

Modelización y observaciones de outflows relativistas en sistemas binarios de alta energía

Autor: Edgar Molina Lumbreras
(emolina@fqa.ub.edu)

Tesis doctoral dirigida por: Valentí Bosch-Ramon y Marc Ribó

Centro: Universidad de Barcelona

Fecha de lectura: 29 de septiembre de 2021

Algunos sistemas binarios formados por un objeto compacto, que puede ser una estrella de neutrones o un agujero negro, y una estrella compañera típicamente no degenerada se han observado emitiendo en un amplio rango de frecuencias, desde radio hasta rayos gamma. Estos sistemas normalmente se clasifican como binarias de rayos X o de rayos gamma en función de la frecuencia a la cual su emisión es máxima. Al contrario que en las estrellas convencionales, una gran parte de esta emisión no puede ser explicada mediante procesos térmicos y por tanto es necesario que se den mecanismos no térmicos de emisión de radiación. Las interacciones entre la estrella y el objeto compacto pueden resultar en el lanzamiento de *outflows* de plasma originados alrededor del objeto compacto. Estos *outflows* pueden adquirir velocidades próximas a la de la luz y pueden acelerar partículas cargadas hasta energías relativistas. Parte de la emisión no térmica que se observa en las binarias de rayos X y gamma proviene precisamente del enfriamiento radiativo no térmico de estas partículas. Además, cuando la estrella compañera es muy masiva, esta genera un fuerte viento estelar que interacciona con los *outflows* y les afecta tanto en su dinámica como en su emisión de radiación.

El principal objetivo de esta tesis desde el punto de vista teórico es el estudio de las interacciones entre los *outflows* de binarias de rayos X y gamma y el viento estelar de una estrella compañera masiva. Para esto hemos desarrollado una serie de modelos semianalíticos que dan una visión completa de estas interacciones en diferentes tipos de escenarios. En ellos, se adopta una prescripción simplificada de la trayectoria que siguen los *outflows* para que los cálculos puedan realizarse en ordenadores comunes. La evolución de las partículas no térmicas a lo largo de esta trayectoria se calcula teniendo en cuenta que se enfrían mediante diferentes procesos no térmicos, como la expansión adiabática o las pérdidas por sincrotrón y Compton inverso. Con tal de obtener la emisión detectada por el observador, la emisión intrínseca de los *outflows* es corregida por el efecto del beaming relativista y por procesos de absorción mediados por los campos estelares de fotones e iones.

Los resultados de la modelización teórica incluyen distribuciones espectrales de energía y curvas de luz directamente comparables con los datos observacionales. También se obtienen mapas de radio para la emisión a gran escala de los *outflows*. Estos últimos permiten visualizar directamente el efecto diná-

mico del viento estelar en la trayectoria de los *outflows*, que adquieren forma de hélice o espiral. Esta trayectoria da lugar a asimetrías en las curvas de luz a diferentes rangos de energía, así como a cambios en las distribuciones espectrales de energía debidos principalmente a variaciones en procesos dependientes del ángulo entre el *outflow* y la estrella o el observador.

En su parte observacional, esta tesis se focaliza en la emisión potencial de rayos gamma de muy alta energía (por encima de 100 GeV) de la binaria de rayos X MAXI J1820+070, observada con los telescopios MAGIC. El análisis de las observaciones se realiza a través de un software personalizado de MAGIC, que permite reconstruir la energía y dirección de un rayo gamma a través de la luz Cherenkov emitida por la cascada electromagnética que el rayo gamma genera al entrar en la atmósfera terrestre. Con tal de tener una visión más global de la fuente estudiada, el análisis de muy altas energías se contextualiza con datos multifrecuencia de radio a rayos gamma de alta energía, por encima de los 100 MeV.

Los resultados observacionales consisten en un estudio multifrecuencia de la fuente MAXI J1820+070 en forma de curvas de luz y distribuciones espectrales de energía que utilizan datos de diferentes telescopios a frecuencias radio, ópticas, de rayos X y de rayos gamma. La fuente no se detecta en rayos gamma por encima de 100 MeV, y solo se pueden obtener límites superiores del flujo a estas energías. Sin embargo, estos límites, junto con los flujos en otras frecuencias, permiten acotar significativamente las propiedades de un emisor potencial de rayos gamma en MAXI J1820+070, principalmente su tamaño y localización.

En conclusión, esta tesis profundiza en el conocimiento de las interacciones entre el viento estelar y los *outflows* de sistemas binarios de altas energías. Se muestra que estas interacciones deben tenerse en cuenta con tal de caracterizar el subconjunto de estos sistemas con una estrella masiva, en los cuales el viento estelar es potente. En esta tesis también se muestra que las observaciones de sistemas binarios en rayos gamma de altas y muy altas energías permite limitar de manera importante las propiedades de los *outflows*, incluso cuando las fuentes no son detectadas y solo se pueden obtener límites superiores en los flujos.

Tesis disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/180843>