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

PRESENTACIÓN MURAL

Espectros integrados EFOSC2/NTT de 10 cúmulos estelares pertenecientes a las Nubes de Magallanes

A. V. Ahumada [1,2,3,4], A. Benítez-Llambay[5], J. F. C. Santos, Jr.[6], J. J. Clariá[1,2], E. Bica[7] & A. E. Piatti[1,8]

(1) CONICET
(2) Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba (OAC)
(3) Observatorio Europeo del Sur, Santiago, Chile (ESO)
(4) Observatorio Astronómico de Bologna, Italia
(5) Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE)
(6) Instituto de Ciências Exatas, UFMG (Brasil)
(7) Instituto de Física, UFRGS (Brasil)
(8) Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE)

Abstract. We present integrated spectra in the optical range for 10 concentrated Magellanic Clouds' (MCs) stellar clusters, six of them belonging to the Large Magellanic Cloud, and the other four to the Small Magellanic Cloud. The spectra were obtained with the EFOSC2 spectrograph (NTT-ESO, La Silla, Chile). We estimate simultaneously age and foreground reddening by comparing the continuum distribution and line strengths of the cluster spectra with those of template spectra. The present cluster sample complements previous ones, in an effort to create a spectral library for the MCs with several clusters per age bin.

Resumen. Se presentan espectros integrados en el rango óptico obtenidos con el espectrógrafo EFOSC2 (NTT-ESO, La Silla, Chile) de 6 cúmulos estelares (CEs) de la Nube Mayor de Magallanes (NMM) y 4 de la Nube Menor (NmM). Las edades y enrojecimientos se determinaron comparando la distribución del continuo y la intensidad de líneas espectrales con estas mismas características en espectros patrones (*templates*). Los 10 cúmulos estudiados abarcan un amplio rango de edad y están levemente enrojecidos. Estos espectros serán de gran utilidad para actualizar las bases de *templates* actualmente existentes para la metalicidad típicamente subsolar de las Nubes de Magallanes (NMs).

1. Introducción

Debido a la riqueza, a la diversidad y a la proximidad de las NMs, estas dos galaxias constituyen un excelente laboratorio en el cual es posible examinar con detalle los procesos de formación estelar y de enriquecimiento metálico ocurridos a lo largo del tiempo. La determinación de los parámetros fundamentales de los CEs, particularmente la edad, resulta fundamental para comprender la estructura y evolución de estas dos galaxias. Se estima que en la NMM y en la NmM hay aproximadamente 4200 y 900 CEs,

respectivamente (Hodge 1986, 1988). Sin embargo, sólo los cúmulos más concentrados pueden ser estudiados a partir de espectroscopía integrada.

2. Observaciones espectroscópicas[1]

Todos los espectros fueron obtenidos con el NTT (*New Technology Telescope* - ESO), ubicado en el Observatorio de La Silla (Chile). Se utilizó el espectrógrafo EFOSC2 (*ESO Faint Object Spectrograph and Camera*) en el modo de 'dispersión simple', una ranura de 2.0" y dos grismas de 300 líneas/mm de manera de cubrir los rangos espectrales: (3800-7520)Å (Gr #11) y (5200-9350)Å (Gr #5). Acá sólo se presenta el estudio realizado en la región visible del espectro electromagnético.

Se realizaron para cada objeto 2 observaciones paseando el telescopio a velocidad constante sobre el cúmulo. Esta velocidad dependió del diámetro y de la magnitud integrada de cada CE. Para la calibración en flujo, se observaron durante cada noche 3 estándares espectrofotométricas de la lista de Stone & Baldwin (1983) y se obtuvieron espectros de lámparas de He-Ar para permitir la ulterior calibración en longitud de onda. Las reducciones fueron realizadas utilizando el paquete de *software* IRAF[2] en la ESO (Chile).

3. Análisis y resultados

Las edades y excesos de color $E(B-V)$ de los cúmulos se determinaron mediante el ajuste de espectros *templates* de diferentes edades, usando el programa FISA "*Fast Integrated Spectra Analyzer*" (Benítez-Llambay et al. 2011). Este programa permite elegir el *template* más adecuado a partir de la minimización de los correspondientes residuos. A continuación se presenta una breve discusión de los resultados obtenidos.

3.1. Nube Menor de Magallanes

Lindsay 114: Este cúmulo registra un par de estudios previos: Ahumada et al. (2002) estimaron una edad próxima a los 5x10^9 años mediante espectroscopía integrada, y Piatti et al. (2007), determinaron una edad menor (140x10^6 años). La diferencia entre estos valores se debe probablemente a la presencia de una estrella brillante cercana a L 114 que puede haber contaminado fuertemente su espectro integrado. En este estudio se encuentra que la mejor comparación se logra con el promedio de los *templates* Yf de (100-150)x10^6 años e Ye de (45-75)x10^6 años de la base de Piatti et al. (2002, PBCSA02), luego de corregir el espectro observado por $E(B-V)$=0.14.

NGC 121: Existen más de un centenar de publicaciones sobre este cúmulo, hasta el momento el único globular genuino de la NmM. La edad más confiable para NGC 121 es de (10.5-11.8)x10^9 años y ha sido determinada por Glatt et al. (2008) usando imágenes del Telescopio Espacial Hubble. La mejor comparación se logró con el *template* G5 con una edad semejante a la de un cúmulo globular (CG) (Bica 1988, B88).

NGC 330: La mejor comparación del espectro integrado de NGC 330 se logró con el *template* Yd de 40x10^6 años de PBCSA02. Esta edad es similar a la estimada tanto

[1] Propuesta de observación 084.D-0103 (ESO).

[2] IRAF es distribuido por NOAO (AURA, NSF).

por Martayan et al. (2007) como por Pietrzynski & Udalski (1999), en tanto que el exceso de color derivado ($E(B-V)$=0.25) es elevado para un CE de la NmM. Por lo tanto, se analizarán nuevamente los datos obtenidos.

NGC 306: Se determinó a partir del programa FISA que el *template* Yb3 de PBCSA02, cuya edad es (5-10)x10^6 años, es el que mejor ajusta el espectro obtenido. Al igual que para NGC 330, el $E(B-V)$=0.25 es ciertamente elevado. La edad de NGC 306 ha sido estimada en 30x10^6 años por Ahumada et al. (2002), en 79x10^6 años por Martayan et al. (2007) y en 80x10^6 años por Piatti et al. (2008). Dado que la edad inferida en este estudio es menor a en relación a los valores mencionados, se tiene previsto analizar nuevamente los datos encontrados.

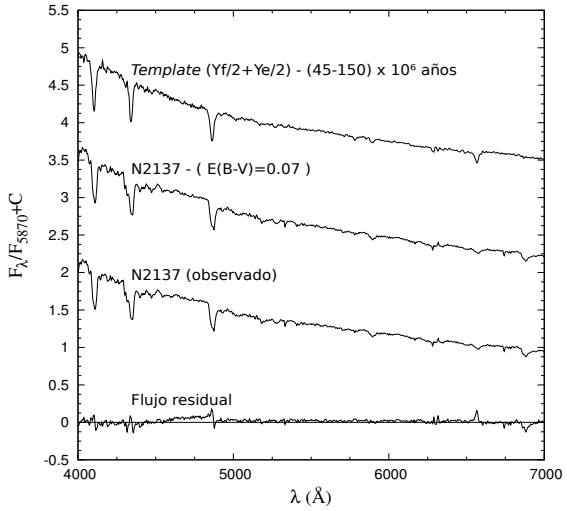


Figura 1. Espectro de NGC 2137 y el corregido por enrojecimiento (medio), el *template* escogido (arriba) y el flujo residual (abajo).

3.2. Nube Mayor de Magallanes

NGC 1754: Este cúmulo fue clasificado como tipo SWB VII por Bica et al. (1996), por lo que bien podría tratarse de un objeto muy viejo. Esta característica fue confirmada tanto por Olsen et al. (1998) como por Sharma et al. (2010) quienes estimaron para NGC 1754 edades de 15.6x10^9 años y 14x10^9 años, respectivamente. La mejor comparación se logró con el *template* G5 de B88, lo que indica que la edad de NGC 1754 es semejante a la de un CG.

NGC 1836: A partir de fotometría en el sistema de Washington y mediante el ajuste de isócronas teóricas, Piatti et al. (2003b) encontraron que NGC 1836 está afectado por un enrojecimiento $E(B-V)$=0.06 y estimaron su edad en (400$\pm$200)x10^6 años. Estos resultados son notablemente similares a los inferidos en el presente estudio.

NGC 1839: Este objeto, comparativamente débil, fue observado espectroscópicamente en el CASLEO por Santos et al. (2006), quienes derivaron una edad de 90x10^6 años. Previamente, mediante ajuste de isócronas, Piatti et al. (2003a) reportaron una edad de (125$\pm$25)x10^6 años y un $E(B-V)$=0.06. La mejor comparación que se obtuvo en este estudio fue con el promedio de los *templates* de PBCSA02 Yg e Yf de

(200-350)x10^6 años y (100-150)x10^6 años, respectivamente, luego de corregir el espectro observado de NGC 1839 por $E(B-V)$=0.04.

NGC 2136 y NGC 2137: Es muy probable que estos dos CEs constituyan un par físico (Dirsch et al. 2000). Recientemente y, en base a espectroscopía integrada, Palma et al. (2008) reportaron para NGC 2136 y NGC 2137 edades similares de (60-70)x10^6 años. La Fig. 1 muestra la comparación del espectro de NGC 2137, corregidos por $E(B-V)$=0.07, con el promedio de los *templates* Yf e Ye de PBCSA02. Nótese que el flujo residual es bastante pequeño.

SL 237: Si bien la razón S/N del espectro de este CE es baja, se logró un ajuste aceptable con el promedio de los *templates* Yd (40x10^6 años) e Ye (60x10^6 años) de PBCSA02, luego de corregir el espectro obtenido por $E(B-V)$=0.02. La edad inferida para SL 237 muestra buen acuerdo con el valor de 50x10^6 años derivado para este cúmulo por Santos et al. (2006).

Agradecimientos. Para la realización de este trabajo se utilizó la base de datos *SIMBAD* (CDS, Strasbourg, France), como así también la del *Astrophysics Data System* (NASA), y la del *Canadian Astronomy Data Centre* (operada por el *National Research Council of Canada* con el soporte de la *Canadian Space Agency*).

Referencias

Ahumada, A.V., Clariá, J.J., Bica, E., Dutra, C.M. 2002, A&A, 393, 855
Benítez Llambay, A., Clariá, J.J., & Piatti, A.E. 2011, en preparación
Bica, E. 1988, A&A, 195, 76 (B88)
Bica, E., Clariá, J.J., Dottori, H., Santos, J.F.C., Jr., et al. 1996, ApJS, 102, 57
Dirsch, B., Richtler, T., Gieren, W.P., & Hilker, M. 2000, A&A, 360, 133
Glatt, K., Gallagher, J.S., Grebel, E.K., Nota, A., Sabbi, E., et al. 2008, AJ, 135, 1106
Hodge, P.W. 1986, PASP, 98, 113
Hodge, P.W. 1988, PASP, 100, 1051
Martayan, C., Fremat, Y., Hubert, A.-M., Floquet, et al. 2007, A&A, 462, 683
Olsen, K.A.G., Hodge, P.W., Mateo, M., Olszewski, et al. 1998, MNRAS, 300, 665
Palma, T., Ahumada, A.V., Clariá, J.J., Santos, J.F.C., Jr., et al. 2008, AcA 58, 359
Piatti, A.E., Bica, E., Clariá, J.J., et al. 2002, MNRAS, 335, 233 (PBCSA02)
Piatti, A.E., Geisler, D., Bica, E., & Clariá, J.J. 2003a, MNRAS, 343, 851
Piatti, A.E., Bica, E., Geisler, D., & Clariá, J.J. 2003b, MNRAS, 344, 965
Piatti, A.E., Sarajedini, A., Geisler, D., Gallart, C., et al. 2007, MNRAS, 382, 1203
Piatti, A.E., Geisler, D., Sarajedini, A., Gallart, C., et al. 2008, MNRAS, 389, 429
Pietrzynski, G., & Udalski, A. 1999, AcA, 49, 157
Santos, Jr., J.F.C., Clariá, J.J., Ahumada, A.V., Bica, E., et al. 2006, A&A, 448, 1023
Sharma, S., Borissova, J., Kurtev, R., Ivanov, V.D., & Geisler, D. 2010, AJ, 139, 878
Stone, R. P. S., & Baldwin, J. A. 1983, MNRAS, 204, 347