

## PRESENTACION MURAL

### **Estudio fotométrico de sistemas binarios y múltiples de cúmulos estelares de la Nube Mayor de Magallanes**

T. Palma<sup>1,2</sup>, J.J. Clariá<sup>1,2</sup>, D. Geisler<sup>3</sup> & A.V. Ahumada<sup>1,2</sup>

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

(2) *CONICET*

(3) *Departamento de Astronomía, Universidad de Concepción, Chile*

**Abstract.** We study 11 probable binary or multiple systems of star clusters (SCs) of the Large Magellanic Cloud. They are formed by 31 SCs, out of which 19 have been observed in the Washington system with the Cerro Tololo “Victor Blanco” 4 m telescope. We confirm a high probability of physical reality for some of the studied binary or multiple system candidates. We also determine their probable formation epochs and show that some of them could not be genuine physical systems. In all cases we recommend to confirm the physical association of these SC systems by examining their heliocentric distances and relative radial velocities.

**Resumen.** Estudiamos 11 probables sistemas binarios o múltiples de cúmulos estelares (CEs) de la Nube Mayor de Magallanes. Estos sistemas están conformados por 31 CEs, 19 de los cuales han sido observados con el telescopio “Victor Blanco” de 4 m de Cerro Tololo en el sistema de Washington. Confirmamos una alta probabilidad de realidad física de algunos de los candidatos estudiados, determinamos sus probables épocas de formación y mostramos, además, que algunos candidatos catalogados podrían no tener realidad física. En todos los casos recomendamos confirmar la asociación física de dichos sistemas mediante estudios de sus distancias heliocéntricas y velocidades radiales relativas.

## 1. Introducción

Los primeros resultados sobre estudios sistemáticos de CEs pertenecientes a sistemas binarios o múltiples de la Nube Mayor de Magallanes (NMM) pueden verse en los catálogos de Bhatia & Hatzidimitriou (1988) y Bhatia et al. (1991). El criterio de selección adoptado para considerar un sistema binario (o múltiple) es que la máxima separación entre las componentes sea menor que 18 pc, asumiendo para la NMM un módulo verdadero de distancia de 18.4 magnitudes. Si bien en las épocas mencionadas se tenía muy escaso conocimiento de las edades de los CEs de la NMM, la tendencia encontrada fue que, en general, los pares de cúmulos de la NMM deberían ser jóvenes, con edades comprendidas entre  $10^7$  y unos pocos cientos de millones de años. Estas edades resultan consistentes con las escalas de tiempo de los “*mergers*” o de los períodos de disgregación de los cúmulos binarios (Bhatia 1990). En los años subsiguientes, varios estudios se

ocuparon de los sistemas binarios y/o múltiples de la NMM. Ejemplos de algunos de estos trabajos son los siguientes: Grebel (1997), de Oliveira et al. (1998), Dieball et al. (2000) y Dieball et al. (2002).

## 2. Observaciones

Usando el telescopio de 4 m del Observatorio de Cerro Tololo, obtuvimos imágenes  $C$  (Washington) y  $R$  (Kron-Cousins) de 19 CEs de la NMM. El filtro  $R$  tiene mayor rendimiento que el  $T_1$  del sistema de Washington, pudiendo transformarse las magnitudes  $R$  a magnitudes  $T_1$  con muy buena precisión. Los 11 candidatos a sistemas binarios o múltiples considerados en el presente estudio se muestran en la Tabla 1, en la cual en negrita se identifican los cúmulos observados.

## 3. Parámetros astrofísicos

Adoptamos para la NMM una distancia de 50 kpc (Saha et al. 2010). Obtuvimos excesos de color  $E(B - V)$  de los CEs mediante interpolación en los mapas de Burstein & Heiles (1982). Estimamos edades y metalicidades mediante ajustes de isócronas teóricas de Girardi et al. (2002) en los diagramas  $(C - T_1, T_1)$  previamente descontaminados. Si bien la NMM tiene una profundidad de  $\sim 3.4$  kpc (Subramanian & Subramaniam 2009), la adopción de una única distancia para todos los CEs observados no afecta la determinación de edades, por las razones expuestas en Palma et al. (2013). En las Figuras 1 y 2 presentamos los diagramas  $(C - T_1, T_1)$  descontaminados para 4 de los 19 cúmulos catalogados como probables miembros de sistemas binarios o múltiples. Hemos superpuesto en ellos las isócronas de Girardi et al. (2002) que mejor representan las características fiduciales de los cúmulos. Los mejores ajustes se lograron usando composiciones químicas  $Z = 0.008$  y  $0.019$ , equivalentes a razones  $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.4, 0.0$  respectivamente, teniendo en cuenta tanto el enrojecimiento como la distancia adoptada para los cúmulos observados. Dado que la NMM se encuentra inclinada respecto del plano perpendicular a la visual, para calcular las distancias angulares reales (deproyectadas) al centro de la NMM, utilizamos la siguiente expresión dada por  $d = d(p) \{1 + [\text{sen}^2(p - p')](\tan^2 i)\}^{0.5}$ , en la cual  $d(p)$  representa la distancia del cúmulo proyectada en el plano del cielo normal a la dirección de la visual,  $p$  y  $p'$  son los ángulos de posición del cúmulo y de la línea de los nodos, respectivamente, y el ángulo  $i$  representa la inclinación del plano de la NMM respecto del plano del cielo. La posición del cúmulo NGC 1928 representa el centro óptico de la NMM. Adoptamos, además, los valores  $35.8^\circ$  y  $145^\circ$  para los ángulos  $i$  y  $p$ , respectivamente (?).

## 4. Resultados

En la Tabla 1 presentamos, en negrita, los 19 cúmulos considerados en este estudio, juntamente con los 13 candidatos a sistemas binarios o múltiples de la NMM. Una manera de constatar si estos candidatos a sistemas múltiples están efectivamente formados por CEs ligados gravitacionalmente, descartando posibles efectos de proyección, sería examinar si las probables componentes de cada

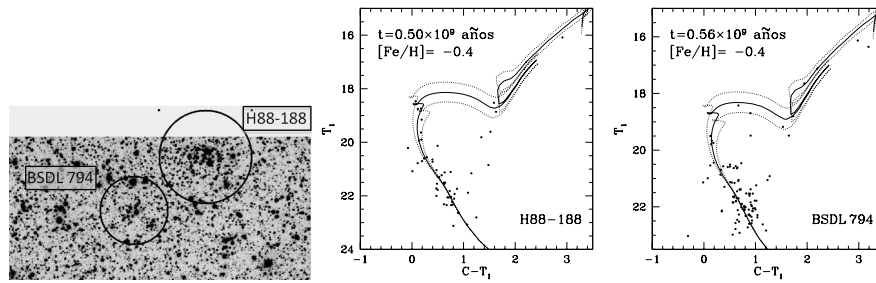


Figura 1. Ajuste de isócronas a los diagramas color-magnitud descontaminados de H88-188 y BSDL 794. La línea continua representa el mejor ajuste, mientras que las líneas punteadas tienen en cuenta los errores asociados. La edad y metalicidad adoptadas se indican en cada diagrama.

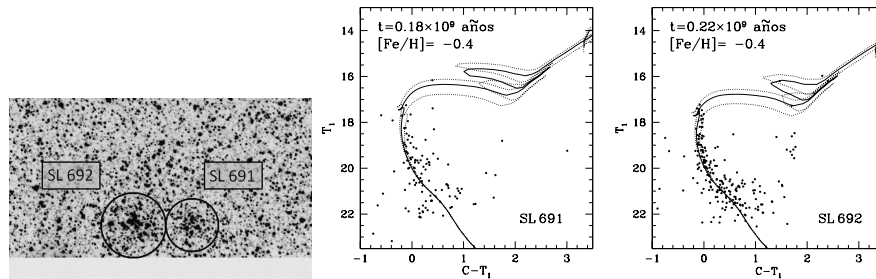


Figura 2. Idem Figura 1 pero para SL 691 y SL 692

sistema tienen aproximadamente la misma edad y metalicidad. Como se aprecia en la Tabla 1, nuestro estudio permite confirmar una alta probabilidad de que los posibles sistemas binarios (2), (5) y (6) constituyan sistemas binarios genuinos. El décimo candidato de la Tabla 1 incluye 3 de sus 4 integrantes con edades comparables, en tanto que el último candidato de la tabla posee ahora 4 integrantes con idénticos enrojecimientos y edades consistentes con un sistema múltiple. En los sistemas binarios (3) y (4) y el sistema múltiple (9), las edades estimadas en el presente trabajo discrepan de las reportadas por ? , PU00 para sus posibles compañeros. Si bien estos agregados podrían no constituir sistemas binarios o múltiples genuinos, creemos que sería conveniente redeterminar sus edades usando alguna otra técnica, con el propósito de confirmar nuestros resultados. Para los sistemas binarios (1) y (7) y múltiple (8) de la Tabla 1, estimamos las edades de al menos una componente en cada caso. Los restantes compañeros en estos 3 probables sistemas resultaron extremadamente débiles y no fueron incluidos en nuestro estudio.

## Referencias

- Bhatia R. K., 1990, PASJ, 42, 757  
 Bhatia R. K., Hatzidimitriou D., 1988, MNRAS, 230, 215  
 Bhatia R. K., et al., 1991, A&AS, 87, 335  
 Burstein D., Heiles C., 1982, AJ, 87, 1165  
 de Oliveira M. R., Dottori H., Bica E., 1998, MNRAS, 295, 921

Tabla 1. Parámetros fundamentales obtenidos. En negrita se identifican los cúmulos observados en el presente estudio.

	Cúmulo	E(B-V)	Edad ( $\times 10^9$ años)	[Fe/H]	d ( $^\circ$ )
1	SL 33	0.12	$2.0 \pm 0.2$	-0.4	5.13
	BSDL 25	–	–	–	5.13
2	H88-188	0.06	$0.50 \pm 0.05$	-0.4	2.71
	BSDL 794	0.06	$0.56 \pm 0.10$	-0.4	2.70
3	HS 156	0.06	$1.1 \pm 0.1$	-0.4	2.52
	HS 154	0.06	0.50 (PU00)	-0.4	2.54
4	SL 460	0.06	$0.028 \pm 0.003$	-0.4	0.49
	BSDL 1614	0.06	0.40/1.0 (PU00)	-0.4	0.49
5	SL 691	0.07	$0.18 \pm 0.02$	-0.4	2.31
	SL 692	0.07	$0.22 \pm 0.02$	-0.4	2.31
6	HS 414	0.09	$0.28 \pm 0.03$	-0.4	2.57
	SL 716	0.07	$0.25 \pm 0.03$	-0.4	2.57
7	SL 748	0.07	$0.22 \pm 0.03$	-0.4	2.71
	BSDL 3118	–	–	–	2.72
8	KMK88-52	0.09	$0.18 \pm 0.02$	0.0	0.63
	BSDL 1423	–	–	–	0.62
	BSDL 1452	–	–	–	0.63
	KMK88-53	–	–	–	0.64
	KMK88-54	–	–	–	0.64
9	KMK88-57	0.06	$0.63 \pm 0.07$	-0.4	0.62
	BSDL 1759	0.06	–	–	0.60
	KMK88-56	0.06	0.25 (PU00)	-0.4	0.59
10	NGC 1969	0.06	$0.16 \pm 0.03$	-0.4	0.54
	NGC 1971	0.06	$0.13 \pm 0.03$	-0.4	0.54
	NGC 1972	0.06	$0.13 \pm 0.03$	-0.4	0.54
	BSDL 1783	–	–	–	0.64
11	BSDL 3050	0.07	$0.22 \pm 0.05$	-0.4	2.53
	BSDL 3072	0.07	$0.28 \pm 0.07$	-0.4	2.58
	KMHK 1389	0.07	$0.16 \pm 0.04$	-0.4	2.55
	KMHK 1408	0.07	$0.40 \pm 0.09$	-0.4	2.60
	BSDL 3063	–	–	–	2.56

- Dieball A., Grebel E. K., Theis C., 2000, A&A, 358, 144  
 Dieball A., Müller H., Grebel E. K., 2002, A&A, 391, 547  
 Girardi L., et al., 2002, A&A, 391, 195  
 Grebel E. K., 1997, A&A, 317, 448  
 Palma T., et al., 2013, A&A, 555, A131  
 Saha A., et al., 2010, AJ, 140, 1719  
 Subramanian S., Subramaniam A., 2009, A&A, 496, 399