Asociación Argentina de Astronomía
BAAA, Vol. 56, 2013
A.C. Rovero, P.B. Tissera, L.J. Pellizza & M. Lares, eds.

PRESENTACION ORAL

Propiedades espectrales integradas de 27 cúmulos estelares concentrados pertenecientes a la Nube Mayor de Magallanes

J.H. Minniti[1,2], A.V. Ahumada[2,3], J.J. Clariá[2,3], A. Benítez-Llambay[2,3]

[1]*Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba*
[2]*Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de Córdoba, Laprida 854, X5000BGR, Córdoba, Argentina*
[3]*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)*

Abstract. We present integrated spectra in the optical range ($\approx 3700-7100$ Å) for 27 concentrated star clusters (SCs) of the Large Magellanic Cloud (LMC). $E(B-V)$ colour excesses and ages of these SCs are determined from two different methods: (1) Measurement of equivalent widths in selected spectral windows. (2) Comparison of the integrated spectra with template spectra. The current sample of integrated spectra complements previous ones in an effort to gather a spectral library with several clusters per age bin.

Resumen. Se presentan espectros integrados en el rango óptico ($\approx$ 3700-7100 Å) de 27 cúmulos estelares (CEs) concentrados de la Nube Mayor de Magallanes (NMM). Se determinan excesos de color $E(B-V)$ y edades para la muestra mencionada a partir de dos métodos diferentes, a saber: (1) Medición de anchos equivalentes en ventanas espectrales seleccionadas. (2) Comparación de espectros integrados con espectros de referencia. La presente muestra de espectros integrados complementa otras previamente obtenidas con la intención de disponer de una biblioteca espectral con varios cúmulos por rango de edad.

1. Introducción

La Nube Mayor de Magallanes (NMM) es una de nuestras galaxias vecinas más cercanas. Por su proximidad, sus cúmulos estelares (CEs) pueden ser resueltos en sus miembros individuales y ser estudiados a partir de diagramas color-magnitud (CM). Los CEs pueden ser considerados unidades de población estelar, caracterizadas por una determinada edad y metalicidad (Bica & Alloin 1986a,). Es por esto que los espectros integrados de CEs, como así también sus espectros de referencia (*templates*) y propiedades espectrales integradas, han sido utilizados en estudios de síntesis de poblaciones estelares e interpretación de espectros de galaxias (e.g., Bica 1988). Comparando edades obtenidas mediante diagramas CM de CEs de la NMM con aquéllas inferidas a partir de espectroscopía integrada,

Asa'd et al. (2013) demostraron recientemente que los espectros integrados en la región del visible proveen muy buenas predicciones de la edad, en comparación con modelos computacionales de alta resolución. Estos autores demostraron que la espectroscopía integrada resuelve, de una manera más robusta, la degeneración edad-enrojecimiento. Los espectros *templates* son de gran utilidad para derivar parámetros de cúmulos individuales, no sólo en nuestra galaxia (e.g., Schiavon et al. 2005; Ahumada et al. 2007), sino también en galaxias lejanas (e.g., Jablonka et al. 1998; Trancho et al. 2007). Por otra parte, éstos son útiles para testear modelos de poblaciones estelares (Lyubenova et al. 2012). Los *templates* se construyen usando espectros integrados individuales de CEs con edades y metalicidades muy parecidas. Por lo tanto, la obtención de espectros integrados de CEs cuyas características astrofísicas son bien conocidas posibilita la creación de nuevos espectros de referencia y, consecuentemente, permite mejorar la resolución temporal de las bibliotecas espectrales ya existentes.

El número recientemente estimado de CEs de la NMM es ≈ 3100 (Bica et al. 2008). Este número, sin embargo, puede ser significativamente mayor si se incluyen asociaciones libres de emisión y objetos relacionados con nebulosas de emisión (Bica et al. 1999). Lamentablemente, el número de CEs de la NMM con estudios detallados a la fecha constituye aún una pequeña fracción de aquéllos catalogados hasta el momento. La determinación de enrojecimientos y edades de CEs de la NMM permite ampliar el conocimiento general del sistema de CEs de esta galaxia. Al mismo tiempo, los parámetros astrofísicos mencionados son de gran utilidad para examinar, entre otras cosas, la historia de formación estelar en la NMM.

2. Observaciones espectroscópicas. Métodos y resultados

Continuando con un programa sistemático de observación espectroscópica de CEs de la NMM, se seleccionaron para este estudio un total de 27 CEs concentrados de la NMM, cuyas principales denominaciones y coordenadas ecuatoriales se presentan en la Tabla 1. Las observaciones fueron realizadas en 2009 y 2011 en el Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO), San Juan (Argentina), usando el telescopio "*Jorge Sahade*"de 2.15 m y el espectrógrafo REOSC (dispersión simple). Para mayores detalles respecto de la configuración utilizada, puede consultarse Minniti et al. (2012). Los espectros integrados finales de la muestra seleccionada, calibrados en longitud de onda y en unidades de flujo, se presentan en la Fig. 1.

Usando espectros integrados de CEs galácticos, Bica & Alloin (1986b) calibraron los anchos equivalentes de las principales líneas de absorción de Balmer (Hα, Hβ, Hγ, Hδ) en función de la edad. Dicha calibración es independiente del enrojecimiento. Continuando con este trabajo, Santos & Piatti (2004) presentaron un nuevo método que permite estimar edades de CEs a partir de sus espectros integrados en el rango visible. Estas calibraciones permitieron realizar una primera estimación de los rangos de edad de los CEs estudiados. La determinación final de edades y excesos de color E(B-V) se llevó a cabo mediante la comparación de los espectros observados con espectros *templates*, con edades bien conocidas. Para ello, se utilizó el programa *Fast Integrated Spectra Analyzer*

Tabla 1. Parámetros de los CEs estudiados

Denominación*	α_{2000} (hs m s)	δ_{2000} (° ′ ″)	Edad adoptada ($\times 10^6$ años)	E(B-V) adoptado	Edades previas ($\times 10^6$ años)**
NGC 1466,SL 1	03 44 33	-71 40 19	> 10000	0.00 ± 0.05	$\sim$ 12000 (a)
NGC 1693,SL 39	04 47 38	-69 20 35	25 ± 15	0.30 ± 0.10	63^{+40}_{-20} (b)
NGC 1696,SL 43	04 48 30	-68 14 35	400 ± 100	0.12 ± 0.02	–
NGC 1711,SL 55	04 50 37	-69 59 06	30 ± 15	0.10 ± 0.05	16^{+9}_{-4}(b); 60-300(c)
NGC 1751,SL 89	04 54 12	-69 48 25	1000 ± 500	0.22 ± 0.05	1400±1000 (d)
NGC 1755,SL 99	04 55 14	-68 12 18	50 ± 20	0.14 ± 0.02	25^{+15}_{-9} (b)
NGC 1756,SL 94	04 54 50	-69 14 17	150 ± 50	0.12 ± 0.02	240^{+60}_{-50} (e)
NGC 1772,SL 128	04 56 53	-69 33 25	30 ± 15	0.21 ± 0.05	40^{+20}_{-15} (b)
NGC 1777,SL 121	04 55 48	-74 16 59	500 ± 200	0.20 ± 0.02	700-800 (f) 1150±150 (g)
NGC 1782,SL 140	04 57 51	-69 23 35	40 ± 20	0.12 ± 0.02	16^{+9}_{-4} (b)
NGC 1783,SL 148	04 59 08	-65 59 18	1500 ± 500	0.09 ± 0.05	1400±200 (h)
NGC 1805	05 02 21	-66 06 38	30 ± 15	0.20 ± 0.10	45±5 (i)
NGC 1818,SL 201	05 04 14	-66 26 02	30 ± 15	0.25 ± 0.15	25-40 (j)
NGC 1847,SL 240	05 07 09	-68 58 23	40 ± 10	0.13 ± 0.02	21^{+40}_{-15} (b)
NGC 1849,SL 267	05 09 34	-66 19 01	300 ± 100	0.00 ± 0.05	200^{+100}_{-75} (b)
NGC 1859,SL 297	05 11 31	-65 15 00	250 ± 100	0.00 ± 0.02	125^{+75}_{-45} (b)
NGC 1887,SL 343	05 16 05	-66 19 12	250 ± 100	0.07 ± 0.02	125^{+75}_{-45} (b)
NGC 1890,SL 331	05 13 46	-72 04 41	50 ± 20	0.13 ± 0.02	30^{+50}_{-18} (b)
NGC 1897,SL 355	05 17 31	-67 27 00	400 ± 100	0.10 ± 0.05	–
NGC 1905,SL 369	05 18 23	-67 16 41	400 ± 100	0.00 ± 0.05	–
NGC 1978,SL 501	05 28 45	-66 14 13	2000 ± 1000	0.15 ± 0.10	1000-2500 (c)
NGC 2160,SL 801	05 58 12	-68 17 24	70 ± 30	0.02 ± 0.02	100^{+60}_{-40} (b)
NGC 2166,SL 811	05 59 33	-67 56 31	400 ± 100	0.00 ± 0.05	–
NGC 2181,SL 825	06 02 43	-65 15 54	400 ± 100	0.10 ± 0.05	–
NGC 2197,SL 838	06 06 07	-67 05 53	400 ± 100	0.10 ± 0.05	–
SL 230	05 06 34	-68 21 47	30 ± 15	0.25 ± 0.15	25^{+15}_{-10} (b)
ESO 121-SC03	06 02 02	-60 31 20	$\sim$ 9000	—	$\sim$ 8900 (k)

* Diferentes designaciones: (SL): Shapley & Lindsay (1963); (ESO): Lauberts (1982). ** Referencias de las edades determinadas por otros autores: (a) Johnson et al. (1999, ApJ, 527, 199); (b) Glatt et al. (2010, A&A, 517, A50); (c) Colucci & Bernstein (2012, ApJ, 749, 124); (d) Goudfrooij et al. (2011, ApJ, 737, 4); (e) Girardi et al. (1995, A&A, 298, 87); (f) Matteuci et al. (2002, A&A, 387,861); (g) Kerber et al. (2007, A&A, 462, 739); (h) Mucciarelli et al. (2007, AJ, 134, 1813); (i) Liu et al. (2009, A&A, 503, 469); (j) Johnson et al. (2001, MNRAS, 324, 367); (k) Xin et al. (2008, MNRAS, 384, 410).

(Benítez-Llambay et al. 2012) y la biblioteca de espectros de referencia de Piatti et al. (2002). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1.

De la muestra estudiada, los cúmulos NGC 1696, NGC 1897, NGC 1905, NGC 2166, NGC 2181 y NGC 2197 no presentan estudios previos. Por lo tanto, los presentes resultados constituyen los primeros en su especie. Un estudio detallado de estos objetos ha sido recientemente publicado (Minniti et al. 2014). Tal como se muestra en la Tabla 1, las edades determinadas para los restantes CEs observados muestran, en general, buen acuerdo con aquéllas obtenidas por otros autores usando otros procedimientos.

Referencias

Ahumada A. V., Clariá J. J., Bica E., 2007, A&A, 473, 437
Asa'd R. S., Hanson M. M., Ahumada A. V., 2013, PASP, 125, 1304
Benítez-Llambay A., Clariá J. J., Piatti A. E., 2012, PASP, 124, 173
Bica E., 1988, A&A, 195, 76
Bica E., Alloin D., 1986a, A&A, 162, 21
Bica E., Alloin D., 1986b, A&AS, 66, 171
Bica E., et al., 1999, AJ, 117, 238
Bica E., et al., 2008, MNRAS, 389, 678
Jablonka P., et al., 1998, A&A, 335, 867
Lauberts A., 1982, ESO/Uppsala survey of the ESO(B) atlas
Lyubenova M., et al., 2012, A&A, 543, A75
Minniti J. H., et al., 2012, Bol. Asoc. Arg. Astron., 55, 119
Minniti J. H., et al., 2014, A&A, 565, A49
Piatti A. E., et al., 2002, MNRAS, 335, 233
Santos Jr. J. F. C., Piatti A. E., 2004, A&A, 428, 79
Schiavon R. P., et al., 2005, ApJS, 160, 163
Shapley H., Lindsay E. M., 1963, Irish Astronomical Journal, 6, 74
Trancho G., et al., 2007, ApJ, 664, 284

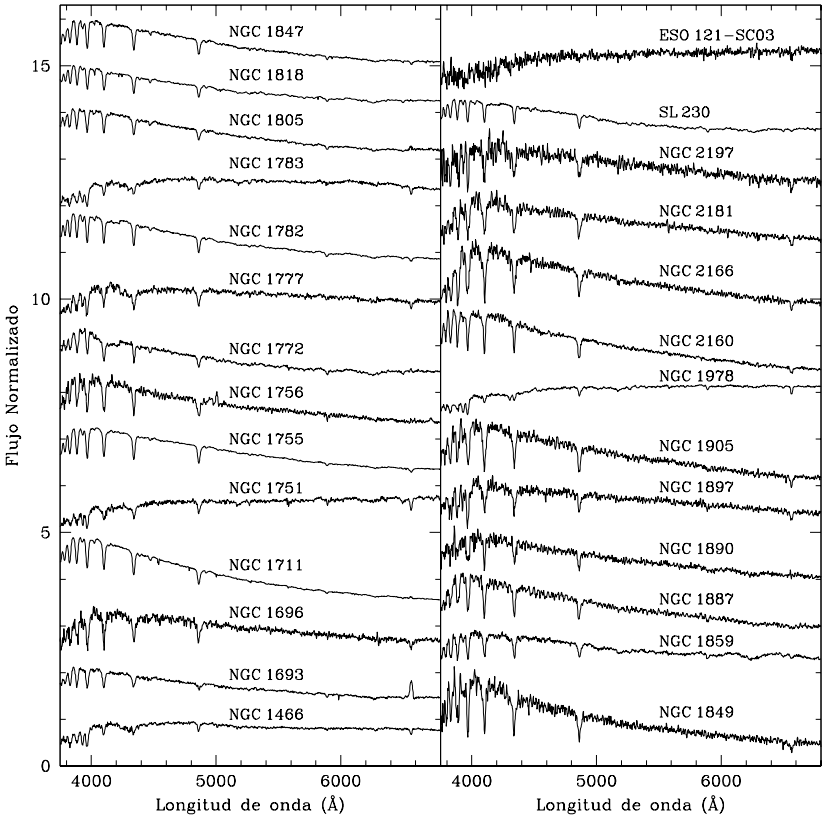


Figura 1. Espectros integrados de los CEs normalizados en $\lambda_n = 5870$ Å y desplazados por constantes arbitrarias para una mejor visualización.

Parte V

Objetos Compactos y Procesos de Altas Energías