

*Asociación Argentina de Astronomía*  
*BAAA, Vol. 52, 2009*  
*J.J. Clariá, E. Brandi, A.E. Piatti & F.A. Bareilles, eds.*

## PRESENTACIÓN MURAL

### Nuevos parámetros fundamentales de 5 cúmulos abiertos del tercer cuadrante galáctico: historia del gradiente radial de metalicidad en el disco

A.E. Piatti<sup>1,4</sup>, J.J. Clariá<sup>2,4</sup>, A.V. Ahumada<sup>3,4</sup>

- (1) *Instituto de Astronomía y Física del Espacio, Buenos Aires*
- (2) *Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba*
- (3) *Observatorio Europeo del Sur, Santiago, Chile*
- (4) *CONICET*

**Abstract.** We present CCD UBVI<sub>KC</sub> photometry in the regions of the open clusters (OCs) Berkeley 26, Czernik 27, Melotte 72, NGC 2479 and BH 37. We present possible solutions for the cluster fundamental parameters by matching theoretical isochrones to the cleaned color-magnitude diagrams. Based on the results obtained for the current cluster sample and using the recently updated version of the Dias et al.'s (2002) OC Catalogue, different relationships between the positions in the Galaxy of known OCs, their ages and their metallicities are reexamined.

**Resumen.** Presentamos fotometría CCD UBVI<sub>KC</sub> en las regiones de los cúmulos abiertos (CAs) Berkeley 26, Czernik 27, Melotte 72, NGC 2479 y BH 37. En base al ajuste de isócronas teóricas a los diagramas color-magnitud "limpiados", presentamos posibles soluciones para los parámetros fundamentales de los cúmulos. Usando los presentes resultados y la versión actualizada del catálogo de CAs de Dias et al. (2002), reexaminamos diferentes relaciones entre las posiciones en la Galaxia de CAs conocidos, sus edades y sus metalicidades.

#### 1. Nuevos parámetros fundamentales de 5 cúmulos abiertos

Usando el telescopio de 0.9 m y un CCD de 2048x2048 pixeles del Observatorio de Cerro Tololo (Chile), obtuvimos imágenes UBVI<sub>KC</sub> de los CAs Be 26, Cz 27, Mel 72, NGC 2479 y BH 37. Los perfiles radiales de densidad fueron determinados usando el método descrito en Piatti et al. (2009). En base al mismo, estimamos los niveles de densidad del campo, los radios correspondientes al ancho medio a mitad de altura ( $r_{FWHM}$ ) y el porcentaje de contaminación producido por el campo (Tabla 1).

Para determinar los parámetros fundamentales, aplicamos primero métodos estadísticos para minimizar la contaminación por estrellas del campo (Piatti et al. 2009). Las edades de Be 26, Mel 72 y NGC 2479 fueron determinadas usando el índice morfológico de edad (MAI) definido por Janes & Phelps (1994) y el índice  $\Delta V$  de Carraro & Chiosi (1994). Luego, inferimos posibles soluciones para los CAs ajustando isócronas de Lejeune & Schaerer (2001) a los diagra-

mas color-magnitud (CM) observados. Para realizar estos ajustes, seleccionamos primero 5 valores de metalicidad ( $Z = 0.040, 0.019, 0.008, 0.004$  y  $0.001$ ) y ajustamos la Secuencia Principal de Edad Cero (ZAMS) a cada diagrama CM. Determinamos así  $E(B-V)$ ,  $E(V-I)$  y el módulo de distancia  $V-M_V$  para cada  $Z$ . Luego, para cada terna de valores  $[E(B-V), E(V-I), V-M_V]_Z$ , buscamos las isócronas que mejor ajustan los diagramas CM. Finalmente, comparamos los distintos ajustes obtenidos y adoptamos aquéllos que mejor reproducen las características observadas de cada objeto. Encontramos que Be 26 es muy viejo y pobre en metales, NGC 2479 es de edad intermedia, Mel 72 y BH 37 tienen una edad similar a las Hyades y Cz 27 es moderadamente joven (Tabla 2).

Tabla 1. Dimensiones de los cúmulos y contaminación del campo.

Nombre	Densidad del campo <sup>a</sup> (cuentas)	$r_{FWHM}$ (pix.)	Contaminación (%) $r < r_{FWHM}$
Berkeley 26	3.6	$140 \pm 15$	19
Czernik 27	4.3	$125 \pm 15$	41
Melotte 72	5.0	$200 \pm 15$	57
NGC 2479	5.0	$150 \pm 15$	63
BH 37	5.0	$180 \pm 15$	43

<sup>a</sup> Normalizado a un área circular de 50 pixeles de radio.

Tabla 2. Parámetros fundamentales derivados.

	Berkeley 26	Czernik 27	Melotte 72	NGC 2479	BH 37
$E(B-V)$ (mag)	0.75	0.08/0.15	0.20	0.05	1.05
$E(V-I)$ (mag)	0.95	0.10/0.20	0.25	0.07	1.30
$V - M_V$ (mag)	15.50	13.40/14.3	13.00	11.00	15.25
Edad ( $\times 10^9$ años)	4.00	0.7/1.1	0.60	1.00	0.70
[Fe/H]	-0.7	0.0	0.0	0.0	0.0

## 2. Historia del gradiente radial de abundancia en el disco

Usando los presentes resultados y los parámetros incluidos en la más reciente versión (Febrero 2009) del catálogo de Dias et al. (2002), investigamos la evolución en el tiempo del gradiente radial de abundancia en el disco. Usamos en total 170 CAs con distancias, edades y metalicidades conocidas. En la Fig. 1 se ilustra cómo varía la metalicidad ([Fe/H]) en función de la distancia galactocéntrica ( $R_{GC}$ ) y la edad. Nótese que Be 26 es uno de los CAs ricos en metales del disco exterior ( $R_{GC} > 10$  kpc). En las Fig. 2 puede apreciarse cómo cambia la metalicidad en función de  $R_{GC}$  y la distancia  $Z$  al plano galáctico, respectivamente, para CAs en 4 diferentes rangos de edad.

La mayor parte de los estudios relacionados con el gradiente radial de abundancia tienden a extrapolar la pendiente encontrada en el rango  $5 < R_{GC}$  (kpc)

$< 12$  para el disco exterior (e.g., Friel et al. 2002, Salaris et al. 2004). Sin embargo, estudios recientes de CAs distantes sugieren que más allá de los 12 kpc, la metalicidad media es  $[\text{Fe}/\text{H}] \approx -0.35$ , con una leve tendencia de variación más allá de esta distancia (Carraro et al. 2004, 2007, Sestito et al. 2006). Como se aprecia en la Fig. 2 (izquierda), la relación  $[\text{Fe}/\text{H}]$  vs.  $R_{GC}$  para los cúmulos más viejos que  $3 \times 10^9$  años muestra una dispersión general en torno a  $[\text{Fe}/\text{H}] \approx -0.5$ , en buen acuerdo con el paradigma de una distribución de metalicidad aproximadamente constante. La variación con  $Z$  de estos cúmulos muy viejos revela que los mismos se observan indistintamente a bajos y elevados valores de  $|Z|$ , lo que se contrapone a la existencia de un gradiente de abundancia perpendicular al plano. Sin embargo, para un estudio más detallado del gradiente radial de abundancia resulta imperativo obtener información sobre los "lugares de formación" de los CAs, particularmente de aquéllos más viejos que  $\sim 3 \times 10^9$  años. Para lograr esto, habrá que aumentar el número de CAs con velocidades radiales y movimientos propios conocidos. Sólo disponiendo de estos datos será posible calcular las órbitas galácticas hacia atrás en el tiempo (Tecce et al. 2006).

Para los CAs con edades en el rango  $2 \times 10^9 < t$  (años)  $< 3 \times 10^9$  (Fig. 2, izquierda), parece haber ocurrido un "período de transición" desde su primitiva formación hasta una época más reciente de formación estelar. Durante este período prevalece una dispersión general en los valores tanto de  $R_{GC}$  como de  $Z$ . Más tarde, durante los últimos 1000 millones de años, ocurrió un estallido de formación de CAs, el cual imprimió al disco claros signos de un gradiente de abundancia. El valor formal de este gradiente para este período es de  $-0.10 \pm 0.04 \text{ kpc}^{-1}$ , en muy buen acuerdo con los valores obtenidos en otros estudios (e.g., Piatti et al. 1995, Friel et al. 2002, Parisi et al. 2005). Téngase presente que los CAs jóvenes se formaron mucho más cerca del centro galáctico que los CAs viejos y dentro de un creciente rango de metalicidad. Sin embargo, la relación  $[\text{Fe}/\text{H}]$  vs.  $R_{GC}$  resultante (Fig. 1) difícilmente pueda interpretarse en términos de una discontinuidad en  $R_{GC}$  kpc, como sugieren Twarog et al. (1997). Por otra parte, si bien algunos CAs formados en esta época se observan actualmente a valores de  $|Z| > 0.5$  kpc, es probable que la mayoría se haya formado a valores más pequeños (Fig. 2, derecha). Finalmente, la historia más reciente de formación de CAs ( $t < 10^9$  años) presenta una característica destacable la cual consiste en la formación continua de CAs para valores de  $R_{GC} < 10$  kpc y  $|Z| < 0.2$  kpc.

## Referencias

- Carraro, G., Bresolin, F. et al., 2004, *AJ*, 128, 1683  
 Carraro, G., Chiosi, C., 1994, *A&A*, 287, 761  
 Carraro, G., Geisler, D., Villanova, S., Frinchaboy, M., Majewski, S.R., 2007, *A&A*, 476, 217  
 Dias, W., Alessi, B.S., Moitinho, A., Lepine, J.R.D., 2002, *A&A*, 141, 371  
 Friel, E.D., Janes, K.A., Tavarez, M., Scott, J., Katsanis, R., Lotz, J., Hong, L., Miller, N., 2002, *AJ*, 124, 2693  
 Janes, K.A., Phelps, R.L., 1994, *AJ*, 108, 1773  
 Lejeune, T., Schaerer, D., 2001, *A&A*, 366, 538  
 Parisi, M.C., Clariá, J.J., Piatti, A.E., Geisler, D., 2005, *MNRAS*, 363, 1247

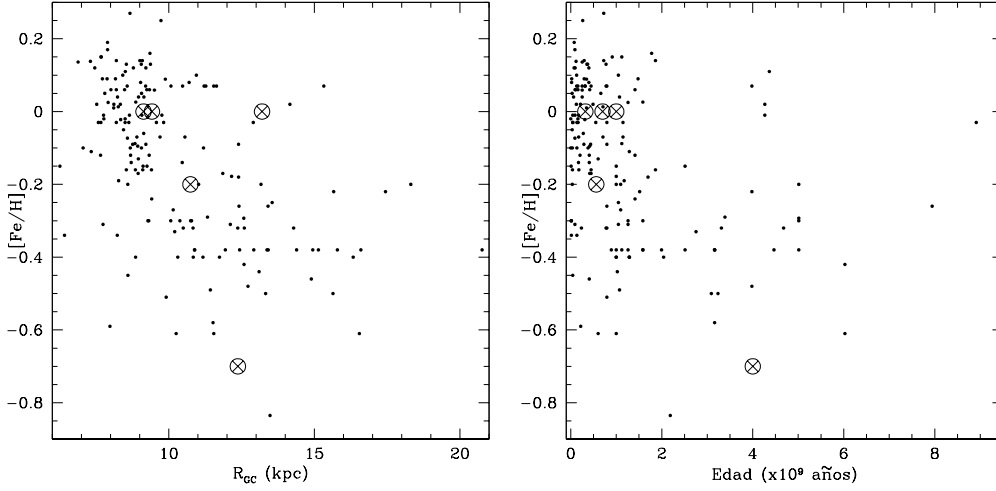


Figura 1. Variación de la metalicidad con la distancia Galactocéntrica  $R_{GC}$  (izquierda) y con la edad (derecha). Los círculos de mayor tamaño corresponden a los 5 cúmulos estudiados.

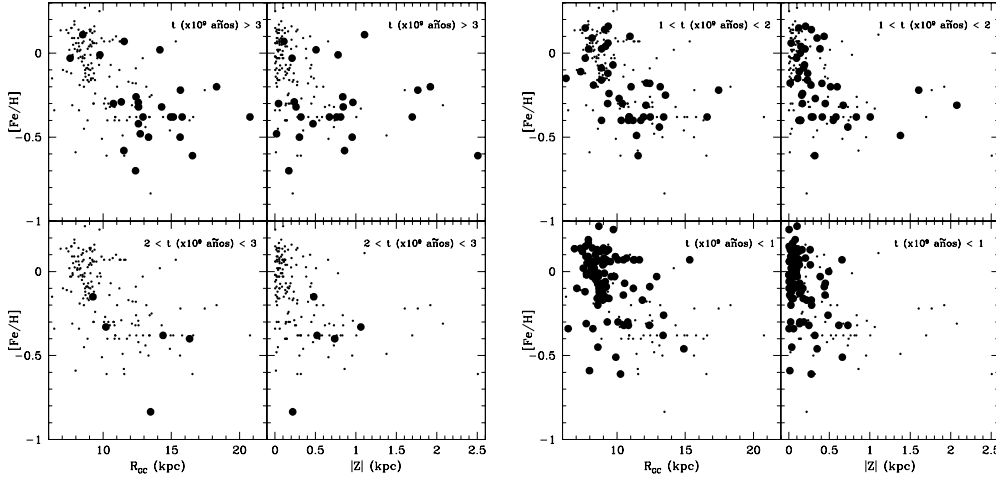


Figura 2. Relación de la metalicidad de los CAs con la distancia Galactocéntrica  $R_{GC}$  y con la altura al plano galáctico  $|Z|$ . Los círculos mayores corresponden a CAs con edades comprendidas dentro de los rangos de edad indicados en cada panel.

- Piatti, A.E., Clariá, J.J., Abadi, M.G., 1995, *AJ*, 110, 2813  
 Piatti, A.E., Clariá, J.J., Ahumada, A.V., 2009, *MNRAS*, 397, 1073  
 Salaris, M., Weiss, A., Percival, S.M., 2004, *A&A*, 414, 163  
 Sestito, P., Bragaglia, A., Randich, S., Carretta, E., Prisinzano, L., Tosi, M., 2006, *A&A*, 458, 121  
 Tecce, T.E., Pelliza, L.J., Piatti, A.E., 2006, *RMAA, Conf. Series*, 26, 86  
 Twarog, B.A., Ashman, K.M., Anthony-Twarog, B.J., 1997, *AJ*, 114, 2556