

Durante cada una de sus observaciones, las cámaras EPIC del observatorio de rayos X *XMM-Newton* detectan entre 30 y 200 nuevas fuentes de rayos X en su campo de visión de medio grado de diámetro. Este catálogo de nuevas fuentes crece al ritmo de unas 50.000 por año, por lo que la Agencia Europea del Espacio (ESA) encargó al consorcio *Survey Science Centre* (SSC) su catalogación. El proyecto de tiempo internacional *AXIS* (*An XMM-International Survey*), liderado por Xavier Barcons, Investigador Científico del CSIC en el Instituto de Física de Cantabria, proporciona la espina dorsal de esa tarea, al obtener imágenes con los telescopios de los Observatorios del IAC en el óptico e infrarrojo y espectros de amplias muestras de estas fuentes de rayos X hasta ahora desconocidas.

AVANCES EN EL PROYECTO "AXIS" (*An XMM-Newton International Survey*)

XAVIER BARCONS
(*Instituto de Física de Cantabria,
CSIC-UC*)

XMM-Newton, el mayor observatorio de rayos X en órbita, fue lanzado por la Agencia Espacial Europea (ESA) el 10 de diciembre de 1999. Consta de tres telescopios de rayos X, que recogen y focalizan esta radiación por incidencia rasante, coalineados con un telescopio óptico/ultravioleta (el *Optical Monitor* - OM). La resolución espacial de los telesco-

pios de rayos X es ~15" (anchura que encierra el 90% de la energía) sobre todo su campo de visión de 30' de diámetro. La nitidez con la que *XMM-Newton* es capaz de formar imágenes de rayos X es por tanto sensiblemente inferior a la del observatorio *Chandra* de la NASA, que alcanza 1" cerca del eje óptico. Como contrapartida, *XMM-Newton* posee una superficie efectiva de colección de fotones entre 5 y 30 veces superior a la de *Chandra*. Los rayos X focalizados por los telescopios son recogidos por 3 cámaras CCD (1 en cada telescopio) que constituyen el instrumento *EPIC* (*European Photon Imaging Camera*). En dos de los telescopios, la mitad de la luz es dispersada por un espectrógrafo de reflexión (el *Reflection Grating Spectrograph* -RGS). Los tres instrumentos EPIC, RGS y OM funcionan simultáneamente y proporcionan una completa visión de las fuentes de rayos X estudiadas.

Una de las propiedades más destacables de *XMM-Newton*, y en particular de sus cámaras EPIC, es su gran campo de visión: 30' de diámetro (como la Luna llena). En cada observación que *XMM-Newton* realiza con las cámaras EPIC operando al completo, se detectan entre 30 y 200 nuevas fuentes de rayos X cuya posición entra dentro del campo de visión de EPIC. A lo largo de un año, se espera que el censo de fuentes de rayos X aumente en unas 50.000 (similar al número total de fuentes de rayos X conocidas antes del lanzamiento de *XMM-Newton*), y por tanto en los 10 años de vida que se esperan para este obser-

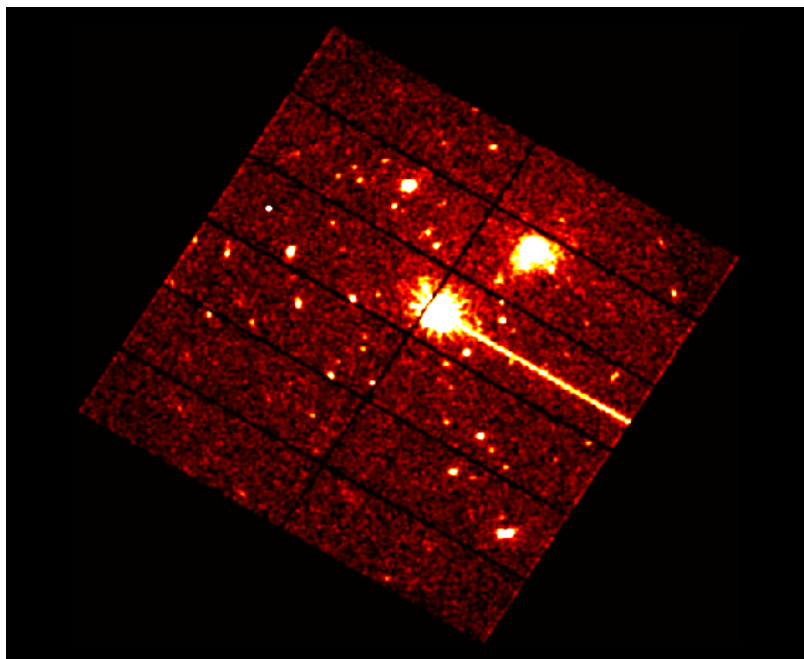


Imagen del campo de la galaxia activa Mkn 205 obtenida por la cámara EPIC pn de *XMM-Newton*, donde se detectan unas 60 fuentes de rayos X además de Mkn 205
(FOTO: ESA)

vatorio se habrán detectado alrededor de medio millón de nuevas fuentes de rayos X. La catalogación e identificación de esa enorme base de datos cuyas posibilidades de explotación científica son inmensas fue encargada por la ESA al consorcio *Survey Science Centre* (SSC), liderado por el Dr. M.G. Watson, de la Universidad de Leicester. El SSC está constituido por nueve centros europeos, entre los que se encuentra el Instituto de Física de Cantabria.

El programa de identificación de esta gran cantidad de fuentes de rayos X está diseñado en dos partes: en primer lugar se identifican completamente (incluyendo espectroscopía óptica y/o infrarroja) amplias muestras de fuentes de rayos X, acudiendo a bases de datos y sobre todo a telescopios ópticos e infrarrojos terrestres; en segundo lugar, se diseña un procedimiento de identificación estadística mediante el cual, basándose en las propiedades (flujos, colores) en rayos X y fotometría óptica e infrarroja, se asignarían a cada nueva fuente de rayos X unas probabilidades de corresponder a uno u otro tipo de fuente astronómica (cuásar,

cúmulo de galaxias, corona estelar, galaxia normal, etc.).

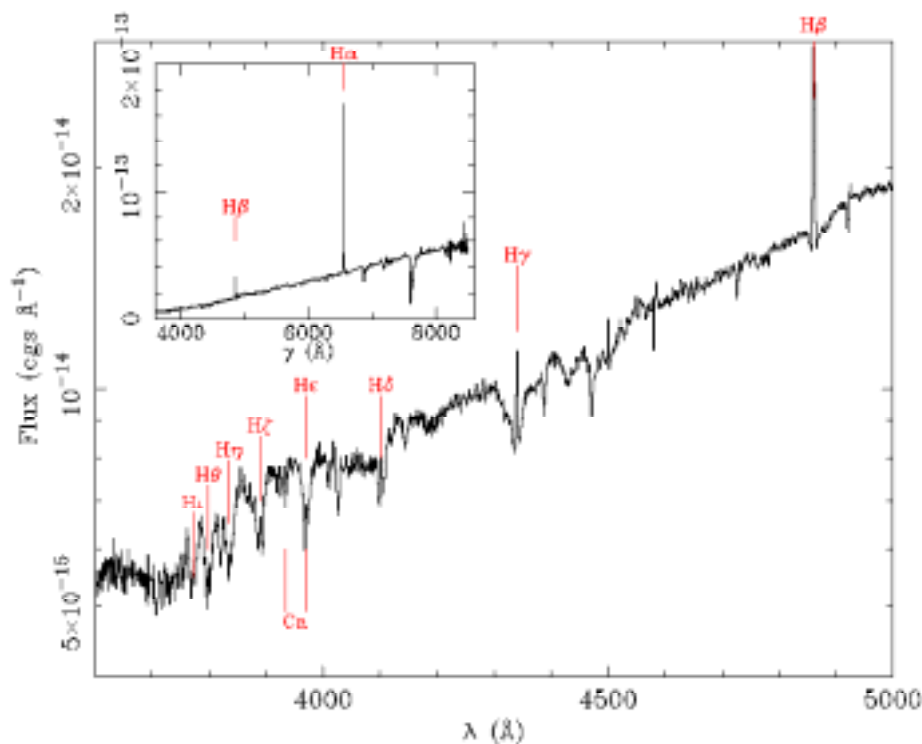
El proyecto AXIS

El proyecto internacional AXIS (*An XMM-International Survey*) constituye la espina dorsal de este programa. El equipo AXIS (en el que participan investigadores de 13 centros europeos incluidos el Instituto de Astrofísica de Canarias, el Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental y el Instituto de Física de Cantabria, que lo coordina) pretende identificar espectroscópicamente entre 1.000 y 1.500 nuevas fuentes de rayos X haciendo uso de un total de aproximadamente 85 noches de observación que el Comité Científico Internacional de los Observatorios del IAC le ha otorgado entre los años 2000 y 2001. Además, pretende obtener imágenes de gran campo en muchas zonas donde *XMM-Newton* realizará sus observaciones.

Específicamente, y en sintonía con la instrumentación disponible en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), AXIS pretende identificar cen-

Páginas web de interés:

Proyecto AXIS:
<http://www.ifca.unican.es/~xray/AXIS>
 Observatorio XMM-Newton:
<http://xmm.esa.int>
 Centro de Operaciones Científicas de XMM-Newton:
<http://xmm.vilspa.esa.es>
 XMM-Newton Survey Science Centre (SSC):
<http://xmmssc-www.star.le.ac.uk>

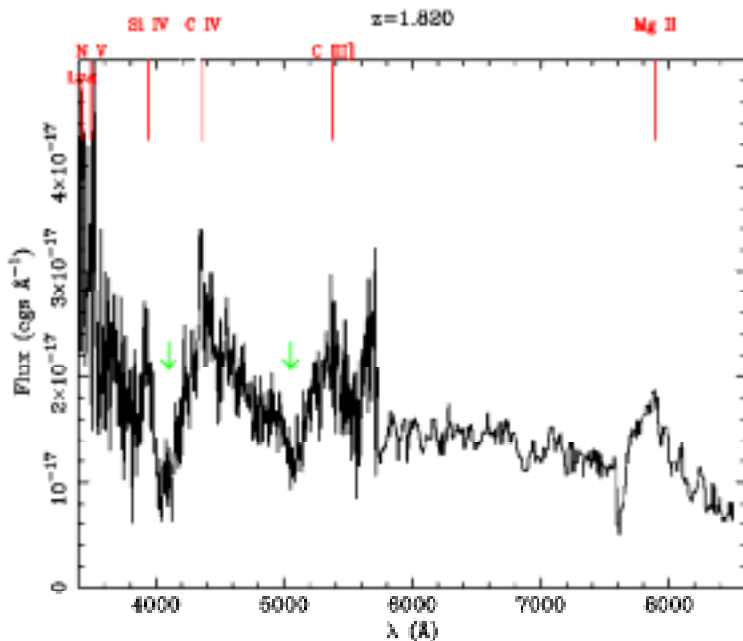


Espectro óptico de la binaria Be+ enana blanca SS397 que se menciona en el texto, obtenido con el espectrógrafo doble ISIS en el telescopio "William Herschel" (WHT), del Observatorio del Roque de los Muchachos.

"EL EQUIPO AXIS PRETENDE IDENTIFICAR ESPECTROSCÓPICAMENTE ENTRE 1.000 Y 1.500 NUEVAS FUENTES DE RAYOS X HACIENDO USO DE UN TOTAL DE APROXIMADAMENTE 85 NOCHES DE OBSERVACIÓN QUE EL COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL DE LOS OBSERVATORIOS DEL IAC LE HA OTORGADO ENTRE LOS AÑOS 2000 Y 2001."

"AXIS HA PODIDO IDENTIFICAR YA LAS PRIMERAS FUENTES DE RAYOS X, ADEMÁS DE COMPROBAR QUE LA ESTRATEGIA E INSTRUMENTACIÓN ELEGIDAS SON LAS ADECUADAS PARA EL PROYECTO. HASTA PRINCIPIOS DE ESTE AÑO SE HAN IDENTIFICADO UN TOTAL DE 78 FUENTES (19 EN EL PLANO GALÁCTICO Y 59 FUERA DE ÉL), SIENDO LAS PRIMERAS FUENTES DESCUBIERTAS POR XMM-NEWTON QUE SE IDENTIFICAN."

tenares de fuentes dentro y fuera del plano de nuestra galaxia. En concreto, a latitudes galácticas altas, donde la población de fuentes de rayos X es predominantemente extragaláctica, se explorarán dos dominios de flujo de rayos X: fuentes más brillantes que 10^{-14} erg cm² s⁻¹ (en la banda de referencia entre 0,5 y 4,5 keV), que constituyen la "muestra media", y fuentes más brillantes que 10^{-13} erg cm² s⁻¹ en la misma banda, que constituyen la "muestra brillante". Hay otra "muestra débil" (flujo límite 10^{-15} erg cm² s⁻¹) que será explorada con telescopios de 8-10 m de diámetro. Además, se identificará también una muestra de fuentes del plano galáctico. Las densidades superficiales de estas muestras hacen apropiado el uso del espectrógrafo de fibras AUTOFIB2/WYFFOS en el telescopio "William Herschel" (WHT), del ORM, para la muestra media y la muestra del plano galáctico, mientras que la muestra brillante se identificará con espectrógrafos de rendija simple como ALFOSC en el telescopio Nórdico Óptico (NOT), del ORM. Las fuentes más rojas o más débiles en las muestras media y galáctica escapan a menudo la identificación con fibras para lo que se utilizará el espectrógrafo doble ISIS en el WHT o el espectrógrafo DOLORES en el telescopio "Galileo" (TNG), del ORM.



Espectro el cuásar de tipo BAL que se menciona en el texto, donde se han señalado las principales líneas de emisión en rojo y las absorciones producidas por el material expulsado desde el propio cuásar en verde.

Finalmente, el telescopio INT se utilizará íntegramente para tomar imágenes de gran campo, usando la WFC para el óptico o CIRS para el infrarrojo cercano. Para aquellas fuentes que escapan a la detección en estos instrumentos, se tomará imagen profunda en el TNG con OIG o DOLORES en el óptico o NICS en el infrarrojo.

Primeros resultados de AXIS

Después de los primeros meses de observación, AXIS ha podido identificar ya las primeras fuentes de rayos X, además de comprobar que la estrategia e instrumentación elegidas son las adecuadas para el proyecto. Hasta principios de este año se han identificado un total de 78 fuentes (19 en el plano galáctico y 59 fuera de él), siendo las primeras fuentes descubiertas por *XMM-Newton* que se identifican.

En el plano galáctico, la mayoría (12) de las fuentes identificadas corresponden a coronas estelares activas. Esto se muestra habitualmente por la presencia de líneas de emisión Balmer y en algunos casos hasta de Ca, H y K. La emisión en rayos X de ese tipo de fuentes se cree producida por su rápida rotación combinada con fuertes y variables campos magnéticos. Al ser *XMM-Newton* mucho más sensible que sus predecesores (por ejemplo *ROSAT*), particularmente a los rayos X duros, se están encontrando casos donde las líneas de emisión Balmer son muy débiles.

Entre las otras fuentes encontradas en latitudes galácticas bajas destaca una binaria formada por una estrella Be, además de, con gran probabilidad, una enana blanca. Este tipo de fuentes ha eludido a menudo su detección en rayos X, mostrándose nuevamente que la sensibilidad de *XMM-Newton* es pieza clave para conocer nuestra propia galaxia.

Fuera del plano galáctico, la mayoría de las fuentes identificadas (37 de 59) son cuásares u otros AGNs con líneas de emisión anchas. La profundidad a la que llega la "muestra media" queda puesta en evidencia al haber aparecido varios de estos objetos a desplazamientos al rojo de $z > 2$. Los AGNs son las fuentes más numerosas de rayos X del Universo. La emisión X (que excede los 10^{42} erg s⁻¹ en general y 10^{44} erg s⁻¹ en los cuásares) procede del propio disco

de acreción que rodea al agujero negro central. El mecanismo físico responsable de la emisión de rayos X consiste posiblemente en el reprocesado de la luz ultravioleta cuasi-térmica del disco en una atmósfera de electrones muy energéticos.

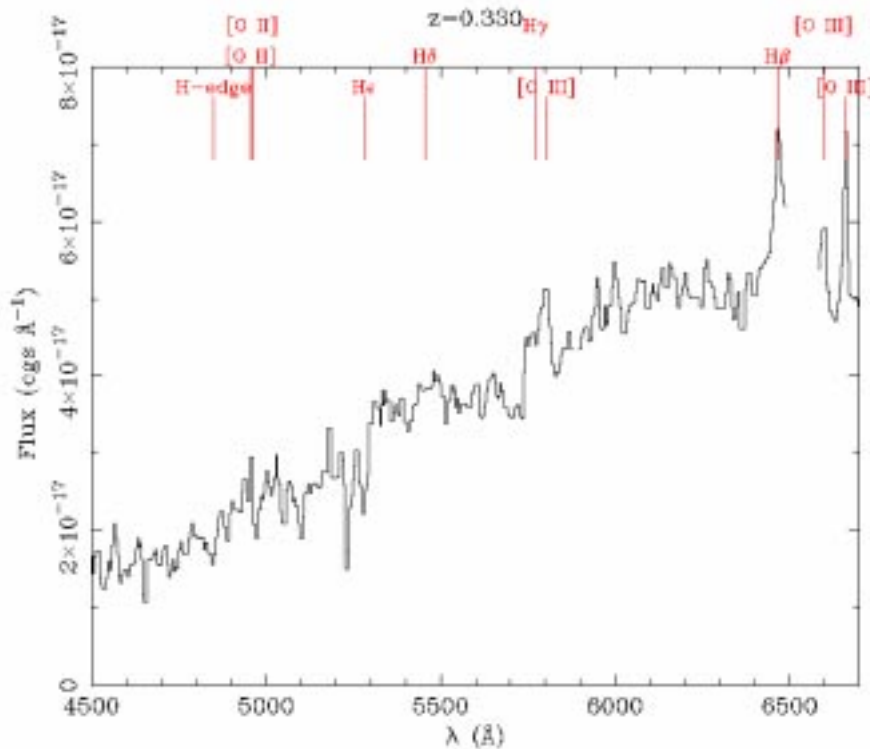
Entre los casos de especial interés se encuentran los cuásares que presentan líneas de absorción anchas (conocidos en la literatura científica como cuásares de tipo 'BAL'- *Broad Absorption Line*). Esta absorción está producida por gas expulsado por el propio cuásar a velocidades cercanas a la velocidad de la luz y, al menos parcialmente, en dirección al observador. La presencia de cuásares BAL en muestras seleccionadas en rayos X ha sido escasa hasta la fecha: sólo hay una detección previa y es debida a *Chandra*. El motivo es que el propio material arrojado por el cuásar absorbe los rayos X, particularmente los rayos X blandos. Con su gran sensibilidad, especialmente en rayos X duros, *XMM-Newton* ha sido capaz de detectar ya 2 cuásares BAL identificados por el proyecto AXIS. Conviene recordar que hay indicios fiables de que el 80-90% de la energía producida por

acreción en agujeros negros en AGNs está fuertemente absorbida de una u otra forma, por lo que este ejemplo demuestra la sospechada capacidad de *XMM-Newton* para poner al descubierto este tipo de objetos.

Otras 8 fuentes de las detectadas se corresponden con galaxias con líneas de emisión estrechas, algunas de las cuales son fácilmente asociables a galaxias de tipo Seyfert 2. La luminosidad de estas fuentes, cercana a los 10^{43} erg s^{-1} , indica la presencia inequívoca de acreción a un objeto compacto, por lo que lo más probable es que estas fuentes sean también AGNs.

Media docena de galaxias aparentemente normales y con espectros sin líneas de emisión obvias y otras tantas estrellas completan este primer censo.

Esta entrega es sólo el primer paso de un estudio completo, al que forzosamente aspiran este tipo de proyectos. Sin embargo, los distintos ejemplos que están apareciendo prometen unos resultados científicos ciertamente apasionantes encaminados a desvelar la naturaleza del cielo en rayos X "duros".



Espectro óptico, obtenido con el instrumento AUTOFIB/WYFFOS en el telescopio "William Herschel" (WHT), en el Observatorio del Roque de los Muchachos de una galaxia emisora de rayos X cuyo corrimiento al rojo resulta ser $z=0.3$. La línea permitida $H\beta$ resulta ser estrecha, y $[OIII] \lambda 5007$ es mucho mayor que $[OII] \lambda 3727$. La luminosidad en rayos X de esta fuente se acerca a los 10^{43} erg s^{-1} indicando la presencia de un AGN.

Centros participantes en el proyecto AXIS:

- Astrophysikalisches Institut Potsdam (Alemania)
- Institute of Astronomy, Cambridge (Reino Unido)
- Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife (España)
- Instituto de Física de Cantabria, Santander (España)
- Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental, Madrid (España)
- Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik (Alemania)
- Mullard Space Science Laboratory, UCL (Reino Unido)
- Observatoire Astronomique de Strasbourg (Francia)
- Osservatorio Astronomico di Brera, Milán (Italia)
- University of Bristol (Reino Unido)
- University of Central Lancashire (Reino Unido)
- University of Leicester (Reino Unido)
- XMM Science Operations Centre (España)