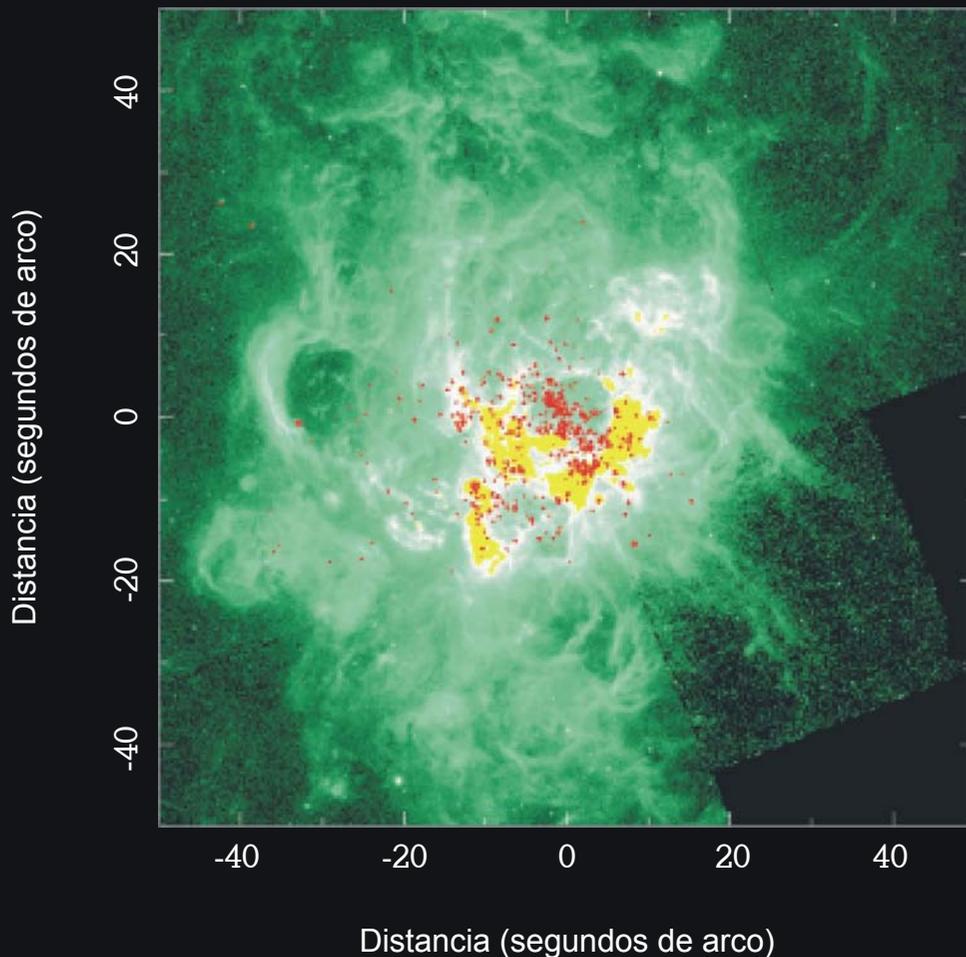


## Región gigante de formación estelar en la galaxia del Triángulo



## DIEZ AÑOS DE INVESTIGACIÓN CON EL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE

**Imagen de la nebulosa NGC 604 en la galaxia M33 tomada por el HST y la cámara WFPC2 en la línea de emisión  $H\alpha$ , y la emisión ultravioleta procedente de las 200 estrellas masivas situadas principalmente en la cavidad central que está vacía de gas. Estudiando la estructura física de la nebulosa, se puede determinar el efecto de las estrellas masivas sobre el medio interestelar de las galaxias, y así mejorar nuestro conocimiento sobre los procesos de formación estelar violenta en las galaxias. (R. González Delgado, IAA)**

25 AÑOS  
DEL IAA

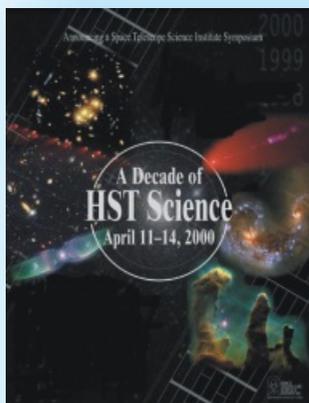
LA MISIÓN  
ENVISAT

EL EXPERIMENTO  
BOOMERANG

IMPACTOS EN LA CARA  
OSCURA DE LA LUNA

ENTREVISTA A  
JOHN HUCHRA

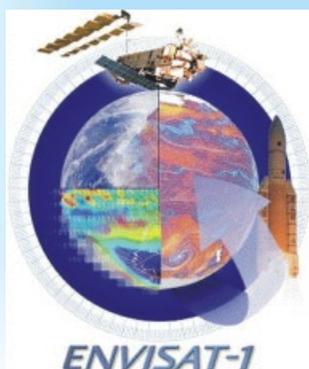
# SUMARIO



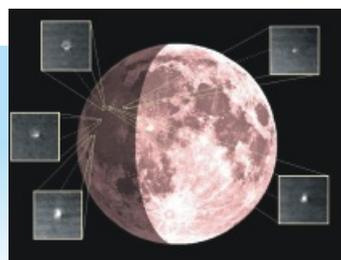
Cartel anunciador del congreso conmemorativo del X aniversario del Hubble.



25 años del IAA: lanzamiento del cohete Focca en El Arenosillo (Huelva).



Logotipo Misión Envisat.



Impacto de meteoroides en la Luna.

## Investigación

La misión Envisat .....3  
*Manuel López Puertas*

Una década de investigación con el telescopio espacial Hubble .....6  
*Rosa María González Delgado*

## Ventana Abierta

¿Ciencias o letras?.....8  
*Jose Carlos del Toro Iniesta*

## Charlas con...

John Huchra .....9

**Especial: 25 años del IAA** .....I

## Actualidad Científica

Plano a gran escala, tal vez, pero no euclídeo.....11  
*Victor Aldaya*

Detección óptica de impactos en la cara oscura de la Luna .....12  
*José Luis Ortiz*

Actividades IAA .....14

Agenda .....15

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 Vilchez. Maquetación y Diseño: Francisco Rendón. 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.

Depósito legal: GR-605/2000  
ISSN: 1576-5598

## LA MISIÓN ENVISAT

Durante la última década, los cambios del medio ambiente a escala global han sido objeto de una intensa actividad científica. Al mismo tiempo, el público en general ha mostrado su preocupación por dichos cambios y los gobiernos de los distintos países se han visto forzados a tomar decisiones con objeto de paliar de alguna forma los mismos. Gran parte de la labor científica realizada se ha dedicado a la detección de los cambios y a intentar comprenderlos. Entre los principales cambios globales del medio ambiente detectados en las últimas décadas podemos citar:

a) La disminución de la capa de ozono. Esta reducción ha ocurrido no sólo en la Antártida y en latitudes medias, donde ha disminuido en los últimos 20 años en torno al 10%, sino a escala global donde la reducción se cifra en un 5% (véase la Fig. 1). Esta reducción lleva asociado un aumento de la radiación ultravioleta UV-B en la superficie terrestre y sus consiguientes efectos sobre la biosfera y la salud humana. Hoy día se sabe con certeza que se debe a la presencia de los compuestos fluorocarbonados (CFCs) emitidos a la atmósfera.

b) Posibles cambios climáticos debidos al aumento de las emisiones a la atmósfera de gases invernadero (también llamados gases climáticos). Así, la concentración de CO<sub>2</sub>, el segundo gas invernadero más importante después del vapor de agua, ha aumentado de 280 a 360 ppm (partes por millón) en el siglo XX. El metano se ha duplicado en ese periodo. El óxido nitroso ha aumentado en un 10%. Aunque aún no está totalmente aceptado, existen indicios bastante claros del calentamiento global de la superficie terrestre debido al gran aumento de origen antrópico de dichos gases. Entre ellos, el aumento de la temperatura de la superficie del planeta a escala global (véase la Fig. 2), la recesión de los casquetes polares y de los glaciares, etc.

c) El aumento de la concentración de compuestos oxidantes en la troposfera (incluido el ozono que, a pesar de su efecto beneficioso de absorción de la radiación UV-B, es un gas tóxico y por tanto perjudicial en la troposfera).

d) La contaminación del aire a escala global, como resultado de la combustión industrial y de la combustión masiva de masas forestales.

Aparte de todos estos cambios detectados, quizá el hallazgo más importante, sentido por la mayoría de los miembros de la comunidad científica, es que la Tierra es UNA. Esto es, se comporta como un sistema único en el que sus distintas partes (léase la biosfera, los océanos, la superficie o la atmósfera), hasta ahora estudiadas en compartimentos estancos, interactúan entre sí a través de multitud de procesos. En realidad, visto desde una perspectiva a escala de tiempo geológico (o sea, en millones de años) tal conclusión no nos ha de extrañar. Sabemos que la biosfera ha desempeñado un papel determinante en la composición química actual de nuestra atmósfera. La presencia del 20% de oxígeno en la atmósfera se debe a la aparición de la vida en el planeta, haciéndola muy distinta a las atmósferas de nuestros planetas vecinos Venus y Marte.

***“la Tierra es UNA, o sea, se comporta como un sistema único en el que tienen lugar multitud de procesos”***

### REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Aunque desde hace más de 2000 años vienen ocurriendo cambios medioambientales a gran escala de origen antrópico (sobre todo debidos a deforestaciones masivas), los cambios citados se deben principalmente a la revolución industrial. En el último siglo, la producción industrial mundial ha aumentado en un factor 100. El

consumo de energía es actualmente 80 veces mayor que en 1850. La población del planeta ha aumentado en un factor 8 en los dos últimos siglos. El 80% del consumo de energía actual la obtenemos de los carburantes fósiles (carbón, petróleo y gas natural). Así pues, el ser humano, con una masa aproximada de 10<sup>11</sup> kg, frente a los ~10<sup>18</sup> kg de la atmósfera, es hoy día capaz de modificarla substancialmente. Esta potencialidad de cambio de la composición química de la troposfera (0-8 km) y de la estratosfera (8-50 km) ha llamado la atención de la comunidad científica, de la opinión pública y de los responsables de los gobiernos. Conocer la respuesta del Sistema Tierra ante los cambios significativos de la composición química de la atmósfera y del medio ambiente en general es uno de los mayores retos ante los que nos enfrentamos. Aún no somos capaces de predecir la evolución de nuestro planeta en escalas de tiempos de 10 a 100 años de forma fiable. Pero, parafraseando a Antoine de Saint-Exupéry, 'En cuanto al futuro, tu misión no es predecirlo, sino permitir que sea una realidad'.

Como hemos mencionado anteriormente, la tendencia actual es formar grupos interdisciplinares para

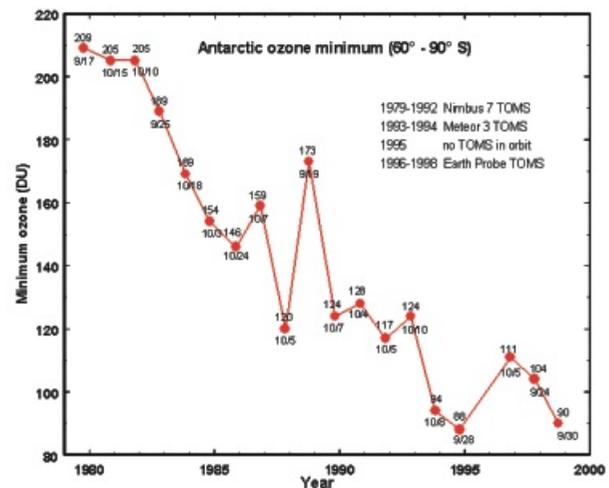


Fig. 1. Variación del mínimo de la columna total de ozono en la Antártida desde 1980 hasta 1998. La columna de ozono está expresada en unidades Dobson (DU), la altura (en unidades de 10<sup>2</sup> mm) de la columna de ozono si todo el gas estuviera a la presión y temperatura estándares (1 atm y 15°C).

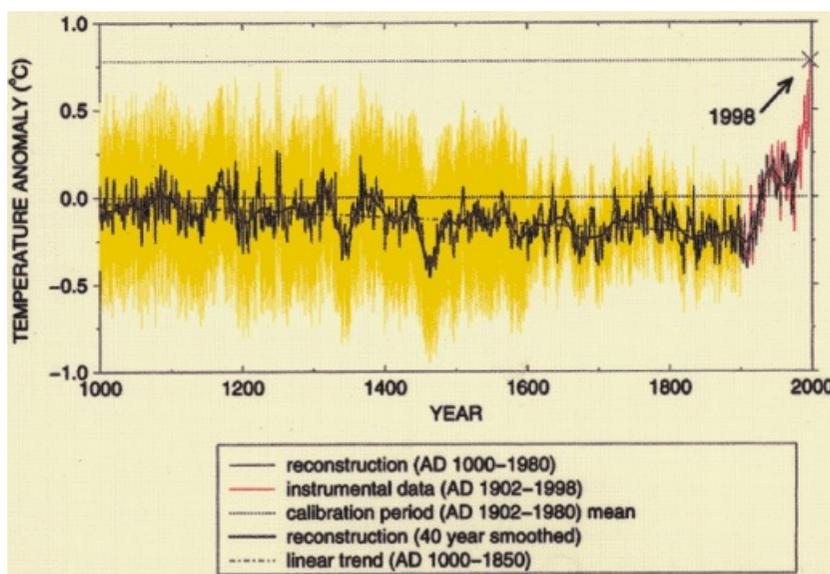


Fig. 2. Reconstrucción (a partir de distintos indicadores) y medidas de la temperatura global media del Hemisferio Norte desde el año 1000 hasta 1998. Las líneas finas negras muestran los datos reconstruidos y la línea gruesa, una suavización de los mismos. La línea roja de la derecha muestra los datos medidos. La zona sombreada amarilla muestra el error de  $2\sigma$ . Nótese el aumento en el último siglo.

abordar el estudio del Sistema Tierra de forma conjunta. Las cuestiones prioritarias de la investigación del medio ambiente global identificadas por la Comisión Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) son:

- Identificar las fuentes, sumideros y concentraciones de los gases invernadero.
- Comprender el balance energético de la Tierra y, en particular, el efecto de las nubes.
- Comprender el efecto de la circulación de los océanos sobre el cambio climático (cómo y en qué escala de tiempo).
- Evaluar el efecto de la inyección en la atmósfera de grandes cantidades de aerosoles (p.e., erupciones volcánicas) y sus efectos a corto plazo sobre el clima.
- Comprender la dinámica de los ecosistemas (p.e., desertización, combustión de masas forestales, ciclo del carbono) en cuanto afectan o son afectados por el cambio climático.
- Conocer la proporción de agua almacenada en los casquetes polares y sus consecuencias sobre el cambio del nivel del mar y del clima.

#### OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

La identificación de estos cambios medioambientales a escala global y la

explicación de sus causas requieren una investigación a largo plazo y altamente coordinada, donde se estudie la Tierra como un sistema unificado y completo. Esta investigación (o al menos muchas de sus áreas, p.e., la química atmosférica) requiere bases de datos continuadas (al menos durante periodos de 10 años) que permitan obtener la evolución (tendencias) de los parámetros geofísicos. Las medidas han de ser a escala global, precisas y consistentes, tanto espacial como temporalmente, de forma que permitan discriminar tendencias a largo plazo entre variaciones transitorias. La observación de la Tierra desempeña un papel clave en muchos aspectos de las ciencias medioambientales y, en muchos casos, los satélites son la mejor (a veces única) forma de obtener este tipo de medidas. En este contexto se sitúa la misión Envisat de la Agencia Europea del Espacio (ESA; véase la Fig.3). Su principal objetivo es suministrar medidas globales y continuadas durante un periodo de al menos 5 años de los parámetros geofísicos de la Tierra mejorando en muchos casos su exactitud y ampliando su intervalo espacial y temporal. Desde esta perspectiva, Envisat es la misión de observación de la Tierra más ambiciosa jamás realizada por ESA. Es el más avanzado sistema de observación de la Tierra, diseñado para obtener medidas tanto de la atmósfera (composición y estructura térmica),

como de los océanos, de la superficie terrestre y de las capas polares durante un periodo de cinco años.

***“La comunidad científica confía en que la misión Envisat, cuyo lanzamiento está previsto para el 2001, aporte una mejor comprensión de los factores que afectan al cambio climático y de los procesos que lo controlan”***

El lanzamiento de Envisat hacia una órbita polar a unos 800 km de altura está previsto para Junio de 2001 desde la Guayana francesa a bordo del cohete de construcción europea Ariane V. Las dimensiones de esta plataforma son sólo comparables a las de la misión Upper Atmospheric Research Satellite (UARS) de NASA, lanzada a principios de los 90. Aunque en un principio Envisat se previó como una serie de misiones diseñadas para la observación continuada del medio ambiente (Envisat-1, Environmental Satellite-1), la tendencia actual de ESA es construir más satélites pero más pequeños y menos costosos con objetivos más concretos y específicos.

De los 10 instrumentos del satélite Envisat, 3 están dedicados al estudio de la atmósfera: GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of

Stars); SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography); y MIPAS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding). Es en estos instrumentos donde el Departamento de Sistema Solar del IAA participa de forma activa. Estos instrumentos medirán la composición química de la estratosfera (10-50 km) con especial énfasis en la medida del O<sub>3</sub> y de los compuestos químicos que intervienen en los ciclos catalíticos de su destrucción: las familias de compuestos hidrogenados HO<sub>x</sub>, nitrogenados NO<sub>x</sub>, y CFCs, Cl<sub>x</sub> y Br<sub>x</sub>. Un aspecto fundamental es la simultaneidad de las medidas de ozono con las de los compuestos que intervienen de forma decisiva en su destrucción. Otro es que estas medidas se realizarán de forma global, incluyendo las regiones polares (donde ocurre la mayor destrucción de O<sub>3</sub>) y durante un periodo de 5 años, lo que posiblemente permita corroborar las predicciones actuales de los

modelos sobre el inicio de la recuperación de los niveles de O<sub>3</sub> prevista para los próximos años. Aunque la recuperación comenzara ya el próximo año, los niveles de ozono tardarían en recuperarse al menos 3 décadas, bajo el supuesto de la emisión actual de CFCs a la atmósfera.

En resumen, la comunidad científica espera un gran avance con las medidas que obtendrá Envisat. Se estima obtener, de los 10 instrumentos durante los 5 años de vida nominal, un volumen de datos de 1 PetaByte (10<sup>15</sup> Bytes). Con ellos, se espera conseguir una mejor comprensión de los factores que afectan al cambio climático y de los procesos que lo controlan en una escala de tiempo de décadas a siglos. Todos esperamos que Envisat nos muestre los primeros signos de recuperación de la capa de ozono.

**Manuel López Puertas (IAA)**

Bibliografía.

G. Brasseur, J. Orlando, and G. Tyndall, **Atmospheric Chemistry and Global Change**, Oxford University Press, Oxford, 1999.

**Envisat Mission: Opportunities for Science and Applications**, ESA SP-1218, Estec, Noordwijk, 1998.

Tamara S. Ledley, Eric T. Sundquist, Stephen E. Schwartz, Dorothy K. Hall, Jack D. Fellows, and Timothy L. Killeen, **Climate Change and Greenhouse Gases**, EOS, Vol. 80, No. 39, Sep. 28, 1999, p. 453.

[Http://www.wmo.ch](http://www.wmo.ch)

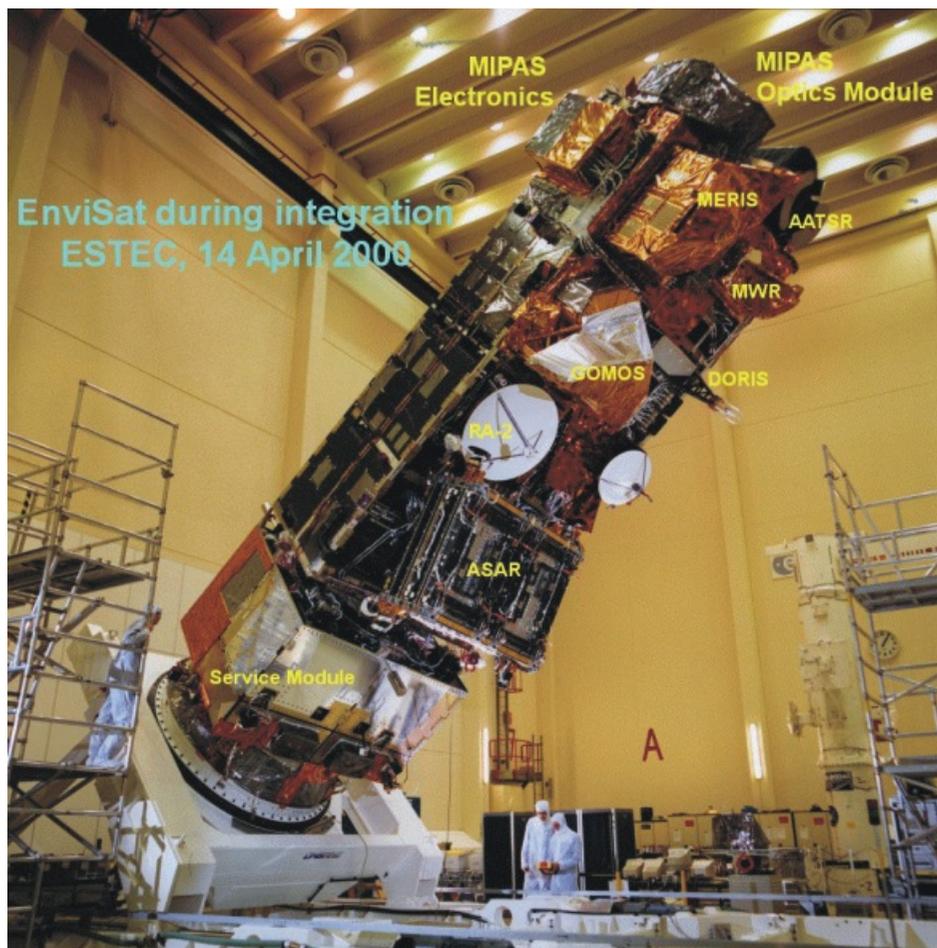


Fig. 3. La misión Envisat, cuyo lanzamiento está previsto para el año 2001, estará dedicada a la observación de la Tierra. Lleva a bordo 10 instrumentos, tiene un peso aproximado de unos 2000 kg y una altura de unos 12 m. El consumo medio de potencia es de 2 kW (con picos de 2.5kW) y una alta tasa de transmisión de datos (1 canal de alta velocidad, 1 Gbps y 10 canales de velocidad media, 32 Mbps). La plataforma lleva también un sistema de control de la posición muy preciso, necesario para obtener medidas de composición de la atmósfera de gran precisión. En la imagen se muestra el satélite Envisat durante su integración el pasado 14 de abril en ESTEC, Holanda (foto cortesía de ESA).

# UNA DÉCADA DE INVESTIGACIÓN CON EL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE

El 24 de Abril de 1990 la lanzadera Discovery puso el telescopio espacial Hubble (HST) en el espacio. El telescopio fue bautizado en honor de Edwin Hubble (astrónomo norteamericano de principios de siglo que descubrió galaxias más allá de la Vía Láctea y realizó las primeras estimaciones del ritmo de expansión del Universo) y situado en una órbita a 400 kilómetros de la Tierra. El HST, dotado con un espejo de 2.5 m de diámetro, fue diseñado para realizar observaciones de objetos muy débiles y distantes con resolución espacial muy alta. En diciembre de 1993, los astronautas de la tripulación del Endeavor, en su primera misión espacial al HST, instalaron unas lentes correctoras para compensar la miopía que fue descubierta en el espejo del telescopio. Posteriormente, en sucesivas misiones llevadas a cabo en Febrero de 1997 y en Diciembre de 1999, los astronautas han reparado giróscopos y otros componentes del telescopio, además de instalar nueva instrumentación realizada con nuevas tecnologías. Estos instrumentos (WFPC2, NICMOS, STIS, y la venidera ACS) han dotado al HST de mayores capacidades observacionales (mayor resolución espacial, campo, rango en longitud de onda, etc.) de aquéllas de

las que disponía originalmente.

En sus diez años de vida, el HST ha estudiado 13.670 objetos y ha hecho

imágenes espectaculares han llegado a los hogares de todo el mundo a través de la televisión e Internet, mostrando la superficie del misterioso Plutón, el efecto del poderoso impacto de un cometa en la superficie de Júpiter, sistemas planetarios formados alrededor de otras estrellas, el ciclo de vida de las estrellas, galaxias en colisión, agujeros negros, y galaxias muy distantes y jóvenes cuando el Universo apenas tenía una fracción de su edad actual.



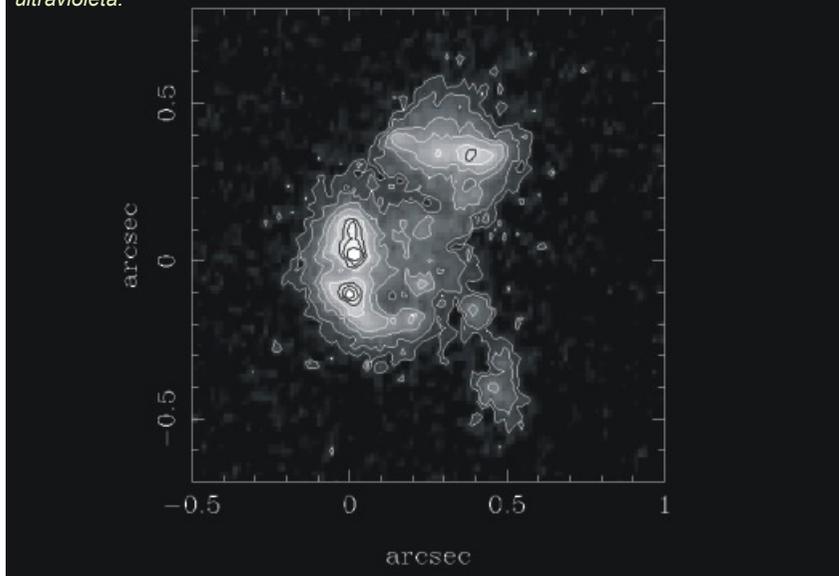
Fig.1. Imagen de campo profundo (denominada HDF Norte) tomada por el HST y la cámara WFPC2 (cortesía de NASA).

El pasado mes de abril, se reunieron en Baltimore (USA) astrónomos de todo el mundo en la sede del Instituto del Telescopio Espacial durante cuatro días para conmemorar una década de investigación con el HST. En el simposio se discutieron los resultados más relevantes obtenidos por el HST. El gran número de descubri-

271.000 observaciones que han sido almacenadas en 3,5 terabytes de datos disponibles para todos los astrónomos del mundo en el archivo del Instituto del Telescopio Espacial (<http://www.stsci.edu>) y su reflejo en la oficina de la Agencia Europea del Espacio (ESA; <http://archive.eso.org/wdb/wdb/hst/science/form>). Cientos de

mientos realizados no tiene precedentes. El Telescopio Espacial ha contribuido enormemente al conocimiento de la atmósfera de los planetas, el nacimiento, vida y muerte de las estrellas, la determinación de las abundancias de elementos en el medio interestelar, la formación de las estrellas masivas y su interacción con el medio interestelar, las poblaciones estelares en las galaxias cercanas, la morfología y propiedades de las galaxias lejanas, los agujeros negros y galaxias que lo albergan, y la determinación de la edad y destino del Universo. Detallemos algunos de sus descubrimientos:

Fig.2. Imagen del núcleo de la galaxia activa de tipo Seyfert 2 NGC 7130 tomada por el HST y la cámara FOC en el ultravioleta. La morfología de la emisión indica la existencia de un brote nuclear de formación estelar responsable de más del 80% de la emisión ultravioleta.



## Imágenes profundas de galaxias lejanas y la evolución de las galaxias.

Durante 10 días, en diciembre de 1995, el HST tomó 343 fotografías de una zona del cielo en la dirección de la constelación de *Ursa Major*, de tamaño angular treinta veces más pequeño que el diámetro de la Luna. Estas observaciones junto con otras similares realizadas en noviembre de 1998 se conocen con el nombre de HDF (Hubble Deep Field) Norte y Sur. Las imágenes revelaron miles de galaxias (véase la Fig. 1). La luz emitida por las galaxias más distantes

(las que se ven más pequeñas en las imágenes) ha tardado casi 10.000 millones de años en llegar a la Tierra, mostrando cómo era el Universo en los primeros 1.000-2.000 millones de años de su vida, es decir, cuando el Universo estaba en sus primeras fases de formación. Estas galaxias muestran colores azulados, lo que indica que están en sus primeras fases de formación de estrellas y son muy jóvenes. Tienen tamaños más pequeños y formas más irregulares que las galaxias que se observan en nuestro Universo más cercano. Estas pequeñas estructuras, compuestas de gas y estrellas jóvenes, podrían ser las estructuras básicas que, a través de múltiples colisiones, han dado lugar a los dos tipos de poblaciones estelares más viejas que se observan en nuestro Universo próximo, las de las galaxias elípticas y las de los bulbos de las galaxias espirales. Por tanto, estas fotografías revelan cómo se formaron las componentes esferoidales viejas de las galaxias más luminosas que se observan hoy en día.

### Formación estelar violenta en galaxias y la evolución de las galaxias.

Las estrellas masivas son muy luminosas y tienen masas de más de diez veces la del Sol. Emiten gran parte de su energía en longitudes de onda ultravioleta que no son detectadas por nuestros ojos pero sí por el HST. Estas estrellas calientan el gas del medio interestelar que las rodea, haciendo que éste sea fluorescente, y eyectan vientos estelares muy rápidos. La presión de la radiación y los vientos estelares actúan abriendo cavidades en el gas ionizado, haciendo que se observen más fácilmente las estrellas masivas (véase la portada de la revista). En el interior de estas estrellas se elaboran la mayor parte de los elementos pesados conocidos en nuestro Cosmos. Estos metales se dispersan en el medio interestelar cuando estas estrellas terminan su vida explotando como supernovas, constituyéndose así en la fuente principal de calentamiento y de enriquecimiento químico del gas interestelar e intergaláctico. De este gas se forman nuevas generaciones de estrellas que van a tener propiedades diferentes a las de las estrellas precedentes, causando así el cambio de las propiedades de las galaxias y por tanto su evolución. En las denominadas galaxias *starbursts*, que son galaxias que experimentan procesos muy violentos de formación estelar, se forman asociaciones muy densas de estrellas masivas. Por ello, las estrellas masivas, y en consecuencia los *starbursts* como lugar privilegiado

**Fig. 3.** Imagen de las galaxias de la Antena (NGC 4038/NGC 4039) tomadas por el HST y la WFPC2. Los núcleos de estas dos galaxias interactuantes son las manchas naranjas detectadas a la derecha e izquierda del centro de la imagen. Se detecta una banda de polvo que une los dos núcleos de las galaxias. La estructura espiral está trazada por los cúmulos de estrellas masivas formados como consecuencia de la actividad de formación estelar disparada por la colisión (cortesía de NASA).



de la formación de las mismas, pueden considerarse como la piedra angular de la evolución estelar, galáctica y cósmica.

Estos cúmulos de estrellas jóvenes han sido detectados por primera vez por el HST en galaxias *starbursts* y en los núcleos de las galaxias activas (véase la Fig. 2), descubrimientos en los que han participado investigadores del IAA. Algunos astrónomos creen que estas asociaciones densas de estrellas jóvenes son los progenitores de cúmulos globulares como los que se observan en la Vía Láctea. Un gran número de estos cúmulos se puede formar en un proceso de colisión de dos galaxias (véanse las galaxias de la Antena en la Fig. 3). Usando como reloj cronológico la edad de los cúmulos estelares para estimar la edad de la colisión, estas observaciones han permitido estudiar paso a paso la compleja secuencia de sucesos que tienen lugar en el proceso de la colisión y la posible evolución de las galaxias espirales en elípticas. La morfología de las galaxias lejanas detectadas en el HDF sugiere que casi un tercio de éstas han sufrido una interacción similar a la de las galaxias de la Antena, y por tanto, muestran una prueba directa de que las colisiones entre galaxias eran más frecuentes cuando el Universo era más joven. Así, procesos de coalescencia similares al experimentado por la Antena podrían ser los responsables de la formación de las galaxias tal y como las observamos hoy en nuestro Universo cercano.

El HST seguirá proporcionando imágenes impresionantes del cielo durante una década más. Ya están programadas dos misiones espaciales al HST para los años 2001 y 2003, con la intención de instalar nueva instrumentación que, sin duda alguna, traerá nuevos descubrimientos sobre el Cosmos. El HST será reemplazado por el telescopio espacial de nueva generación NGST (*Next Generation Space Telescope*), cuya puesta en órbita está prevista para el año 2007. Este telescopio tendrá un espejo de gran diámetro (8-10 m) y estará optimizado para observar a longitudes de onda infrarrojas. Podrá detectar objetos 20 veces más débiles que los que detecta el HST. Su objetivo fundamental será profundizar más sobre el origen y la evolución del Universo, observando galaxias muy lejanas, esto es, galaxias muy jóvenes que estaban formando sus primeras generaciones de estrellas sólo 500 millones de años después del *Big Bang*.

**Rosa María González Delgado (IAA)**

*Bibliografía*  
 Ferguson, H.C., Dickinson, M., & Williams, R. 2000, ARA, 38, en prensa (astro-ph/0004319)  
 González Delgado, R.M., Heckman, T. et al 1998, ApJ, 505, 174  
 Heckman, T. 1998, Origins, ASP Conf. Ser. 148, 127  
 Heckman, T., González Delgado, R.M. et al 1997, ApJ, 482, 114  
 Meurer, G., Heckman, T. et al, 1995, AJ, 110, 2665  
 Whitmore, B. et al, 1999, ApJ, 118, 1551

## ¿CIENCIAS O LETRAS?

*Quizá porque de pequeño me gustaban casi todas las materias en el cole; quizá porque, como he manifestado en tantas ocasiones, soy físico por fascinación que no por vocación innata, siempre me ha molestado y continúa haciéndolo la compartimentación de la sociedad o de sus individuos entre ciencias y letras. "Como yo soy de ciencias ...", "tú que eres de letras ..." son frases de uso frecuente y que pretenden excusar nuestra ignorancia en determinados ámbitos del saber. Ello no tendría mayor importancia puesto que resulta imposible conocer de todo y con la suficiente profundidad. Tan sólo podrían considerarse eufemismos para no llamar las cosas por su nombre: "lo siento, pero no sé de esto o de aquello". El problema, o al menos la razón de que a mí me desagraden ese tipo de frases y de distinciones, es el desdén con que se contempla lo ignorado. No sentimos el más mínimo rubor en admitir que no tenemos ni los conocimientos más rudimentarios de cuestiones tan básicas que debieran constituir imprescindiblemente el acervo cultural de cualquier persona que se considere mínimamente culta (o al menos cultivada). Además, ello lleva consigo nuestro desinterés por aprender.*

*En una sociedad como la española en la que el concepto de cultura se encuentra fuertemente polarizado (y, por qué no decirlo, a veces prostituido) en el único sentido de las llamadas "humanidades", la situación no es ni mucho menos simétrica. También me molesta que no se consideren humanidades la Ciencia y la Tecnología como si fueran actividades de seres extraterrestres o infrahumanos. ¿Acaso no hay búsqueda de la belleza en la persecución de una ley física, o en el entendimiento de los mecanismos básicos de la genética, o en el funcionamiento de una máquina de tren, o en el diseño de un puente? ¿No son tan humanas esas preguntas y sus respuestas como las que se pueden encontrar en una buena novela? Vaya por delante, aunque sin duda se podrá percibir en lo que queda de este artículo, que soy uno de los más acendrados defensores de una necesaria restitución de esas llamadas materias de humanidades en los currículos de nuestros estudiantes de primaria y secundaria. Reclamo su derecho de aprender Latín, Gramática o Historia, como mínimo en el grado en que las aprendimos los de mi generación y, por supuesto, sin el sesgo con que recibíamos la información. Pero también reclamo su derecho para aprender Matemáticas, Física, Química, Biología o Geología como partes integrales de la cultura. También estas materias y no sólo las "humanidades" se encuentran devaluadas actualmente. Como, sin duda, me estoy desviando hacia lo que podría constituir otro artículo, retomaré mi discurso en las cuestiones de simetría. Ciertamente el desdén o la indolencia manifiesta públicamente hacia "el otro grupo" la encontramos mucho más entre los "humanistas". Algunos de ellos llegan a jactarse de su ignorancia de cómo se suman dos números quebrados. Este hecho, que sin duda merece una denuncia, no es lo que me preocupa aquí puesto que no es esta revista el ámbito adecuado. Además esa asimetría obedece al mayor peso específico que tienen en los medios de comunicación. Seguramente, de tener la oportunidad, alguno de mis colegas presumiría de no escribir bien simplemente "porque no es necesario", "porque lo importante es el concepto y no su envoltorio verbal".*

*Lo que pretendo sacar a colación y con ello al menos despertar la polémica es justamente el menosprecio con que en múltiples ocasiones tratamos los científicos nuestra joya común, la que nos sirve de nexo de unión como seres humanos: la lengua. Paradójicamente, la mayoría tenemos buen cuidado del inglés que empleamos en las publicaciones internacionales. Me rebelo cada vez que enciendo mi ordenador (esto es, todos los días) y contemplo el espectáculo lamentable de las versiones (que no traducciones) ciegas (y a veces también cojas) de términos ingleses sin la más mínima reflexión. El ritmo de creación de neologismos innecesarios por esta causa da verdadero vértigo. Pero tampoco es la cuestión informática la que quiero discutir en esta ocasión. No en vano el uso del ordenador se encuentra tan extendido que los propios trabajadores de la palabra, los periodistas, nos regalan con verdaderas lindezas continuamente, sin duda influidos por el ambiente cibernético. No, me refiero a nuestro uso del español en los cada vez más frecuentes textos tanto científicos como de divulgación. El continuo auge que han experimentado en España la Ciencia en general y la Astronomía y Astrofísica en particular durante los últimos 25 años nos ha conducido a que dichos textos proliferen. Recibimos (afortunadamente) cada vez más demanda de información por parte de los medios de comunicación que, legítimamente, utilizamos en nuestro provecho. Publicaciones como ésta que el lector tiene en sus manos comienzan a aflorar como una verdadera necesidad de expresión de los científicos y de comunicación con la sociedad. ¿Por qué, pues, no siempre realizamos el suficiente esfuerzo para escribir dignamente? Escribir dignamente no significa escribir como Cervantes, por supuesto. Hasta ahora quizá nadie lo haya conseguido. Pero hacer Física digna no es hacerla como Einstein y ahí sí que nos preocupamos por explicarnos correctamente: necesitamos ser entendidos.*

*Si de verdad queremos reclamar un espacio cultural para la Ciencia, si realmente creemos tener algo que decir y que contar a nuestros conciudadanos deberíamos esforzarnos mínimamente por utilizar un lenguaje entendible por todos y que no ofenda la sensibilidad estética de nuestros lectores. Nuestros compañeros de Hispanoamérica nos llevan bastante ventaja en ese cuidado de la lengua aunque tampoco están exentos de los peligros que nos acechan a todos. No quiero parecer sensiblero ni patriotero. Más bien al contrario, me parece que la invasión imperial de nuestro idioma por parte del inglés no habla en contra de éste sino más bien de la pobreza espiritual de los invadidos. Yo he aprendido, a través de la Ciencia, a apreciar y a amar la lengua inglesa pero no me gusta verla entremezclada con la nuestra. Cada cosa en su justo término y en su justo lugar. Quiero acabar, por tanto, felicitando la notable iniciativa de crear una Comisión de Léxico en el seno de la Sociedad Española de Astronomía. Deseo fervientemente que sus frutos sean de servicio común para todos.*

## JOHN HUCHRA

*Investigador del Center for Astrophysics  
de la Universidad de Harvard*



***“Espero que la nueva generación de telescopios nos ayuden a ver la luz primigenia del Universo y a entender la primera generación de estrellas .”***

***Figura clave en la Astrofísica mundial, John Huchra ha participado en muchos de los proyectos llevados a cabo en la última década para el desarrollo instrumental y de observación telescópica. Huchra estuvo en Granada como ponente invitado en la primera euroconferencia de la serie "La evolución de las Galaxias". IAA habló con él sobre los avances más importantes de los últimos años en Astrofísica Galáctica y nos adelantó algunos de sus proyectos más inmediatos.***

**¿Cuáles son, en su opinión, los desarrollos más importantes de los últimos años en Astrofísica Extragaláctica?**

*El posible o probable descubrimiento de un término con constante cosmológica [en las ecuaciones de Einstein]. La puesta en funcionamiento del Very Large Telescope. Los avances tecnológicos que conducirán al New Generation Space Telescope. Los espectaculares diagramas color-magnitud obtenidos con el Hubble Space Telescope (estudio de poblaciones estelares). Las galaxias débiles encontradas en longitudes de onda submilimétricas por SCUBA (Submillimetre Common User Bolometer Array), etc. Las imágenes de campo profundo del Hubble. Los detectores infrarrojos de gran formato. Galaxias en el salto de Lyman y los cuásares ¡con  $z \sim 6$ ! Las aproximaciones sucesivas a la constante de Hubble. La identificación de las explosiones cósmicas de rayos gamma como fuentes extragalácticas lejanas.*

**¿Existen campos científicos específicos en los que Vd. considere que el progreso alcanzado es**

**inferior a otros?**

*Estoy desilusionado con los escasos avances que ha habido en el estudio de la formación estelar galáctica. Entre los modelos de síntesis de poblaciones siguen faltando patrones de baja metalicidad. La estructura a gran escala del Universo aún no está totalmente reproducida por las simulaciones, aunque éstas están mejorando con los códigos hidrodinámicos. En la escala de distancias hemos topado con un duro muro: la falta de consenso sobre la distancia a la Nube Grande de Magallanes y sobre la calibración absoluta de la relación periodo-luminosidad de las estrellas Cefeidas. Los detalles de la formación de las galaxias permanecen también nebulosos.*

**Nos enfrentamos a un futuro nuevo con la construcción y operación de una nueva clase de grandes telescopios (8-10 m), los nuevos interferómetros, etc. ¿Piensa Vd. que estos nuevos instrumentos traerán consigo una revolución en el concepto de Astrofísica? ¿Cuáles son los desafíos más importantes que**

## se abordarán con ellos?

*Espero que comencemos realmente a ver la "luz primigenia" [del Universo] y a entender la primera generación de estrellas y de elementos químicos. Me gustaría comprender de verdad el crecimiento de la estructura desde  $z=4$  o así. Me encantaría conocer si el modelo cosmológico es correcto y qué es, cuánta hay y dónde se encuentra la materia oscura. Estos problemas están perfectamente al alcance de los telescopios de 8 a 10 m, especialmente si incluimos entre ellos al New Generation Space Telescope.*

**“La investigación es un juego como ningún otro: su ingrediente clave son las ideas con lo que la creatividad es uno de los requerimientos principales.”**

**A lo largo de su carrera, Vd. ha realizado contribuciones fundamentales al estudio del Universo a gran escala. En pocas palabras, Vd. puede ser considerado como el descubridor de este campo de investigación. ¿Qué le hubiera gustado mejorar de sus experiencias de los primeros años de investigación en el campo?**

*¡Muestras no contaminadas! Buenas definiciones de aquello a lo que miramos y de aquello que buscamos. Buena fotometría. Comprensión de todos los sesgos semánticos y de selección.*

**¿De qué problemas astrofísicos se ocupa en la actualidad?**

*¡Ah! En todos los que he mencionado anteriormente. Estoy, sin embargo, fundamentalmente intentando asegurar el apoyo sostenido a la nueva generación de astrónomos y a sus proyectos.*

*En lo que se refiere específicamente a Ciencia, trabajo en el 2 Micron All Sky Survey (mapa completo del cielo a 2 micras) y en el barrido de corrimientos al rojo que lleva aparejado para dilucidar la densidad galáctica local y los campos de flujo, y así conseguir un mejor conocimiento de la materia oscura. Entre los proyectos más pequeños puedo citar ciertos estudios de evolución de las galaxias con el Space Infrared Telescope Facility, algún trabajo sobre población de cúmulos globulares, estudio de la estructura a gran escala a través de los cúmulos en rayos X y núcleos activos de galaxias rojos.*

**¿Qué le gustaría explicar o puntualizar a los jóvenes científicos que comienzan su vida investigadora en Astrofísica?**

*La Astrofísica es dura pero extremadamente gratificante. Existen pocas alegrías en la vida como la del descubrimiento; pero uno tiene que estar dispuesto a trabajar duro, abrir y mantener abiertas la mente y la vista, y ser capaz tanto de dar como de*

*aceptar ayuda. La investigación es un juego como ningún otro: su ingrediente clave son las ideas con lo que la creatividad es uno de los requerimientos principales. Es importante aprender a hacerse las preguntas correctas: aquéllas que a la vez son interesantes y cuya respuesta pueda encontrarse con una dosis suficiente de trabajo y dedicación. Durante mis primeros años en este juego, yo acostumbraba observar unas 150 noches por año y trabajar más de 100 horas por semana. Ahora soy un poco más lento, pero para conseguir realmente un récord tienes que poner todo tu corazón en ello.*

**Hace unos meses ha visitado Granada como ponente invitado en la primera euroconferencia de la serie "The evolution of galaxies", financiada por la Unión Europea. En dicha conferencia han participado muchos astrónomos españoles. ¿Cuáles son sus sugerencias acerca de la participación o implicación de España en las grandes instalaciones futuras como GRANTECAN (Gran Telescopio de Canarias), la pertenencia al consorcio ESO-VLT (Very Large Telescope del European Southern Observatory), ALMA (Atacama Large Millimeter Array), proyectos espaciales de nueva generación?**

*¡Adelante con ello! Y no se pierdan en los pequeños detalles. Contemplo una rápida evolución del campo en Europa, especialmente en países como España, para los que el acceso a grandes instalaciones es una experiencia nueva. No tengan miedo de preguntarse las grandes y difíciles cuestiones, y de reunir los equipos y el instrumental necesario para perseguir sus respuestas.*

### Algunas de sus preferencias personales.

**Una canción o música:** "Surrealistic Pillow" del grupo Jefferson Airplane.

**Un libro:** La hexalogía "Lensman" de E.E. "Doc" Smith.

**Una película:** "Casablanca" y "Star Wars".

**Una ciudad:** París.

**Un paisaje:** Sierra Nevada (California) en otoño a 3800 m de altura.

**Un sueño:** Ser el mejor padre posible y contemplar cómo mi hijo crece para ser un buen hombre.

**Un pintor:** Joan Miró (más por su escultura) y Pablo Picasso.

**José Vilchez (IAA)**

**A**l escribir sobre los últimos 25 años de una institución siempre se corre el riesgo de olvidos y de imprecisiones tanto históricas como personales. Por ello, no se pretende con esta reseña ser exhaustivo, sino que solo se intenta dar una breve pincelada de la historia de nuestro Instituto que podríamos sintetizar como una continua evolución. Al mirar a su origen nos encontramos con un Instituto creado pero no dotado ni de los medios humanos ni de los económicos y estructurales suficientes como para poder augurar lo que es hoy en día. Si esas primeras fases se superaron con el mayor de los éxitos, ha sido sin duda gracias al esfuerzo y generosidad de las personas que lo fundaron e impulsaron. Durante estos años, el IAA no ha sido ajeno a los avatares y penurias que se han producido en la Ciencia española. Así, la evolución no ha sido de manera suave y de forma continua, como sería deseable, sino en su gran parte a saltos. Este hecho ha dado lugar a distintas etapas difíciles en las que, como en toda la travesía de la investigación española, se ha navegado con inquietud y falta de rumbo.

Desde su creación el IAA se planteó el reto de fomentar y formar equipos de investigación que fueran capaces de competir al más alto nivel internacional, y todo ello partiendo de una historia científica prácticamente inexistente en la Astrofísica española. Este objetivo se ha ido plasmando cada vez más en una realidad. Durante los 25 años de su historia, numeroso personal ha ido incorporándose a la plantilla del Instituto, y ello ha permitido tanto el asentamiento de aquellos equipos en los que se basaba el IAA de los años 70, como la creación de nuevas líneas de investigación y, en definitiva, ha contribuido al necesario dinamismo en un centro de investigación. Así, a lo largo de estos años, el IAA ha ido creciendo y madurando como lugar de encuentro para hacer Ciencia y ha ido encontrando un sitio en la Astronomía española y mundial. Es preciso recordar desde aquí a aquellos que por distintas causas ya no continúan su trabajo con nosotros. Su contribución ha sido también esencial para perfilar el trabajo del Instituto. Cuentan con nuestro más sincero agradecimiento y reconocimiento.

En el transcurso de estos 25 años, el IAA ha pasado desde su primera sede en un palacio medieval, mezquita y viejo Ayuntamiento (Palacio de la Madraza), a disponer de tres edificios propios. En la memoria de los que trabajamos en los primeros años del Instituto perdurarán siempre aquellos primeros desarrollos de electrónica en la mesa de despacho y el revelado de circuitos impresos en las lámparas de neón del alumbrado y en la bañera del cuarto de aseo. Hoy, el IAA posee un edificio dotado de muy completos laboratorios de electrónica, microprocesadores, óptica, mecánica y criogenia. El IAA del año 1976 contaba con 5 personas con dedicación exclusiva. Su esfuerzo y el de aquellos que iban incorporándose, ha propiciado que más de 100 personas constituyan hoy el colectivo del Instituto. Al mismo tiempo, desde unos inicios con un presupuesto de 5 millones de pesetas, el IAA ha sido capaz de gestionar más de 550 millones en 1999, alcanzando una tasa de autofinanciación del 48%, incluidos los costos de personal. Ello ha sido posible gracias a la excelencia de los proyectos científicos y tecnológicos que se llevan a cabo con financiación externa y conseguidos en un régimen competitivo.

La evolución en muchas disciplinas científicas y técnicas durante las últimas décadas ha sido vertiginosa. Tal es el caso de la informática. El Instituto siempre ha intentado ir al compás de esta evolución. Así, desde la primera calculadora programable "Compucorp", ¡con 100 pasos de programa!, el IAA se ha ido dotando de los medios más modernos de cálculo, poseyendo en la actualidad procesadores vectoriales y una red de más de un centenar de ordenadores.

La historia del Instituto está estrechamente ligada a la de su Observatorio en Sierra Nevada y al desarrollo de instrumentación tanto para telescopios en tierra como para vehículos espaciales. En este sentido, los primeros tiempos destacan por la dureza del punto de partida y por la falta de medios técnicos. Basta solo citar unos ejemplos para darse cuenta de la dificultad de los inicios y de los avances producidos en tan corto espacio de tiempo. Así, se ha evolucionado desde el Observatorio jesuita del Mojón del Trigo con un telescopio de 32 cm y su manejo totalmente manual, hasta un Observatorio propio con dos telescopios de 150 y 90 cm y la completa automatización de los mismos y su instrumentación. En lo que a ésta se refiere, las primeras medidas de la luminiscencia atmosférica se realizaban desde el suelo con instrumentación prestada. En la actualidad éstas se realizan con instrumentación propia a bordo de globos estratosféricos y cohetes de sondeo. Se ha realizado también una dura transición desde los primeros proyectos instrumentales hasta la construcción de los más modernos instrumentos para telescopios y para embarcar en vehículos espaciales.

No cabe duda que la evolución en todos los términos descritos ha sido positiva, y que no hubiera tenido lugar si el personal del IAA no hubiera demostrado no solo su alta capacitación, sino su tesón, dedicación y esfuerzo. El IAA ha alcanzado esa edad en la que se tiene la vida por delante y un poco de historia a sus espaldas. Nos queda, sin duda, lo mejor, el futuro y los retos inmediatos a los que nos enfrentamos. No se ha pretendido en estas líneas ser triunfalista, es más, creo que somos conscientes de la dificultad de las nuevas etapas que nos esperan. La preocupación del IAA radica no solo en las incertidumbres de esta nueva etapa que se abre en la investigación en España, sino también en cuestiones fundamentales del día a día. La incorporación de nuevo personal altamente cualificado que permita el asentamiento y el crecimiento de las líneas de investigación, la proyección y apoyo de la Astrofísica como ciencia básica, la gestión de grandes instalaciones y la participación en grandes proyectos internacionales, no son sino un botón de muestra de los problemas a afrontar en el futuro inmediato. Pero, para afrontarlos con ciertas garantías y para que el resultado sea lo más fructífero posible a la sociedad, el IAA cuenta con la mejor herramienta posible, su personal, que con su ilusión renovada y con su continua dedicación y esfuerzo, estoy convencido que nos deparará unos próximos años repletos de éxitos científicos y tecnológicos.

**Rafael Rodrigo**  
Director del Instituto de Astrofísica de Andalucía

# CRONOLOGÍA DEL IAA

**1975.** Se crea el IAA por acuerdo de la Junta de Gobierno del CSIC en el mes de julio. El nombre inicial fue "Instituto de Investigaciones Astrofísicas de Andalucía (IIAA)". En octubre comienza su andadura en el Palacio de La Madraza, con dos líneas básicas de investigación: Aeronomía y Física Estelar. El fundador fue José María Quintana (profesor hasta septiembre de 1975 del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada), con la gran ayuda de un pequeño núcleo de profesores de la Universidad y de jóvenes astrónomos y de Manuel Merlo (ayudante del Observatorio Universitario de Cartuja). José María Quintana es nombrado Director del IAA.

El convenio suscrito entre la Universidad de Granada y el CSIC permitió seguir utilizando las instalaciones de observación del Observatorio del Mojón del Trigo (telescopio Cassegrain de 32 cm), fundado por la Compañía de Jesús y cedido a la Universidad de Granada, hasta junio de 1980 en que una rotura de la línea de tensión dejó inutilizado el observatorio.

**1977.** Se establecen contactos con el Royal Greenwich Observatory y el Observatoire de Nice para la instalación de dos telescopios a situar en un nuevo observatorio, y con el Observatorio de la Universidad de Copenhague para la construcción de un espectrofotómetro fotoeléctrico.

**1979.** Se continúan las obras del nuevo Observatorio de la Loma de Dílar en Sierra Nevada (OSN), finalizándose su construcción, tras muchas dificultades y avatares, en 1980.

**1980.** Se instalan las cúpulas en el OSN y en diciembre, tras sufrir numerosos retrasos por cuestiones de aduanas, el IAA recibe los dos telescopios (Cassegrain de 60 cm y Nashmyth de 75 cm de abertura, propiedad del Observatoire de Nice y del Royal Greenwich Observatory, respectivamente).

**1981.** En el verano se instalan definitivamente los nuevos telescopios. Se ejecutaban así sendos convenios del CSIC con organismos homólogos de Francia y Reino Unido, creándose además una corriente permanente de intercambio científico entre el IAA y los observatorios citados.

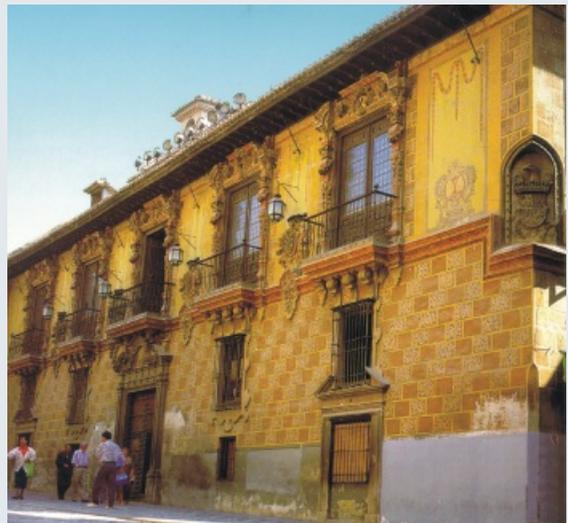
**1982.** Adquisición de un ordenador VAX 11/750 (un auténtico pionero en su tiempo con 2Mb RAM y una capacidad de disco de 130Mb) dotándose el IAA de unos medios informáticos acordes con su actividad científica.

**1983.** Se crea el Grupo de Extragaláctico (hoy Departamento de Astronomía Extragaláctica). Se reanuda la actividad observacional con el telescopio de 75 cm al finalizar la instalación de una nueva consola de control desarrollada en el IAA.

**1985.** Comienza en el IAA la actividad en Radioastronomía.

**1976.** El Grupo de Atmósferas Planetarias (hoy Departamento de Sistema Solar), en colaboración con otras instituciones españolas y extranjeras, y bajo el patrocinio de la Comisión Nacional de Investigación del Espacio (CONIE), comienza a desarrollar distintos programas de investigación en los que se analiza la información proporcionada por instrumentación a bordo de cohetes de sondeo atmosférico que alcanzan los 150 km de altura. La instrumentación científica que portan está diseñada y construida en el IAA por el Grupo de Instrumentación y Cálculo (hoy Unidad de Desarrollo Instrumental y Tecnológico). El primer lanzamiento tiene lugar desde la base de El Arenosillo (Huelva) el 9 de diciembre de 1981.

**1978.** En el mes de julio se produce el traslado del Instituto desde los locales del Palacio de La Madraza a las nuevas instalaciones dentro de la Estación Experimental del Zaidín. En el mes de agosto se inicia la construcción del nuevo observatorio, situado en la Loma de Dílar a 2.900 m de altitud. En octubre tuvieron que suspenderse las obras debido a las condiciones climatológicas. Se ultima el proyecto de cooperación, entre el IAA y el Observatoire de Nice, relativo a la instalación de un telescopio para estudios fotométricos.



Palacio de la Madraza: sede inicial del IAA.

**1986.** En el mes de mayo se inaugura la actual sede del IAA. Se instala la primera red local de comunicaciones. Al haber llegado los telescopios del OSN al límite de sus posibilidades, se inicia el proceso para dotar al IAA de otros más potentes. Por razones de prestigio y promoción comercial, la Nanjing Astronomical Instrument Factory (NAIF) de la República Popular de China ofrece la posibilidad de un convenio, con unas condiciones económicas asumibles por el CSIC.

**1987.** Firma del Convenio con NAIF para la fabricación de dos telescopios de 90 y 150 cm de abertura, respectivamente. NAIF fabricará las partes mecánicas y ópticas de los telescopios y el IAA desarrollará el control de los mismos y su instrumentación.

Conexión de la red de comunicaciones con SPAN y HEPNet-FAENET a través de una línea X.25 de 4.800 bps.



**Observatorio del Mojón del Trigo.**

**1993.** Inauguración en octubre de los dos nuevos telescopios por el Ministro de Educación y Ciencia. El IAA culmina su proceso de reestructuración con la organización que posee actualmente.

Primer sistema con procesador Alpha AXP y primera instalación del sistema operativo Linux en un ordenador personal.

Lanzamiento de un cohete INTA-300B desde El Arenosillo portando 6 fotómetros destinados al estudio de las emisiones de la atmósfera terrestre desde el ultravioleta al infrarrojo cercano. Se realizó un segundo lanzamiento en abril de 1994.

**1994.** Se amplía la sede del Instituto. Se construye un nuevo edificio ubicándose en él la Unidad de Desarrollo Instrumental y Tecnológico y los correspondientes laboratorios de Electrónica, Óptica y Mecánica.

**1995.** El IAA dona al Parque de las Ciencias el antiguo telescopio de 75 cm, ejecutando así el Convenio de colaboración suscrito con el Ayuntamiento de Granada en noviembre de 1993. El telescopio fue instalado en el recinto del Parque y se mantiene operativo para la divulgación de la Astronomía a través de visitas y observaciones. Convenio con el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial por el que se reconoce a su División de Ciencias del Espacio como Unidad Asociada al IAA.

Sustitución de la línea X.25 por una "punto a punto" de 64 kbit/s.

Lanzamiento, a bordo de un globo estratosférico de una maqueta de la sonda Huygens desde la base aérea de León. El IAA participa en los consorcios internacionales de los instrumentos Osiris y Giada de la misión Rosetta que se lanzará por la Agencia Espacial Europea (ESA) en el 2003 hacia el cometa Wirtanen.

**1988.** José María Quintana es relevado como Director del IAA por Mariano Moles, quien permanece en el cargo hasta 1989.

**1989.** El IAA se hace cargo de la operación del telescopio español de 1.5 m de abertura en el Centro Astronómico Hispano Alemán de Calar Alto, mediante un Convenio suscrito con el Instituto Geográfico Nacional, propietario del mismo. El IAA instala nueva instrumentación y mantiene operativa esta estación de observación hasta diciembre de 1993.

**1990.** Rafael Rodrigo asume en marzo la dirección del IAA, continuando hasta la fecha presente.

Se firman acuerdos de cooperación con la Universidad de Copenhague y el Observatorio de París-Meudon para la construcción de sendos espectrógrafos para su instalación en los observatorios operados por el IAA.

Puesta en marcha de la primera estación de trabajo con sistema operativo VMS.

Se realiza el documento "Guía para la protección de la calidad astronómica de Sierra Nevada", en colaboración con el Instituto Geográfico Nacional y el Instituto de Radioastronomía Milimétrica. El Informe Técnico es incorporado posteriormente como Disposición Adicional de la Ley de Protección del Parque Nacional de Sierra Nevada.

**1991.** Creación de la Unidad Estructural de Investigación de Radioastronomía (hoy Departamento de Radioastronomía y Estructura Galáctica).

Cesión por parte del Ayuntamiento de Granada de terrenos colindantes a la sede del IAA, y permiso de obras para la construcción de una nave-taller.

Comienza la instalación de los nuevos telescopios en el Observatorio de Sierra Nevada (OSN). Simultáneamente, científicos y técnicos del IAA desarrollan nuevo instrumental y software de control para los telescopios.



**Astrofísicos del IAA en el Palacio de la Madraza.**

**1996.** Lanzamiento del instrumento PFS a bordo de la nave espacial Mars 96. España, a través del IAA, participa por primera vez en una misión interplanetaria.

Comienza una serie de charlas de divulgación científica dirigidas a la sociedad granadina.

Se inicia una colaboración con el periódico local "Ideal" en el que se publican resúmenes de las charlas de divulgación, así como noticias de interés astronómico. Esta publicación continúa hasta 1999, año en el que se inicia su publicación en la revista "Tribuna de Astronomía y Universo", de ámbito nacional.

Acuerdo de la mancomunidad de municipios de Sierra Nevada para la protección del cielo, patrocinado por el IAA y la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.



**Inauguración oficial del OSN por el Ministro de Educación y Ciencia D. Gustavo Suarez Perterra.**

**1997.** Convenio de cooperación con el Nordic Optical Telescope (NOT) y la Universidad de Copenhague para la instalación en el NOT, sito en el Observatorio de La Palma, del espectrógrafo ALFOSC propiedad del IAA.

Lanzamiento desde la base de Trapani (Italia) de un experimento a bordo de un globo estratosférico para el estudio de las propiedades eléctricas de la atmósfera.

Lanzamiento de la misión espacial Cassini-Huygens (NASA-ESA) desde Cabo Cañaveral hacia Saturno y su mayor satélite, Titán. El IAA participa en un instrumento de la sonda Huygens que llegará a Titán en el año 2004.

**1998.** Comienza la instalación del espectrógrafo Albireo en el OSN. Albireo es el fruto de la colaboración del IAA y el Observatorio de París-Meudon. El IAA se ha responsabilizado del diseño y construcción de la electrónica y control del espectrógrafo. Empieza la participación en el estudio de viabilidad de una nueva misión de la ESA sobre Interferometría Espacial en el Infrarrojo.

Se inicia e impulsa la participación española en el proyecto ALMA entre Estados Unidos y Europa para la construcción de un gran interferómetro trabajando en el rango de las ondas milimétricas y submilimétricas.

**1999.** Se completan los trabajos de puesta en marcha de la primera fase de la nueva red del IAA en Modo de Transferencia Asíncrono (ATM). La nueva red permite mejorar el acceso del IAA a Internet y solucionar la alta tasa de tráfico interno al Instituto.

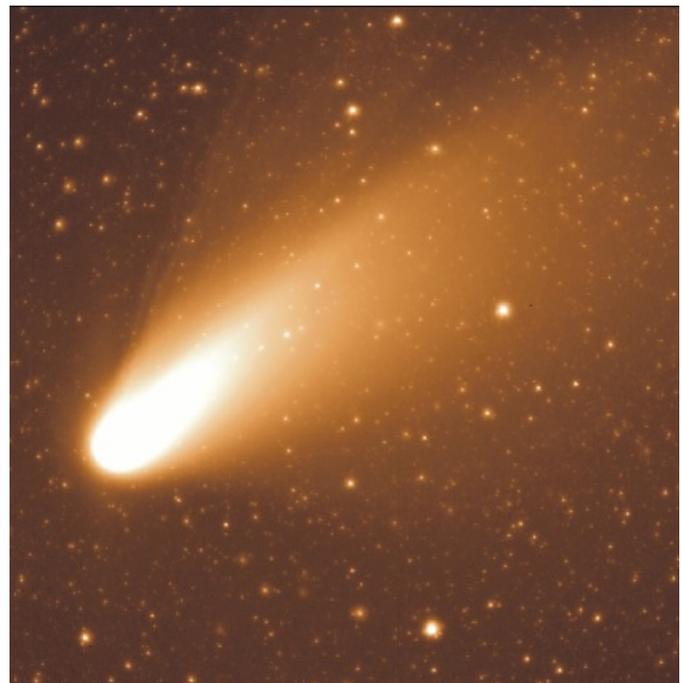
Se inicia la participación del IAA en la misión COROT del Centre Nationale d'Études Spatiales (Francia) para astrosismología y búsqueda de planetas extrasolares. El lanzamiento de COROT está previsto para el año 2004.

**2000.** Fruto de la colaboración con el Observatorio de París-Meudon, se finaliza el espectrógrafo Silfid, en el que el IAA ha sido responsable de la electrónica y software de control. Silfid es finalmente instalado en el telescopio de 2.34 m de apertura de Kavalur (India) operado por el Indian Institute of Astrophysics.

Puesta en servicio del enlace de fibra óptica con la Red Informática Científica de Andalucía (RICA) a 155 Mbps.

Empiezan en el OSN los trabajos de prospección en el infrarrojo.

Nace la revista "Información y Actualidad Astronómica".



**Imagen del cometa Hale- Bopp obtenida con los telescopios del OSN.**



Imagen del experimento Boomerang.

## PLANO A GRAN ESCALA, TAL VEZ, PERO NO EUCLÍDEO.

"Einstein estaba equivocado, Euclides tenía razón" era la cabecera de una de las numerosas versiones periodísticas de los resultados del experimento *Boomerang* (*Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics*), publicados en *Nature* el 27 de Abril de 2000. La misión de *Boomerang* era predecir si la actual expansión del Universo, observada por el corrimiento hacia el rojo de la luz procedente de fuentes luminosas muy lejanas, va a frenarse e invertirse, produciendo el fenómeno opuesto al *Big Bang* (la gran explosión con la que nació el Universo), es decir un *Big Crunch*, o por el contrario, va a continuar, alcanzando un volumen infinito.

El resultado de tal experimento se resume diciendo que bajo la suposición de que a) el Universo es homogéneo (todos los puntos son equivalentes) e isótropo (todas las direcciones son equivalentes), como corresponde al denominado Principio Cosmológico, y b) el correspondiente espacio-tiempo (tipo Robertson-Walker) satisface las ecuaciones de Einstein (consecuencia del Principio de Equivalencia), el

Universo no detendrá su expansión y no se producirá un *Big Crunch*.

***“Que el Universo sea plano, es decir, de curvatura tridimensional nula, visto globalmente (a gran escala), no significa que localmente lo sea”***

En el experimento *Boomerang*, se llevó un telescopio de microondas a gran altura sobre la Antártida a bordo de un gran globo. La misión del instrumento era estudiar la distribución angular de pequeñas variaciones de intensidad en la radiación de fondo del Universo, conocida con las siglas CMB (*Cosmic Microwave Background*), y que está asociada al proceso de "liberación de la luz" que ocurrió supuestamente sólo 300.000 años después del *Big Bang*. Esta liberación de la luz por parte de la materia tuvo lugar cuando la temperatura del Universo descendió a 3.000 K y en la actualidad la observamos con un corrimiento hacia el rojo tal que la temperatura aparente de la fuente de

emisión es de 2,7 K (-270°C), correspondiente al campo de las microondas.

La intensidad y la posición de un máximo en la gráfica de la distribución angular de las fluctuaciones en la radiación de fondo medida con *Boomerang* fija con precisión el valor de la constante  $k$  de la métrica del espacio-tiempo de Robertson-Walker con que se modela la evolución del Universo. (Otros máximos relativos son también importantes pero no encajan correctamente con los resultados de otras investigaciones). La constante  $k$  depende de la densidad de materia en el Universo y, en este modelo, caracteriza simultáneamente la curvatura de una sección espacial (lo que aquí entendemos por Universo en un instante dado) y la tendencia del Universo a seguir expandiéndose o a detener la expansión y contraerse. El resultado obtenido corresponde a un valor crítico de  $k$ ,  $k=0$ , que indica que la curvatura métrica global del Universo es nula y que el ritmo de expansión es el mínimo requerido para que no se contraiga nunca. Que el Universo sea plano, es decir, de curvatura

tridimensional nula, visto globalmente (a gran escala), no significa que localmente lo sea, ya que alrededor de cualquier cuerpo la métrica (las reglas de medida) del espacio-tiempo no es minkowskiana y la curvatura no es nula (el espacio que rodea un cuerpo gravitante no es plano en ningún sentido). Claro está que en torno a cada uno de los cuerpos celestes el espacio-tiempo (y el Universo, como sección espacial) no se ajusta al modelo de Robertson-Walker empleado para interpretar el experimento de la evolución del Universo, cuya distribución de masas se suponía uniforme.

Hay que resaltar que el valor obtenido de  $k$  es un valor crítico y, por tanto, no está claro por qué habría de mantenerse completamente fijo a lo largo de miles de millones de años. También conviene notar que no solamente se ha supuesto explícitamente la validez del Principio Cosmológico, sino además una serie de procesos microscópicos de la

materia, en sus diversas modalidades de materia normal (fotones y materia bariónica, constituyente de estrellas y polvo estelar) y materia oscura (asociada a neutrinos, ondas gravitatorias e incluso otros campos más exóticos), así como procesos macroscópicos como la inflación. Antes de llegar a una conclusión relativamente definitiva se requeriría un mejor conocimiento de la relación entre la gravedad y las restantes interacciones de la Naturaleza en las condiciones de densidades extremas en donde los efectos cuánticos macroscópicos pueden desempeñar un papel de excepción. Prueba de ello es la ambigüedad conceptual en torno a la constante cosmológica (o término cosmológico, si no estamos seguros de su constancia) que puede aparecer en las propias ecuaciones de Einstein.

Debería finalmente quedar claro que los resultados del experimento *Boomerang* y su interpretación, con su mayor o menor grado de precisión, no entran en conflicto, de ningún modo,

con la teoría de la Relatividad General de Einstein, que se usa explícitamente en el modelo, y que Euclides, que describió el modelo matemático más simple de una geometría métrica espacial, ni tiene, ni deja de tener razón en lo que a la descripción del Universo se refiere. El hecho de que determinados artículos periodísticos hayan inducido a error a multitud de ciudadanos no especialistas en el tema que nos ocupa puede deberse en parte a un abuso de lenguaje, bastante común entre algunos astrónomos, consistente en llamar euclídeo a un espacio con curvatura promedio nula, y ello aunque forme parte de un espacio-tiempo con métrica no definida como es la lorentziana.

*Referencia:*

*P. De Bernardis et al. A flat universe from high-resolution maps of the cosmic microwave background radiation. Nature 404, 955 (2000).*

**Víctor Aldaya (IAA)**

## DETECCIÓN ÓPTICA DE IMPACTOS EN LA CARA OSCURA DE LA LUNA.

Tanto la Tierra como la Luna están sujetas a un bombardeo continuo de material interplanetario. Este material está constituido por cuerpos de variada naturaleza, desde pequeños granos de silicatos y otros compuestos, hasta fragmentos más o menos grandes de asteroides y cometas. Estos cuerpos, que en la terminología científica se denominan *meteoroides*, impactan a una velocidad enorme cuya media es de 72.000 km/h en la Tierra y un poco menor en la Luna. La ausencia de una atmósfera sustancial en la Luna hace que las colisiones sean mucho más violentas y dejen como resultado los cráteres que son tan característicos de la superficie lunar, a diferencia de la terrestre. En la Tierra, nuestra atmósfera hace que la mayoría de los meteoroides se desintegren totalmente sin alcanzar el suelo, a no ser que tengan un diámetro muy grande, o un diámetro no tan grande pero una composición rica en materiales refractarios, que resisten muy bien el calor.

Pero en las colisiones lunares, por su violencia, además de generarse cráteres y enormes nubes de polvo, los meteoroides se vaporizan casi instantáneamente junto con una cierta cantidad de materia de la superficie, dando lugar a un plasma a alta

temperatura que se expande rápidamente y emite luz mientras se enfría, en fracciones de segundo.

A pesar de que este hecho era conocido, nunca se había presenciado un choque directo contra la Luna, al menos en la era moderna, y con instrumentos de medida. Si bien algunos investigadores habían estudiado desde hace bastante tiempo la posibilidad de detectar estos destellos, habían llegado a la conclusión de que el tamaño de los objetos que habrían de impactar era muy grande para que su colisión pudiese ser captada usando fotomultiplicadores acoplados a telescopios, por lo que el fenómeno parecía bastante improbable de observar. Esta era la idea generalizada hasta hace unos años (Melosh y colaboradores 1993).

**“Estos fragmentos chocaron a la enorme velocidad de 259.000 km/h y posiblemente abrieron cráteres de entre 5 y 50 metros de diámetro”**

En un trabajo que fue publicado a finales de junio por la revista *Nature* (Ortiz y colaboradores 2000), se ha

presentado la primera detección de este tipo de fenómenos mediante el uso de telescopios a los que se les acoplaron detectores CCD en lugar de fotomultiplicadores. La detección está fuera de toda duda y fue relativamente fácil de realizar, ya que los telescopios eran de pequeño diámetro para lo que son los estándares astronómicos de hoy en día (en los que un diámetro de un metro ya se considera pequeño). Se emplearon detectores CCD relativamente simples. En concreto, el trabajo presenta la detección inequívoca de destellos producidos por impactos de fragmentos pequeños del cometa 55P/Tempel-Tuttle el 18 de Noviembre de 1999. Estos fragmentos chocaron a la enorme velocidad de 259.000 km/h y posiblemente abrieron cráteres de entre 5 y 50 metros de diámetro.

Los fragmentos más pequeños de este cometa son los que originan en la Tierra la lluvia de meteoros conocida como *Leónidas*. Sabíamos que en el año 1999, la aproximación de la Tierra y la Luna al enjambre de fragmentos del Tempel-Tuttle iba a ser extraordinaria, por lo que habíamos previsto que los destellos producidos en algunas colisiones contra la Luna podrían ser detectables desde Tierra, ya que la Luna se encontraba en una fase adecuada para que algunos

impactos que ocurrieran en la cara nocturna lunar pudieran verse desde Tierra

Quizá más importante incluso que la primera detección, es el hecho de haber podido determinar la eficiencia de estos procesos colisionales en la emisión de energía en forma de radiación visible. Resulta llamativo que la eficiencia es suficientemente alta como para que este tipo de trabajos pueda hacerse de forma rutinaria con el objeto de detectar choques de meteoroides esporádicos y de algunas corrientes de meteoroides asociadas a cometas. De esta forma se podría estudiar la cantidad de meteoroides en función de su masa y ello puede ser especialmente útil, entre otras muchas cosas, para entender bien los mecanismos de eyección de materia en los cometas, lo que a su vez nos ayudará a entender mejor los procesos físicos que se dan en los núcleos cometarios. Estos trabajos pueden también ayudarnos a evaluar la probabilidad de impactos

potencialmente dañinos para la Tierra, por extrapolación de las leyes de distribución de masa que se obtengan empíricamente.

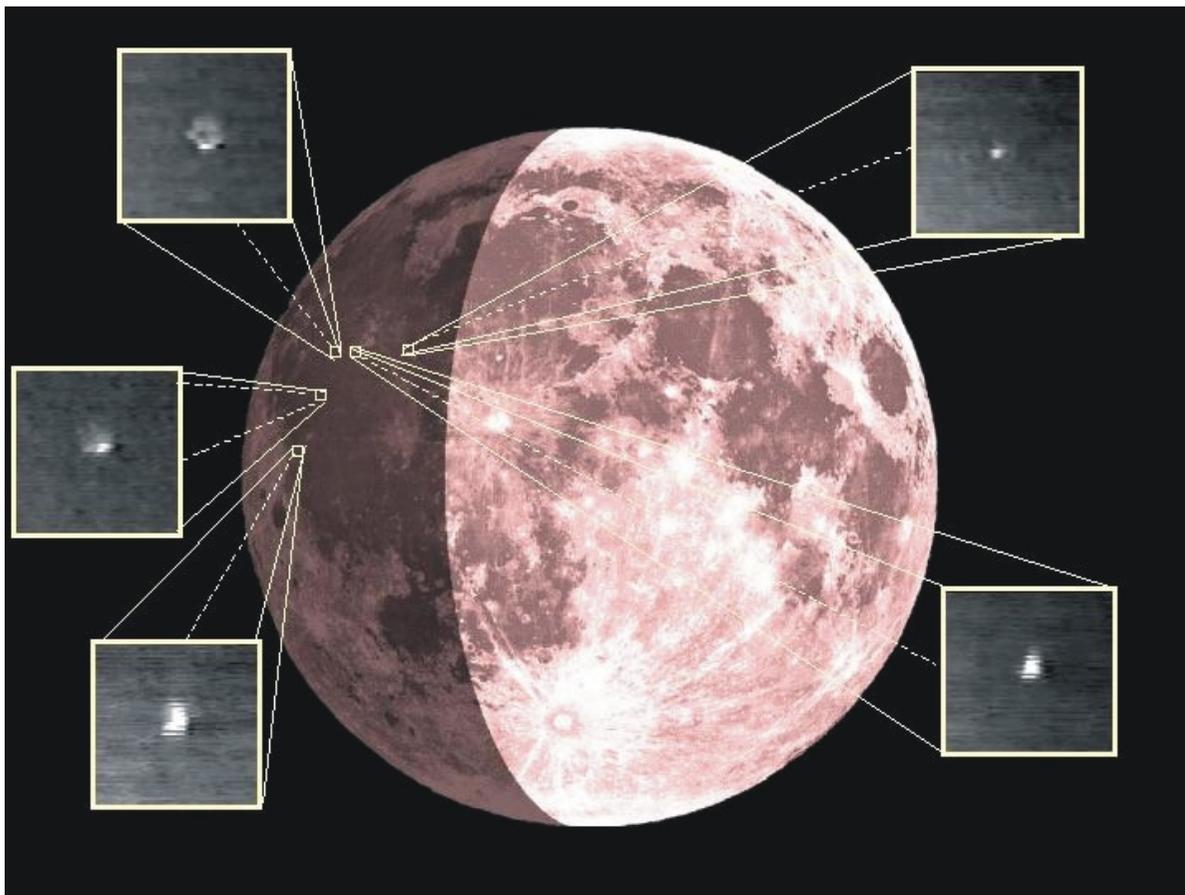
Por otro lado, el trabajo abre las puertas al uso de una nueva herramienta que nos va a permitir estudiar algunos aspectos de la física de los impactos a alta velocidad (que no se pueden producir en ningún laboratorio terrestre), de la composición, y de las características de las superficies así como de los cuerpos que colisionan, no sólo en la Luna, sino en otros objetos sin atmósfera del sistema solar. En un futuro, los vehículos espaciales podrían ir dotados de instrumentos espectroscópicos que permitirían determinar la composición de las superficies sin necesidad de usar vehículos de descenso, mediante el análisis de la radiación emitida en impactos de pequeños proyectiles naturales o artificiales.

**Jose Luis Ortiz (IAA)**

#### Referencias:

*H.J. Melosh, N.A. Artemjeva, A.P. Golub, I.V. Nemchinov, V.V. Shuvalov, I.A. Trubetskaya. Remote visual detection of impacts on the lunar surface. Lunar Planet. Sci. Conf. XXIV, 975-976 (1993).*

*J.L. Ortiz, P.V. Sada, L.R. Bellot Rubio, F.J. Aceituno, J. Aceituno, P.J. Gutiérrez, U. Thiele. Optical detection of meteoroidal impacts on the Moon. Nature 405, 921-923 (2000).*



*Detección de los destellos producidos por los impactos de fragmentos pequeños del cometa 55P/Tempel-Tuttle contra la luna.*

## INSTRUMENTO PETI

Durante este otoño está prevista la instalación del instrumento PETI, acrónimo de "PEqueño Telescopio del IAA", en la azotea del edificio principal del IAA. El telescopio, de 25 cm de diámetro y completamente automatizado, irá equipado con una cámara CCD de refrigeración termoeléctrica junto con una rueda de filtros y estará alojado en un cobertizo deslizante (véase la figura) que protege el instrumental durante el día y lo deja completamente al descubierto por la noche. El uso del instrumento será en parte científico y en parte divulgativo. Dentro de los aspectos científicos, PETI se utilizará para diversos proyectos en los que los objetos de estudio son suficientemente brillantes como para que la contaminación lumínica de Granada no impida el trabajo, e incluso para cuantificar el avance de esta contaminación. Por otro lado, permitirá probar desarrollos instrumentales de poco peso, como un detector de impactos lunares, un monitor de calidad atmosférica de imagen (*seeing*, en inglés), un compensador oscilante activo (*tip-tilt*, en inglés), así como desarrollos de *software*. Entre los aspectos divulgativos del instrumento PETI están el seguimiento de acontecimientos astronómicos de interés general, la elaboración de un archivo de imágenes o el acercamiento de la Astronomía a la comunidad escolar. El sistema es transportable y puede ser llevado temporalmente a otros lugares como el Observatorio de Sierra Nevada, donde podría hacer tareas de control de la calidad del cielo y algunos programas específicos.



Foto panorámica de la sesión de discusión sobre "Evolución con el corrimiento al rojo" de la Euroconferencia: "La evolución de las galaxias: Pistas observacionales".



## Instrumentación del GRANTECAN

En mayo, junio y septiembre han tenido lugar tres reuniones astronómicas encaminadas a diseñar y preparar los proyectos científicos que serán cubiertos en las primeras etapas de vida del Gran Telescopio de Canarias (GRANTECAN).

Dos instrumentos, OSIRIS y EMIR, están actualmente en fase de diseño y construcción. El primero es una cámara-espectrógrafo que trabaja en el rango visible con filtros sintonizables. El segundo es un espectrógrafo que trabaja en el infrarrojo. Los astrónomos implicados en el diseño de ambos instrumentos, junto con otros científicos invitados, se reunieron en el IAC (OSIRIS) e IAA (EMIR) para discutir y evaluar estos programas.

Aunque el IAA no participa en la fase de construcción de estos instrumentos, varios astrónomos del instituto trabajan tanto en los equipos de diseño como en sus comités científicos. Para más información, consúltese la página Web [http://www.gtc.iac.es/home\\_e.html](http://www.gtc.iac.es/home_e.html).

## EUROCONFERENCIA "La Evolución de las Galaxias. Pistas observacionales."

Más de 150 científicos se dieron cita en Granada, del 23 al 27 de mayo, para estudiar los últimos avances sobre la evolución de las Galaxias en un congreso que el Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC) organizó bajo el título "La Evolución de las Galaxias. Pistas observacionales."

Este encuentro ha supuesto una gran oportunidad para los científicos que estudian la evolución del Cosmos ya que, por primera vez, especialistas en distintos campos de la Astronomía, observadores y teóricos, se reunieron para confrontar los avances más significativos en el campo de la evolución de las galaxias obtenidos recientemente por los grandes telescopios y en los distintos rangos del espectro.

La reunión forma parte de una serie de Euroconferencias patrocinadas por la Unión Europea. La primera, ha tenido lugar en Granada, la segunda se celebrará en St. Denis de la Réunion (France), en octubre de 2001, y la tercera en Kiel (Alemania) en mayo de 2002. La Euroconferencia de Granada constó de cinco sesiones (5 días), donde se discutió desde la física del medio gaseoso en la Vía Láctea hasta el de los más remotos confines del Universo, cuando éste era bastante más joven, tras la época de formación de las Galaxias.

## Campaña de prospección de la calidad del cielo de Sierra Nevada

La pasada primavera se hizo una campaña de prospección de calidad de imagen en el Observatorio de Sierra Nevada (OSN) en colaboración con el grupo de calidad del cielo del Instituto de Astrofísica de Canarias. Esta campaña tenía un doble objetivo: por una parte, obtener una medida de la calidad del cielo en el entorno de nuestro observatorio con un aparato de probada eficacia y fiabilidad como es el *Differential Image Motion Monitor* (DIMM) propiedad del Instituto de Astrofísica de Canarias, diseñado por el propio IAC en colaboración con el Departamento de Astrofísica de Niza; por otra parte, evaluar el grado de incidencia de las cúpulas en la calidad de imagen total observada en el telescopio. Así mismo, fue importante simultanear todas estas medidas con observaciones directas en las mismas zonas del cielo tomadas con los telescopios del OSN, con objeto de calibrar las medidas del *seeing* en ésta y otras épocas del año.

Los resultados de la campaña fueron altamente satisfactorios. Pese al pequeño muestreo temporal de que se dispuso (dos semanas de observaciones), se encontraron tamaños de imagen de hasta 0,4" en el exterior de la cúpula. En el interior de la cúpula los valores medios fueron lógicamente peores, pero se obtuvieron ocasionalmente medidas de 0,4". Así mismo, las medidas simultáneas tomadas con el telescopio de 1.5 m permitirán extrapolar estos resultados a otras épocas del año y a diferentes condiciones ambientales.

## SEMINARIOS CELEBRADOS EN EL IAA

**"Espectroscopía Infrarroja de GRS 1915+105 con el VLT."** Dr. J. Martí. Universidad de Jaén. 26/04/00.

**"El reciente desarrollo de la instrumentación astronómica en el óptico e infrarrojo para pequeños y grandes telescopios"**. Dr. F. M. Zerbi. Observatorio Astronómico de Brera (Merate, Italia). 5/05/00.

**"Inversión de la ecuación de transporte radiativo"**. Dr. L. Bellot. IAC. 9/05/00.

**"Campañas de caracterización de la calidad de imagen y meteorología en los Observatorios de Canarias"**. Dra. A. Varela. IAC. 18/05/00.

**"Estrellas T-Tauri situadas lejos de regiones de formación estelar"**. Dra. M. Fernández. IAA (CSIC). 31/05/00.

**"H $\alpha$  Observations of LSI 61303"**. Dr. R. K. Zamanov. National Astronomical Observatory (Bulgaria). 14/06/00.

**"The problem of the missing carbonates on Mars"**. Dr. S. Fonti. Univ. de Lecce (Italia). 20/06/00.

**"Living on the edge: Cosmology at the edge of anti de Sitter space"**. Dr. M. Visser. Washington University (Saint Louis, EE.UU.). 21/06/00.

**"The morphological evolution of the spiral galaxies"**. Dr. Y. Dutil. Univ. Politécnica de Catalunya. 28/06/00.

**"El mail nuestro de cada día"**. A. R. Falcó. IAA (CSIC). 30/06/00.

**"Variables tipo dSc: Catalogo 2000"**. Dr. E. Rodríguez. IAA (CSIC). 5/07/00.

**"Ground-based detection of Keplerian disk of ionized gas in disk galaxies"**. Dr. J. Funes. Vatican Observatory (Tucson, EE.UU.). 17/07/00.

# AGENDA

## CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA

Mes	Conferenciante	Tema o título tentativo
19 de octubre	Jose Luis Ortiz (IAA)	Impactos meteoríticos en la Luna
23 de noviembre	Antxon Alberdi (IAA)	Interferometría en Astronomía: lo que el ojo no ve
14 de diciembre	Antonio Delgado (IAA)	Enjambres de estrellas

