

Caracterización de Restos de Supernovas y predicciones de observación con el Telescopio MAGIC

E. Domingo¹

¹ Institut de Física d'Altes Energies (IFAE), Universitat Autònoma de Barcelona, Apartado 08193, Bellaterra

I. RESTOS DE SUPERNOVA Y EL PROBLEMA DEL ORIGEN DE LOS RAYOS CÓSMICOS

Los rayos cósmicos (RC) son iones y electrones de altas energías que constantemente bombardean nuestra atmosfera de forma isotropa. Su descubrimiento data ya de hace un siglo, pero los objetos astronómicos donde se originan siguen siendo un enigma.

Fermi¹ sugirió que podía tratarse de electrones y iones acelerados mediante colisiones múltiples en nubes de campo magnético intenso y no uniforme, y ya hace prácticamente medio siglo que Shklovskii² propuso a los restos de supernovas (RSN) como el lugar preciso donde se producía dicha aceleración, basándose en argumentos energéticos y en la evidencia de fuertes emisiones de radio no-térmicas procedentes de los RSN.

Los modelos actuales consideran que se produce aceleración de primer orden de Fermi en las ondas de choque que se generan cuando la envolvente del RSN (todo el material que ha sido expulsado hacia el medio interestelar (MIE) a velocidades relativistas tras la explosión de la supernova) se expande hacia el MIE, durante la llamada fase de Sedov.

Los RC sufren múltiples deflexiones en su propagación por el MIE debido a la componente aleatoria del campo magnético galáctico, de manera que no guardan información de la localización de la fuente que los ha generado. Sin embargo, los RC generan radiación gamma, que no sufre deflexión, al interactuar con el medio: los electrones mediante emisión de sincrotrón, bremsstrahlung o Compton inverso (CI), y los iones mediante el decaimiento de piones neutros producidos en colisiones ion-núcleo.

Hoy en día, los espectros en radio y rayos-X detectados de un buen número de RSN están en total acuerdo con emisión de sincrotrón de electrones. Por el momento sólo se han detectado rayos gamma de alta energía (TeV) en tres RSN: SN1006³, consistente con CI de electrones con el fondo de microondas, y Cas A⁴ y RXJ1713⁵, cuyo origen, hadrónico o electrónico, es aún controvertido.

En resumen, actualmente la evidencia de aceleración de electrones cósmicos en las envolventes de RSN es muy sólida, mientras que aún no disponemos de una consistente confirmación observacional de que también tenga lugar aceleración de iones cósmicos.

II. PROPUESTA DE OBSERVACIÓN CON MAGIC

Los telescopios Èerenkov son instrumento idóneo para detectar la componente de alta energía (GeV-TeV) de los rayos gamma generados por los RC. MAGIC es un telescopio Èerenkov de segunda generación e incorpora gran cantidad de innovaciones tecnológicas que le dotan de gran competencia para el estudio de RSN durante los próximos años.

En primer lugar, MAGIC tendrá una sensibilidad superior a los actuales telescopios Èerenkov en el rango de energías del TeV y sub-TeV, particularmente para observaciones a alto ángulo cenital. Por ello esperamos mejorar la detección y caracterización espectral (la resolución energética de MAGIC también es buena, de un 30% a 30 GeV) de varios RSN ya conocidos y que hoy en día se encuentran en el límite de detección de los actuales telescopios. Resumimos en la siguiente tabla los tiempos de observación estimados para

que MAGIC obtenga detecciones significativas de unos primeros RSN candidatos a observar:

Tabla 1. Principales características de RSN ya conocidos y tiempos de observación estimados para MAGIC.

Nombre RSN	Tamaño angular (arcmin)	Distancia (kpc)	Flujo detectado ($E > E_0$) ($\text{ph cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)	T observación 5σ (h)
Cas A	5	3.4	5.8×10^{-13} ($> 1 \text{ TeV}$) ⁴	~ 30
RX J1713	70	6	5.3×10^{-12} ($> 1.8 \text{ TeV}$) ⁵	~ 15
SN1006	30	1.8	1.7×10^{-11} ($> 300 \text{ GeV}$) ³	~ 10
Tycho	6	2.4	(5.8×10^{-13}) ($> 1 \text{ TeV}$)	~ 40

MAGIC tendrá una energía umbral de detección de rayos gamma de alrededor de 30 GeV, prácticamente un orden de magnitud menor que los telescopios Èerenkov actuales. Con ello, será el primer instrumento que acceda al rango de energías aún inexplorado de 30 a 300 GeV. La apertura de esta ventana con alta sensibilidad y su sustancialmente mejorada resolución angular respecto a experimentos anteriores (del orden de 0.1° , prácticamente un orden de magnitud mejor que el detector EGRET con base en satélite), permitirá comprobar si un buen número de fuentes sin identificar de EGRET (noideG), en coincidencia espacial con RSN ya conocidos, son realmente señales de alta energía procedentes de RSN. Extrapolaciones de los flujos observados por EGRET a las energías de MAGIC han permitido estimar el tiempo de observación necesario para tener una detección de 5σ de significancia y poder ratificar la asociación. Los siguientes pares noideG-RSN han sido propuestos como primeros candidatos de observación para MAGIC (ver más pares propuestos en⁶):

Tabla 2. Principales características de los pares noideG-RSN propuestos y tiempos de observación estimados.

Fuente no id. 3er catálogo de EGRET	Nombre RSN	Tamaño region 95% EG ($^\circ$)	Tamaño angular del RSN (arcmin)	Flujo extrapolado ($E > E_{\text{umbral}}$) ($\text{ph cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)	T observación 5σ (h)
3EG J0617+2238	IC443	0.13	45	8.11×10^{-10}	0.34
3EG J0634+0521	Monoceros	0.67	220	2.89×10^{-10}	0.96
3EG J1800-2338	W28	0.32	48	1.45×10^{-10}	1.91
3EG J1856+0114	W44	0.19	35×27	1.26×10^9	0.22
3EG J2020+4017	γ -Cygni	0.16	60	1.26×10^9	0.22

Con MAGIC esperamos detectar y caracterizar espectralmente una población de RSN suficientemente grande como para disponer de la estadística necesaria para estimar la contribución de los RSN a la aceleración de los RC galácticos. Con la caracterización de RSN que se encuentren en un amplio rango de estados evolutivos y diversos parámetros físicos de entorno interestelar, podremos confirmar o rechazar los actuales modelos de aceleración hadrónicos. Así, MAGIC, tratará de dar respuesta a la pregunta de si los RSN son aceleradores de RC galácticos.

Referencias

- ¹ Fermi E. Phys.Rev., vol.75, num.8, 1169 (1949)
- ² Shklovskii I.S. Dokl. Akad. Nauk. SSSR 91, 45-478 (1953)
- ³ Tanimori T. et al. ApJ, 497, L25 (1998)
- ⁴ Aharonian F.A. et al. A&A, 370, 112 (2001)
- ⁵ Muraishi T. et al. A&A, 354, L57 (2000)
- ⁶ Torres D.F. et al. submitido a Physics Reports (2002), astro-ph/0209565