

Capacidad del Telescopio MAGIC para la Observación de Púlsares de Rayos Gamma por encima de 10 GeV

M. López¹, R. de los Reyes¹, J.A. Barrio³, J.L. Contreras¹, O.C. de Jager², M.V. Fonseca¹, F. Lucarelli¹, E. Oña^{1,2}, y la Colaboración MAGIC

¹ Dpto. de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad Complutense de Madrid, 28080 Madrid

² Unit for Space Physics, Potchefstroom University, 2520 Potchefstroom, South Africa

³ Universidad Antonio Nebrija, 28080 Madrid

I. INTRODUCCIÓN

Las observaciones realizadas en la década de los 90 por el detector de rayos γ EGRET (a bordo del satélite CGRO), llevaron a la detección de 7 púlsares emisores de radiación γ y a la constatación de que dichos objetos pueden emitir radiación hasta al menos los 30 GeV (límite observacional de EGRET). Desde entonces, se ha intentado con los telescopios Cherenkov observar dichos púlsares desde tierra, pero hasta la fecha sin éxito. La ausencia de detección por los telescopios Cherenkov actuales de los púlsares de EGRET, implica que su espectro debe terminar abruptamente a energías inferiores a unos cientos de GeV, tal y como predicen algunos de los modelos teóricos actuales. El telescopio de 17 m MAGIC¹, tendrá por primera vez la capacidad de detectar estos púlsares desde tierra, y medir su espectro en la región de mayor interés (por encima de los 10 GeV), lo que permitiría discriminar entre los distintos modelos teóricos. En esta contribución, investigamos el potencial del telescopio MAGIC para la detección de los púlsares de EGRET por encima de 10 GeV, mediante la suposición de la existencia de un decaimiento (o *cutoff*) super-exponencial en los espectros de estos púlsares, derivado a partir del modelo del *polar cap*, y utilizando la información espectral obtenida por EGRET. Para ello, calcularemos las tasas de detección y los tiempos necesarios para detectar dichas fuentes con MAGIC.

II. CAPACIDAD DE MAGIC PARA DETECTAR LOS PÚLSARES DE EGRET

Para obtener una estimación de las tasas de detección que podrá observar MAGIC, seguiremos el procedimiento descrito por de Jager et al.², asumiendo que el mecanismo del *polar cap* es el único responsable de la emisión γ . Así, modelizamos el espectro de los púlsares de EGRET por encima de 1 GeV como una ley de potencias multiplicada por un decaimiento super-exponencial: $dN_\gamma/dE = K (E/E_n)^{-\Gamma} \cdot \exp(-(E/E_0)^b)$, donde K es el flujo monocromático a la energía de normalización E_n (que tomaremos como 1 GeV), Γ es el índice espectral, E_0 es la energía del *cutoff* y b determina la intensidad del *cutoff*. Ajustando los espectros medidos por EGRET para cada pulsar a la fórmula anterior, obtenemos los parámetros de la misma³, mostrados en la tabla 1. Una vez que tenemos los espectros, podemos calcular la tasa o *rate* de detección esperado como: $R_\gamma = K \int A(E)(dE_\gamma / dE) \cdot dE$, donde $A(E)$ es el área efectiva del telescopio en función de la energía.

A continuación, calculamos el tiempo mínimo de detección requerido por MAGIC para detectar los pulsares de EGRET a un nivel de significancia dada. Para calcular la sensibilidad de una detección basada en un análisis de periodicidad, calculamos el parámetro $x = p\sqrt{N}$, donde $p = R_p / (R_p + R_B)$, siendo R_p y R_B las tasas de detección de gammas y de fondo respectivamente, y $N = (R_p + R_B)T$ es el número total de eventos, con T el tiempo de observación. A energías superiores a 5 GeV, los pulsos emitidos por los púlsares

de EGRET consisten básicamente en un solo pico estrecho por rotación, en vez de los dos picos que típicamente se observan a energías inferiores. En esta situación el test de uniformidad Z_m^2 resulta óptimo, con valor esperado $\langle Z_m^2 \rangle = x^2 \Phi + 20$ ($\Phi=5.8$ para un solo pico gaussiano con 5% FWHM). Un exceso de 3σ sobre el fondo daría $\langle Z_m^2 \rangle = 72$, es decir, $\sim 9\sigma$ si el periodo es conocido *a priori*. Pero, si el periodo se desconoce (como en la búsqueda de nuevos púlsares), la significancia de la detección sería mucho menor tras multiplicar por el número de posibles frecuencias en el intervalo de búsqueda.

Tabla 1. Parámetros espectrales asumidos por encima de 1 GeV, y correspondientes tasas de detección y tiempos de observación necesarios para la detección de los púlsares de EGRET con MAGIC. (Púlsares marcados con (s) no visibles desde la localización de MAGIC).

Pulsar	$K \times 10^{-8}$ ($\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{GeV}^{-1}$)	Γ	E_0 (GeV)	B	R_p (s^{-1})	T_3 (horas)	T_5 (horas)
Crab	24.0	2.08	30	2.0	1.48	<1	2
Vela (s)	138.0	1.62	8	1.7	2.18	<1/2	1
Geminga	73.0	1.42	5	2.2	0.19	45	125
PSR B1951+32	3.8	1.74	40	2.0	0.90	2	6
PSR B1055-52 (s)	4.0	1.80	20	2.0	0.29	19	54
PSR B1706-44 (s)	20.5	2.10	40	2.0	1.52	<1	2

La tabla 1 muestra las tasas de detección y los tiempos de observación requeridos para la detección de los púlsares de EGRET, calculados asumiendo un *rate* total de fondo de ~ 650 Hz. Los tiempos T_3 corresponden a los necesarios para obtener una detección al nivel de 3σ , mientras que los tiempos T_5 han sido calculados con $x=5\sigma$. A partir de la tabla vemos que en principio, (y siempre en base a las simulaciones sobre el comportamiento del telescopio) es posible detectar Crab y PSR B1951+32 en una sola noche de observación.

III. POTENCIAL DE MAGIC PARA DESCUBRIR NUEVOS PÚLSARES

Además de los 7 púlsares estudiados anteriormente, EGRET descubrió varias fuentes no identificadas de espectro duro, algunas de las cuales son buenas candidatas a ser púlsares. Si el espectro de estas fuentes se extiende hasta el rango de energías de MAGIC (>10 GeV), la búsqueda de emisión γ periódica proveniente de estas fuentes sería posible. Suponiendo que algunas sean púlsares, calculamos la sensibilidad de MAGIC para su detección en una noche de observación (3-6 h.), en función de sus flujos medidos por EGRET y de la posible energía del *cutoff*. La figura 1 muestra la sensibilidad así calculada para un amplio rango de índices espectrales Γ .

Referencias

- ¹ Barrio, J.A. et al. (1998), MPI-PhE/98-5.
- ² de Jager, O.C., Konopelko, A., Raubenheimer B.C., Proc. International Symposium, Heidelberg 26-30 June 2000.
- ³ Nel, H.I. de Jager, O.C. (1995), Astr. Space Science, 230, 299.

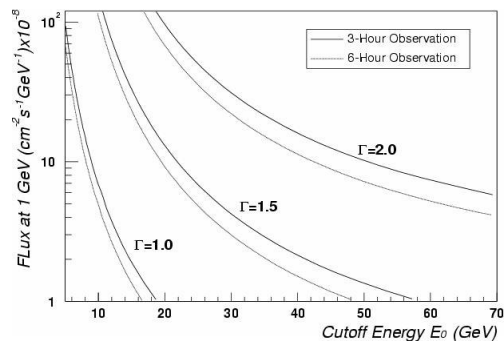


Figura 1. Sensibilidad de MAGIC para la detección de nuevos púlsares γ entre las fuentes no identificadas de EGRET, en el espacio de parámetros K vs. E_0 .