



# Producción de neutrones en *jets* de microcuásares: Inyección de partículas relativistas en el medio circundante

G.J. Escobar<sup>1</sup>, L.J. Pellizza<sup>1</sup> & G.E. Romero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Argentino de Radioastronomía, CONICET-CICPBA, Argentina

Contacto / gescobar@iar.unlp.edu.ar

**Resumen** / La composición y el mecanismo de lanzamiento de los *jets* astrofísicos son problemas abiertos en el área de la astrofísica relativista, aunque no del todo independientes según los modelos existentes. Con el fin de estudiar su composición, en este trabajo introducimos la componente de neutrones relativistas, producidos en el *jet* mediante interacciones hadrónicas. Estos neutrones escapan del sistema, y como consecuencia de su decaimiento inyectan partículas relativistas secundarias en el medio circundante. Si bien estas partículas podrían proveer una contraparte observacional por medio de interacciones con los campos magnético, de materia y radiación del medio, los mecanismos principales considerados producen muy bajos valores de luminosidad. Como consecuencia, estas partículas secundarias pueden escapar del sistema en forma de rayos cósmicos, llevándose una fracción de la energía de la población de neutrones.

**Abstract** / The composition and launching mechanism of astrophysical *jets* are open problems in the relativistic astrophysics area, though not at all independent as comes up from the proposed launching models. To study the *jet* composition we introduce the relativistic neutron component, produced in the *jet* through hadronic interactions. These neutrons escape from the system and inject secondary relativistic particles in the nearby medium through their decay. Although these particles may account as an observable counterpart of the system as consequence of interactions with matter, radiation and magnetic fields in the medium, the main considered mechanisms produce very low luminosities. Therefore, these secondary particles may escape from the system as cosmic rays, carrying with them a fraction of the neutron population energy.

**Keywords** / radiation mechanisms: non-thermal — stars: jets

## 1. Introducción

Un microcuásar es un sistema binario de rayos X que presenta flujos colimados de materia y radiación denominados *jets* astrofísicos. La composición y lanzamiento de estos *jets* son aún un problema abierto en el área de la Astrofísica Relativista. Se pueden clasificar dos tipos de *jets* según su composición: los *jets* denominados leptónicos están compuestos por radiación electromagnética y pares electrón-positrón, mientras que aquellos denominados hadrónicos se componen de un plasma de electrones y protones, más una componente de partículas relativistas.

Un camino posible para estudiar la composición de los *jets* es modelar la distribución espectral de energía (SED) producto de la radiación de las partículas relativistas que componen el sistema. La componente de neutrones aún no ha sido estudiada en *jets* de microcuásares, si bien algunos trabajos la han introducido en la población de partículas de la corona (Vila et al., 2014), o en *jets* de núcleos galácticos activos (Atayan & Dermer, 2003).

En este trabajo introducimos la componente de neutrones relativistas a través de interacciones hadrónicas en el *jet*, con el fin de obtener una contraparte observacional que dé cuenta de la composición del sistema.

El cuerpo del presente trabajo se organiza como si-

gue: en la Sec. 2. se introduce el modelo empleado para determinar las poblaciones de partículas en el *jet* y calcular la radiación por los mecanismos considerados relevantes. En la Sec. 3. se muestran los resultados de las simulaciones y finalmente en la Sec. 4. se discuten estos resultados y las perspectivas a futuro que se obtienen de ellos.

## 2. Modelo

Para introducir la población de neutrones en la componente relativista del *jet*, consideramos como fuentes las colisiones entre protones térmicos del plasma y protones relativistas, a través del canal  $p + p \rightarrow p + n + \pi^+ + \dots$ . Resulta un sistema de ecuaciones de transporte acopladas, para las tres poblaciones de partículas consideradas para el *jet* (electrones, protones, neutrones), dado por

$$\begin{aligned} \frac{\partial N_e}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial E_e} [b_e N_e] &= Q_e + \Lambda_{n \rightarrow} - \frac{N_e}{t_{\text{esc}}}, \\ \frac{\partial N_p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial E_p} [b_p N_p] &= Q_p + \Lambda_{n \rightarrow} - \Lambda_{pp \rightarrow n} - \frac{N_p}{t_{\text{esc}}}, \\ \frac{\partial N_n}{\partial t} &= \Lambda_{pp \rightarrow n} - \Lambda_{n \rightarrow} - \frac{N_n}{t_{\text{esc}}}, \end{aligned} \quad (1)$$

donde  $N_i = N_i(E_i)$ ,  $Q_i = Q_i(E_i)$  y  $b_i = b_i(E_i)$  son la densidad espectral, la inyección y la tasa de pérdida de energía de la partícula  $i$ , respectivamente, con  $i = e, p, n$