Componentes estelares y el MIE en la región del cúmulo jóven DBS 113



Mariela A. Corti^{1,2} & Gustavo L. Baume^{1,3}



Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina.
Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR), CONICET, Argentina.
Instituto de Astrofísica de La Plata (IALP), CONICET, Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

Las fuentes IRAS 16571-4029 y 16575-4023 (ver Fig. 1) son dos emergentes en el infrarrojo (IR) de la nube molecular G345.5+1.0 localizada en el cuarto cuadrante de la Vía Láctea. En particular, la fuente IRAS 16571-4029 se halla asociada con la región HII RCW 116B y el cúmulo inmerso DBS 113 (Dutra et al. 2003 A&A 400, 533).

Existen estudios realizados en esta zona utilizando técnicas infrarrojas (Bik et al. 2005 A&A 440, 121; Bik et al. 2006 A&A 455, 561; Roman-Lopez 2007 A&A 471, 813) y ondas milimétricas (Caswell & Haynes 1987 A&A 171, 261; Lopez et al. 2011 A&A 534, 131) los cuales vinculan parámetros de la nube molecular y la población estelar, como por ejemplo, la distancia a la que se encuentran ambas componentes. Actualmente, en esta zona existen relevamientos modernos en el óptico/IR y de hidrógeno neutro (HI). Entonces se investigó con ellos la composición estelar y su interacción con el medio interestelar (MIE).



FIGURA 1: a) Mapa promedio de HI obtenido con los 41 canales de Vr en la zona estudiada (ver texto). Los contornos varían de 5 a 100 K con un paso de 5 K. Tb mínima indica la absorción del HI debido a que su Ts < Tc de la RHII que se encuentra por detrás. b) Imagen JHK (relevamiento VVV) en falso color de la región cubierta de 15' x 15'. Se localizan las fuentes IRAS estudiadas con círculos amarillos (blancos en la figura a)). Los tamaños de los círculos indican las regiones utilizadas para los diferentes análisis (r = 0.7' para el análisis fotométrico y r = 1.65' para el análisis de radio).

2.	DATOS	
۷.	DAIOS	

2.1 Fuente de los datos

- Datos ópticos: Relevamiento VPHAS+ (Drew J. E. et al., 2014, MNRAS, 440. 2036), bandas υ, g, r, Hα.
- Datos IR: Relevamiento VISTA Science Archive (VSA, Saito R. K., et al., 2012, A&A, 537, A107) + 2MASS (Skrutskie M. F., et al., 2006, AJ, 131, 1163), bandas JHK.
- Datos en radio: Relevamiento SGPS (McClure-Griffiths N. M., et al., 2005, ApJS, 158, 178), línea 21 cm.

2.2 Fotometría

La zona de interés posee un elevado nivel de concentración estelar con un fondo altamente variable en el IR y con objetos al límite de la detección en las bandas ópticas. Por lo tanto, se utilizó IRAF para llevar a cabo fotometría PSF (Stetson, P. B. 1987, PASP, 99, 191) tanto sobre las imágenes del VPHAS+ como las del VSA para resolver más eficientemente dichos problemas.

El paso siguiente fue realizar la calibración fotométrica y astrométrica utilizando los catálogos provistos por VPHAS+ y 2MASS. Con este último, se complementaron las magnitudes de las estrellas brillantes (K < 12). Posteriormente, las bandas ópticas ugri del VPHAS+ fueron transformadas al sistema UBVRI (Jester et al. 2005 AJ, 130, 873; Drew J. E. et al., 2014, MNRAS, 440. 2036). Cabe notar, que la calibración en la banda U no fue satisfactoria por lo que deberá ser revisada en el futuro.

Los datos ópticos e IR fueron correlacionados entre si utilizando STILTS. De este modo, se generó un catálogo de unos 25300 objetos en la zona indicada en la Fig. 1.

2.3 Radio

El relevamiento SGPS I, provee datos de la galaxia en 253° \leq I \leq 358° y -1°.5 \leq b \leq 1°.5, con una resolución en velocidad de ΔV = 0.82 km s⁻¹ y un ruido (rms) de 0.2 K en la temperatura de brillo (Tb).

Se trabajó con los mapas de HI de $\Delta I = 2^{\circ} \text{ y } \Delta b = 1^{\circ}$ centrados en las **coordenadas (I,b) = (345°.2, +1°.0)** de la **región HII RCW 116B**. Se seleccionaron 41 mapas de velocidad radial (Vr) relativa al Sistema Local de Referencia (LSR) comprendidos en el rango -32 km s⁻¹ \leq Vr \leq 0 km s⁻¹, ya que Caswell & Haynes

3.2 Estudio de los datos de radio

La Tb mínima observada en el mapa de la zona (ver Fig. 1a) indica la absorción del HI debido a que su temperatura de spin (Ts) es menor a la temperatura de continuo (Tc) de la RHII que se encuentra por detrás.

El mapa en Vr para I ~ 345° (ver Fig. 2) revela un mínimo en Tb que se extendería desde Vr = 0 km s⁻¹ hasta Vr = -30 km s⁻¹ Esta última sería entonces la velocidad radial LSR de la RHII. Aplicando luego los modelos de rotación galáctica de Fich et al. (1989 A&A, ApJ, 342, 272) y Brand & Biltz (1993 A&A, 275, 67), se ha obtenido una **distancia cinemática de 3 ± 0.3 kpc**. Cabe notar que trabajos previos han encontrado para la región distancias cinemáticas sustancialmente diferentes (ver Tabla 1).

Adicionalmente, se estimó el **parámetro de excitación µ** = $R_s N_e^{2/3}$ para conocer la cantidad de fotones Lyman que debió ser absorbida por el HI para originarse la RHII. Para ello el radio lineal de Stromgren (R_s) se obtuvo como la **media geométrica del tamaño angular de la fuente** (Fig. 4) deconvolucionada y la distancia de la RHII. La **densidad electrónica (N_e)** se calculó con un modelo geométrico y la expresión dada por Mezger & Henderson (1967 ApJ, 147, 471).

 $N_{e}[cm^{-3}] = c_{1} a^{1/2} 635.1 (T_{e}[10^{4} k])^{0.175} (v[GHz])^{0.05} (S_{v}[Jy])^{1/2} (d[kpc])^{-1/2} (\theta_{G}[arcmin])^{-1.5}$

Aquí c₁ = 0.775 y a = 1 son propios del modelo, mientras que T_e = 5000 K y la S_v = 8.8 Jy son resultados obtenidos del continuo de radio en v= 5 GHz (Caswell & Haynes 1987 A&A, 171, 261).

Usando modelos de atmósfera estelar fue posible calcular el número de fotones de ionización de Lyman provisto por las estrellas más tempranas que B2 (Smith et al. 2002, MNRAS, 337, 1309), de los posibles miembros de DBS 113. Con ello se calculó el **parámetro de ionización (U)** como:

U [pc cm⁻²] = $[3 N_{ly} / 4 \pi a(2)]^{1/3}$; con a(2) = 2.76 x 10⁻¹³[cm³ s⁻¹]

De este modo, comparando el valor de μ con el de U, es posible saber si el cúmulo inmerso DBS 113 ha generado a la RHII RCW 116B.

También se calculó la masa de la RHII (M_{HII}), según la expresión dada por Mezger & Henderson (1967

(1987, A&A 171, 261) empleando líneas de recombinación de radio (LRR) ubicaron a la RHII con Vr (LSR) ApJ, 147, 471) = - 15.2 km s⁻¹ (ver Fig. 1a).



FIGURA 2: Mapa Vr (km s⁻¹) vs b (°) de la distribución del HI en I ~ 345°.2 Las curvas punteadas indican la ubicación de la RHII (Vr = -30 km s⁻¹) y la absorción de HI en la línea de la visual. Los contornos de Tb van de 12 a 120 K con un paso de 12 K.

FIGURA 4: Espectro de HI obtenido con un corte diagonal efectuado a 45° del eje N-S. El HPBW del perfil indica el tamaño angular observado de la fuente.

3. ANÁLISIS

3.1 Estudio de los datos fotométricos

En base a inspección visual de las imágenes IR se adoptaron las coordenadas centrales para estudiar las fuentes IRAS 16571-4029 ($\alpha = 17:00:34$, $\delta = -40:33:36$) Y 16575-4023 ($\alpha = 17:01:34$, $\delta = -40:28:11$). Se seleccionaron así los objetos localizados a 0.7' alrededor de dichas posiciones. Se evidencia la presencia de una sobredensidad estelar en la zona del cúmulo inmerso DBS 113 (IRAS 16571-4029), mientras que ella no es apreciable en torno a IRAS 16575-4023.

 $M_{\rm H\,II}[M_{\odot}] = c_2 \, a^{1/2} \, 0.3864 \, (T_{\rm e}[10^4 \, \text{k}])^{0.175} (\nu[\text{GHz}])^{0.05} (S_{\nu}[\text{Jy}])^{1/2} (d[\text{kpc}])^{2.5} (\theta_{\rm G}[\text{arcmin}])^{1.5} ; c_2 = 1.291$

TABLA 1: Resultados de parámetros calculados para la RHII RCW 116B

Veloc. Radial [km s ⁻¹]	Distancia [kpc]	μ [pc cm ⁻²]	U [pc cm ⁻²]	Ne [cm ⁻³]	M [M _☉]	Referencia (de la distancia)
-9.0	1.2	30.3	130.3	696	4	Caswell & Haynes (1987)
-15.2	1.8	40.4	402.2	477	14	Bronfman et al. (1996)
-30.0	3.0	55.7	521.4	375	48	Este trabajo

4. RESULTADOS PRELIMINARES Y TRABAJO A FUTURO

En el mapa de HI (Fig. 1a) no se observa la fuente IRAS 16575-4023, lo cual podría deberse a la resolución del relevamiento (angular y/o en velocidad).

Se otuvo que U > μ para todas las distancias de la RHII RCW 116B mostradas en la Tabla 1. Esto indicaría que el cúmulo inmerso DBS 113 podría ser el generador de la misma, independientemente de la distancia adoptada.

La distancia de RCW 116B se podrá conocer cuando se obtenga la distancia de su cúmulo ionizante, DBS 113. Para ello como trabajo a futuro se plantea:

- Obtener espectros en el IR de sus posibles miembros, a modo de estimar con ellos el tipo espectral y la Vr de las estrellas y de allí su distancia.
- Calcular los movimientos propios de estas estrellas para poder separar a los miembros del cúmulo de las estrellas de campo.

Se construyeron los diagramas fotométricos de ambas regiones (ver Fig. 3) En ellos se ha indicado la posición de la secuencia principal (MS, curvas verdes) adoptando las tres distancias indicadas en la Tabla 1 (ver sección 3.2) y un **exceso de color E(B-V) = 3.0**, el cual permite un mejor ajuste en todos los diagramas de DBS 113. Para el caso de este cúmulo, se estimaron distintas posibilidades de tipos espectrales de las estrellas más brillantes (K < 14) dependiendo de la distancia considerada y desenrojeciendo sus posiciones del diagrama K vs J-H.

Además, para todos los objetos se determinó el parámetro libre de enrojecimiento dado por Qir = (J-H) – 1.7 (H-K) (Chené A.N., et al. 2012, A&A, 545, A54). Cabe notar que para lograr un mejor ajuste sistemático en todos los diagramas ha sido necesario adoptar un valor de **Rv (=Av/E(B-V)) de 3.5** el cual es algo mayor al valor normal (3.1).

Los objetos han sido agrupados en base a sus excesos de color, su apartamiento de la MS y a su valor del parámetro Qir. De esta forma, se pueden distinguir aquellas estrellas que se localizarían en la **MS (símbolos azules)** de las que presentarían **exceso infrarrojo** y serían candidatas a objetos presecuencia (símbolos rojos).

FIGURA 3: Diagramas fotométricos de las regiones en torno a las dos fuentes IRAS (significado de símbolos en el texto)

