

## PRESENTACIÓN MURAL

### Formación estelar en Sh2-196

M. C. Martín<sup>1</sup>, C. E. Cappa<sup>1,2</sup>, S. Cichowolski<sup>3</sup> & R. Zinn<sup>1</sup>

(1) Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR)

(2) Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - UNLP

(3) Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET, Argentina

**Abstract.** We have confirmed that active star formation is taking place in the environs of the HII region Sh2-196. We found that, at least, two infrared sources are massive young stellar object candidates. One of them coincides with the SCUBA source JCMTS J025131.0+620848 (associated with IRAS02475+6156), while the other coincides with the source MSX 136.4463+02.4685, which is probably a compact HII region.

The presence of young stellar object (YSO) candidates projected onto the molecular gas and dust related to the nebula, suggests that the star formation may have been triggered by the expansion of the nebula.

#### Resumen.

En este trabajo se confirma que en el medio cercano a la región HII Sh2-196 hay formación estelar activa. Al menos dos fuentes infrarrojas son candidatos a objetos estelares jóvenes masivos, uno coincidente con la fuente SCUBA JCMTS J025131.0+620848 (asociada con IRAS02475+6156) y el otro coincidente con la fuente MSX G136.4463+02.4685, la cual es probablemente una región HII compacta.

La presencia de candidatos a objetos estelares jóvenes proyectados sobre el gas molecular y el polvo relacionado a la nebulosa, sugiere que la formación estelar pudo haber sido desencadenada por la expansión de la región HII sobre el medio circundante.

## 1. Introducción

Sh2-196 es una región HII de 7' de diámetro ubicada en el brazo de Perseo a una distancia de 4.1 kpc (Blitz & Fich 1984). Russeil y col. (2007) identificaron una estrella de tipo espectral O9.5V como estrella excitatriz de la región. Blitz y col. (1982) detectaron gas molecular asociado a la región a  $-45.1$  km/s, compatible con la velocidad del gas ionizado ( $-48.1$  km/s, Fich y col. 1990).

En este trabajo examinamos la presencia de regiones de formación estelar ubicadas en el entorno de la región HII Sh2-196, buscando candidatos a objetos estelares jóvenes (*young stellar objects*, YSOs), y analizamos su correlación con el gas molecular y el polvo interestelar en la región.

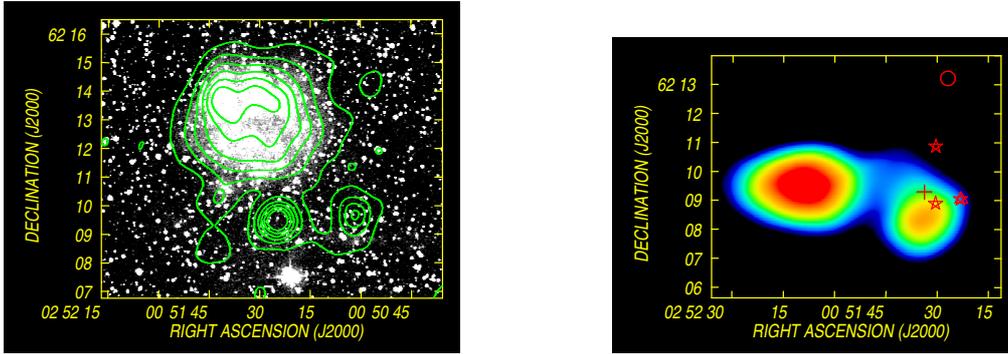


Figura 1. *Izquierda:* Imagen óptica de Sh2-196 (DSS2R) con contornos superpuestos de la emisión de continuo en 1420 MHz.

*Derecha:* Distribución espacial de la línea molecular de  $^{12}\text{CO}(1-0)$  a velocidades  $[-48, -41] \text{ km s}^{-1}$  (en escala de colores). Las fuentes infrarrojas candidatas a YSOs se indican con diferentes símbolos: Círculo: IRAS 02474+6200, candidata a región HII compacta; Cruz: IRAS 02475+6156; Estrellas: fuentes 2MASS candidatas a YSOs masivas; Triángulo: fuente MSX candidata a región HII ultracompacta (y coincidente con una de las tres fuentes 2MASS candidata a objeto joven masivo).

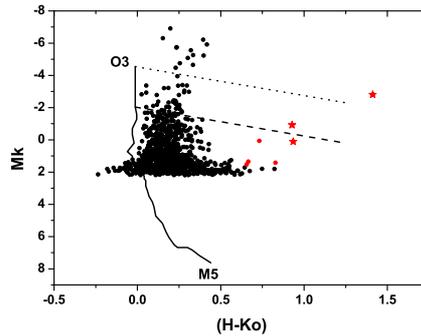


Figura 2. Diagrama color-magnitud de las fuentes 2MASS en la región, asumiendo una distancia de 4.1 kpc. Las rectas punteada y cortada corresponden al enrojecimiento de estrellas de secuencia O3 y B0, respectivamente. Las siete fuentes candidatas a YSOs se grafican en rojo, y las tres fuentes más rojas y masivas se grafican con símbolos estelares.

## 2. Emisión en el continuo de radio y en líneas moleculares

El panel izquierdo de la Figura 1 muestra la imagen DSS2R de Sh2-196 en escala de grises, y el continuo de radio en 1420 MHz con curvas de nivel. Los datos del continuo de radio fueron obtenidos del relevamiento CGPS (resolución angular:  $1'$ ). La región HII se detecta como una débil radiofuente con una densidad de flujo de  $259 \pm 30 \text{ mJy}$  en 1420 MHz. La densidad electrónica y la masa ionizada estimadas son  $\approx 12 \text{ cm}^{-3}$  y  $85 M_{\odot}$ , respectivamente.

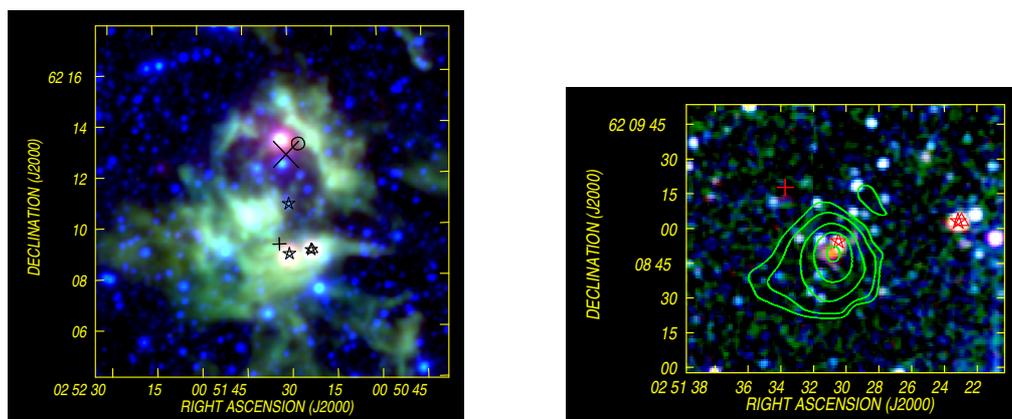


Figura 3. *Izquierda:* Imagen RGB de las bandas en  $4.6\mu\text{m}$  (azul),  $12\mu\text{m}$  (verde) y  $22\mu\text{m}$  (rojo) de WISE, con superposición de las fuentes candidatas a YSOs. La cruz grande señala el centro de la nebulosa óptica.

*Derecha:* Detalle de la región de formación estelar en el sector sur de la nebulosa en imagen RGB de las bandas  $J$  (azul),  $H$  (verde) y  $K_s$  (rojo) de 2MASS. Las líneas de contorno muestran la emisión en  $850\mu\text{m}$  de la fuente SCUBA JCMTS J025131.0+620848.

El panel derecho de la Figura 1 muestra la distribución de la emisión de la línea  $^{12}\text{CO}(1-0)$ , según datos obtenidos con el radiotelescopio del Five College Radio Astronomical Observatory (resolución angular  $45''$ ), en el intervalo de velocidades  $[-48, -41]$   $\text{kms}^{-1}$ . El gas molecular bordea la parte sur de la región HII. La masa molecular total es de  $\approx 1400 M_{\odot}$ . El grumo molecular de menor intensidad, centrado en  $(2^{\text{h}}52^{\text{m}}35^{\text{s}}, -62^{\circ}8'30'')$ , coincide parcialmente con la región de emisión en el continuo de radio centrada en  $(2^{\text{h}}52^{\text{m}}24^{\text{s}}, -62^{\circ}9'30'')$ .

### 3. Formación estelar

Para identificar fuentes candidatas a YSOs se utilizaron los catálogos de fuentes puntuales infrarrojas IRAS, MSX y 2MASS. La identificación se realizó siguiendo los criterios de Junkes y col. (1992) para las fuentes IRAS, Lumsden y col. (2002) para las fuentes MSX, y Lada & Adams (1992) para las fuentes 2MASS. Se encontraron dos fuentes IRAS candidatas a YSOs, una fuente MSX y siete candidatas 2MASS por medio del diagrama color-color. La Figura 2 muestra el diagrama color-magnitud de las fuentes 2MASS, indicándose con color rojo las candidatas a YSOs. Las tres fuentes más enrojecidas y masivas halladas en este diagrama, se dibujan en las demás figuras.

En el panel derecho de la Figura 1 se observa que varias fuentes candidatas a YSOs están proyectadas sobre el grumo de gas molecular de menor intensidad. La candidata a región HII compacta, IRAS 02474+6200, se encuentra proyectada sobre la parte central de Sh2-196.

El panel izquierdo de la Figura 3 muestra una imagen RGB de las emisiones en tres bandas de WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer): la predominantemente estelar en la banda  $4.6\mu\text{m}$ , y las emisiones principalmente provenientes del polvo interestelar, en las bandas a  $12\mu\text{m}$  y  $22\mu\text{m}$ . Dos fuentes 2MASS candidatas a objetos masivos y la

fuentes MSX candidatas a región HII ultracompacta se observan proyectadas sobre dos grupos intensos de polvo.

El panel derecho de la Fig. 3 muestra un detalle de la región de intensa emisión detectada con WISE en las bandas  $J$ ,  $H$  y  $K_s$  de 2MASS (imagen RGB). La nebulosidad detectada en estas bandas corresponde a la fuente extendida 2MASX 02513047+6208547. Coincidente con esta nebulosidad, se encuentra el centro de la emisión en  $850\mu\text{m}$  de la fuente SCUBA J025131.0+620848, mostrada en la Figura con líneas de contorno. Una de las tres fuentes 2MASS candidatas a objetos masivos se encuentra proyectada cerca de la fuente SCUBA.

La presencia de YSOs coincidentes con la región de emisión en el continuo de radio centrada en ( $2^{\text{h}}52^{\text{m}}24^{\text{s}}$ ,  $-62^{\circ}9'30''$ ) indica la existencia de estrellas jóvenes masivas fotodisociando el gas molecular e ionizando el gas neutro.

#### 4. Conclusiones

Hemos estudiado el entorno de la región HII Sh2-196 con el fin de investigar la presencia de gas molecular y de evidencias de formación estelar activa. Este estudio ha mostrado la existencia de signos de formación estelar reciente en el borde de Sh2-196 coincidentes con la nube molecular que rodea el sector sur de la región HII, sugiriendo que la formación estelar podría haberse desencadenado por la expansión de Sh2-206 a través de los procesos de *collect and collapse* o *Radiative Driven Implosion (RDI)* (ver Deharveng y col. 2005). La aplicación del modelo analítico de Whitworth y col. (1994) sugiere que no estarían dadas las condiciones para el proceso de *collect and collapse*. Más estudios deben llevarse a cabo para investigar la factibilidad del mecanismo RDI.

Agradecimientos. Agradecemos los comentarios del árbitro que ayudaron a enriquecer esta presentación. Este proyecto fue parcialmente financiado por CONICET, Argentina, a través de los PIP-02488 y PIP 1299, subsidio de UNLP 11/G093 y UBACyT 200200902000039.

#### Referencias

- Blitz, L., Fich, M. & Stark, A. 1982, ApJS, 49, 183  
 Deharveng, L., Zavagno, A., Caplan, J., 2005, A&A, 433, 565.  
 Fich, M., Dahl, G.P., Treffers, R.R., 1990, AJ, 99, 622  
 Junkes, N., Fürst, E., & Reich, W. 1992, A&A, 261, 289  
 Lada, C.J. & Adams, F.C., 1992, ApJ, 393, 278  
 Lumsden, S. L., Hoare, M. G., Oudmaijer, R. D. & Richards, D., 2002, MNRAS, 336, 621.  
 Russeil, D., Adami, C., Georgelin, Y.M., 2007, A&A, 470, 161.  
 Whitworth, A.P., Batthal, A.S., Chapman, S.J., Disney, M.J., Turner, J.A., 1994, MNRAS, 268, 291.