

## A TRAVÉS DEL PRISMA

### Premiada la física de lo invisible

*La Astrofísica está de enhorabuena. En el año 2002, tres descubridores de los secretos del Cosmos han sido galardonados con el Premio Nobel de Física que concede la Academia Sueca de Ciencias. Además, este año los premiados trabajan en una astrofísica «nueva».*

*A lo largo de la Historia, la Astronomía primero y después la Astrofísica basaron sus descubrimientos en la luz visible, analizando y extrayendo de ella la información que llevaba codificada entre sus propiedades (intensidad, frecuencia, polarización). Así se han conseguido los mayores avances en Astrofísica y se ha logrado un mayor conocimiento sobre el Sol, los planetas del Sistema Solar, las galaxias y los cuásares más lejanos.*

*Sin embargo, el perfeccionamiento de nuevas técnicas en el siglo XX amplió las posibilidades observacionales de la Astrofísica. Primero se incorporó la Radioastronomía y después la observación en el infrarrojo, que abrieron nuevas fronteras. Posteriormente, con la llegada de los satélites de observación, se extendió al ultravioleta, a los rayos X e, incluso, a los rayos gamma.*

#### Neutrinos cósmicos



Masatoshi Koshiba  
Universidad de Tokio,  
Japón

Pero no todo lo que nos llega del Universo es luz. También recibimos diversas partículas elementales que traen consigo valiosa información y que los astrofísicos han tenido que aprender a extraer.

Entre ellas existen partículas casi fantasmas, llamadas neutrinos. Los astrofísicos pioneros en descubrirlos procedentes del Sol y de otros lugares del Universo han sido dos de los premiados este año 2002, RAYMOND DAVIS JR y MASATOSHI KOSHIBA.

Postulados en 1930 por Pauli, los neutrinos son generados en las reacciones de fusión que se producen en el Sol y el resto de estrellas. Sin embargo, al no tener carga eléctrica y poseer una masa ínfima, su interacción con la materia es tan débil, que constantemente atraviesan la Tierra miles de millones de neutrinos y no nos damos cuenta. Pero esta idea no desanimó a Raymond Davis, quien a principios de la década de 1950 construyó su primer «telescopio» experimental de neutrinos basado en un tanque de 3.900 l de material captador. Los resultados de este experimento fueron sólo límites superiores, pero no desalentaron a Davis. En 1967, su gran telescopio de neutrinos estaba listo. Consistía en un tanque de 615 toneladas de líquido detector enterrado en una vieja mina de oro a 1.500 m de profundidad. Aunque las primeras medidas sólo proporcionaron unos 3 neutrinos al mes de los 20 esperados, se comprobó que las técnicas de análisis del material en el tanque y su renovación eran fundamentales para aumentar la eficiencia. Así, durante los casi 30 años que se mantuvo activo el experimento (hasta 1994), se detectaron unos 2.000 neutrinos procedentes del Sol. Con todo, los neutrinos medidos siempre

fueron menos de los esperados. Esto se conoció como «el problema de los neutrinos solares».

La solución llegó con nuevos cálculos teóricos y mejores experimentos. Alrededor de 1980 se puso en marcha el experimento Kamiokande, diseñado por Masatoshi Koshiba. Consistía en un tanque lleno con 2.140 toneladas de agua enterrado en una mina. Con él, Koshiba intentaba resolver el problema de los neutrinos solares y para ello utilizó una técnica diferente. Por entonces ya se pensaba que los neutrinos no estaban exentos de masa, con lo que los tres tipos de neutrinos que se conocían (electrónico, muónico y tauónico) no eran más que diferentes combinaciones de estados posibles; los neutrinos podían oscilar libremente entre uno y otro estado, cambiando de un tipo de neutrino a otro. Los neutrinos electrónicos generados en el Sol podrían oscilar a otro tipo de neutrino y así se explicaría el resultado del experimento de Davis, sólo sensible a los neutrinos electrónicos. Por el contrario, el experimento de Koshiba estaba basado en la detección de los neutrinos por la dispersión elástica de éstos con electrones, creando luz de Cherenkov, y no dependía del tipo de neutrino. El experimento se mejoró en 1986 con Kamiokande II y se consiguió confirmar los resultados de Davis y apoyar la idea de la oscilación de los neutrinos.



Raymond Davis  
Universidad de Pensilvania, EE.UU.

Otro de los logros de este experimento fue la detección de un súbito aumento en el número de neutrinos en 1987, cuando explotó la supernova 1987A. Era la primera vez que se detectaban neutrinos cósmicos fuera del Sol.

Finalmente, en 1996 Koshiba y sus colaboradores pusieron en marcha el Super-Kamiokande, un experimento con 50.000 toneladas de agua con 10.000 fotomultiplicadores para detectar neutrinos. En 1998, proporcionó la primera indicación de la oscilación de los neutrinos e información muy detallada de los neutrinos solares.

Por consiguiente, tanto Davis como Koshiba, por la detección de los primeros neutrinos solares, el primero, y la detección de neutrinos extrasolares y la confirmación de la oscilación de los neutrinos, el segundo, han sido acreedores del Premio Nobel, que han compartido con el astrónomo RICCARDO GIACCONI.

### Astronomía de Rayos X



*Riccardo Giacconi  
Associated Universities  
Inc., EE.UU.*

La atmósfera terrestre es un escudo que protege la biosfera y evita que sea achicharrada por la gran cantidad de radiación extremadamente energética que llega, sobre todo del Sol. Sin embargo, para los astrofísicos, la atmósfera es un obstáculo. No sólo porque no es completamente transparente y crea turbulencias, como en el caso de la luz visible, sino porque no deja pasar luz de ciertas frecuencias, como la mayoría de la radiación infrarroja así como los rayos ultravioleta, X y gamma. Hasta la llegada de los observatorios en el espacio, fuera de la atmósfera terrestre, la Astrofísica estaba ciega a esas radiaciones y ¡lo que nos perdíamos!

Los rayos X fueron descubiertos por Wilhelm Röntgen en 1855, quien por tal motivo obtuvo el Premio Nobel en 1901. Pero no fue el único concedido por estudios sobre esta radiación hasta el de este año. Estudios sobre difracción, dispersión y espectroscopía de átomos con los rayos X merecieron también este premio en años posteriores. Fue necesario un gran desarrollo en el estudio sobre los rayos X antes de que la Astronomía de rayos X pudiera desarrollarse.

La Astronomía de rayos X se encontró con dos graves obstáculos. En primer lugar, la atmósfera. Es necesario alcanzar alturas de al menos 80 km para observar los rayos X poco energéticos, el rango de frecuencias donde se espera la mayor intensidad de origen cósmico. Por otro lado, los rayos X prácticamente no sufren refracción, por lo que es casi imposible obtener información direccional de su procedencia.

Varios intentos de detectar rayos X del Sol se habían llevado a cabo, con diverso éxito, hasta que en 1960 el grupo de Riccardo Giacconi propuso la

construcción de un telescopio de rayos X inspirado en trabajos anteriores sobre microscopios de rayos X.

Así, en 1962, descubrieron la primera fuente extrasolar de rayos X, Scorpius X-1. Pronto aparecieron nuevas fuentes y, al identificarlas, se comprobó que eran potentes emisores en rayos X, mucho más que en el visible y muchísimo más que el Sol.

El número de fuentes detectadas fue aumentando y comenzaron a asociarse los púlsares con emisores de rayos X.

El salto significativo en la detección de rayos X llegó con el satélite UHURU, lanzado en 1970. Con este observatorio se realizó el primer rastreo del cielo en rayos X. Cada semana que estuvo en activo, UHURU produjo más datos que los que se habían obtenido de los experimentos anteriores. Seguramente, lo más sorprendente fue encontrar un número significativamente grande de sistemas binarios de rayos X con compañeros compactos, de los que los más estudiados fueron Centaurus X-1 y Cygnus X-1.

La Astronomía ha experimentado un gran avance debido a las observaciones en rayos X y a pioneros en su detección y observación como Giacconi y su grupo.

Con UHURU, la Astronomía de rayos X despegó definitivamente, pero no quedó ahí la cosa. En 1978 fue lanzado el Observatorio de Rayos X Einstein. Con él, se conseguía realmente un observatorio completo, pues contaba con cámaras y espectrógrafos dotados de alta resolución espectral y espacial. Así, la sensibilidad de las observaciones era 1.000 veces mayor que con UHURU y se pudieron observar fuentes un millón de veces más débiles que Scorpius X-1.

## A TRAVÉS DEL PRISMA

Finalmente, el Observatorio de Rayos X Chandra, también ideado por Giacconi, fue lanzado en 1999 y actualmente está revolucionando la Astronomía de rayos X gracias a la gran definición alcanzada.

La Astronomía ha experimentado un gran avance debido a las observaciones en rayos X y a pioneros en su detección y observación como Giacconi y su grupo. Los rayos X se han revelado como excelentes identificadores de regiones donde el plasma se encuentra a cientos de millones de grados, generalmente asociadas con estrellas supermasivas, remanentes de supernovas y agujeros negros, es decir, seguramente donde se dan los procesos más energéticos existentes en el Universo.

En Riccardo Giacconi se da, además, la circunstancia de ser un excelente gestor de la ciencia. Cuando asumió la responsabilidad del Telescopio Espacial Hubble, lo salvó para la ciencia, consiguiendo que se le incorporaran los elementos ópticos complementarios que le han permitido observar con tanta nitidez. También, durante su dirección del *European Southern Observatory* (ESO) consiguió el acuerdo con el gobierno chileno

que ha permitido instalar los cuatro telescopios de 8 m en Paranal. Lamentablemente, no sucedió lo mismo con el gobierno español en relación con la entrada de España en el ESO, pese a que en las negociaciones se llegó a conseguir que esta institución participara con un 50% en el gran telescopio que el IAC estaba promoviendo.

*LUIS CUESTA*  
Asesor científico del Gabinete  
de Dirección del IAC

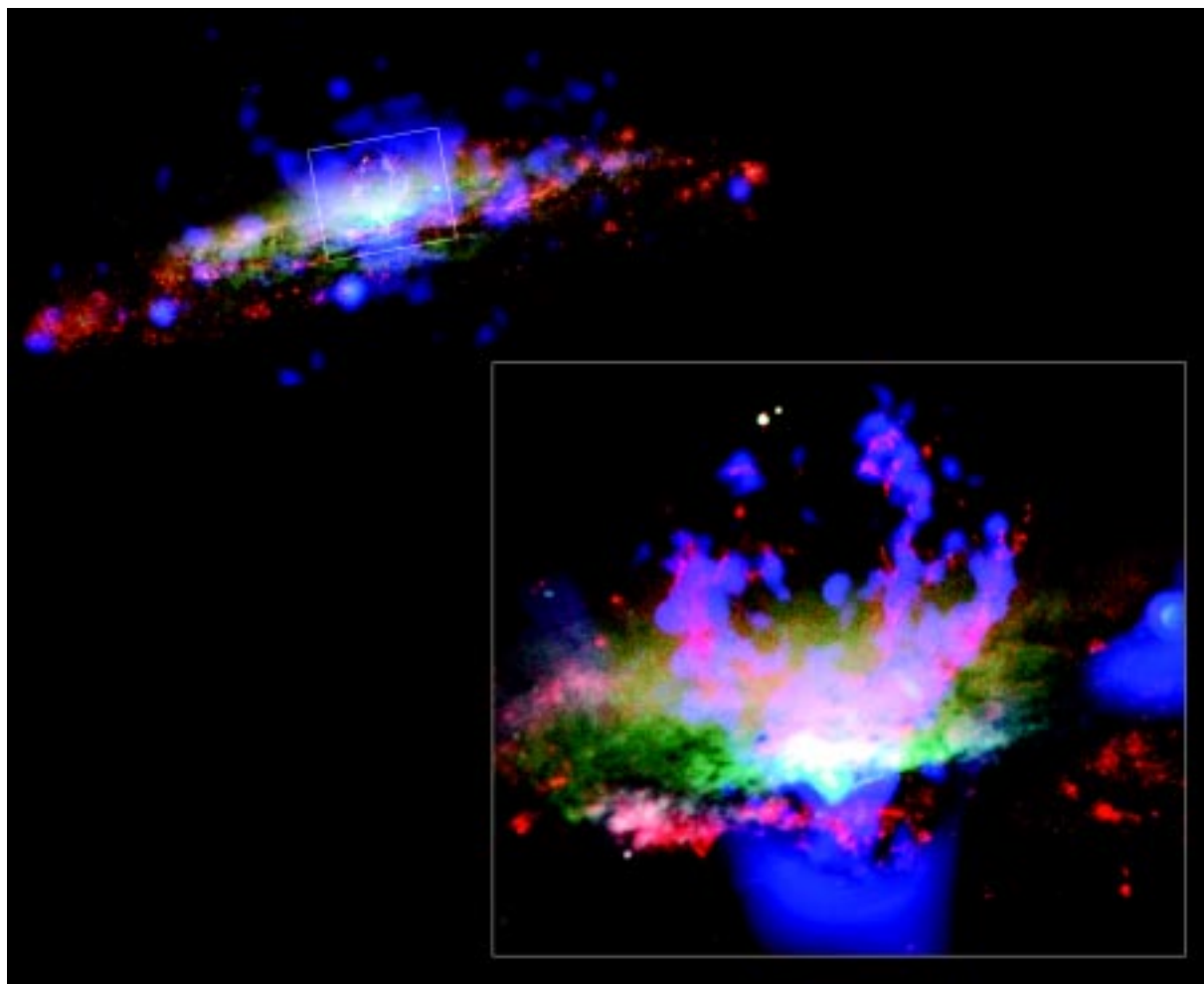


Imagen de la galaxia espiral NGC 3079. Se ha combinado una imagen de rayos X obtenida por el Chandra X-Ray Observatory (azul) con otra imagen óptica obtenida por el Telescopio Espacial Hubble. © NASA (G. Cecil)