

Asociación Argentina de Astronomía  
BAAA, Vol. 54, 2011  
J.J. Clariá, P. Benaglia, R. Barbá, A.E. Piatti & F.A. Bareilles, eds.

## PRESENTACIÓN MURAL

### Estudio de cúmulos estelares de la Nube Menor de Magallanes: fotometría de Washington de 14 cúmulos de edad intermedia

A. E. Piatti<sup>1,2</sup>, J. J. Clariá<sup>2,3</sup>, E. Bica<sup>4</sup>, D. Geisler<sup>5</sup>, A. V. Ahumada<sup>2,3,6,7</sup> & L. Girardi<sup>8</sup>

(1) Instituto de Astronomía y Física del Espacio, Buenos Aires, Argentina

(2) CONICET, Argentina

(3) Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

(4) Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, Brasil

(5) Universidad de Concepción, Chile

(6) Observatorio Europeo del Sur, Santiago, Chile

(7) Observatorio Astronómico de Bologna, Italia

(8) Observatorio de Padova, Italia

**Abstract.** We present CCD photometry in the Washington system  $C$  and  $T_1$  bands of 14 star clusters of the Small Magellanic Cloud (SMC). We determine ages and metallicities using theoretical isochrones, the  $\delta T_1$  parameter and the Red Giant Standard method. Excepting IC 1708, all the observed clusters are aged between 1 and 6.3 Gyr, while their metallicities ( $[Fe/H]$ ) range between -0.7 and -1.4. Two important cluster formation episodes in the SMC, dated at  $\sim 2$  Gyr and  $\sim 5$  Gyr ago, were detected. During approximately the first 4 Gyr in the SMC lifetime, the cluster formation rate turned out to be constant. A detailed version of this work can be seen in Piatti et al. (2011, MNRAS, 417, 1559).

**Resumen.** Presentamos fotometría CCD en las bandas  $C$  y  $T_1$  del sistema de Washington de 14 cúmulos estelares de la Nube Menor de Magallanes (NmM). Usando isócronas teóricas, el parámetro  $\delta T_1$  y el método de las Ramas Gigantes Estándar, determinamos edades y metalicidades. Excepto IC 1708, todos los cúmulos observados tienen edades entre 1000 y 6300 millones de años y valores de  $[Fe/H]$  entre -0.7 y -1.4. Constatamos dos importantes episodios de formación de cúmulos en la NmM ocurridos hace  $\sim 2$  mil y  $\sim 5$  mil millones de años. Durante los primeros 4 mil millones de años desde que se formaron los cúmulos, la tasa de formación de los mismos se mantuvo constante. Una versión detallada de este trabajo puede verse en Piatti et al. (2011, MNRAS, 417, 1559).

## 1. Introducción

Contrariamente a la Nube Mayor de Magallanes, la NmM ha formado cúmulos de manera casi continua durante la mayor parte de su existencia. Dado que sorprendentemente el estudio de sus cúmulos no ha sido hasta ahora debidamente explotado, nuestro grupo viene llevando a cabo observaciones sistemáticas de muchos de ellos usando las bandas  $C$  y  $T_1$  del sistema fotométrico de Washington. En este trabajo presentamos resultados

obtenidos con el telescopio de 1.5 m del Observatorio de Cerro Tololo (Chile) para los siguientes objetos: HW 66, HW 79, HW 84, HW 85, HW 86, IC 1708, L 3, L 28, L 100, L 106, L 108, L 109, L 112 y NGC 643.

## 2. Diagramas color-magnitud

A manera de ejemplo, en la Fig. 1 (izquierda) mostramos el diagrama  $(T_1, C - T_1)$  observado de L 100. Los restantes objetos exhiben características más o menos similares. El hecho de que tanto las estrellas de los cúmulos como de los campos circundantes estén aproximadamente a la misma distancia, dificulta la "limpieza" de los diagramas color-magnitud (CM)  $T_1$  vs.  $C - T_1$ . El método estadístico aplicado en cada caso para descontaminar los diagramas CM se describe en detalle en Piatti et al. (2011).

## 3. Edades y metalicidades

Estimamos primeramente edades y metalicidades de los 14 cúmulos observados mediante ajustes de isócronas del grupo de Padova (Girardi et al. 2002). Para ello, estimamos previamente excesos de color  $E(B - V)$  usando los mapas de Burstein & Heiles (1982) y Schlegel et al. (1998), los cuales muestran en general buen acuerdo. Los enrojecimientos adoptados pueden verse en la Tabla 1. Para los ajustes, usamos el valor  $(m - M)_0 = 18.90 \pm 0.10$  reportado por Glatt et al. (2010) para la NmM y las expresiones  $C - T_1 = 1.97E(B - V)$  y  $M_{T_1} = T_1 + 0.58E(B - V) - (V - M_V)$  (Geisler & Sarajedini 1999). Calculamos además edades a partir del índice  $\delta T_1$  - diferencia entre la magnitud  $T_1$  del "clump" y del punto de desvío de la secuencia principal - y la ecuación (4) de Geisler et al. (1997). Los valores resultantes (en unidades de  $10^9$  años) muestran buen acuerdo con los inferidos a partir de los ajustes de isócronas (Tabla 1). Finalmente, estimamos metalicidades a partir del método de las Ramas Gigantes Estándar (RGE) de Geisler & Sarajedini (1999) y corregimos por efectos de edad siguiendo las prescripciones de Geisler et al. (2003). Las metalicidades resultantes se muestran en la Tabla 1. Nótese el muy buen acuerdo existente entre estos valores y los determinados vía isócronas.

## 4. Historia de formación de cúmulos estelares en la NmM

La Fig. 1 (derecha), construida con datos del presente trabajo y otros tomados de la literatura (Mighell et al. 1998; Da Costa & Hatzidimitriou 1998; Da Costa 1999; Piatti et al. 2001, 2005a,b, 2007a,b,c, Rafelski & Zaritsky 2005; Rochau et al. 2007; Bica et al. 2008), demuestra que hace  $\sim 2$  mil y  $\sim 5$  mil millones de años ocurrieron dos importantes eventos de formación de cúmulos en la NmM. Glatt et al. (2008) no encontraron estos picos, pues utilizaron edades de sólo 15 cúmulos. En nuestro histograma se han incluido los 43 cúmulos más viejos que 1000 millones de años. De la figura se desprende además que durante los primeros 4 mil millones de años, después de la formación del sistema de cúmulos de la NmM, la tasa de formación de estos objetos se mantuvo constante, ya que la pendiente de la distribución de edades no varía en el intervalo  $8 < (t) \times 10^9$  años  $< 12$ . Para este período, parecería razonable aceptar un modelo de formación continua de cúmulos, suponiendo homogeneidad química, como el propuesto por Da Costa & Hatzidimitriou (1998). Luego, hace  $\sim 7500$  millones de

años, la distribución de edades presenta un abrupto cambio en la pendiente como consecuencia de un exceso de cúmulos producto, muy probablemente, de la interacción entre las dos Nubes de Magallanes (Tsujimoto & Bekki 2010). Los dos picos de formación de cúmulos ocurridos en los últimos 5 mil millones de años son más bien consistentes con el modelo explosivo de formación de cúmulos de Pagel & Tautvaisiene (1998).

## Referencias

- Bica, E., Santos, J.F.C., Schmidt, A.A., 2008, MNRAS, 391, 915  
Burstein, D., Heiles, C., 1982, AJ, 87, 1165  
Da Costa, G.S., 1999, Proc. IAU Symp 190, p. 446  
Da Costa, G.S., Hatzidimitriou, D., 1998, AJ, 115, 1934  
Geisler, D., Bica, E. et al., 1997, AJ, 114, 1920  
Geisler, D., Piatti, A.E., Bica, E., Clariá, J.J., 2003, MNRAS, 341, 771  
Geisler, D., Sarajedini, A., 1999, AJ, 117, 308  
Girardi, L., Bertelli, G., Bressan, et al., 2002, A&A, 391, 195  
Glatt, K., Grebel, E.K., Koch, A., 2010, A&A, 510, A50  
Glatt, K., Grebel, E.K., Sabbi, E. et al. 2008, AJ, 136, 1703  
Mighell, K.J., Sarajedini, A., French, R.S., 1998, AJ, 116, 2395  
Pagel, B.E.J., Tautvaisiene, G., 1998, MNRAS, 299, 535  
Piatti, A.E., Clariá, J.J., Bica, E. et al., 2011, MNRAS, 417, 1559  
Piatti, A.E., Santos, J.F.C., Clariá et al., 2001, MNRAS, 325, 792  
Piatti, A.E., Santos, J.F.C., Clariá et al., 2005a, A&A, 440, 111  
Piatti, A.E., Sarajedini, A., Geisler, D. et al., 2005b, MNRAS, 358, 1215  
Piatti, A.E., Sarajedini, A., Geisler, D. et al., 2007a, MNRAS, 377, 300  
Piatti, A.E., Sarajedini, A., Geisler, D. et al., 2007b, MNRAS, 381, L84  
Piatti, A.E., Sarajedini, A., Geisler, D. et al., 2007c, MNRAS, 382, 1203  
Rafelski, M., Zaritsky, D., 2005, AJ, 129, 2701  
Rochau, B., Gouliermis, D.A., Brandner et al., 2007, ApJ, 664, 322  
Schlegel, D.J., Finkbeiner, D.P., Davis, M., 1998, ApJ, 500, 525  
Tsujimoto, T., Bekki, K., 2010, ApJL, 700, 69

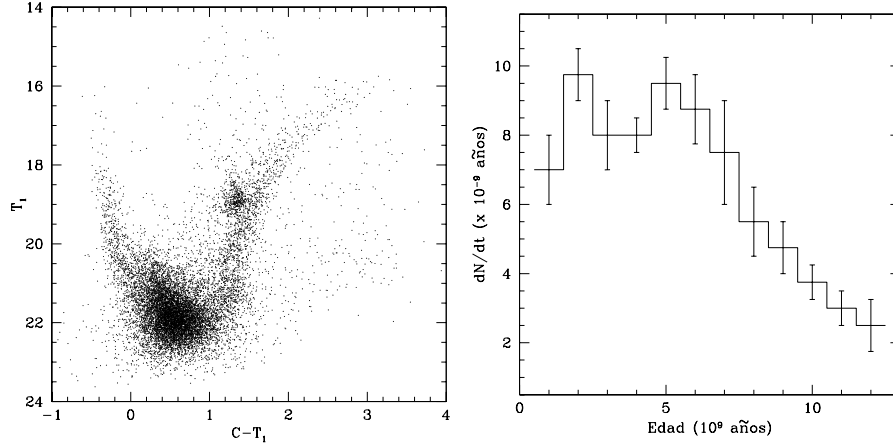


Figura 1. *Izquierda:* Diagrama  $T_1$  vs.  $C - T_1$  de todas las estrellas medidas en el campo de L 100. *Derecha:* Distribución de las edades de los cúmulos de la Nube Menor de Magallanes.

Cúmulo	$E(B - V)$	Edad	Edad	[Fe/H]	[Fe/H]
	Adoptado	Isócrona	$\delta T_1$	Isócrona	RGE
L 1	0.04	$1.00 \pm 0.25$	$1.25 \pm 0.20$	-0.7	-0.65
L 28	0.08	$0.80 \pm 0.20$	$1.20 \pm 0.30$	-0.7	-0.75
HW 66	0.05	$4.00 \pm 0.90$	$3.50 \pm 1.00$	-1.3	-1.35
L 100	0.04	$2.00 \pm 0.50$	$2.30 \pm 0.60$	-0.7	
HW 79	0.06	$5.00 \pm 1.30$	$4.30 \pm 1.20$	-1.3	-1.4
IC 1708	0.04	$0.60 \pm 0.20$		-0.7	
L 106	0.05	$1.10 \pm 0.25$	$2.00 \pm 0.90$	-0.7	
L 108	0.04	$1.10 \pm 0.25$	$1.60 \pm 0.30$	-0.7	
L 109	0.04	$2.50 \pm 0.60$	$3.50 \pm 1.00$	-0.7	-1.0
NGC 643	0.07	$1.00 \pm 0.25$	$1.40 \pm 0.20$	-0.7	-0.7
L 112	0.07	$6.30 \pm 1.40$	$\geq 5.0$	-1.3	-1.4
HW 84	0.03	$0.90 \pm 0.20$	$1.40 \pm 0.20$	-0.7	
HW 85	0.03	$1.10 \pm 0.25$	$2.20 \pm 0.50$	-1.3	
HW 86	0.04	$0.80 \pm 0.20$	$1.40 \pm 0.20$	-0.7	

Tabla 1. Parámetros fundamentales de los cúmulos observados.