

Investigando la zona de los cúmulos inmersos DBS 114-115-117

G. Baume^{1,2}, S. Ramirez Alegria³ & J. Borissova^{4,5}

¹ *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina*

² *Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP, Argentina*

³ *Centro de Astronomía, Universidad de Antofagasta, Chile*

⁴ *Instituto de Física y Astronomía, Universidad de Valparaíso, Chile*

⁵ *Millennium Institute of Astrophysics, Chile*

Contacto / gbaume@fcaglp.unlp.edu.ar

Resumen / Se ha realizado un estudio preliminar de la población estelar en la zona de los cúmulos inmersos DBS 114, 115 y 117. Se ha utilizado la información proporcionada por varias bases de datos astronómicas y datos disponibles en la literatura. Se han incluido y correlacionado datos fotométricos en el óptico (*VPHAS+*, *GAIA*), infrarrojo cercano (2MASS-VVV) e infrarrojo medio (*WISE*), junto con datos astrométricos (*GAIA*). Además se han realizado observaciones espectroscópicas en la banda *K* de estrellas seleccionadas. Este estudio ha permitido identificar diferentes tipos de fuentes: estrellas tempranas, objetos con excesos en la banda *K* y objetos estelares jóvenes. Estos objetos han conducido a la estimación de los parámetros característicos de los cúmulos involucrados. En particular se ha encontrado una consistencia entre los valores de distancia espectrofotométrica y trigonométrica, aunque considerando una ley de enrojecimiento levemente anormal. Se han revelado también evidencias de un proceso de formación estelar secuencial.

Abstract / A preliminary study of the stellar population has been carried out in the area of the immersed clusters DBS 114, 115 and 117. The information provided by various astronomical databases and data available in the literature has been used. Photometric data in the optical (*VPHAS+*, *GAIA*), near infrared (2MASS-VVV) and mid infrared (*WISE*) has been included and correlated, together with astrometric data (*GAIA*). In addition, spectroscopic observations have been made in the *K* band of selected stars. This study has made it possible to identify different types of sources: early type stars, objects with excesses in the *K* band and young stellar objects. These objects have led to the estimation of the characteristic parameters of the clusters involved. In particular, a consistency has been found between the spectrophotometric and trigonometric distance values, although considering a slightly abnormal reddening law. Evidence of a sequential star formation process has also been revealed.

Keywords / galaxies: star populations — techniques: photometry — methods: data analysis

1. Introducción

La formación estelar se lleva a cabo en las zonas más densas (*clumps*, *filaments*) de las nubes moleculares gigantes (GMC; Lada & Lada 2003; Figueira et al. 2018). Estas nubes se localizan preferentemente en el plano Galáctico y los cúmulos inmersos representan una de las manifestaciones más jóvenes de la formación estelar.

Por otro lado, en la actualidad existen diversos relevamientos celestes que cubren diferentes rangos espectrales. Ellos permiten llevar a cabo estudios multi-banda, tanto de las poblaciones estelares como del medio circundante.

En particular, los cúmulos inmersos DBS 114-115-117 (Dutra et al., 2003), localizados en la GMC G345.5+1.5, se hallan algo más alejados del plano Galáctico y actualmente no poseen estudios detallados. De esta forma, en el presente trabajo se utilizó la información provista por diferentes relevamientos celestes, junto con observaciones propias y datos de la bibliografía para estudiar las características de la población estelar en la dirección a estos cúmulos estelares.

2. Datos

El presente estudio se ha basado en el uso de los datos provistos por los siguientes catálogos asociados con diferentes relevamientos celestes:

- El catálogo de *VPHAS+* (Drew et al., 2014) para los datos de fotometría óptica en las bandas *ugriH_α*.
- El catálogo de *GAIA* (Gaia Collaboration et al., 2016), que proporciona datos fotométricos y astrométricos.
- Los catálogos de 2MASS (Skrutskie et al., 2006) y de VVV (Saito et al., 2012) para los datos fotométricos en las bandas infrarrojas *JHK*.
- El catálogo del *WISE* (Cutri et al., 2012) para los datos en las bandas infrarrojas *W₁*, *W₂*, *W₃* y *W₄*.

Adicionalmente, se emplearon datos espectroscópicos de 10 estrellas brillantes en la zona central de DBS 114. Ellos fueron adquiridos con el instrumento *SOFI/NTT* (ESO-La Silla), utilizando el modo *long-slit* en la banda *K* ($\sim 2 \mu\text{m}$) con $R_\lambda = 1320$. La reducción de estos datos fue realizada siguiendo el procedimiento estándar con *IRAF* (ver Baume et al. 2020).

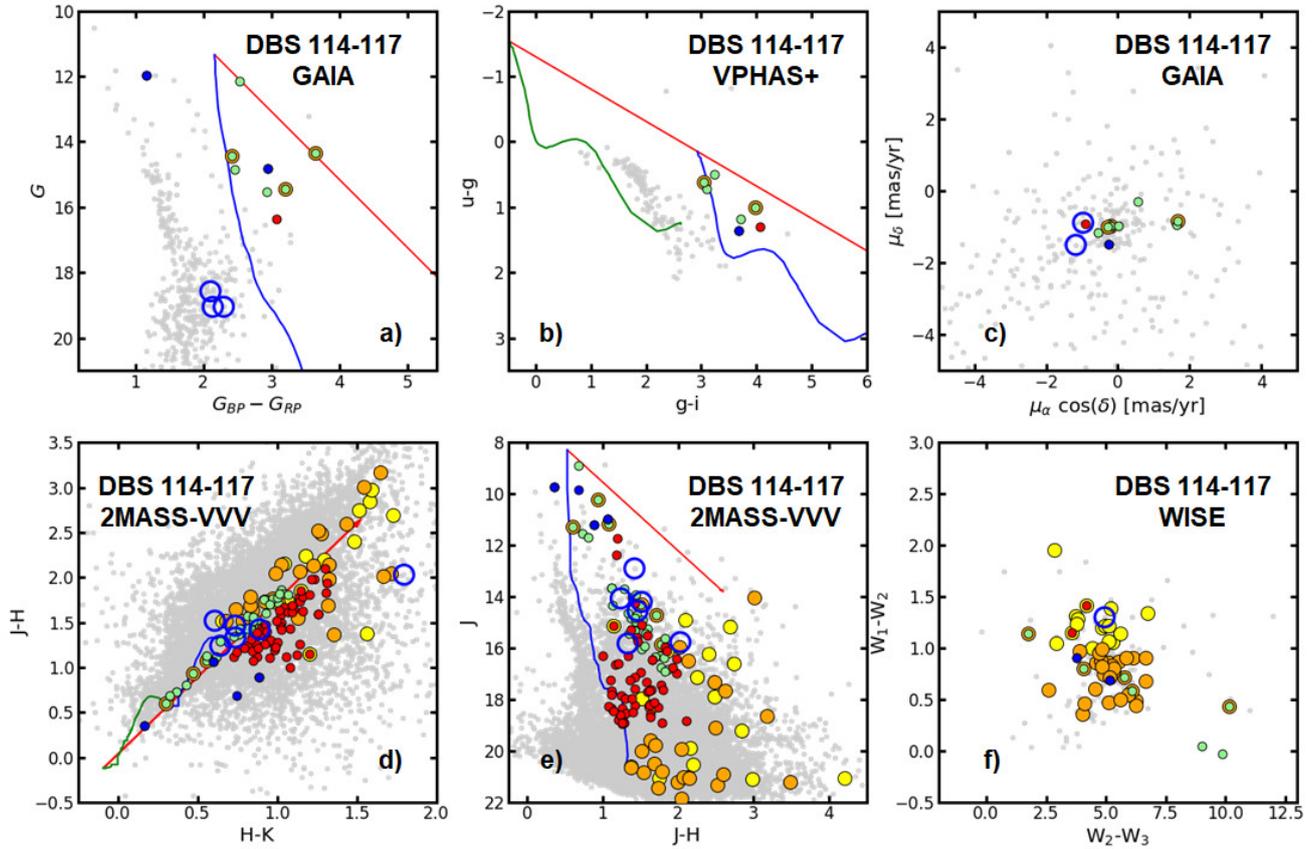


Figura 1: Diagramas fotométricos y de movimientos propios de los objetos en la zona de los cúmulos inmersos DBS 114 y 117. Los símbolos azules indican las estrellas observadas espectroscópicamente. Los símbolos verdes indican las estrellas miembros consideradas de secuencia principal, mientras que los símbolos rojos indican las estrellas con exceso infrarrojo. Los símbolos amarillos y naranjas representan YSOs de clase I y II respectivamente. Los objetos considerados de campo son presentados con símbolos grises. Los círculos azules huecos indican las estrellas de campo con información espectroscópica. Las curvas indican la posición de la secuencia principal sin enrojecer (verde) y con el enrojecimiento adoptado (azul). La flecha roja indica el vector de enrojecimiento.

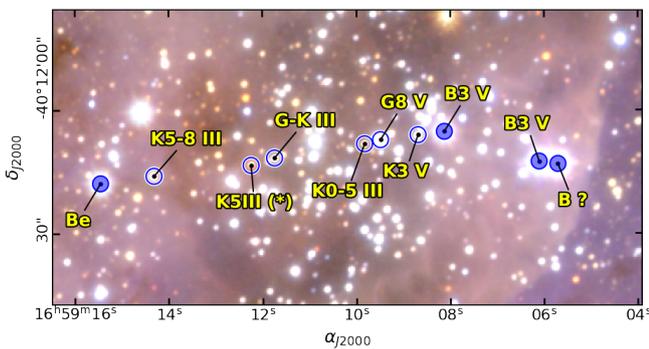


Figura 2: Carta buscadora del centro de DBS 114 donde se han indicado las estrellas observadas espectroscópicamente con círculos azules. Los círculos llenos indican las estrellas adoptadas como miembros del cúmulo. Se presentan también los tipos espectrales de cada una de ellas.

3. Análisis de los datos

Como primer paso, se realizó la correlación de los datos fotométricos multi-banda de los diferentes catálo-

gos. Ello permitió la construcción y análisis simultáneo de los diagramas color-magnitud (CMDs) y color-color (TCDs) de los objetos en la zona de cada uno de los cúmulos inmersos bajo estudio (ver Figs. 1 y 3). Entonces fue posible efectuar una selección de los objetos siguiendo los lineamientos indicados en Baume et al. (2020) y principalmente basados en los valores del parámetro libre de enrojecimiento Q_{IR} . De esta forma se distinguieron: a) Estrellas de secuencia principal ($Q_{IR} > 0.1$); b) Objetos con exceso infrarrojo ($Q_{IR} > -0.1$); c) Estrellas de campo. Por otro lado, los datos del infrarrojo medio (WISE) fueron utilizados para identificar objetos estelares jóvenes (YSOs) siguiendo el criterio de Koenig et al. (2012).

El análisis combinado de los diagramas fotométricos en el óptico y en el infrarrojo permitió además estimar los parámetros de distancia y exceso de color de los cúmulos. Por otro lado, los datos astroméricos de GAIA en la zona de DBS 114-117 condujeron a una estimación independiente de la distancia a esos cúmulos y a la obtención de una medida del movimiento propio medio de ambos cúmulos.

Adicionalmente, fue posible establecer los tipos es-

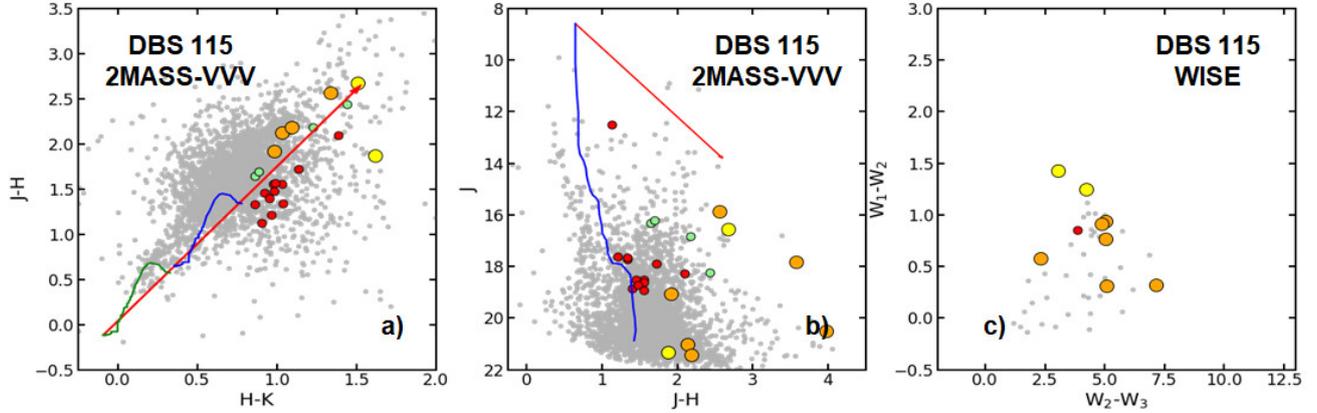


Figura 3: Diagramas fotométricos de los objetos en la zona del cúmulo inmerso DBS 115. Los símbolos y las curvas tienen el mismo significado que en la Fig. 1.

Tabla 1: Parámetros estimados de los cúmulos estelares

Parámetro	DBS 114	DBS 117	DBS 115
α_{J2000}	16:59:09.0	16:59:35.0	16:59:10.0
δ_{J2000}	-40:12:06.0	-40:11:40.0	-40:06:36.0
Radio [']	3.20	1.70	1.80
R_V	3.4	3.4	3.4
$(V_0 - M_V)_{\text{fot}}$	11.2 ± 0.2	11.2 ± 0.2	11.2 ± 0.2
d_{fot}	1.7 ± 0.2	1.7 ± 0.2	1.7 ± 0.2
E_{B-V}	2.0	1.7	1.9
$(V_0 - M_V)_{\text{spec}}$	10.6 – 11.2	–	–
d_{spec}	1.3 – 1.7	–	–
$\langle Plx \rangle$ [mas]	0.66 ± 0.15	–	–
$\langle d_{\text{ast}} \rangle$ [kpc]	1.5 ± 0.4	–	–
$\langle \mu_{\alpha} \cos(\delta) \rangle$	-0.02 ± 0.42	–	–
$\langle \mu_{\delta} \rangle$	-0.86 ± 0.36	–	–
Edad [10^6 años]	$\sim 2-3$	–	~ 1

Nota: Los movimientos propios se expresan en mas/año.

pectrales de las 10 estrellas seleccionadas en el centro de DBS 114 (ver Fig. 2). Ellos permitieron confirmar algunos de los miembros de este cúmulo y obtener otra estimación de su distancia.

La edad de los cúmulos estudiados fue estimada en base a la proporción de objetos con exceso infrarrojo encontrada en cada uno de ellos y utilizando la calibración dada por Soares et al. (2008).

Todos los parámetros estimados de los cúmulos estelares se indican en la Tabla 1.

4. Conclusiones

En el estudio preliminar realizado en la región de los cúmulos inmersos DBS 114, 115 y 117 se identificaron varias estrellas tempranas, objetos con exceso infrarrojo e YSOs. Además, se encontró que los valores estimados de las distancias fotométrica, espectroscópica y trigonométrica son consistentes ($d \sim 1.7$ kpc). Cabe notar

que se consideró una ley de enrojecimiento levemente anormal ($R_V = 3.4$) para los tres cúmulos.

En particular, se encontró que DBS 114 y 117 tienen aproximadamente la misma edad y ambos presentan indicios de formación estelar secuencial, debido a la presencia de varias estrellas en la secuencia principal e YSOs. Por otro lado, DBS 115 posee un enrojecimiento algo mayor que el de los otros dos cúmulos y una edad menor que ellos.

Respecto a las perspectivas a futuro, se planea realizar un estudio global del comportamiento de la formación estelar en la zona norte de GMC G345.5+1.5. Para esta tarea será necesario involucrar información del medio interestelar y considerar otros cúmulos inmersos y fuentes IRAS localizados en dicha zona.

Agradecimientos: Trabajo financiado por el PIPs 112-201701-00055 de CONICET, los Programas de Incentivos 11/G158 y 11/G168 de la UNLP, el programa IN 120009 del Millennium Institute of Astrophysics, los proyectos 11171025 y 1201490 del FONDECYT y el proyecto PAI 79170089 del CONICYT. Los autores han utilizado la base de datos SIMBAD, herramientas de ALADIN (CDS) y paquetes especiales en PYTHON. Los autores agradecen al editor y al árbitro de este artículo por sus sugerencias y comentarios.

Referencias

- Baume G., et al., 2020, *NewA*, 79, 101384
 Cutri R.M., et al., 2012, *VizieR Online Data Catalog*, II/311
 Drew J.E., et al., 2014, *MNRAS*, 440, 2036
 Dutra C.M., et al., 2003, *A&A*, 400, 533
 Figueira M., et al., 2018, *A&A*, 616, L10
 Gaia Collaboration, et al., 2016, *A&A*, 595, A1
 Koenig X.P., et al., 2012, *ApJ*, 744, 130
 Lada C.J., Lada E.A., 2003, *ARA&A*, 41, 57
 Saito R.K., et al., 2012, *A&A*, 537, A107
 Skrutskie M.F., et al., 2006, *AJ*, 131, 1163
 Soares J.B., et al., 2008, *A&A*, 478, 419