



# Localizando en la Galaxia al cúmulo inmerso DBS 113

G. Baume<sup>1,2</sup>, M. Corti<sup>1,3</sup>, J. Borissova<sup>4</sup>, J.A. Molina-Lera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina*

<sup>2</sup> *Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP, Argentina*

<sup>3</sup> *Instituto Argentino de Radioastronomía, CONICET-CICPBA, Argentina*

<sup>4</sup> *Instituto de Física y Astronomía, Universidad de Valparaíso, Chile*

Contacto / gbaume@fcaglp.unlp.edu.ar

**Resumen** / Se han obtenido espectros en el infrarrojo (banda  $K$ ) utilizando dispersión simple de varias estrellas localizadas en la zona del cúmulo inmerso DBS 113. El estudio de estos datos ha revelado que la mayoría de ellas serían de un tipo espectral temprano (OB). Esta información ha sido complementada con datos fotométricos multibanda (VPHAS+, 2MASS y VVV), datos en la línea HI en radio (SGPS) e información de la bibliografía. Como resultado del estudio, se han encontrado diferencias entre la distancia espectrofotométrica obtenida a partir de datos en el óptico y en el infrarrojo, y la distancia cinemática de los datos de HI. Estas discrepancias ponen de manifiesto la existencia de comportamientos particulares en la distribución espectral de las estrellas tempranas en el infrarrojo y la limitación del modelo cinemático en esta dirección. Por otro lado, adoptando la distancia espectrofotométrica, la energía de las estrellas más masivas permitió explicar la ionización de la región HII RCW 116B.

**Abstract** / Infrared spectra ( $K$  band) of several stars located in the region of the DBS 113 cluster were obtained using simple dispersion. The study of these data revealed that most of them would be of an early spectral type (OB). This information was supplemented with photometric multi-band data (VPHAS+, 2MASS and VVV), HI line data in radio (SGPS) and information from the literature.

As a result of the study, we found differences between the spectrophotometric distance obtained from optical and infrared data, and with the kinematic distance from HI data. These discrepancies revealed the existence of particular behaviors in the infrared spectral distributions of early spectral type stars, and the limitation of the kinematic model in this direction. On the other hand, taking into account the spectrophotometric distance, the energy of the more massive stars allowed to explain the ionization of the HII region RCW 116B.

*Keywords* / stars: massive — stars: early-type — ISM: HII regions

## 1. Introducción

Varias regiones de formación estelar han sido sólo identificadas o poseen parámetros estimados en forma muy precaria. En particular, sus distancias se basan generalmente en medidas de velocidades radiales de estructuras del medio interestelar (ISM). Estas distancias tienen una gran incerteza debido a que dependen de un modelo de rotación Galáctica. Estas incertezas son más importantes cerca del centro Galáctico. Adicionalmente, en el primer y en el cuarto cuadrante existe una ambigüedad entre la velocidad radial y la distancia. Por este motivo, es necesario buscar métodos independientes para estimar la distancia a estas regiones. Así se podrá tener un mejor conocimiento de las propiedades de dichos objetos y de la estructura de la Galaxia.

Por otro lado, en la actualidad existen varios relevamientos celestes en diferentes rangos espectrales, ellos permiten realizar estudios más acabados de las poblaciones estelares y su interacción con el ISM.

El objetivo de este trabajo es evaluar los parámetros de la región de la nube molecular G345.5+1.0 utilizando los datos de varios relevamientos junto con observaciones propias y datos de la literatura para tener un panorama más completo de la misma. En la zona mencionada existen dos emergentes en el infrarrojo (IR) identifica-

dos como las fuentes IRAS 16571-4029 y 16575-4023. En particular, la primera de ellas está asociada con la región HII RCW 116B y con el cúmulo inmerso DBS 113 Dutra et al. (2003). Esta zona posee varios estudios previos entre los que se pueden destacar los de Bik et al. (2005), Bik et al. (2006) y Roman-Lopes (2007) en el IR, y los de Caswell & Haynes (1987), Bronfman et al. (1996) y López et al. (2011) en ondas milimétricas / centimétricas.

## 2. Datos

En el presente estudio se han utilizado diferentes fuentes de datos. Ellas fueron:

- El relevamiento VPHAS+ (Drew et al. 2014) para los datos ópticos ( $u, g, r, i, H_\alpha$ );
- El catálogo 2MASS (Skrutskie et al. 2006) y el relevamiento VVV (Saito et al. 2012) para los datos fotométricos IR ( $J, H, K$ );
- Datos espectroscópicos “long-slit” en la banda  $K$  adquiridos con SOFI@NTT (ESO-La Silla) y  $R_\lambda = 1320$  de 5 estrellas brillantes en la zona de DBS 113 (ver Fig. 1a)
- Los mapas de la línea de HI en 21 cm del relevamiento SGPS (McClure-Griffiths et al. 2005)

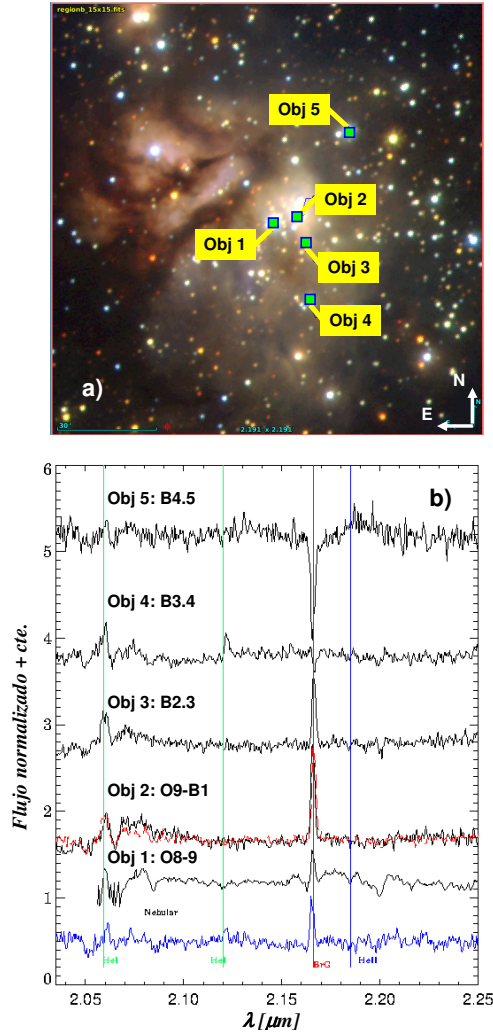


Figura 1: a) Imagen color (VVV; bandas  $JHK$ ) cubriendo un campo de  $2' \times 2'$  de la región del cúmulo DBS 113 donde se indican las estrellas a las que se les han realizado observaciones espectroscópicas. b) Espectros de las estrellas indicadas en el panel a) indicando la localización de las líneas más relevantes y los tipos espectrales adoptados.

Los datos considerados cubren un campo de  $15' \times 15'$  que incluye a ambas fuentes IRAS bajo estudio. Esta zona posee un elevado nivel de concentración estelar y un fondo altamente variable en el IR. Se realizó entonces fotometría “Point Spread Function” (PSF) con IRAF sobre las imágenes del VVV. La calibración fotométrica y astrométrica se llevó a cabo utilizando el catálogo del 2MASS y los resultados se correlacionaron con los del catálogo del VPHAS+.

Como resultado del proceso anterior, se generó un catálogo fotométrico ( $ugriJHK$ ) de  $\sim 25800$  objetos puntuales.

### 3. Análisis de los datos

Se utilizó el atlas de características espectrales de la banda  $K$  (Rayner et al. 2009; Liermann et al. 2009; Meyer

et al. 1998; Wallace & Hinkle 1997) para clasificar los espectros obtenidos (ver Fig. 1b). La mayoría de ellas presentan líneas en emisión y su clasificación espectral permitió estimar sus excesos de color y distancias. Se nota que los valores encontrados difieren significativamente entre sí, dependiendo tanto de la estrella considerada como si ellos se obtienen en base a datos ópticos ( $gr$ ; distancia de 2 a 7 kpc) o a datos IR ( $JHK$ ; distancia de  $1.4 \pm 0.5$  kpc). Estas diferencias son probablemente debidas tanto a incertezas en la clasificación espectral en el IR como a comportamientos anormales (emisiones) de las estrellas. No obstante, se nota que eliminando las estrellas débiles en el óptico ( $g > 22$ ), sólo queda una estrella con datos  $gr$  (Obj. 5). A esta estrella le correspondería una distancia espectrofotométrica de  $2.2 \pm 0.2$  kpc, cuyo error fue estimado en base a la incerteza en su clasificación espectral.

Los diagramas fotométricos en el IR (Fig. 2ab) en la zona del cúmulo inmerso DBS 113 permiten realizar una selección de los objetos. Esta se basó en el valor del parámetro libre de enrojecimiento dado por  $Q_{IR} = (J - H) - 1.64 (H - K)$  (Chené et al. 2012). De esta forma se distinguieron: a) Estrellas de secuencia principal (MS;  $Q_{IR} > -0.1$ ); b) Objetos con exceso IR o candidatos a PMS ( $Q_{IR} < -0.1$ ); c) Estrellas gigantes y/o rojas de campo. Los diagramas fotométricos en el IR no permiten establecer la distancia con precisión y sólo brindan una estimación del exceso de color ( $E_{J-K} \sim 1.1 - 1.4$ ).

Los diagramas fotométricos en el óptico (Fig. 2cd) en la zona del cúmulo inmerso DBS 113 presentan una cantidad de objetos mucho menor que los correspondientes en el IR. No obstante, ellos permiten visualizar más claramente el enrojecimiento diferencial presente en esa zona ( $E_{B-V} \sim 2.1 - 2.7$ ) y distinguir estrellas con comportamiento anormal (p.ej. Obj. 1 y Obj. 2) de otras que parecen no tenerlo (p.ej. Obj. 5). Además la morfología de los diagramas indica la consistencia de adoptar una distancia de 2.2 kpc.

Los trabajos previos en radio en la zona de DBS 113 proveen medidas de velocidades radiales en el “Local Standard of Rest” (LSR) tanto para la región HII, a partir de líneas de recombinación ( $V_r = -9$  km s $^{-1}$ ; Caswell & Haynes 1987); como para la nube molecular, a partir de líneas de monosulfuro de carbono ( $= -15$  km s $^{-1}$ ; Bronfman et al. 1996). Estos valores corresponden, respectivamente, a 1.2 y a 1.8 kpc, según las distancias más cercanas del modelo cinemático de Fich et al. (1989). No obstante, los datos de HI presentados en la Fig. 3 revelan que en esa dirección existen sucesivos mínimos en la temperatura de brillo ( $T_b$ ) con un diámetro angular promedio de  $3.1'$  y que se extienden hasta  $V_r \sim -30$  km s $^{-1}$ .

### 4. Parámetros de RCW 116B y de DBS 113

En base a los diferentes datos estudiados, se adopta una distancia de 2.2 kpc para DBS 113 y la región HII RCW 116B. Considerando entonces este valor, el diámetro angular de  $3.1'$ , una temperatura electrónica ( $T_e$ ) de 5000 K (Caswell & Haynes 1987) y siguiendo el procedimiento indicado por Corti et al. (2016), se estimó el

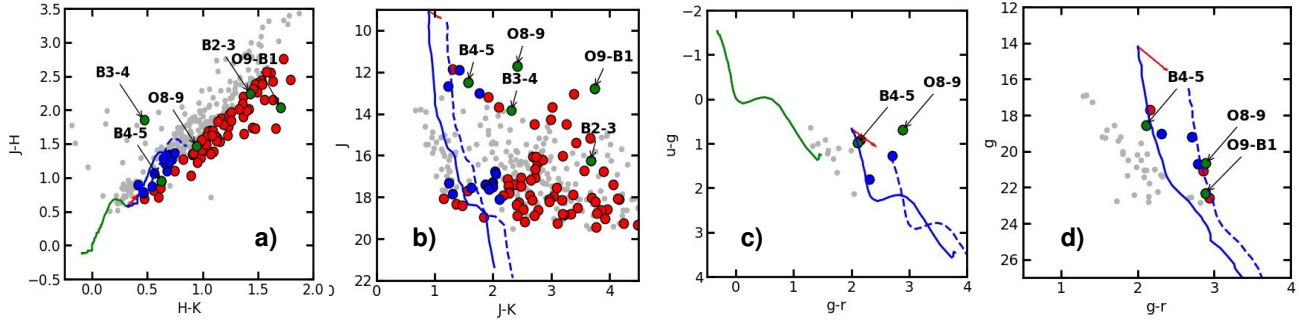


Figura 2: Diagramas fotométricos de la zona del cúmulo DBS 113. Los símbolos de colores indican las estrellas adoptadas como miembros, mientras que los símbolos grises son estrellas de campo. Los símbolos azules y verdes corresponden a estrellas de MS, siendo los últimos las estrellas indicadas en la Fig. 1. Los símbolos rojos indican los objetos PMS o con exceso IR. Las curvas indican la posición de la MS (Sung et al. 2013; Koornneef 1983) intrínseca (verde) y desplazada la distancia y los excesos adoptados (azul).

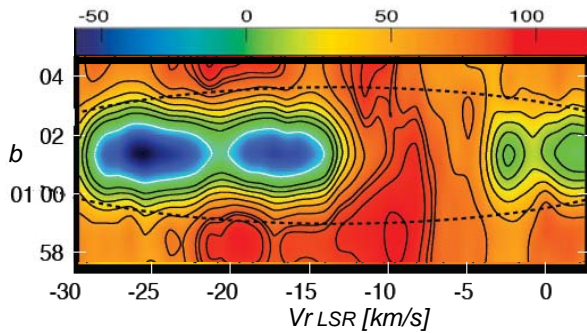


Figura 3: Mapa  $b$  vs.  $V_r$  de la emisión del HI a 21 cm obtenido en la ubicación de DBS 113 ( $l = 345.2^\circ$ ). Los colores corresponden a diferentes valores de  $Tb$  y el paso entre isotermas es de 12 K. Los arcos indican la localización del mínimo.

parámetro de excitación ( $\mu \sim 45 \text{ pc cm}^{-2}$ ) y la masa de la región HII ( $M_{RHII} \sim 30 M_\odot$ ). Por otro lado, a partir de los datos espectroscópicos y fotométricos, se seleccionaron las estrellas más tempranas que B2 del cúmulo (6 estrellas OB) y se estimó el parámetro de ionización ( $U \sim 140 \text{ pc cm}^{-2}$ ). De esta forma el polvo en dicha zona absorbería  $1 - \mu/U \sim 70\%$  de la radiación generada por el cúmulo. Cabe notar que si se considera una distancia de 1.2 kpc, los tipos espectrales de las estrellas de DBS 113 no se corresponden con sus medidas espectroscópicas y fotométricas, y la energía que ellas impartirían al medio no sería suficiente para generar la región HII.

## 5. Resultados preliminares

Como resultados preliminares del presente estudio se pueden indicar los siguientes:

- La estructura en velocidad (ver Fig. 3) en la dirección estudiada ( $l \approx 345^\circ$ ;  $b \approx +1^\circ$ ) es bastante compleja para determinar distancias cinemáticas precisas. La presencia de una posible burbuja en torno al cúmulo o particularidades cinemáticas (Kothés & Kerton 2002) pueden complicar más la interpretación.

- Las distancias espectrofotométricas son muy dispersas. Este hecho indica que este método debe ser utilizado de forma cuidadosa y complementado por otras técnicas.
- La combinación de información con diversas técnicas y diferentes rangos espectrales permite llegar a resultados más confiables
- Se catalogaron varios miembros estelares probables del cúmulo DBS 113, se obtuvieron varios parámetros físicos de la RHII RCW 116B.

*Agradecimientos:* Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el PIP 112-201101-00301 de CONICET y el Programa 11/G144 de la UNLP. Los autores han utilizado la base de datos SIMBAD, herramientas de ALADIN (CDS), paquetes especiales en Python y el código Karma (Kvis). Los autores agradecen los comentarios del árbitro que mejoraron la calidad del trabajo.

## Referencias

- Bik A., et al., 2005, A&A, 440, 121  
 Bik A., Kaper L., Waters L. B. F. M., 2006, A&A, 455, 561  
 Bronfman L., Nyman L.-A., May J., 1996, A&AS, 115, 81  
 Caswell J. L., Haynes R. F., 1987, A&A, 171, 261  
 Chené A.-N., et al., 2012, A&A, 545, A54  
 Corti M. A., et al., 2016, A&A, 588, A63  
 Drew J. E., et al., 2014, MNRAS, 440, 2036  
 Dutra C. M., et al., 2003, A&A, 400, 533  
 Fich M., Blitz L., Stark A. A., 1989, ApJ, 342, 272  
 Koornneef J., 1983, A&A, 128, 84  
 Kothés R., Kerton C. R., 2002, A&A, 390, 337  
 Liermann A., Hamann W.-R., Oskinova L. M., 2009, A&A, 494, 1137  
 López C., et al., 2011, A&A, 534, A131  
 McClure-Griffiths N. M., et al., 2005, ApJS, 158, 178  
 Meyer M. R., et al., 1998, ApJ, 508, 397  
 Rayner J. T., Cushing M. C., Vacca W. D., 2009, ApJS, 185, 289  
 Roman-Lopes A., 2007, A&A, 471, 813  
 Saito R. K., et al., 2012, A&A, 537, A107  
 Skrutskie M. F., et al., 2006, AJ, 131, 1163  
 Sung H., et al., 2013, Journal of Korean Astronomical Society, 46, 103  
 Wallace L., Hinkle K., 1997, ApJS, 111, 445