo y gas que hay en torno a estrellas en formación y en torno a estrellas ya formadas como Beta Pictoris... Más interesante todavía: se podrán detectar directamente planetas extrasolares, obteniendo un censo más completo de la cantidad y características de estos exoplanetas.

En el campo de la Astronomía Extragaláctica, van a poder estudiarse por primera vez los detalles de fuentes lejanas gracias a la sensibilidad de los grandes telescopios. Podrán estudiarse desde la parte central de nuestra Galaxia, en torno a su agujero negro, hasta el detalle de otros núcleos activos y la estructura de galaxias muy lejanas.

### **¿Y con ALMA?**

ALMA va a ser muy complementario con respecto al VLTI. Hay muchas circunstancias en las cuales la luz sale esencialmente en el infrarrojo o en longitudes de onda milimétricas y submilimétricas. Estudiará la química ya que esta región del espectro es muy rica en líneas espectrales, y al disponer de una buena resolución, podrá estudiar qué elementos son creados, dispersados en las épocas de formación y muerte de las estrellas... En resumen, permitirá entender la evolución química de las galaxias. Otro tema importante para ALMA será también el de los planetas extrasolares, no para obtener imágenes, sino para ver los planetas en formación y para la detección directa de discos de polvo en torno a las estrellas. En el campo extragaláctico, es probable que podamos observar galaxias muy cerca de su formación. Se considera que desde épocas tempranas, ya hay creación de elementos pesados y, por consiguiente, de polvo que va a emitir en el infrarrojo, y que debido a su lejanía será observado en el (sub-)milimétrico. Además podrá medirse el corrimiento al rojo para objetos muy lejanos a través de algunas líneas en emisión.

### **¿Qué sugeriría a la comunidad astronómica española y a las autoridades responsables de la política científica sobre la posible incorporación de España a ESO?**

A mí me encantaría un acercamiento de España porque

es una comunidad vibrante en Astronomía, con la cual personalmente tengo muchas afinidades, pero es evidente que un acercamiento a la ESO tiene que ser iniciativa del lado español.

### **¿Cómo se está desarrollando la participación de España en el proyecto ALMA? ¿Podría indicarnos las fechas clave más próximas en relación con ALMA?**

Tenemos científicos españoles participando activamente en las discusiones científicas que están permitiendo la caracterización del proyecto. Desde el punto de vista de los desarrollos técnicos, se está todavía por empezar a implicarse. Esperamos que la implicación sea cada vez más fuerte.

Con respecto a las fechas: la propuesta europea estará lista para el final del año 2000, de modo que se está trabajando intensamente en ella. Se está trabajando también en el reparto de tareas, en caso de construcción, entre los diversos participantes europeos. Este reparto ha sido ya definido con Estados Unidos. Espero y quisiera que hubiera una decisión final sobre el proyecto hacia junio de 2001. En cualquier caso, para fin de 2001 recibiremos la antena prototipo que será enviada a Nuevo México para la realización de los primeros tests de funcionamiento.

### **¿Tiene algún consejo en especial para los jóvenes científicos que comienzan su vida investigadora en Astrofísica?**

Yo les recomendaría que tuvieran una buena preparación en Física. Es la mejor base y si no la adquieren adecuadamente al principio de su carrera, la van a añorar durante toda ella. No hay que especializarse demasiado rápido. No hay que tener prisa para dedicarse a la Astronomía teórica u observacional. En relación a la Astrofísica les diría que están viviendo una época apasionante y que cualquier joven que se muestre interesado por esta disciplina no se va a arrepentir.

### **Usted nos visitó con motivo de nuestro 25º aniversario. ¿Qué recomendaciones haría al IAA para su futuro?**

Era la primera vez que visitaba el IAA y me dio la impresión de un instituto armonioso, bien organizado. Todo lo que puedo decir es que se debe seguir con ambición, con buenas colaboraciones a nivel nacional, europeo y mundial. Hoy día la Astronomía es un esfuerzo mundial. Cada laboratorio tiene que vivirlo de esa manera.

#### **Algunas de sus preferencias personales:**

**Una canción o música:** Las óperas de Mozart

**Un libro:** La literatura hispanoamericana. Por nombrar algunos, destacaría sobre todo "Cien Años de Soledad" de Gabriel García Márquez, y también "Rayuela" de Julio Cortázar, "Patagonia Express" de Luis Sepúlveda.

**Una película:** El cine francés; "Les enfants de Paradis" de Marcel Carné.

**Una ciudad:** Buenos Aires, la ciudad donde me crié.

**Un paisaje:** El desierto en Cerro Paranal.

**Un sueño:** La verdad es que tengo la impresión de que vivir es ya un sueño. Haber sido una astrónoma en estos años y haber tenido la suerte de participar en tantas aventuras en primera línea en Astronomía es ya un sueño.

**Un pintor:** Matisse.

## Chorros relativistas en el corazón de las galaxias

A principios de los años 60, Maarten Schmidt consiguió medir la distancia a un potente emisor de energía a longitudes de onda radio conocido como 3C273. Para su sorpresa, este objeto, que en luz visible parecía una estrella más, se encontraba a 2 mil millones de años luz. Esto suponía que la aparente "estrella" 3C273 brillaba 100 veces más que toda una galaxia, a su vez compuesta por miles de millones de estrellas.

Hoy en día se conocen muchos objetos parecidos a 3C273, denominados *cuásares*, y más generalmente, *núcleos de galaxias activas* (o AGNs). ¿Cuál es la fuente de esta enorme cantidad de energía que hace de los AGNs los objetos más energéticos del Universo? Los modelos actuales proponen que la energía se libera como consecuencia de la existencia de agujeros negros super gigantes, del orden de cien o mil millones de veces más masivos que el Sol, situados en el corazón de las galaxias activas. Los agujeros negros son concentraciones de masa tan densas que ni siquiera la luz puede escapar de su atracción gravitatoria.

En los AGNs el material que forma la galaxia es atraído hacia el agujero negro formando un disco de materia que gira en torno a él. Parte de la materia de este disco es eyectada a

velocidades relativistas (cercasas a la de la luz) en forma de chorros que se extienden más allá del tamaño de la propia galaxia.

El primero de estos chorros fue observado en 1917 por Heber D. Curtis en la galaxia M87 quién comentó: "un curioso rayo rectilíneo se encuentra en un hueco de la nebulosidad ... aparentemente conectado con el núcleo a través de una fina línea de materia". Curtis no prosiguió sus observaciones, lo cual no es de extrañar si tenemos en cuenta que en 1917 ni siquiera se sabía que M87 es en realidad una galaxia completamente distinta a nuestra Vía Láctea, y situada a 50 millones de años luz. A pesar de esta temprana primera detección fueron necesarios otros 60 años, y el desarrollo de la radioastronomía, antes de que se comenzara a entender mejor la naturaleza de estos chorros y su asociación con los AGNs.

La revolución en el estudio de los chorros en AGNs vino de la mano de una nueva técnica de observación conocida como *interferometría*, y por cuyo desarrollo Martin Ryle obtuvo el premio Nobel de Física en 1974. Mediante esta técnica, la señal de distintos radiotelescopios (o antenas) se une para conseguir el efecto de un telescopio con un tamaño equivalente a la separación máxima entre las

distintas antenas. De esta manera, utilizando antenas repartidas por la superficie terrestre (o incluso en órbita), se consiguen sintetizar radiotelescopios tan grandes como toda la Tierra. Esto nos permite observar los chorros en los AGNs con una resolución sin precedentes en Astronomía.

Mediante el uso de uno de estos conjuntos de antenas (o radiointerferómetros), conocido como VLBA ("Very Long Baseline Array"), consistente en 10 radiotelescopios de 25 metros cada uno repartidos por Estados Unidos (desde Hawaii hasta las Islas Vírgenes), se ha conseguido realizar el estudio más detallado de un chorro relativista hasta la fecha. Durante cerca de año y medio, un equipo liderado por investigadores del IAA, ha tomado imágenes mensuales en longitudes de onda de radio del chorro relativista en la radiogalaxia 3C120 con una resolución angular de 0.15 milésimas de segundo de arco (con la que podríamos encontrar una pelota de fútbol en la Luna).

Este extenso programa de observación, cuyos resultados se han publicado recientemente en la revista Science, ha permitido detectar regiones en el chorro de 3C120 que presentan cambios rápidos de brillo cuando se encuentran a unos 25 años luz del agujero negro, acompañados de variaciones bruscas en la estructura e intensidad del campo magnético.

***“La revolución en el estudio de los chorros en AGNs vino de la mano de una nueva técnica de observación conocida como interferometría”***

Estas inusuales variaciones son interpretadas como consecuencia de la interacción del chorro en 3C120 con una nube de gas ionizado. Esta colisión produciría una intensa onda de choque, aumentando la energía tanto de las partículas que forman el chorro como del campo magnético en el que están inmersas, explicando de esta manera el aumento de brillo observado.

Con anterioridad, gracias a observaciones ópticas, se habían encontrado pruebas de la existencia de nubes de gas similares a la

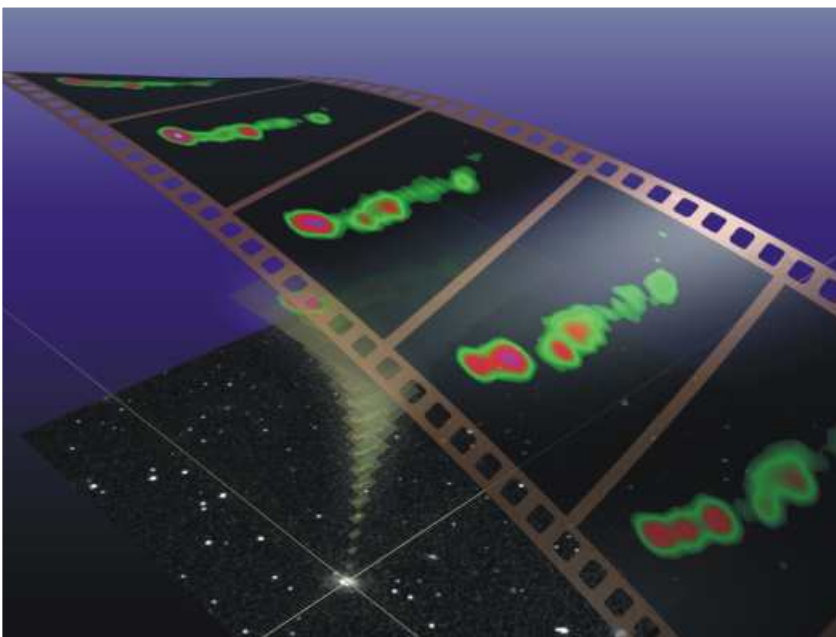


Imagen en luz visible de la radiogalaxia 3C120 de cuyo interior emana un chorro de materia alejándose a velocidades cercanas a la de la luz. Este chorro es observado (con una resolución 6000 veces mejor) en una secuencia de imágenes a longitudes de onda de radio.

Postulada para explicar las observaciones en 3C120. Estas nubes parecen situarse en dos regiones muy bien diferenciadas: una interna, denominada BLR ("Broad Line Region"), formada por nubes muy densas que presumiblemente giran a gran velocidad (millones de kilómetros

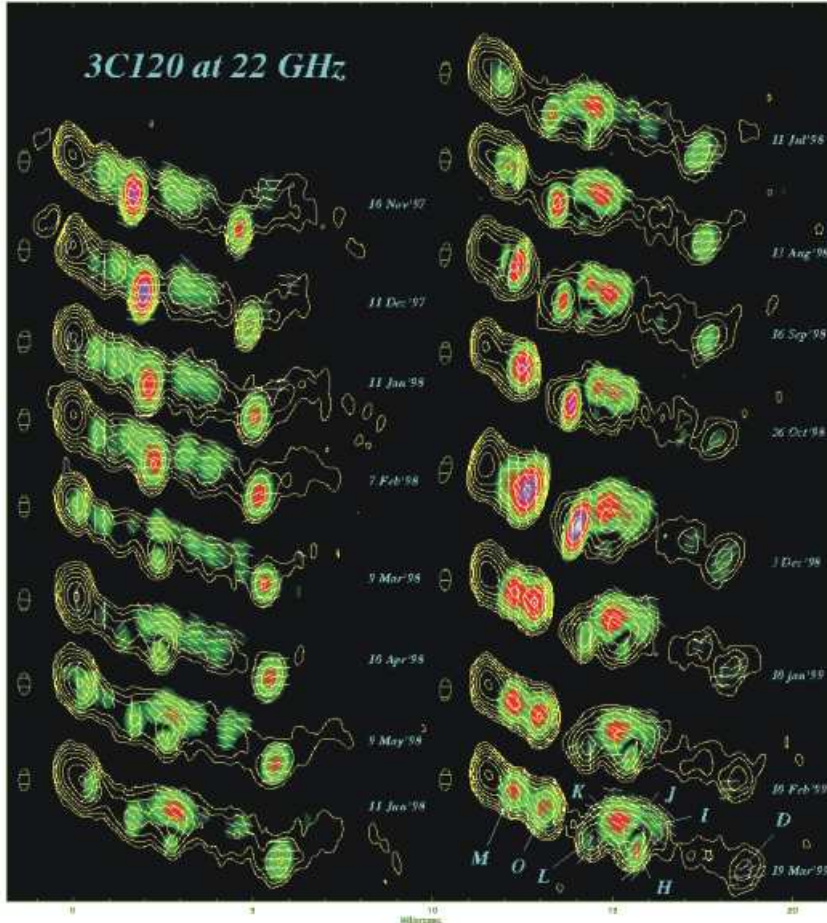
por hora) confinadas en una región que se extiende hasta 3-4 años luz del agujero negro central; y otra más externa, que comienza a unos 30 años luz del centro de la galaxia, conocida como NLR ("Narrow Line Region") y está formada por nubes menos densas que se mueven a menor velocidad. La

nube de gas ionizado encontrada en 3C120 se situaría en una región intermedia entre la BLR y la NLR, haciendo de eslabón entre ambas regiones. La existencia de esta nube, y la posibilidad de determinar de qué manera se mueve y cuáles son sus propiedades físicas, permitirá el estudio de las regiones intermedias en las galaxias activas y de aquí los agujeros negros que albergan.

**J.L. Gómez (IAA)**

Referencias:

Gómez, J.L et al. *Science* 289, 2317 (200)



Secuencia de imágenes en longitudes de onda de radio (1.3cm) del chorro en la radiogalaxia 3C120 obtenidas con el interferómetro VLBA. Los contornos muestran la distribución de brillo total, mientras en colores se representa el brillo polarizado, indicativo de la intensidad y estructura del campo magnético.

## Radiación de fondo: un diálogo entre ciencia básica y tecnología

El modelo de *Gran Explosión Caliente* o *Modelo Estándar* (ME) del Universo constituye hoy la aproximación más satisfactoria a la Cosmología, ofreciendo una imagen del Universo actual como resultado de una rápida expansión a partir de condiciones extremas de presión y temperatura. Aunque formulado en el marco de una teoría de la gravedad de naturaleza fundamental, la *Relatividad General* de Einstein, en el modelo se entrelazan críticamente distintas ramas de la Física (termodinámica, hidrodinámica, física atómica y nuclear, física de altas energías), describiendo con bastante detalle la evolución del Universo hasta nuestros días. Junto con la expansión descubierta por Hubble, los pilares del modelo son la predicción de una *radiación de fondo cósmica*, liberada unos 100.000 años después de la *Gran*

*Explosión* con una temperatura de 3000 K y observada en 1964 por Penzias y Wilson a 2.7K (-270°C), y la explicación de la abundancia relativa de los elementos ligeros en el Universo, especialmente helio, deuterio y litio.

Si bien el éxito del ME es indudable, su tratamiento del problema no puede considerarse completo. Desde el punto de vista teórico son demasiados los parámetros libres del modelo, así como las cuestiones planteadas y sin respuesta (problemas del horizonte, materia oscura, perturbaciones primordiales, constante cosmológica...). Algunas ideas sugerentes como *inflación* (periodo de expansión muy rápida del Universo primordial) suavizan alguna de estas cuestiones, pero plantean nuevos y

fundamentales interrogantes. Desde el punto de vista observacional, la confirmación experimental profunda de los distintos aspectos del modelo constituye una empresa colosal por las intrínsecas dificultades a las que se enfrentan las observaciones en este campo.

A pesar de estos estimulantes retos, la razón fundamental por la que podemos afirmar que la Cosmología es una de las áreas de investigación más activas en ciencia básica, es el intenso avance tecnológico en el que estamos inmersos y el consiguiente acceso a nuevos datos sobre el origen y evolución del Universo. Si en 1992 el satélite *Cosmic Background Explorer* (COBE) de la NASA confirmaba el finísimo ajuste del espectro de la radiación de fondo al de un cuerpo

negro a 2.735K con anisotropías de una parte en cien mil, y en 1995-96 el telescopio espacial Hubble mejoraba la determinación de la constante del mismo nombre, hace sólo unos meses el experimento BOOMERANG daba medidas precisas del espectro de las anisotropías antes mencionadas. En el futuro inmediato, el lanzamiento de dos nuevos satélites, el *Microwave Anisotropy Probe* (MAP) por la NASA y el *Planck Surveyor* por la ESA, proporcionarán nuevos y más precisos datos sobre estas anisotropías.

El ejemplo más reciente de esta situación lo encontramos en los resultados publicados en *Nature* el 21 de diciembre de 2000, anunciando la confirmación observacional de la presencia de radiación de fondo de mayor temperatura que la actual en una etapa temprana del Universo (un quinto de la edad actual). Si bien el ME predice el enfriamiento debido a la expansión, hasta el momento las únicas medidas directas sobre tal radiación se habían referido siempre al Universo actual, careciéndose por tanto, no ya de una confirmación del enfriamiento, sino de una prueba de la misma existencia de la radiación en

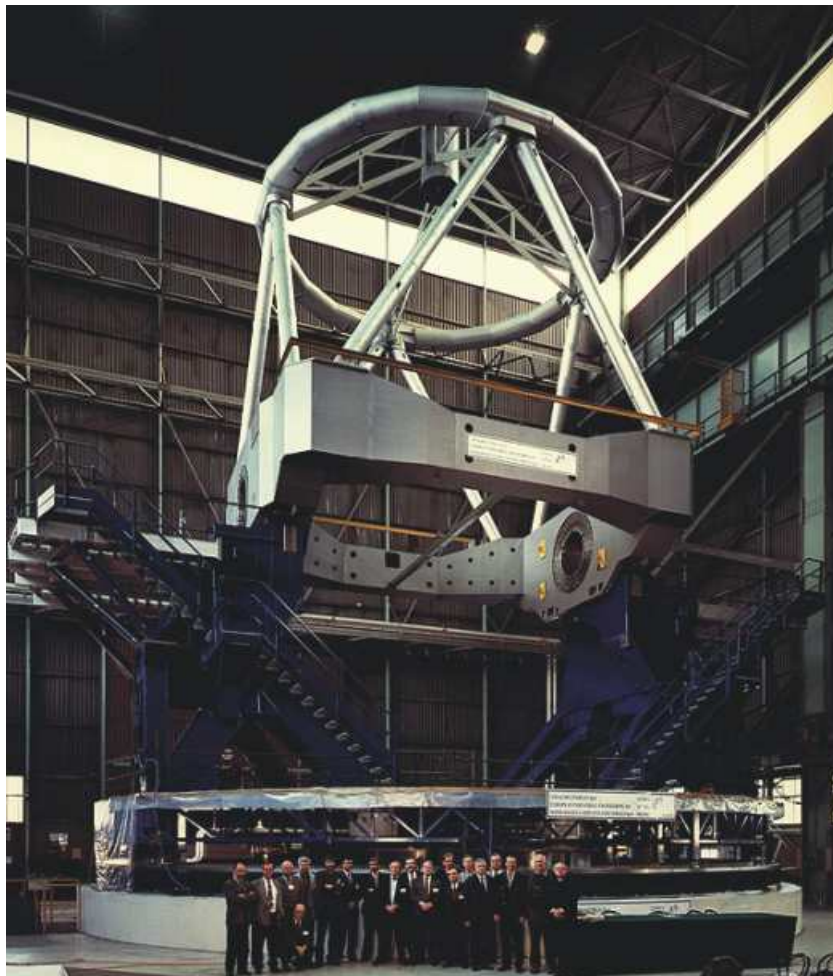
épocas previas a la presente. De ahí la importancia del hallazgo.

La radiación de fondo en el pasado debió tener temperatura suficiente como para excitar ciertos niveles atómicos de determinados elementos presentes en nubes muy lejanas (y por tanto muy atrás en el tiempo), produciéndose líneas características de absorción en la luz de los objetos situados más allá de la nube, como un cuásar. Esta idea fue propuesta hace más de treinta años y de hecho se han llevado a cabo varios intentos de medición, obteniéndose únicamente cotas superiores a la temperatura de la radiación de fondo debido a la tremenda dificultad para aislar las causas de la excitación de los átomos. Sólo ahora, con la tecnología presente en el espectrógrafo UVES colocado en el telescopio KUEYEN de 8.2 metros del *Very Large Telescope* (VLT), se ha podido tomar un espectro suficientemente limpio y detallado de la luz del cuásar PKS 1232+0815 ( $z=2.57$ ) que permite afirmar la presencia de una radiación de fondo en una nube intermedia ( $z=2.34$ ) con una temperatura entre 6K y 14K, que encaja con la predicha teóricamente

(9K). Lo importante es que la cota inferior es mayor que 2.7K, probándose así el enfriamiento. Desgraciadamente, y a diferencia de experimentos como BOOMERANG, esta medida no es potente a la hora de discriminar entre las distintas posibilidades que ofrece el modelo, aunque supone sin duda una confirmación no trivial del mismo. Debemos concluir insistiendo en que los avances tecnológicos han hecho entrar a la Cosmología observacional en una nueva etapa que permite una más rigurosa y exhaustiva confrontación teoría-experimento, lo que sin duda fortalecerá los cimientos de esta disciplina.

**J.L. Jaramillo Martín (IAA)**

Referencia:  
R. Srianand et al. **The Cosmic microwave background radiation temperature at a redshift of 2.34.** *Nature* 408, 931 (2000).



Telescopio **KUEYEN** de 8.2 metros del *Very Large Telescope* (VLT) del **European Southern Observatory** (ESO) situado sobre el Cerro Paranal (Chile). Foto cortesía de ESO.

# ...Y QUE CUMPLAMOS MUCHOS MÁS

En julio de 1975, un reducido grupo de investigadores, liderados por José María Quintana, fundaron el Instituto de Investigaciones Astrofísicas de Andalucía (IAA). En aquel año, tan sólo cinco personas formaban parte de la plantilla del IAA, cuya sede estaba en el Palacio de la Madraza. Ha pasado un cuarto de siglo y el Instituto de Astrofísica de Andalucía ha querido recordar, con emoción y cariño, esos 25 años. No han sido nada fáciles si se vuelve la vista atrás, pero el esfuerzo, la ilusión y el tesón de los compañeros los han convertido en un logro: hoy por hoy, el Instituto de Astrofísica de Andalucía es uno de los principales referentes de la Astrofísica española y mundial.

Es por ello que su vigésimo quinto aniversario no podía pasar desapercibido y el Instituto dedicó el mes de noviembre a festejar este cumpleaños. Rolf Tarrach, presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, viajó hasta Granada para presidir el acto académico que inauguraba los actos de conmemoración. Acompañado del director y vicedirector de asuntos económicos del IAA y de la directora general del European Southern Observatory (ESO), Catherine Cesarsky, el presidente del CSIC visitó el Observatorio de Sierra Nevada y las instalaciones del IAA en Granada.

Rolf Tarrach compartió la jornada con algunos miembros de la Comisión Nacional de Astronomía, de la Universidad de Granada, con los directores de centros del CSIC en Granada y, por supuesto, con el personal del IAA. En su discurso de apertura del acto académico, Tarrach abordó el problema de la investigación en España (un tema candente y que nos afecta a todos) y anunció que el CSIC dará prioridad a la incorporación de jóvenes investigadores a través de un plan de choque que permitirá contratar a científicos con mayor estabilidad que hasta el momento. Tarrach explicó que el programa de incorporación de jóvenes científicos se basará en "contratos de cinco años renovables" que haga posible que los investigadores puedan presentar sus propios proyectos científicos y no dependan de adscribirse temporalmente a programas ya en



**El presidente del CSIC, Rolf Tarrach, con el director del IAA, Rafael Rodrigo y la directora general del ESO, Catherine Cesarsky visitando diversas instalaciones del IAA. Foto: J. Ferreras.**





El presidente del CSIC, el director del IAA y la directora general de ESO visitando el OSN. Foto : J. Ferreras

marcha como sucede en la actualidad. El presidente de CSIC también habló de la necesidad de renovar el instrumental científico que, dijo, "envejece a un ritmo vertiginoso".

A este acto asistió como invitada Catherine Cesarsky, directora del Observatorio Europeo Austral (ESO), y una de las máximas autoridades mundiales en la investigación de las últimas fronteras del Universo. Cesarsky no escatimó palabras para elogiar el trabajo que lleva a cabo el Instituto de Astrofísica, una institución que, según dijo, tiene un gran prestigio mundial. La directora de ESO abordó en una conferencia, eje central del acto académico, los últimos proyectos tecnológicos en marcha en el campo de la Astrofísica. Así, explicó los pormenores del programa de estudio de galaxias lejanas, iniciado con el Observatorio Infrarrojo Espacial (ISO) y utilizando los resultados del telescopio espacial Hubble; según Cesarsky, este programa ha demostrado que en la segunda mitad de la vida del Universo, la mayor parte de la formación de nuevas estrellas en galaxias tuvo lugar en regiones con densas nubes de gas y polvo que impiden la observación en el visible. "Gracias a los proyectos actuales y futuros en astronomía infrarroja y submilimétrica, pronto podremos entender totalmente el proceso [de formación estelar] que tiene una influencia dominante en la evolución de las galaxias."

Tras la conferencia, el Instituto invitó a los asistentes a una copa de bienvenida. El presidente del CSIC no desaprovechó la ocasión para visitar las instalaciones del Centro y saludar al personal. Durante su visita, tuvo ocasión de conocer *in situ* parte de los preparativos de las jornadas de puertas abiertas, pero esto, es otra historia...

## A. González (IAA)



Diversas autoridades locales visitaron la sede del instituto con motivo del 25 aniversario del IAA.

Foto: I. Agudo

## Jornadas de Puertas Abiertas en el IAA



**Numerosos granadinos acudieron a estas jornadas, interesados por conocer mas de cerca nuestro universo.**  
Fotos I. Agudo.

Los pasados 24 y 25 de Noviembre, el IAA organizó unas jornadas de puertas abiertas con motivo de su vigésimo quinto aniversario. Desde hace varios años el IAA lleva a cabo una política de divulgación de la Astronomía y de acercamiento a la sociedad granadina que se ha plasmado en un ciclo mensual de charlas de divulgación, la edición de una revista, que cuando la tengáis en vuestras manos irá por su tercer número, la colaboración con otras entidades tales como la Delegación Provincial de la Consejería de Educación y Ciencia, la Universidad de Granada, el Parque de las Ciencias y CETURSA. Esta política de divulgación tuvo su punto álgido estos días en que abrimos nuestras puertas al público granadino.

El instituto se llenó de niños el viernes 24. La jornada estuvo dedicada principalmente a los colegios e institutos granadinos que previamente habían concertado una cita. Más de 500 alumnos de 20 colegios visitaron ese día el centro, y sus risas, preguntas y observaciones nos tuvieron alegremente ocupados. A muchos de ellos los vimos de nuevo con sus padres y familiares y se convirtieron en nuestros mejores embajadores. Os debemos una.

Tanto el viernes como el sábado hubo un gran número de visitantes que compartieron nuestro cumpleaños. Algunos ya eran asiduos de las charlas de divulgación y conocían el centro, otros era la primera vez que se acercaban, y aún otros nos preguntaban dónde habíamos estado todo este tiempo.

Las jornadas estuvieron organizadas alrededor de cuatro núcleos principales: el Salón de Actos, donde cada media hora se proyectaba un vídeo con una breve historia de estos 25 años y donde se exponían las principales







**Durante estas jornadas unos 2000 granadinos visitaron nuestras instalaciones participando en las distintas actividades organizadas por el IAA. Fotos I. Agudo.**



líneas de investigación del IAA y sus resultados más interesantes; la Sala de Juntas, donde se instalaron cuatro monitores con diversos programas interactivos que permitían un acercamiento a diversos aspectos de nuestro Universo; el Patio, donde una serie de paneles reflejaban las líneas de investigación y los proyectos que se llevan a cabo en el centro, junto a una exposición de diverso instrumental científico que había sido desarrollado y construido en el IAA, o había desempeñado un papel relevante en la investigación desarrollada en el centro; y, por último, el telescopio PETI.

Los programas interactivos de divulgación astronómica fueron desarrollados por personal del centro y posteriormente organizados y montados en su forma final por los miembros del Centro de Cálculo. "Un Viaje por el Universo", cuyo montaje estuvo a cargo de Emilio J. García, era realmente espectacular y nuestros visitantes así lo manifestaron.

El patio también contenía dos escaparates interactivos: un banco óptico y el taller del astrolabio. En el primero se podía observar un detector CCD en funcionamiento así como el comportamiento de un rayo láser a través de diferentes sistemas ópticos. El taller de Óptica del IAA se encargó de este montaje y Conchi Cárdenas y Enrique García-Lobo estuvieron a pie de banco muchas horas para responder a las preguntas de nuestros invitados.

Víctor Costa y Antonio Claret pensaron que limitar la Astronomía a los últimos 25 años era un poco pretencioso y que hace once siglos ya existían instrumentos precisos y con un maravilloso diseño que debían de estar presentes en nuestra fiesta. Ellos diseñaron y fabricaron las piezas del astrolabio que se repartió entre los visitantes y explicaron durante horas las potencialidades de este instrumento científico.

El contenido de los paneles divulgativos fue elaborado por los diferentes grupos científicos del IAA, pero el diseño y montaje definitivo lo realizó Paco Rendón quien puso su arte y muchas horas de trabajo para que estos contenidos llegaran al público de una forma atractiva.

Un grupo organizado por Lucas Lara y José Luis Ortiz había trabajado duramente para instalar un pequeño telescopio en la azotea del edificio con objetivos divulgativos. La idea era muy simple y respondía a la demanda natural de nuestros visitantes: si alguien visita un centro astronómico le gusta observar a través de un telescopio. Con la ayuda de los miembros del Centro de Cálculo, encabezados por Antonio Ruiz-Falcó, se tendió una conexión entre el telescopio y un ordenador situado en el edificio que permitiera observar el cielo a través de la pantalla del mismo sin los riesgos de subir a la azotea. El PETI estaba



preparado, pero el clima no ayudó demasiado y nuestros visitantes se tuvieron que conformar con imágenes enlatadas, probablemente más bellas, pero con menos frescura que las que se hubieran visto con PETI.

Se encargaron de recibir a nuestros invitados Paco, Elisa, Leandro, Cristina, José Luis y María José. Ellos fueron los encargados de repartir los carteles, las revistas y trípticos, orientar a los visitantes y vender nuestro pequeño surtido de recuerdos.

No podemos nombrar a cada uno de los granadinos que se acercaron a nuestro centro, pero ellos le dieron sentido a todo este trabajo, así como toda la sociedad española es la que da razón de ser a nuestra tarea cotidiana. Sin vuestra curiosidad, apoyo y financiación no podríamos hacer nada. Esperamos que no os hayáis sentido defraudados con lo que os devolvemos.

E. J. Alfaro (IAA)



## RECORDANDO A MANUEL ATIENZA



No podía imaginar que mi primera contribución a la revista del IAA sería por una razón que a todos nos rompe el alma: la muerte de nuestro amigo y compañero Manuel Atienza o, mejor, "Manolillo" como a todos nos gustaba llamarle.

Es muy difícil escribir en unas líneas algo que describa a Manolillo. Sobre todo es difícil descubrir quién fue Manolillo en el IAA para aquéllos que lo conocieron poco o para las generaciones futuras que lean esta revista. Los que convivimos con él durante muchos años le recordaremos siempre como un buen hombre que contribuyó a construir el Instituto que hoy tenemos.

Dado que soy una sentimental incorregible, hablar de Manolillo significa para mí hablar de la propia historia del IAA. Se me hace difícil situar el momento en que encontré por primera vez a Manolillo, quién me lo presentó, las primeras palabras que crucé con él, los momentos felices compartidos, los momentos duros... Hoy no podría situar cómo ocurrió. Alguien dijo en su funeral: "llevaba trabajando en el IAA 15

años"; pero yo no puedo recordar cuando lo vi por vez primera. Para mí estuvo aquí siempre: el taller de mecánica y Manolillo significaban la misma cosa. Cada vez que uno entraba allí, esperaba verlo aparecer desde algún lugar de ese espacio inmenso. Las máquinas y él se fundieron durante muchos años en una sola entidad. Es fácil recordar que difícilmente lo veías al entrar; sólo cuando lo llamabas descubrías que estaba subido en la fresadora o detrás del torno. Siempre lo encontrabas construyendo con todo cariño esa pequeña pieza que al final formaría parte del entramado que supone un instrumento científico que nos permite estudiar la luz de las estrellas.

Estés donde estés sabemos que tu sonrisa amable sigue estando en ese taller que tú con tu dedicación construiste, en esa pieza de metal que hoy órbita alrededor de algún planeta, en ese Observatorio al que dedicaste tantas horas de trabajo incansable. Y cómo no, tu memoria sigue viva en cada uno de los corazones de todos los que te conocimos y con quienes compartiste años de esfuerzo para edificar un Instituto, a la vez que moderno, hermoso. Lo estamos consiguiendo unas veces con más éxito que otras, pero siempre con la misma ilusión. Tú nos dejaste ese modelo de hacer cosas sin prisa pero sin pausa y siempre sonriendo. Gracias por haber compartido estos años con nosotros.

**J. Masegosa (IAA)**

## SEMINARIOS CELEBRADOS EN EL IAA

**"Early Mars and early Earth"**. Dr. D. Catling. Space Science Division, NASA-Ames (CA, USA). 14/09/00

**"Neutral hydrogen in spiral galaxies"**. Dr. R. Sancisi. Osservatorio Astronomico di Bologna & Kapteyn Institute. 18/09/00

**"Formación estelar violenta en galaxias"**. Dra. R. M. González Delgado. IAA (CSIC). 27/09/00

**"X-rays from young, late-type stars: quiescent and flare state"**. B. Stelzer. Max Planck Institut für extraterrestrische Physik (Garching, Munich). 4/10/00

**"Separation of atmospheric and surface spectral features in Martian spectra"**. Dr. A. Jurewicz. Space Research Center (Polonia). 11/10/00

**"The close environment of star-forming dwarf galaxies - nearby dwarf companions as possible starburst triggers?"**. K. Noeske. Universitäts-Sternwarte Göttingen (Alemania). 18/10/00

**"Matrices para polarimetría"**. Dr. J. C. del Toro. IAA (CSIC). 25/10/00

**"Actividad estelar. Ciclos de actividad en AB Doradus"**. Dr. P. Amado. IAA (CSIC). 2/11/00

**"Partículas de polvo no esféricas en el espacio"**. Dra. O. Muñoz. IAA (CSIC). 7/11/00

**"The influence of physical parameters of the surface of nucleus and dust and gases in the coma on cometary spectra"**. Dra. M. Blecka. Space Research Centre (Polonia). 10/11/00

**"Molecular gas in powerful radio galaxies: major or minor mergers?"**. Dr. S. Leon. Universidad de Colonia (Alemania). 15/11/00

**"Star formation in the outer Galaxy: Discovery of very distant young embedded clusters"**. Dr. J. L. Yun. Observatorio de Lisboa (Portugal). 22/11/00

**"Inducción de la actividad en galaxias"**. Dra. I. Márquez. IAA (CSIC). 29/11/00

**"PETI: el PEqueño Telescopio del IAA"**. Drs. L. Lara & J. L. Ortíz. IAA (CSIC). 5/12/00

**"Observación e interpretación de destellos de impacto en la cara nocturna de la Luna"**. Dr. J. L. Ortiz. IAA (CSIC). 13/12/00

**"Modelos análogos de relatividad general"**. Dr. C. Barceló. Washington University, St Louis (USA). 20/12/00

## CONFERENCIAS DE DIVULGACION EN EL IAA

MES	CONFERENCIANTE	TEMA O TITULO ALTERNATIVO
25 DE ENERO	Antxon Alberdi (IAA)	Interferometría en Astronomía: lo que el ojo no ve
22 DE FEBRERO	José Manuel Vilchez (IAA)	La química de las galaxias
14 DE MARZO	Luis Felipe Miranda (IAA)	La muerte del Sol

## CONGRESOS ASTRONÓMICOS EN GRANADA

### QSO Hosts and their environments

Lugar de celebración: **Salón de actos del IAA.**

Fecha: del 10 al 12 de enero de 2001.

Presidenta del comité organizador local: I. Márquez (IAA)

Información en internet: <http://iaa13u.iaa.csic.es/qsoenv>



## LIBROS DE DIVULGACIÓN

*El Universo en el III milenio.* R. Alemán y otros (Madrid: Equipo Sirius, 2000).

## TESIS DOCTORALES DEL IAA

**"Estrellas pulsantes en la parte baja de la banda de inestabilidad".**

Marco Antonio Hobart Rodríguez.

## 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 Almudena González Roldán (Tel.: 958 12 13 11; e-mail: [almudena@iaa.es](mailto:almudena@iaa.es)).



# CAJA RURAL DE GRANADA

*Entre todos lo vamos a conseguir*