

Neutrinos de Altas Energías y su origen Astrofísico

Luis Salvador Miranda Palacios ¹

Colaboración con: Sarira Sahu¹

¹Instituto de Ciencias Nucleares (ICN),
UNAM, México.

Puebla, Pue. 24 de Mayo del 2016.



XXX Reunión Anual de la división de
Partículas y Campos de la SMF.



Índice

- 1 Índice
- 2 Resumen
- 3 Introducción
 - Mensajeros
- 4 Multi-TeV flaring from blazars: Markarian 421 as a case study
 - Problema
- 5 Modelo de Flaring
- 6 Resultados
- 7 Conclusiones
- 8 Bibliografía

Resumen

- El blazar Mrk 421 presentó una erupción durante abril del 2004 observándose que las emisiones TeV no tuvieron contrapartes a energías más bajas, lo cuál es indicio de una emisión huérfana; nosotros mostramos que esta emisión puede ser producida por la interacción fotohadrónica en el jet del blazar.



Introducción

Neutrinos de Altas Energías y su origen Astrofísico

Eventos del IceCube

1. Trabajo con HBLs

3. Trabajo con FSRQs

Emisiones Multi-TeV en Blazares

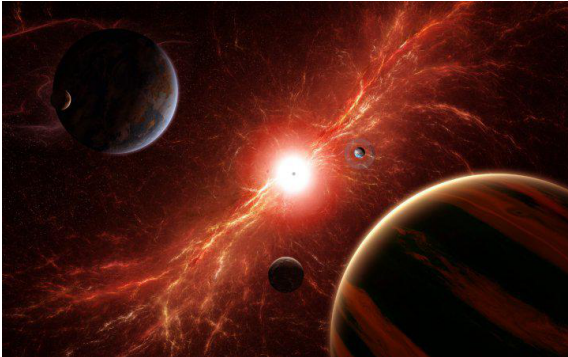
2. Mrk 421

4. 1ES 10***

Oscilaciones de Neutrinos

5. Oscilaciones en medios***

Mensajeros

 ν P γ

- Proceso Fotohadrónico: los protones pueden alcanzar muy altas energías y producir piones via:

$$p\gamma \longrightarrow \Delta^+ \longrightarrow \begin{cases} p\pi^0 & \text{fracción } 2/3 \\ n\pi^+ & \text{fracción } 1/3 \end{cases} \quad (1)$$

a su vez: $\pi^0 \longrightarrow \gamma\gamma$, $\pi^+ \longrightarrow e^+\nu_e\nu_\mu\bar{\nu}_\mu$

- Un grupo de AGN incluye a los HBL y FR-I galaxies vistos a diferentes ángulos con respecto al eje del jet [1].
- Los AGNs son eficientes aceleradores de partículas a través de la aceleración de Fermi y los procesos fotohadrónicos son propuestos para explicar las emisiones multi-TeV.

● Distribución Espectral de Energía

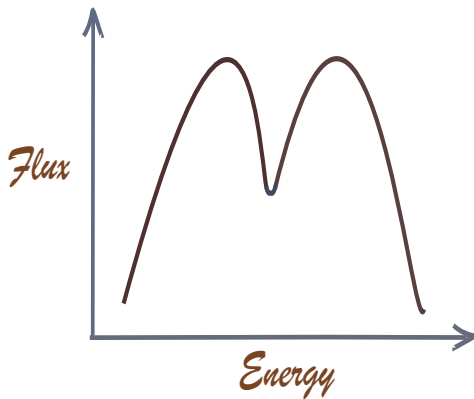


Figura 1: Spectral Energy Distribution

- Nosotros proponemos que las emisiones se realizan en una región compacta ($R'_f < R'_b$) que resuelve el problema de baja densidad.
- Las energías del protón y fotón semilla están correlacionados via la condición cinemática por la ecuación:

$$E_p \epsilon_\gamma = 0.32 \frac{\Gamma \delta}{(1+z)^2} \text{GeV}^2 \quad (2)$$

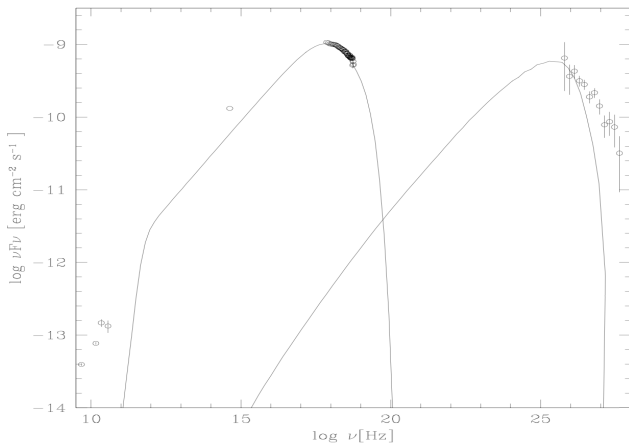
- La energía del fotón saliente esta relacionada $E_p = 10 \Gamma E_\gamma / \delta$ y:

$$E_\gamma \epsilon_\gamma = 0.032 \frac{\Gamma \delta}{(1+z)^2} \text{GeV}^2 \quad (3)$$

Multi-TeV flaring from blazars: Markarian 421 as a case study

- El TeV blazar Markarian 421 tuvo una emisión durante abril del 2004 y fue observado simultáneamente en las energías X-ray y TeV.
- Fue observada su emisión TeV pero sin contraparte en bajas energías, indicando que podría ser un orphan flare.
- Markarian 421 es un HBL y fue la primera fuente en ser conocida por emisiones TeV, $z=0.031$.

● [2]



Modelo de Flaring

- Eventos flaring y no flaring:

$$\frac{dN_p}{dE_p} \propto \begin{cases} E_p^{-\alpha} & \geq 2 \text{ non-flaring} \\ E_p^{-\alpha} e^{-E_p/E_{p,c}} & \geq 2 \text{ flaring} \end{cases} \quad (4)$$

- Suposiciones:

$$\frac{n'_{\gamma f}(\epsilon_{\gamma 1})}{n'_{\gamma f}(\epsilon_{\gamma 2})} = \frac{n'_{\gamma}(\epsilon_{\gamma 1})}{n'_{\gamma}(\epsilon_{\gamma 2})} \quad (5)$$

$$N(E_{\gamma}) \propto N(E_p) n'_{\gamma f} \quad y \quad E_p^{obs} = 10 E_{\gamma}^{obs} \quad (6)$$

- Calculando el flujo de fotones y haciendo el cociente a dos energías diferentes:

$$\frac{F_{\gamma}(E_{\gamma_1})}{F_{\gamma}(E_{\gamma_2})} = \frac{n'_{\gamma}(\epsilon_{\gamma_1})}{n'_{\gamma}(\epsilon_{\gamma_2})} \left(\frac{E_{\gamma_1}}{E_{\gamma_2}} \right)^{-\alpha+2} e^{-(E_{\gamma_1}-E_{\gamma_2})/E_c} \quad (7)$$

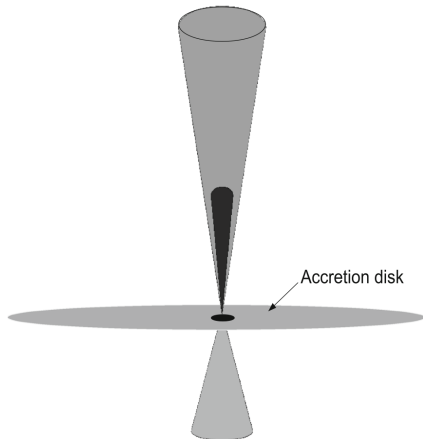
Tomando en cuenta que $n'_{\gamma}(\epsilon_{\gamma}) \propto \phi_{SSC}(\epsilon_{\gamma})/\epsilon_{\gamma}$, y la condición (4).

$$F_{\gamma} = A_{\gamma} \phi_{SSC}(\epsilon_{\gamma}) \left(\frac{E_{\gamma}}{\text{TeV}} \right)^{(-\alpha+3)} e^{-E_{\gamma}/E_c} \quad (8)$$

donde:

$$A_{\gamma} = \frac{1}{\phi_{SSC}(\epsilon_{\gamma_2})} \left(\frac{\text{TeV}}{E_{\gamma_2}} \right)^{(-\alpha+3)} F(E_{\gamma_2}) e^{E_{\gamma_2}/E_c} \quad (9)$$

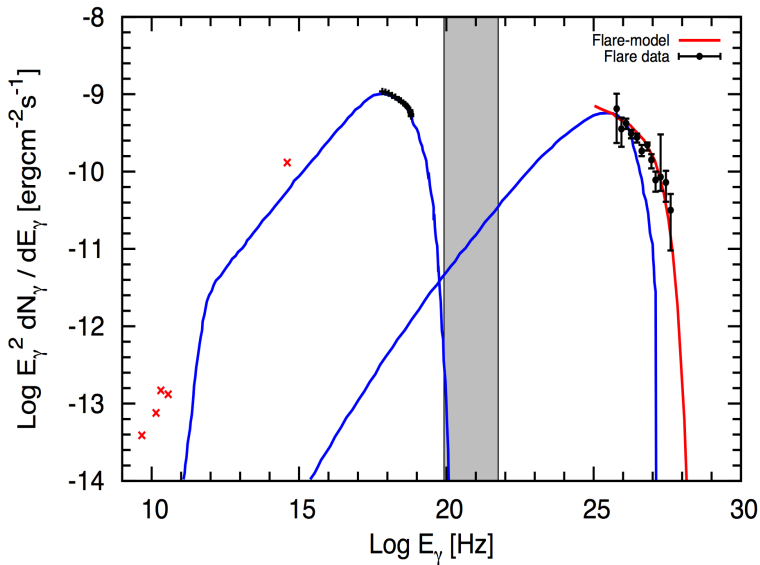
- En el jet interno $1.3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3} < n'_{\gamma, F} < 8.9 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$.
- EL camino libre medio es del orden de $\alpha_{\gamma\gamma} \geq 10^{19} \text{ cm}$. Así, los fotones TeV no se ven casi atenuados por la producción $e^+ + e^-$.

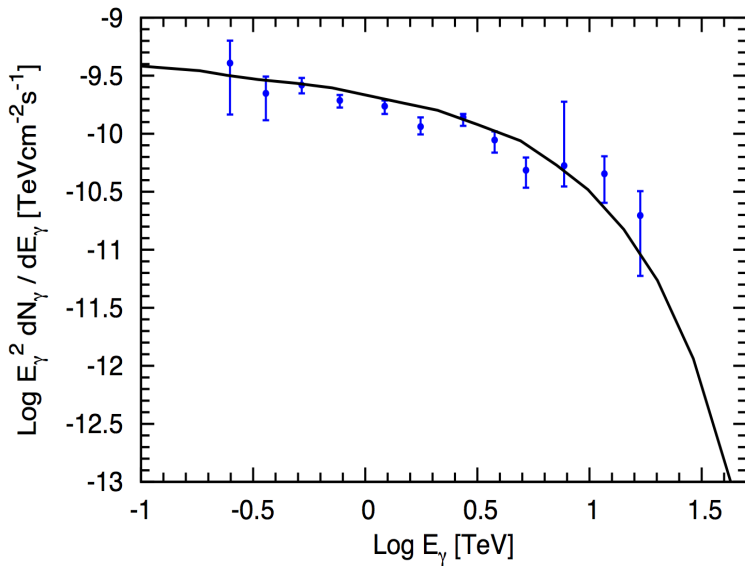


Resultados

- Datos:

Parameter	Description	Value
M_{BH}	Black hole mass	$(2-9) \times 10^8 M_{\odot}$
z	Redshift	0.031
Γ	Bulk Lorentz factor	14
\mathcal{D}	Doppler factor	14
R'_b	Blob radius	0.7×10^{16} cm
B'	Magnetic field	0.26 G
R'_f	Inner blob radius	3×10^{15} cm
α	Spectral index	2.7
E_c	γ -Ray cut-off energy	6.2 TeV





Conclusiones

- La emisión huérfana de MRk 421 puede ser bien explicada con el modelo fotohadrónico.
- En el model Sahu et al.. el flujo de fotones es proporcional a $\phi_{SSC}(\epsilon_\gamma)E_\gamma^{-\alpha+3}$ más un término exponencial.
- La densidad del fotón en el jet interno hace factible el proceso.
- Esperamos aplicar el modelo o otros objetos.
- Este trabajo constituye mi segundo artículo del doctorado [3].



Multi-TeV flaring from blazars: Markarian 421 as a case study

Sarira Sahu^{1,a}, Luis Salvador Miranda^{1,b}, Subhash Rajpoot^{2,c}

¹ Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior, C.U., A. Postal 70-543, 04510 Mexico, DF, Mexico

² Department of Physics and Astronomy, California State University, 1250 Bellflower Boulevard, Long Beach, CA 90840, USA

Received: 22 April 2015 / Accepted: 25 February 2016 / Published online: 7 March 2016
 © The Author(s) 2016. This article is published with open access at Springerlink.com

Abstract The TeV blazar Markarian 421 underwent multi-TeV flaring during April 2004 and simultaneously observations in the X-ray and TeV energies were made. It was observed that the TeV outbursts had no counterparts in the lower energy range. One implication of this is that it might be an orphan flare. We show that Fermi-accelerated protons

energy (VHE) (> 100 GeV) are blazars with the exception of the three objects, Centaurus A (Cen A) [1,2], M87 and NGC 1275 which are radio galaxies [3,4]. The spectral energy distribution (SED) of these AGN have a double peak structure in the $\nu - \nu F_\nu$ plane. In the context of the leptonic model, the low energy peak corresponds to the synchrotron radiation from

Bibliografía I

- [1] J. K. Becker, Phys. Rept. **458**, 173 (2008) [arXiv:0710.1557 [astro-ph]].
- [2] M. Blazejowski, G. Blaylock, I. H. Bond, S. M. Bradbury, J. H. Buckley, D. A. Carter-Lewis, O. Celik and P. Cogan *et al.*, Astrophys. J. **630**, 130 (2005).
- [3] S. Sahu, L. S. Miranda and S. Rajpoot, Eur. Phys. J. C **76**, no. 3, 127 (2016) doi:10.1140/epjc/s10052-016-3975-2 [arXiv:1501.00973 [astro-ph.HE]].

GRACIAS