

# El complejo del hierro en sistemas binarios de rayos X de alta masa

Ángel Giménez García y José Miguel Torrejón  
Universidad de Alicante

## RESUMEN

Presentamos la caracterización espectral de una muestra de 9 sistemas de binarias de rayos X de alta masa en el complejo del Fe. El complejo del Fe, situado en la región de  $\sim 6-7\text{keV}$ , constituye una herramienta fundamental en el estudio del material que envuelve estos sistemas. Las fuentes se han dividido en tres grupos principales según su clasificación actual estándar, encontrando patrones espectrales particulares para cada uno de los conjuntos, que reflejan las diferencias en la física de acreción de los mismos.

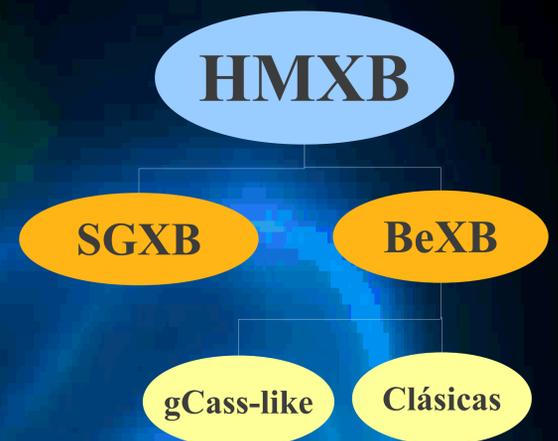
## INTRODUCCIÓN

Un sistema binario de rayos X está formado por un objeto compacto (una enana blanca, una estrella de neutrones o un agujero negro), acreta material proveniente de una estrella compañera óptica. El tipo espectral de la componente óptica condiciona fuertemente la transferencia de masa hacia el objeto compacto, por lo que habitualmente los sistemas binarios de rayos X se separan entre binarias de alta masa (compañera tipo O o B, que llamaremos HMXB) y de baja masa (compañera tipo A o más tardía). Las binarias de rayos X de alta masa se dividen dependiendo de la clase de luminosidad de la compañera en dos grandes grupos: las supergigantes binarias de rayos X (SGXB) y sistemas binarios BeXB. El objetivo de este trabajo es establecer patrones espectrales en el complejo del Fe, alrededor de los 6-7 keV, para discernir entre las distintas clases que actualmete componen el grupo de binarias de rayos X de masivas.

## REDUCCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS ESPECTRAL

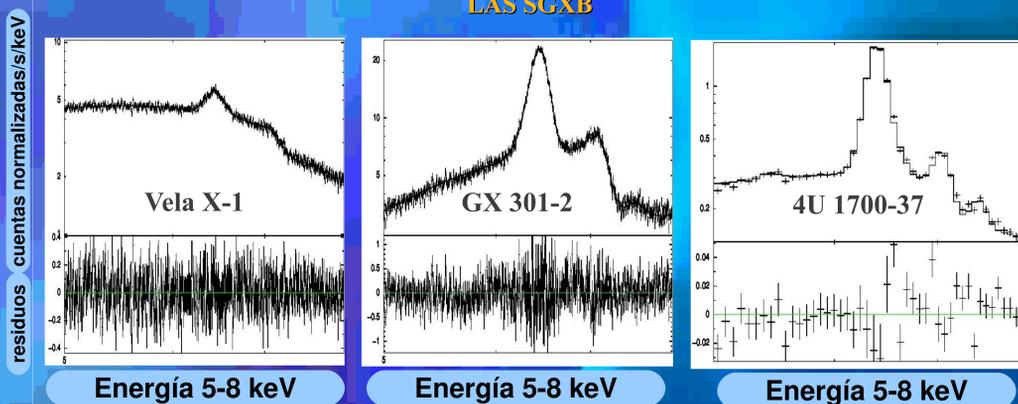
Los datos utilizados han sido recogidos por el observatorio espacial XMM-Newton, y son parte de la amplia base de datos públicos del satélite, accesibles en su archivo. Para la reducción hemos utilizado SAS 11.0.0 (Science Analysis System), un conjunto de tareas, scripts y librerías específicamente diseñadas para la reducción de datos de este satélite. Para el análisis de los espectros, una vez reducidos con SAS, hemos utilizado el programa XSPEC (versión 12.7.0), especializado en el ajuste de modelos a espectros de rayos X.

Presentamos los resultados de caracterizar espectralmente 9 sistemas, que por sus propiedades hemos separado en 3 grupos: las SGXB, las BeXB clásicas y las  $\gamma$ -Cassiopeae-like.



Clasificación de sistemas binarios rayos X de alta masa (HMXB). Hemos separado en BeXB y SGXB dependiendo de la clase de luminosidad de la compañera óptica, y entre objetos  $\gamma$ -Cassiopeae-like y clásicas en BeXB por sus características espectrales.

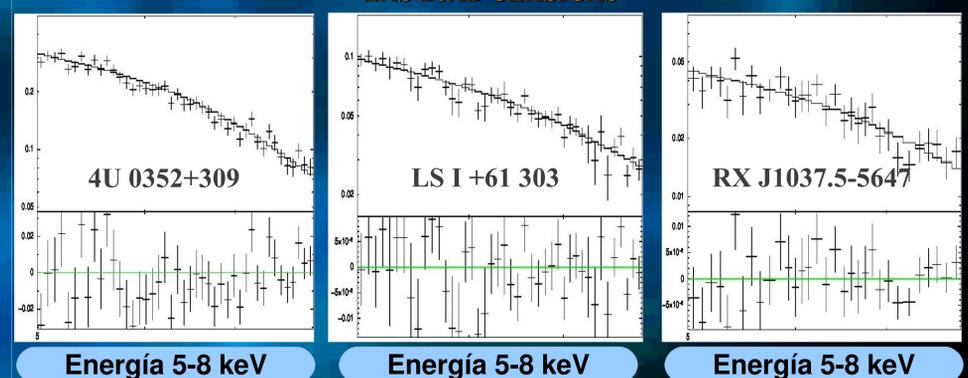
## LAS SGXB



En las SGXB, la componente óptica posee un fuerte viento estelar. Un objeto compacto como una estrella de neutrones orbitando en una trayectoria relativamente cercana a su compañera será capaz de atrapar una cantidad suficiente de ese material para que se produzca una importante emisión de rayos X.

Se observa una línea de emisión fuerte en  $\sim 6.4\text{keV}$ , energía compatible con  $\text{FeK}\alpha$ , línea de fluorescencia de Fe producida por la transición entre las capas (L  $\rightarrow$  K). La segunda línea de emisión, claramente perceptible en GX 301-2 y 4U 1700-37, pero no tanto en Vela X-1, tiene una energía de  $\sim 7.1\text{keV}$ , compatible con otra transición fluorescente del Fe, en este caso  $\text{FeK}\beta$  (capas M  $\rightarrow$  K). Otra característica espectral importante en estos sistemas es el profundo corte que se observa cerca de  $\sim 7.2\text{keV}$ , de manera más importante en GX 301-2. Este rasgo podría estar directamente relacionado con las líneas de fluorescencia, al producirse como consecuencia de la absorción de fotones capaces de arrancar el electrón de la capa K de átomos de Fe poco ionizados, lugar que es ocupado por electrones de capas superiores. En este decaimiento se emite una cascada de fotones que observamos como líneas de emisión fluorescente.

## LAS BeXB CLÁSICAS



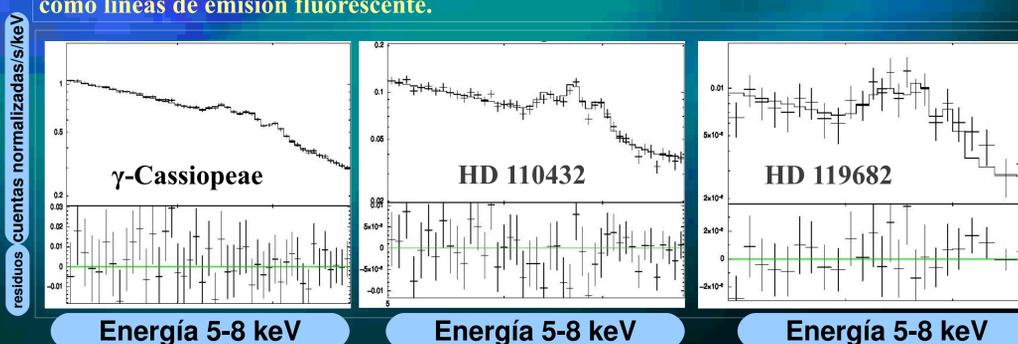
En las BeXB clásicas se produce una interacción entre el objeto compacto y el disco circunestelar de la compañera, causando su descomposición y propiciando la transferencia de masa suministrando energía para la emisión de rayos X.

Vemos que los espectros no presentan ninguna línea de emisión y están dominados completamente por la emisión del continuo.

## LAS $\gamma$ -CASSIOPEAE-LIKE

En este tipo de sistemas falta una explicación concluyente que explique su emisión en rayos X. Se han sugerido dos posibles escenarios. En el primero, una estrella de neutrones o una enana blanca estaría acreta materia del viento o el disco de la estrella compañera. En el segundo, la emisión estaría producida por la interacción de la superficie de la estrella con el disco que la rodea y su campo magnético (Lopes de Oliveira 2010, A&A).

Los espectros muestran la presencia de tres líneas espectrales en  $\sim 6.4, 6.7$  y  $7.0\text{keV}$ . La primera de ellas es compatible con  $\text{FeK}\alpha$ , producida por fluorescencia de Fe poco ionizado. Las otras dos líneas pueden ser emitidas por recombinación de  $\text{FeXXV}$  y  $\text{FeXXVI}$ , por lo tanto producidas en un medio mucho más caliente e ionizado.



## CONCLUSIONES

Hemos presentado un estudio espectral en la zona de 5-8 keV de una muestra de 9 sistemas binarios de rayos X de alta masa. Las fuentes se han dividido siguiendo la actual clasificación estándar, y se han encontrado patrones particulares para cada grupo, como el número de líneas y la presencia o ausencia de un corte a  $\sim 7.2\text{keV}$ , lo que sugiere la posibilidad de clasificar estos sistemas a partir de un estudio del complejo del Fe. El trabajo futuro consistirá en ampliar el número de fuentes, ya que el número actual no es estadísticamente significativo. Esta labor será desarrollada como parte de la tesis doctoral que estoy realizando, con el Dr. Torrejón como director.