

## PRESENTACIÓN MURAL

### Estrellas tempranas en el cúmulo abierto NGC 4852

J. A. Ahumada<sup>1</sup>, E. E. Giorgi<sup>2</sup>, G. R. Solivella<sup>2</sup> & R. A. Vázquez<sup>2</sup>

(1) *Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba*

(2) *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - Universidad Nacional de La Plata, IALP - CONICET*

**Abstract.** We present Johnson-Cousins photometry of the Southern open cluster NGC 4852, and low-dispersion spectroscopy of forty stars in the cluster area, with the aim of clarifying the status of the stars that populate the cluster upper main sequence, particularly that of some emission stars.

**Resumen.** Presentamos fotometría Johnson-Cousins del cúmulo abierto del Hemisferio Sur NGC 4852, así como espectroscopía de baja dispersión de cuarenta estrellas en el área del mismo, con el objeto de clarificar la situación de las estrellas que pueblan su secuencia principal superior, particularmente la de algunas estrellas de emisión.

## 1. Introducción

El cúmulo abierto NGC 4852 (C1257–593) aparece proyectado en la posición  $l = 304^{\circ}03$ ,  $b = +3^{\circ}24$  ( $\alpha = 13^{\text{h}} 00^{\text{m}}1$ ,  $\delta = -59^{\circ} 36'.7$ , J2000.0), no lejos de la nebulosa Saco de Carbón, y en las proximidades de los cúmulos NGC 4755 y Loden 694. Tiene una clase de Trumpler I3c y un diámetro aparente de  $12'$ . La reciente fotometría de Carraro et al. (2005), que cubre un área de más de  $30' \times 30'$  y que no incluye varias de las estrellas más brillantes, le asigna una distancia al Sol de 1.1 kpc, un enrojecimiento medio en  $(B - V)$  de 0.45 mag y una edad entre 200 y 250 Myr. En la literatura se reportan, en el área del cúmulo, dos estrellas de emisión: Wray 15-1039 (Wackerling 1970) y CPD -59 4639 (una estrella Be, Feast et al. 1957). El cúmulo próximo NGC 4755 también posee estrellas de emisión y es un objeto muy joven (10–14 Myr, Sagar & Cannon 1995, Bonatto et al. 2006). Si bien se discute la naturaleza exacta del fenómeno Be, parece claro que esta fase de emisión tiene un pico de frecuencias en cúmulos de edades entre 13 y 25 Myr (Fabregat & Torrejón 2000), y también se sabe que son raramente observadas en cúmulos más viejos que 100 Myr (McSwain & Gies 2005). Nos preguntamos entonces si son correctos los parámetros derivados por Carraro et al. (2005) para este cúmulo, y cuál puede ser la relación del mismo con las estrellas de emisión citadas. Para ello hemos combinado un amplio número de observaciones espectroscópicas y fotométricas como se describe a continuación.

## 2. Observaciones y reducción de los datos

Se realizaron observaciones espectroscópicas de 40 estrellas en el área de NGC 4852 con el telescopio de 2.15 m de CASLEO y el espectrógrafo REOSC en modo de dispersión simple, con una red de 600 l/mm en el primer orden, una resolución de 1.64 Å/pixel y una relación señal-ruido de 200. Los espectros cubren el rango de 3800 a 4800 Å, y a los efectos de la clasificación espectral se observaron, con la misma configuración instrumental, estrellas estándar MK. Por su parte, observaciones fotométricas del centro del cúmulo se llevaron a cabo con el mismo instrumental empleado para Trumpler 20 (ver en este mismo volumen). Las imágenes fueron tomadas las noches del 22 al 23 y 23 al 24 de abril de 2006.

Las imágenes fotométricas y espectroscópicas se redujeron y analizaron con los programas usuales, dentro de IRAF. La fotometría se realizó según se describe en el artículo correspondiente a Trumpler 20. En este caso, la fotometría final resultó de la combinación de las mediciones de las dos noches. Para la clasificación espectral se utilizaron el *Digital Spectra Classification* de R. O. Gray y el *MK Standard*. Estimamos la precisión de nuestra clasificación en medio tipo espectral y una clase de luminosidad. Del análisis espectroscópico hemos derivado para cada estrella: tipo espectral, magnitud aparente, exceso de color y magnitud absoluta. A partir de los tipos espectrales determinados y de la correspondencia entre índices de color intrínsecos y magnitudes absolutas de Schmidt-Kaler (1982), hemos calculado las paralajes espectroscópicas individuales.

## 3. Parámetros del cúmulo

**Enrojecimiento y extinción.** Para estimar el enrojecimiento en la dirección a NGC 4852, utilizamos la relación estándar  $E(U - B) = 0.72 \times E(B - V)$ ; para la extinción  $A_V$  combinamos nuestra clasificación espectral con datos 2MASS y aplicamos el método de diferencia de colores basado en la curva de extinción No. 15 de van der Hulst (Johnson 1968), resultando en el valor estándar  $R = 3.1$ .

**Diagramas fotométricos.** La Figura 1 (*izquierda y centro*) muestra los diagramas color-color y  $V$  vs.  $(U - B)$  de NGC 4852, contruidos con las estrellas cuyos errores fotométricos son inferiores a 0.10 mag. En el diagrama color-color hemos señalado con (+) a las estrellas más azules, que manifiestan mayor dispersión, y hemos superpuesto la ZAMS de Schmidt-Kaler (1982) requiriéndose, para el ajuste de la secuencia observada,  $E(B - V) = 0.39 \pm 0.03$  y  $E(U - B) = 0.28 \pm 0.02$  (los errores son estimaciones visuales). En el diagrama  $V$  vs.  $(U - B)$ , más sensible a efectos de enrojecimiento y diferencias de temperatura, las estrellas (+) se separan claramente del resto, componiendo un grupo aislado situado claramente detrás del cúmulo. Pero dos de estas estrellas no están en esta situación: se trata de las Nos. 925 y 943, muy azules y muy débiles, que son probablemente dos futuras enanas blancas localizadas entre el Sol y NGC 4852. Nuestra clasificación espectral confirma que, en media, las estrellas (+) son de subtipos B más tempranos que las estrellas más brillantes del cúmulo (cf. §4).

**Distancia y edad.** La distancia a NGC 4852 se determinó por medio de la superposición de la ZAMS empírica de Schmidt-Kaler (1982) a dos diagramas color-magnitud del cúmulo; la ZAMS fue desplazada en color según los enrojecimientos derivados más arriba y verticalmente hasta lograr un ajuste satisfactorio del bor-

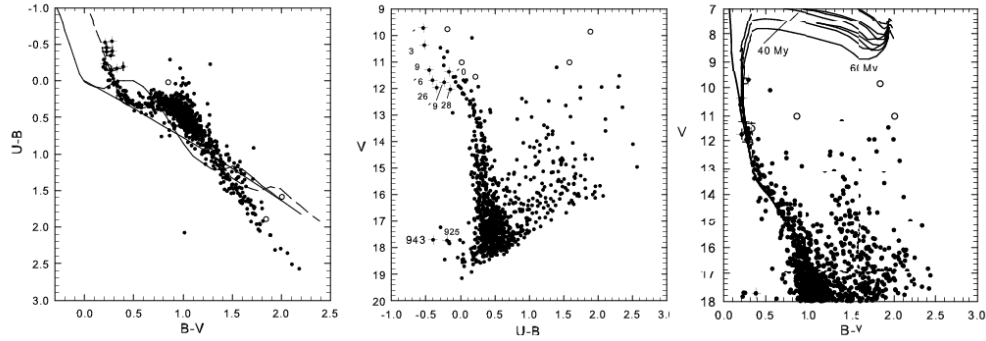


Figura 1. Diagramas fotométricos de NGC 4852.

de azul de la secuencia principal. Obtuvimos entonces un módulo de distancia aparente medio (a partir de todos los ajustes)  $V - M_V = 11.90 \pm 0.15$  (error estimado por inspección visual). Adoptando una extinción  $A_V = 3.1 \times 0.39 = 1.21$  mag, la distancia al cúmulo resulta en  $1390 \pm 70$  pc, unos 200 pc mayor que la estimada por Carraro et al. (2005). La edad de NGC 4852 se derivó ajustando isócronas de metalicidad solar (una suposición razonable, dada la evidente juventud del cúmulo) de los modelos de Girardi et al. (2000): concluimos que NGC 4852 no es más viejo que 60 Myr y no más joven que 40 Myr (Figura 1, *derecha*), lejos de los 200 Myr calculados por Carraro et al. Esta edad es consistente con el tiempo máximo de permanencia en la secuencia principal de las estrellas más tempranas observadas en el cúmulo (tipos espectrales B6–B7), de alrededor de 100 Myr (Maeder & Meynet 1989).

#### 4. Información espectroscópica

Nuestro análisis espectral de cuarenta estrellas en NGC 4852 es el más extenso emprendido en esta zona hasta el momento; entre los resultados, destacamos lo siguiente. La estrella No. 1 (HD 112825) está clasificada como B1.5IVe (Feast et al. 1957); nosotros le asignamos un tipo B2IIIe y la consideramos, dada la distancia derivada, no miembro del cúmulo. En nuestros espectros, la estrella No. 3 (CD –58 4845, OB<sup>-</sup> según Stephenson & Sanduleak 1971) presenta emisión débil en  $H\beta$ , por lo que la clasificamos como una nueva estrella de emisión (B2Ve), que tampoco tiene relación con el cúmulo. Las estrellas Nos. 4 (CP –58 4630) y 5 (CP –58 4626) habían sido clasificadas como B4(V) y A2(V) por Buscombe (1998), y aquí les asignamos carácter de estrellas peculiares (B5Vp y B8Vp), miembros seguros del cúmulo. La estrella No. 9 (Wray 15-1039) ha sido clasificada como estrella de emisión (Wackerling 1970) y nosotros la confirmamos como tal (B5Ve); pertenece a un grupo más lejano que NGC 4852. Éstos y los otros tipos espectrales nos permiten analizar la manera en que estas estrellas están distribuidas en el espacio, lo que se visualiza con claridad en la Figura 2, donde hemos graficado los enrojecimientos contra las distancias espectroscópicas. Ya vimos en los diagramas fotométricos que las estrellas B en la zona no componen un único grupo sino que están distribuidas a lo largo de más de 1.5 kpc. En la

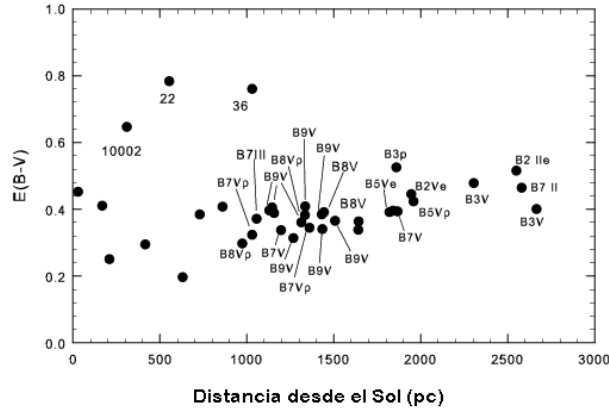


Figura 2. Diagrama enrojecimiento vs. distancia al Sol para las estrellas analizadas espectroscópicamente.

Figura 2 se ven varias estrellas B de subtipos principalmente tardíos localizadas a una distancia media de 1270 pc con una desviación estándar de 150 pc, lo que las confirma como probables miembros de NGC 4852. Por otro lado, hay otro grupo de estrellas B tempranas, que incluye las tres con espectros de emisión, ubicado a una distancia media de 2100 pc con una desviación estándar de 360 pc. En otras palabras, el cúmulo abierto NGC 4852 aparece situado al frente de un grupo estelar más distante y joven, que puede pertenecer a una estructura mayor que probablemente incluya a los cúmulos NGC 4755 y Loden 694, ambos a similares distancias del Sol. Nuestros diagramas no muestran estrellas de tipos más tardíos que las B del grupo lejano, como si éste fuera parte de una asociación OB. La Figura 2 también muestra que el enrojecimiento crece suavemente luego de un incremento abrupto a distancias relativamente cortas del Sol, lo que sugiere su origen en trazas de la nebulosa Saco de Carbón a unos 200 pc del Sol (Hube & Finlay 2007).

## Referencias

- Bonatto, C., et al. 2006, *A&A*, 453, 121  
 Buscombe, W. 1998, 13th General Catalogue of MK Spectral Classification  
 Carraro, G., et al. 2005, *A&A*, 436, 527  
 Fabregat, J., & Torrejón, J. M. 2000, *A&A*, 357, 451  
 Feast, M., et al. 1957, *MmRAS*, 68, 1  
 Girardi, L., et al. 2000, *A&AS*, 141, 371  
 Hube, D., & Finlay, W. 2007, *JRASC*, 101, 68  
 Johnson, H. L. 1968, *Nebulae and Interstellar Matter*, B. M. Middlehurst & L. Aller, eds., Univ. Chicago Press, Chicago, p. 167  
 Maeder, A., & Meynet, G. 1989, *A&A*, 210, 155  
 McSwain, M. V., & Gies, D. R. 2005, *ApJS*, 161, 118  
 Sagar, R., & Cannon, R. D. 1995, *A&AS*, 111, 75  
 Stephenson, C. B., & Sanduleak, W. 1971, *Publ. Warner & Swasey Obs.*, 1, No. 1  
 Wackerling, L. R. 1970, *MmRAS*, 73, 153