



Estudio de fuentes de rayos X asociadas a la fuente de rayos γ no identificada 2FGL J0534.8-0548

P. Kornecki¹, J.A. Combi² & F. García²

¹ *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina*

² *Instituto Argentino de Radioastronomía, CONICET, Argentina*

Contacto / paulakornecki@gmail.com

Resumen / En este trabajo presentamos un estudio preliminar en la banda de rayos X de cuatro fuentes puntuales, detectadas con el satélite *XMM-Newton*. Tres de ellas se encuentran dentro de la elipse correspondiente al 95% de confianza de la fuente de rayos γ no identificada 2FGL J0534.8–0548c, detectada con el telescopio *Fermi*. La cuarta, catalogada como 2XMM J053514.8–055143 e identificada con un sistema binario, se encuentra localizada en el exterior de la mencionada elipse. Con el propósito de conocer la naturaleza de la fuente γ y su posible conexión física con las fuentes X, utilizamos una observación de *XMM-Newton* del campo (ID 0690200501) y estudiamos las propiedades temporales, morfológicas y espectrales de todas las fuentes en el rango de energía de 0.3 a 12 keV. Del análisis realizado observamos que dos de las fuentes muestran variabilidad temporal y que todas las fuentes estudiadas presentan espectros dominados por prominentes líneas de emisión, que pueden ser modelados adecuadamente por distintos modelos de plasma.

Abstract / In this paper, we present a preliminary study of four point-like X-ray sources detected with *XMM-Newton*. Three of them lie within the ellipse corresponding to the 95% confidence contour of the unidentified γ -ray source 2FGL J0534.8–0548c, detected with the *Fermi* telescope. The fourth, named 2XMM J053514.8–055143 and identified with a binary system, is located outside the ellipse. In order to know the nature of the γ ray source and a possible physical connection to the X-ray sources, we used *XMM-Newton* observations (ID 0690200501) to study morphological, temporal and spectral properties of all sources in the energy range 0.3 to 12 keV. The analysis shows that two of the sources present temporal variability and that all have spectra dominated by prominent emission lines, which can be adequately modeled by at least two different thermal models.

Keywords / stars: variables: general — X-rays: stars — gamma rays: general

1. Introducción

En los últimos años, gracias al telescopio de gran área (*Large Area Telescope*, LAT) perteneciente al telescopio espacial de rayos γ *Fermi*, se han detectado más de 500 fuentes no identificadas en el segundo catálogo de *Fermi* (Nolan et al., 2012), entre ellas la fuente 2FGL J0534.8–0548c. Este catálogo provee información de la posición de las fuentes a través de una región elíptica que corresponde al 95% (o 2.6σ) de probabilidad de que una fuente γ se encuentre en su interior. *Fermi* LAT es eficiente entre los rangos de energía de 20 MeV y 300 GeV y posee aproximadamente una resolución angular del orden del minuto de arco.

En este trabajo estudiamos las propiedades en rayos X de las fuentes cercanas a 2FGL J0534.8–0548c, que fueron observadas por el telescopio X-ray *Multi-mirror Mission - Newton* (*XMM-Newton*), perteneciente a la Agencia Espacial Europea (*European Space Agency*, *ESA*). *XMM-Newton* posee una resolución angular entre $1''$ y $4''$ y es eficiente en el rango de energía 0.3–12 keV. Las fuentes de interés para este trabajo son J053448.2–055159 (fuente 1), J053440.2–055015 (fuente 2), J053514.8–055143 (fuente 3) y J053502.6–06000 (fuente 4). En la Sec. 2. presentamos el proceso de reducción de datos, en la Sec. 3. describimos los resultados del

análisis temporal y espectral de las fuentes estudiadas y en la Sec. 4. discutimos estos resultados y resumimos nuestras conclusiones preliminares.

2. Reducción de datos

Las observaciones fueron tomadas en marzo de 2013 con el satélite *XMM-Newton* (Id 0690200501). Las mismas se encuentran centradas en la estrella HD36960 ($\alpha_{J2000.0} = 05^{\text{h}} 35^{\text{m}} 02.401^{\text{s}}$, $\delta_{J2000.0} = -06^{\circ} 00' 08.02''$) y fueron adquiridas con la *European Photon Imaging Camera* (EPIC) *PN* (Strüder et al., 2001) y las cámaras MOS 1/2 (Turner et al., 2001), usando un filtro mediano. Los datos crudos (*Observational Data Files*) fueron extraídos de la base de datos *XMM-Newton Science Archive*, y se los calibró con los *Current Calibration Files*, que fueron utilizados para obtener los archivos de datos filtrados de nivel 1. Las imágenes para las tres cámaras fueron generadas utilizando la tarea EVSELECT.

3. Resultados

3.1. Análisis temporal

Haciendo uso del archivo de eventos filtrado y de las regiones expuestas en la Fig. 1 para las fuentes y el fondo,

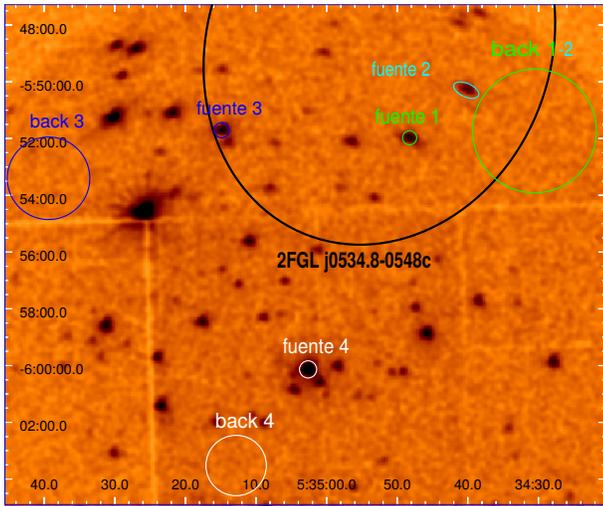


Figura 1: Imagen de la cámara MOS 2 junto a las regiones elegidas para la fuente y el fondo ("back" en la figura).

extraíjimos las curvas de luz para las cuatro fuentes puntuales. Para su obtención usamos la tarea EVSELECT. Luego realizamos la correspondiente extracción de la curva del fondo y con la tarea EPICLCCORR hicimos las correcciones correspondientes a la eliminación de píxeles malos y otros efectos que puedan haber causado una variación en la eficiencia de detección del instrumento. En las Figs. 2 y 3 se muestran las curvas de luz de las fuentes 3 y 4, respectivamente, agrupadas cada 1000 s. Para hacer un análisis de variabilidad, intentamos ajustar los datos de las curvas de luz de las cuatro fuentes mediante una recta constante. Los valores de χ^2 reducido obtenidos son: 1.09 para el ajuste sobre los datos de la fuente 1, 1.58 para la fuente 2, 6.38 para la fuente 3 y 4.60 para el ajuste sobre los datos la fuente 4. Estos últimos dos valores son significativamente mayores que la unidad e indican variabilidad de las fuentes 2 y 3.

3.2. Análisis espectral

Para construir los espectros de las cuatro fuentes usamos los archivos de eventos filtrados. También utilizamos tareas de HEASOFT que permiten extraer, para las regiones elegidas, los espectros de la fuente, el fondo y la matriz de respuesta del instrumento, así como también calcular el área efectiva. Para el análisis espectral se utilizó un programa interactivo perteneciente a HEASOFT, llamado XSPEC. Los canales espectrales fueron agrupados hasta alcanzar al menos 16 cuentas por grupo. Para las fuentes 1, 2 y 3 se ajustaron espectros sólo con datos de la cámara PN y para el ajuste de la fuente 4 se utilizaron datos de las tres cámaras. Los modelos de XSPEC más adecuados para ajustar los espectros de las fuentes 1 y 2 son un modelo de plasma APEC y uno de absorción interestelar PHABS (Arnaud, 1996).

Para ajustar un modelo al espectro de la fuente 3 fue necesario agregar un segundo modelo de plasma en equilibrio de ionización 2-APEC (Fig. 4). Además, para la fuente 4 fue necesario agregar un tercero, 3-APEC (Fig. 5). A lo largo de todo este último espectro se de-

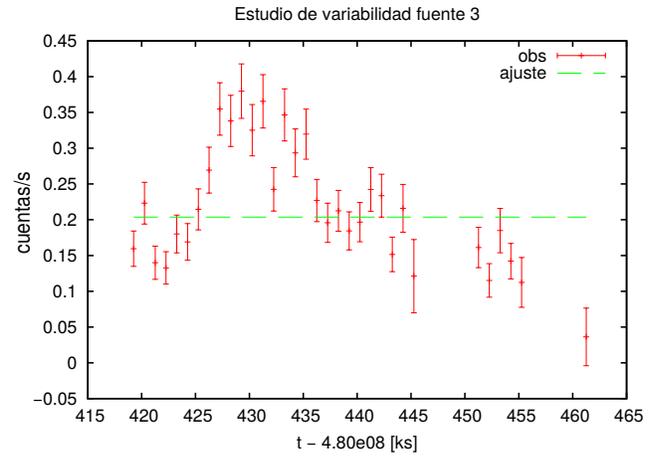


Figura 2: Curva de luz de la fuente 3.

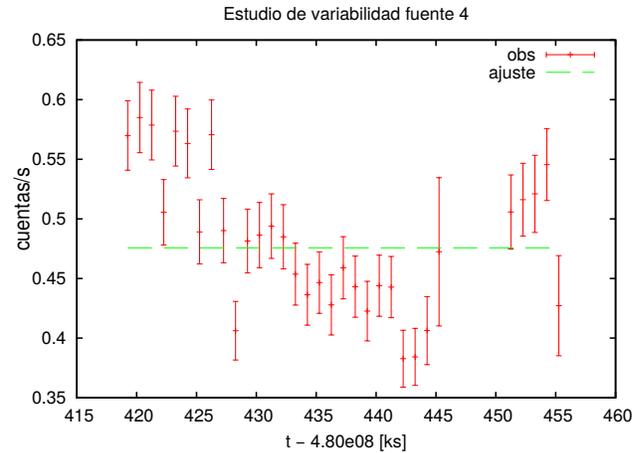


Figura 3: Curva de luz de la fuente 4.

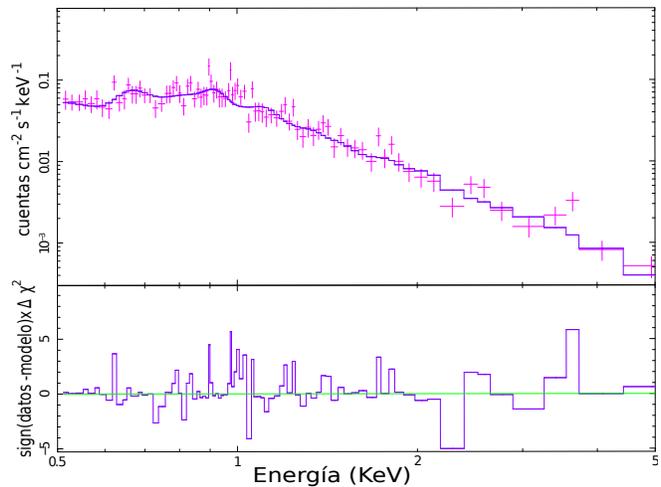


Figura 4: Ajuste espectral con datos de PN para la fuente 3, con $\chi^2 = 1.18$.

tectan posibles líneas de emisión. En la Tabla 1 presentamos los parámetros del ajuste espectral de cada una de las fuentes estudiadas.

Modelo	fuelle 1	fuelle 2	fuelle 3	fuelle 4
PHABS				
N_{H} [10^{22} cm $^{-2}$]	0.0459 ± 0.03	0.00259 ± 0.003	0.67 ± 0.12	0.48 ± 0.03
1-APEC				
kT_1 [KeV]	0.99 ± 0.04	0.96 ± 0.06	0.14 ± 0.02	2.32 ± 0.80
Norm $_1$ [10^{-4}]	3.70 ± 0.62	2.59 ± 0.60	240 ± 170	2.99 ± 0.56
2-APEC				
kT_2 [KeV]	-	-	1.58 ± 0.40	0.43 ± 0.02
Norm $_2$ [10^{-4}]	-	-	3.92 ± 0.18	10.2 ± 10
3-APEC				
kT_3 [KeV]	-	-	-	0.14 ± 0.01
Norm $_3$	-	-	-	0.0308 ± 0.02
Abundancia $_{\odot}$	0.0985 ± 0.02	0.0797 ± 0.03	0.0277 ± 0.02	0.40 ± 0.20
$\chi^2/\text{g.d.l.}$	0.93	1.08	1.18	1.27

Tabla 1: Parámetros del ajuste espectral de las cuatro fuentes de rayos X estudiadas.

4. Discusión y conclusión

Las observaciones revelan una amplia cantidad de fuentes puntuales dentro y fuera de la región γ 2FGL J0534.8-0548c sin notar emisión extendida. De las curvas de luz obtenidas podemos destacar que las fuentes 3 y 4 (Figs. 2 y 3) presentan variabilidad significativa. Los espectros extraídos para dos de las fuentes interiores a la elipse de *Fermi* presentan líneas de emisión sobre un continuo en el rango de energía 0.5–8.0 keV. Estos pueden ser adecuadamente modelados por un plasma térmico en equilibrio de ionización APEC. Los ajustes de estas fuentes son consistentes con la información obtenida de diferentes catálogos, la cual indica que las fuentes interiores a la elipse gamma presentan características típicas de objetos estelares (estrellas masivas, pulsares, sistemas binarios, etc). Para estos objetos, la emisión en la banda de rayos X se genera en la corona de la estrella por *bremssstrahlung* térmico. Por otro lado, las líneas observadas podrían deberse a la presencia de un plasma de alta temperatura ($T > 10^6$ K) que rodea las estrellas. Para la fuente 3 (Fig. 4) se observa que el ajuste del espectro con un único modelo térmico no es lo suficientemente adecuado y, por lo tanto, es necesario sumar otro modelo térmico de distinta temperatura (2-APEC). Para lograr un buen ajuste sobre el espectro de la fuente 4 (Fig. 5), se necesita un modelo de plasma térmico con tres temperaturas distintas (3-APEC), el cual corresponde al ajuste típico de un sistema binario con colisión de vientos (De Becker, 2015). Es interesante destacar que las dos fuentes cuyos espectros son bien modelados por un plasma a distintas temperaturas son aquellas que también presentan variabilidad significativa en sus curvas de luz. Al presente, la información reunida en la banda de los rayos X sugiere que la fuente de rayos γ *Fermi* podría estar asociada a alguna de las estrellas que yacen en su interior, posiblemente las que presentan variabilidad en la banda óptica. La fuente 4 asociada a una estrella de tipo B en un sistema binario con colisión de vientos, que puede acelerar partículas hasta energías gamma, podría ser también la contrapartida en la banda X de la fuente *Fermi*.

Agradecimientos: P.K. agradece el apoyo del Consejo Internuni-

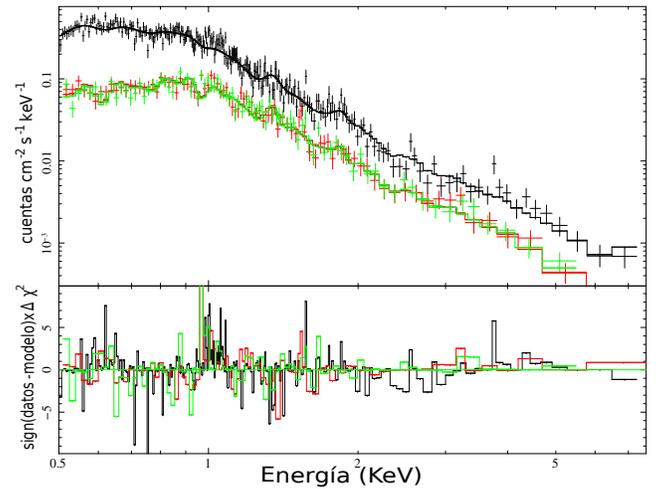


Figura 5: Ajuste espectral con datos de PN, MOS 1 y MOS 2 para la fuente 4, con $\chi^2 = 1.27$.

versitario Nacional (CIN), debido a que este trabajo fue realizado en el marco de su Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas (Becas EVC – CIN) para estudiantes universitarios de grado, otorgada por dicha institución. J.A.C es investigador de CONICET, F.G. es becario de CONICET.

Referencias

- Arnaud K. A., 1996, in Jacoby G. H., Barnes J., eds, *Astronomical Data Analysis Software and Systems V* Vol. 101 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, XSPEC: The First Ten Years. p. 17
- De Becker M., 2015, *MNRAS*, 451, 1070
- Nolan P. L., et al., 2012, *ApJS*, 199, 31
- Strüder L., et al., 2001, *A&A*, 365, L18
- Turner M. J. L., et al., 2001, *A&A*, 365, L27