

## Structure and nature of gamma-ray binaries by means of VLBI observations

Las binarias de rayos gamma son sistemas extremos formados por una estrella masiva y un objeto compacto, agujero negro o estrella de neutrones, capaces de producir emisión no-térmica desde longitudes de onda radio hasta rayos gamma de muy alta energía (TeV). Su emisión a lo largo del espectro electromagnético está modulada por el ciclo orbital del sistema, lo que sugiere que las condiciones físicas son también periódicas, y por lo tanto reproducibles, convirtiendo a las binarias de rayos gamma en excelentes laboratorios físicos en los que estudiar procesos de aceleración de partículas, difusión, emisión y absorción. Sin embargo, estos sistemas son relativamente escasos, tan solo se conocen seis binarias de rayos gamma, y con propiedades muy diversas. Además, su fuente de energía, gravitacional o electromagnética, es desconocida en la mayoría de casos. Estos sistemas producen chorros compactos de material relativista detectables mediante observaciones radio de alta resolución espacial. En particular, la técnica de interferometría de muy larga línea de base (Very Long Baseline Interferometry, VLBI) ofrece resoluciones de pocos milisegundos de arco. En esta tesis se presenta el estudio de cinco de los seis sistemas conocidos hasta la fecha mediante observaciones VLBI.

Antes de esta tesis doctoral, tan solo se conocía la estructura de dos de los sistemas, LS 5039 y LS I +61 303, y únicamente para el segundo se había hecho un estudio de su variabilidad. En los trabajos presentados en esta tesis hemos descubierto emisión extendida en dos nuevos sistemas, y se han encontrado cambios periódicos en las estructuras de otros dos. Estos resultados han permitido establecer las propiedades básicas del comportamiento de la emisión radio de las binarias de rayos gamma, y se ha contribuido a encontrar propiedades comunes a ellas, lo que ha permitido definir una nueva herramienta para clasificar estos sistemas. Los resultados también han servido para fortalecer la idea de la posible presencia de un púlsar joven no-acretante en todos los sistemas conocidos, lo cual determina su fuente de energía y por lo tanto su naturaleza.

Esta tesis contiene el análisis más completo de la estructura radio de binarias de rayos gamma hasta la fecha, proporcionando una perspectiva única para estudiar dichos sistemas desde el punto de vista teórico, permitiendo realizar simulaciones detalladas para describir la estructura de los chorros relativistas, únicamente observables mediante VLBI. Por otro lado, las propiedades comunes de los principales sistemas harán posible organizar futuras observaciones con mayor eficacia, en particular en el caso de campañas multilongitud de onda. Además, la base observacional presentada aquí para los sistemas estándar permitirá una mejor comparación de nuevos sistemas similares, y la discriminación de nuevos candidatos.

Para el futuro a medio y largo plazo, el objetivo es catalogar las propiedades radio de nuevos candidatos para obtener un muestreo más completo y sistemático. El número de nuevos candidatos se verá ampliado considerablemente con la incorporación de nuevos instrumentos de rayos gamma de alta energía, como el Cherenkov Telescope Array (CTA), y nuevos observatorios radio, como LOFAR o SKA. Las bases sentadas en esta tesis permitirán un estudio más sistemático de esta población de sistemas binarios.

Podemos dividir las publicaciones derivadas de esta tesis en tres grupos: dos publicaciones mostrando el descubrimiento de nuevas estructuras, tres basadas en el análisis detallado de la estructura, origen y formación del sistema LS 5039, y tres más están en preparación:

- *Discovery of Extended and Variable Radio Structure from the Gamma-ray Binary System PSR B1259-63/LS 2883.* Moldón, J., Johnston, S., Ribó, M., Paredes, J. M., & Deller, A. T. 2011, *Astrophysical Journal, Letters*, 732, L10, (capítulo 3).
- *Revealing the extended radio emission from the gamma-ray binary HESS J0632+057.* Moldón, J., Ribó, M., & Paredes, J. M. 2011, *A&A*, 533, L7, (capítulo 8.1).
- *The changing milliarcsecond radio morphology of the gamma-ray binary LS 5039.* Ribó, M., Paredes, J. M., Moldón, J., Martí, J., & Massi, M. 2008, *A&A*, 481, 17, (capítulo 4).
- *On the origin of LS 5039 and PSR J1825-1446.* Moldón, J., Ribó, M., Paredes, J. M., et al. 2012, *A&A*, 543, A26, (capítulo 6).
- *Periodic morphological changes in the radio structure of the gamma-ray binary LS 5039.* Moldón, J., Ribó, M., & Paredes, J. M. 2012, *A&A*, 548, A103, (capítulo 5).
- *Evolution of the radio outflow in PSR B1259-63.* Moldón, J., et al. (en preparación, partly from chapter 3).
- *VLBI observations of LS I +61 303 within a MAGIC multiwavelength campaign.* Moldón, J., et al. (en preparación, capítulo 7).
- *Search for compact emission from AGL J2241+4454.* Moldón, J., et al. (en preparación, capítulo 8.2).