



Observaciones de alta resolución del remanente de supernova G308.4-1.4

L.K. Eppens^{1,2} & E.M. Reynoso¹

¹ Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA, Argentina

² Facultad de Ciencias Astrómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

Contacto / leppens@iafe.uba.ar

Resumen / En este trabajo presentamos nuevas observaciones de alta resolución del remanente de supernova (RSN) G308.4-1.4 usando el interferómetro Australia Telescope Compact Array (ATCA) en los arreglos 6B y 750B. Las observaciones, realizadas con el Compact Array Broadband Backend (CABB) cubren un ancho de banda de 2 GHz a través de 2049 canales, lo que permitió obtener mapas a distintas frecuencias entre 1 y 3 GHz. Se alcanzó una resolución espacial de $9.8'' \times 9.6''$ a 2.36 GHz, lo cual mejora en un factor 10 las imágenes publicadas en trabajos previos. Nuestros mapas revelan detalles que no habían sido observados anteriormente, mostrando en particular la estructura interna de dos regiones compactas muy intensas superpuestas a la cáscara elíptica del norte. Utilizando el método *T-T plot*, estudiamos la distribución de índices espectrales en distintas zonas de este RSN con el fin de determinar la posible vinculación entre las estructuras detectadas, especialmente de las dos regiones compactas cuya relación con el RSN es incierta. También analizamos la polarización asociada a la emisión en radio.

Abstract / In this work we present new high resolution observations of the supernova remnant (SNR) G308.4-1.4 using the Australia Telescope Compact Array (ATCA) in the 6B and 750B arrays. These observations, obtained with the Compact Array Broadband Backend (CABB), span a 2 GHz band width split in 2049 channels. Such configuration allowed us to construct images at different frequencies from 1 to 3 GHz. A spatial resolution of $9.8'' \times 9.6''$ was achieved at 2.36 GHz, improving former images in the literature by an order of magnitude. Our maps reveal details not observed previously, showing in particular the internal structure of two bright, compact regions overlapping the northern elliptical shell. Applying the T-T plot method, we estimated the spectral index distribution in different regions throughout the SNR so as to determine a possible link between the observed structures, mainly the two compact regions of uncertain connection with the SNR. We also analyze the polarization of the radio emission.

Keywords / ISM: individual objects (G308.4-1.4) — ISM: supernova remnants — polarization — radio continuum: ISM

1. Introducción

G308.4-1.4 es un remanente de supernova (RSN) que presenta una débil cáscara elíptica de $\sim 6' \times 8'$ en la banda de radio (ver Fig. 1), de cuyo extremo sur se extiende un arco hacia el este aproximadamente del mismo tamaño que la elipse. No está claro que ambas estructuras pertenezcan al mismo RSN. De Horta et al. (2013) postulan que el arco del SE es una fuente aparte y reduce la definición de RSN a la cáscara elíptica, a la que denomina G308.3-1.4.

La elipse coincide con una fuente de emisión extendida de rayos X de origen térmico cuyo borde más intenso, tal como aparece en la imagen obtenida con el observatorio Chandra, se superpone con el arco occidental de la cáscara elíptica (Hui et al., 2012; Prinz & Becker, 2012). Se estima que la edad del RSN está comprendida entre 5 y 7.5×10^3 años (Hui et al., 2012), mientras que la distancia se calcula entre 6 y 12 kpc (Prinz & Becker, 2012).

Las imágenes publicadas en la literatura en la banda de radio muestran 4 fuentes compactas intensas que no presentan una contrapartida en el óptico o en rayos X.

Dos de ellas se superponen con la emisión de G308.4-1.4 y se ubican en el extremo norte de la cáscara elíptica (S4) y en la región donde se intersecan la cáscara elíptica y el arco del sudeste (S3), respectivamente. Las otras dos fuentes (S1 y S2) se ubican al este de G308.4-1.4.

Estudios previos de la distribución de índices espectrales revelaron un valor $\alpha \approx -0.7$ para la cáscara elíptica (Prinz & Becker, 2012; De Horta et al., 2013), propio de la emisión no térmica para un RSN. Sin embargo, los índices encontrados para las dos fuentes brillantes S3 y S4 difieren significativamente del encontrado para el remanente. Prinz & Becker (2012) estiman $\alpha \approx -0.5$ para cada una, mientras que De Horta et al. (2013) encuentran $\alpha = -0.99 \pm 0.17$ para S4, indicando que podría tratarse de una radio galaxia o un núcleo de galaxia activa (AGN, por sus siglas en inglés) no resuelto, y $\alpha = -1.47 \pm 0.02$ para S3, sugiriendo que se trata de un *jet* de radio. No se encontró evidencia de una nebulosa de viento asociado a un púlsar ubicado en las cercanías.

En este trabajo estudiamos la emisión de G308.4-1.4 en la banda de radio utilizando datos de archivo de ATCA en las configuraciones 750B y 6B centrados en

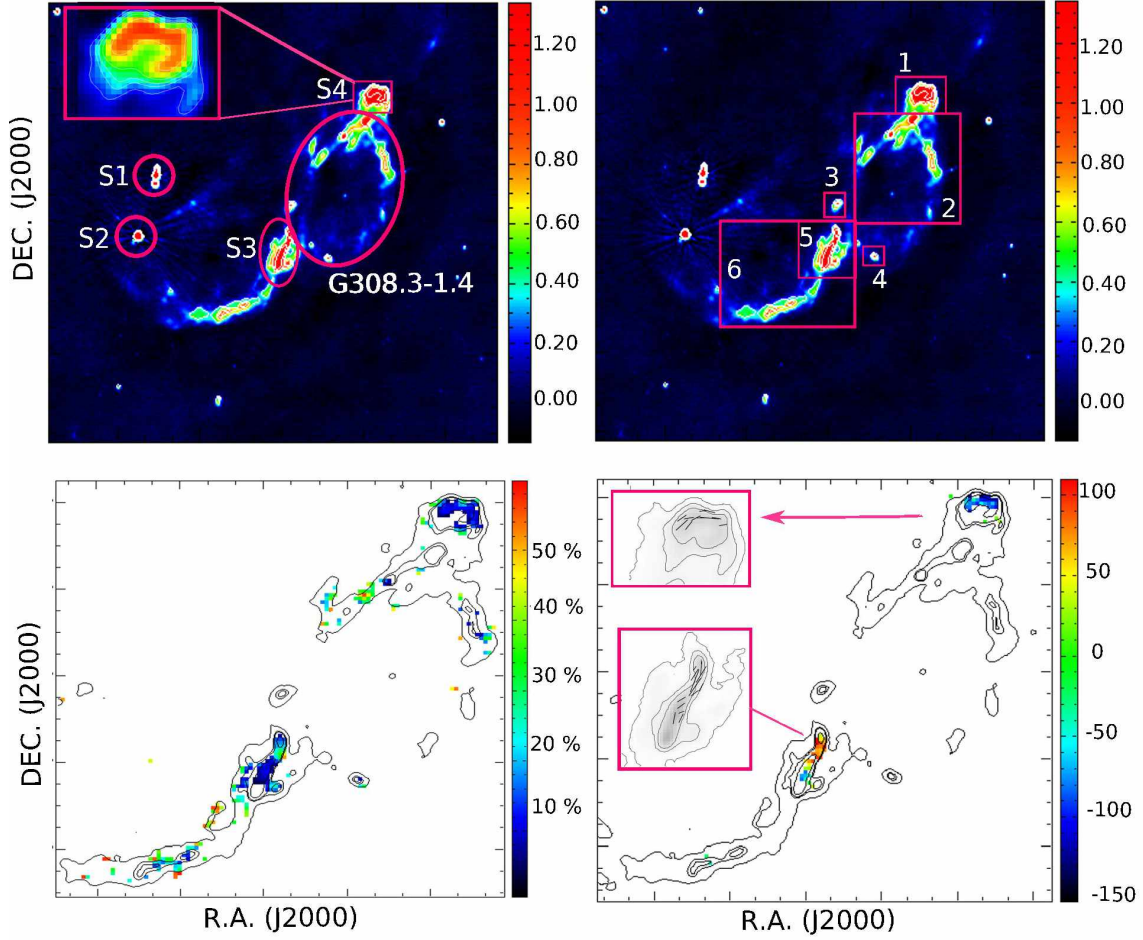


Figura 1: *Panel superior izquierdo*: emisión de G308.4-1.4 a 1.6 GHz en escala de colores en unidades de mJy haz^{-1} . El tamaño del haz es de $10''$ y el nivel de ruido es de $0.017 \text{ mJy haz}^{-1}$. Las fuentes identificadas en De Horta et al. (2013) se encuentran señaladas con sus respectivos nombres. *Panel superior derecho*: emisión del RSN en escala de colores en unidades de mJy haz^{-1} con las cajas utilizadas para estudiar el índice espectral en la zona. *Panel inferior izquierdo*: fracción de emisión polarizada para G308.4-1.4. *Panel inferior derecho*: mapas de la medida de rotación con la distribución del campo magnético para S3 y S4 en rad m^2 . Los dos mapas en el panel superior fueron construidos usando un rango de uv restringido a $0.5 - 36.7 \text{ k}\lambda$ y se encuentran superpuestos con la emisión en el continuo de radio en contornos blancos de 0.21, 0.6, 0.82 y 1.6 mJy haz^{-1} . En los mapas en el panel inferior se han superpuesto los mismos contornos en negro.

2.1 GHz con el propósito de resolver espacialmente las fuentes S3 y S4 y su posible vinculación con los arcos del remanente. Para ello, estimamos los índices espectrales empleando el método de *T-T plot* (e.g. Reich & Reich, 1988) y analizamos la emisión polarizada de cada estructura observable.

2. Observaciones

Las observaciones en dirección a G308.4-1.4 fueron realizadas con el Compact Array Broadband Backend (CABB) del interferómetro ATCA en los arreglos 750 B y 6B, cubriendo un ancho de banda de 2 GHz a través de 2049 canales. Los datos fueron subdivididos en bandas de 256 MHz y procesados con el paquete de tareas MIRIAD (Sault & Wright, 1995). Se utilizaron los mismos calibradores de densidad de flujo (PKS 1934-628) y de fase (PKS 1329-665) para ambas observaciones. Para realizar el estudio de índices espectrales (Sec. 3.2)

construimos dos mapas a 1.6 GHz y 2.6 GHz, cada uno combinando visibilidades pertenecientes a dos bandas adyacentes de 256 MHz de ancho, y usando un rango de uv restringido a $0.5 - 36.7 \text{ k}\lambda$. Por otro lado, para el estudio de emisión polarizada (Sec. 3.3) construimos mapas de los parámetros de Stokes a distintas frecuencias combinando bandas adyacentes de 256 MHz de ancho tomadas de a pares. En base a estos mapas calculamos la distribución de: emisión polarizada, fracción de polarización y ángulo de polarización en la región de G308.4-1.4.

3. Resultados

3.1. Imágenes de alta resolución.

Las imágenes obtenidas nos permiten resolver las estructuras más intensas. En la Fig. 1 se puede observar una imagen de G304.4-1.4 a 2.36 GHz con una resolu-

ción espacial de $9.8'' \times 9.6''$. En ella se puede notar que la fuente S1 identificada en De Horta et al. (2013) es en realidad una superposición de tres fuentes puntuales. En lo que respecta a las fuentes compactas proyectadas sobre el campo de emisión de G308.4-1.4, logramos mejorar sustancialmente el nivel de detalle alcanzado en comparación con estudios previos. Por un lado, S4 presenta una morfología de cáscara incompleta de $\approx 1'$ de diámetro. Por otro lado, S3 aparece como un filamento cuya emisión parece conectar la cáscara elíptica con el arco que se extiende hacia el este desde el extremo sur de la misma.

Tabla 1: Índices espectrales obtenidos para las distintas estructuras observadas en G308.4-1.4.

Cajas	α
1	-0.63 ± 0.14
2	-0.65 ± 0.75
3	-0.55 ± 0.15
4	-0.48 ± 0.06
5	-0.72 ± 0.03
6	-0.70 ± 0.20

3.2. Distribución de índices espectrales.

Con el propósito de estudiar la distribución de índices espectrales en G308.4-1.4, subdividimos la fuente en distintas estructuras y sobre cada una de ellas aplicamos el método *T-T plot* que consiste en graficar punto a punto la emisión de una frecuencia respecto de otra y ajustar una función lineal. De esta manera, a partir de la pendiente de la recta se puede obtener el índice espectral independientemente de la emisión de fondo. Para cada caja señalada en el panel superior derecho de la Fig. 1, obtuvimos los resultados listados en la Tabla 1. En el caso de la caja 6, se excluyó la emisión de S3.

Todas las regiones presentan índices espectrales compatibles con emisión sincrotrón, la mayoría coincidentes entre ellos dentro de los rangos de error. Lamentablemente no fue posible obtener un buen ajuste para la parte más brillante de la cáscara elíptica encerrada en la caja 2. Sin embargo, notamos que las fuentes en las cajas 3 y 4, con índices espectrales compatibles entre sí, podrían formar parte de la emisión asociada a la elipse G308.3-1.4.

Además, encontramos que S3 y el arco extendido al extremo sur poseen índices espectrales similares, lo que nos permite sugerir que tal vez forman parte de la misma estructura. Finalmente, la fuente compacta S4 tiene un índice espectral que sería comparable tanto a la emisión en la caja 3 como al arco extendido en la caja 6.

3.3. Estudio de polarización

En el panel inferior izquierdo de la Fig. 1 se muestra el mapa de la fracción de polarización. Casi toda la emi-

sión polarizada tiene un grado de polarización de $\sim 10\%$ o menos, en coincidencia con estudios previos (De Horta et al., 2013). Al ser la emisión del RSN muy débil, solamente se detectó emisión polarizada en las regiones más brillantes. Utilizando los mapas de ángulo de polarización para distintas frecuencias calculamos la distribución de la medida de la rotación (ver panel inferior derecho de la Fig. 1).

Se aplicó la medida de la rotación calculada para corregir los ángulos por rotación Faraday. La distribución de los vectores magnéticos en las zonas donde fue posible calcularlos se muestran en las figuras insertas, donde un vector de $6''$ de longitud equivale a $0.05 \text{ mJy haz}^{-1}$ de emisión polarizada. En el filamento central S3 los vectores magnéticos son paralelos al mismo, mientras que en la fuente S4 son tangenciales a la cáscara.

4. Conclusiones

La fuente S3 fue propuesta por De Horta et al. (2013) como *jet* de radio en base a su morfología y alto índice espectral de -1.5 . Sin embargo, el índice que encontramos, -0.7 , sumado a la detección de polarización indica que S3 probablemente sea parte de la emisión de G308.4-1.4. La otra fuente propuesta por De Horta et al. (2013) como una radio-galaxia o AGN con un índice espectral de -0.99 fue S4. En este caso, no sólo obtuvimos un índice espectral de -0.6 y detectamos polarización sino que encontramos una morfología de cáscara incompleta. Además, por su morfología y dimensiones angulares encontramos que S4 es comparable al RSN G1.9+0.3 estudiado en Green et al. (2008). Estos resultados sugieren que S4 es un RSN independiente de G308.4-1.4. Entre las medidas de rotación calculadas se observa una significativa diferencia de S3 respecto a S4. Esto podría indicar, por un lado, que se trata de dos fuentes ubicadas a distintas distancias, y por otro, que ambas no necesariamente forman parte de G308.4-1.4, lo que refuerza nuestra hipótesis acerca de S4.

Este es un trabajo en desarrollo en el que nos proponemos profundizar el análisis de los datos, con el objetivo de refinar la determinación de índice espectral y polarización. Esperamos así resolver si las estructuras estudiadas están vinculadas o no con G308.4-1.4.

Agradecimientos: L.K.E. goza de una Beca Doctoral del CONICET mientras que E.M.R. es miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET. Este estudio está parcialmente financiado por el CONICET a través del proyecto PIP 112-201701-00604..

Referencias

- De Horta A.Y., et al., 2013, MNRAS, 428, 1980
- Green D.A., et al., 2008, MNRAS, 387, L54
- Hui C.Y., et al., 2012, ApJ, 750, 7
- Prinz T., Becker W., 2012, A&A, 544, A7
- Reich P., Reich W., 1988, A&AS, 74, 7
- Sault T.P.J., Wright M.C., 1995, ASP Conf. Series, 77, 433