

Espectroscopía en el cúmulo abierto NGC 6834

M. Ruiz Diaz¹, Y.J. Aidelman^{1,2}, G. Baume^{1,2}

(1) *Instituto de Astrofísica de La Plata (CONICET-UNLP)*

(2) *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - UNLP*

Resumen. Los cúmulos abiertos son objetos ideales para estudiar estrellas masivas y de masa intermedia. En particular NGC 6834 es un objeto muy estudiado, sin embargo no hay muchas determinaciones de tipos espectrales de sus estrellas miembro. Con el fin de realizar una clasificación espectral y derivar los parámetros estelares fundamentales, hemos trabajado con espectros, adquiridos por el observatorio Gemini Norte, con el instrumento GMOS en modo máscara. Se determinaron los parámetros fundamentales de 36 estrellas observadas en la región de NGC 6834. Cabe destacar que para la mayoría de estas estrellas es la primera vez que se les determinó su clasificación espectral, temperatura efectiva, gravedad superficial y magnitudes absolutas visual y bolométrica.

Abstract. Open clusters are ideal objects for the study of massive and intermediate-mass stars. In particular NGC 6834 is a well-studied object, however there are not many spectral type determinations of its member stars. To perform a spectral classification and derive the fundamental stellar parameters, we have worked with spectra acquired by the Gemini North Observatory with the GMOS instrument in mask mode. The fundamental parameters of 36 stars observed in the region of NGC 6834 were determined. It is noteworthy that for most of these stars it is the first time that their spectral classification, effective temperature, surface gravity, and visual and bolometric absolute magnitudes have been determined.

1. Introducción

Se puede considerar que las estrellas de un dado cúmulo son aproximadamente coetáneas y que comparten la misma composición química. Aunque ellas pueden tener distintas masas, velocidades de rotación y luminosidades. Por este motivo los cúmulos abiertos permiten analizar de forma más simple aquellas estrellas que tienen características en común, por ejemplo, la población de estrellas B (Baume *et al.*, 2011, Aidelman *et al.* 2018).

En este contexto, estamos llevando a cabo un estudio fotométrico y espectroscópico del cúmulo NGC 6834 ($\alpha_{J2000} = 19^h 52^m 12.48^s$, $\delta_{J2000} = +29^\circ 23' 56.4''$) utilizando datos adquiridos con GMOS en GEMINI norte en el año 2012. Con el objetivo de contribuir a ampliar el conocimiento de características globales y particulares tanto de los cúmulos abiertos como de la población de estrellas de tipo espectral B.

En una primera etapa realizamos el análisis de los datos fotométricos, a partir de los cuales se estimaron una distancia de 3.33 ± 0.57 kpc y un exceso de color $E(B - V) = 0.66$ mag (Ruiz Diaz *et al.*, 2021).

En este trabajo presentamos los primeros resultados del análisis de 36 espectros correspondientes a estrellas ubicadas en la región de NGC 6834.

2. Observaciones y metodología

Se obtuvieron los espectros de 36 estrellas en la noche del 14/06/2012 con el instrumento GMOS en modo multiobjeto. Se utilizó la red de dispersión B600 centrada en 4000 Å y ranuras rectangulares de 1'' de ancho, con un *binning* de 2×2 . En términos generales el rango en longitud de onda cubierto es de 3800–5000 Å, con una resolución $R \sim 1100$. Los rangos espectrales pueden variar levemente entre los diferentes espectros dependiendo de la posición de la ranura sobre la máscara.

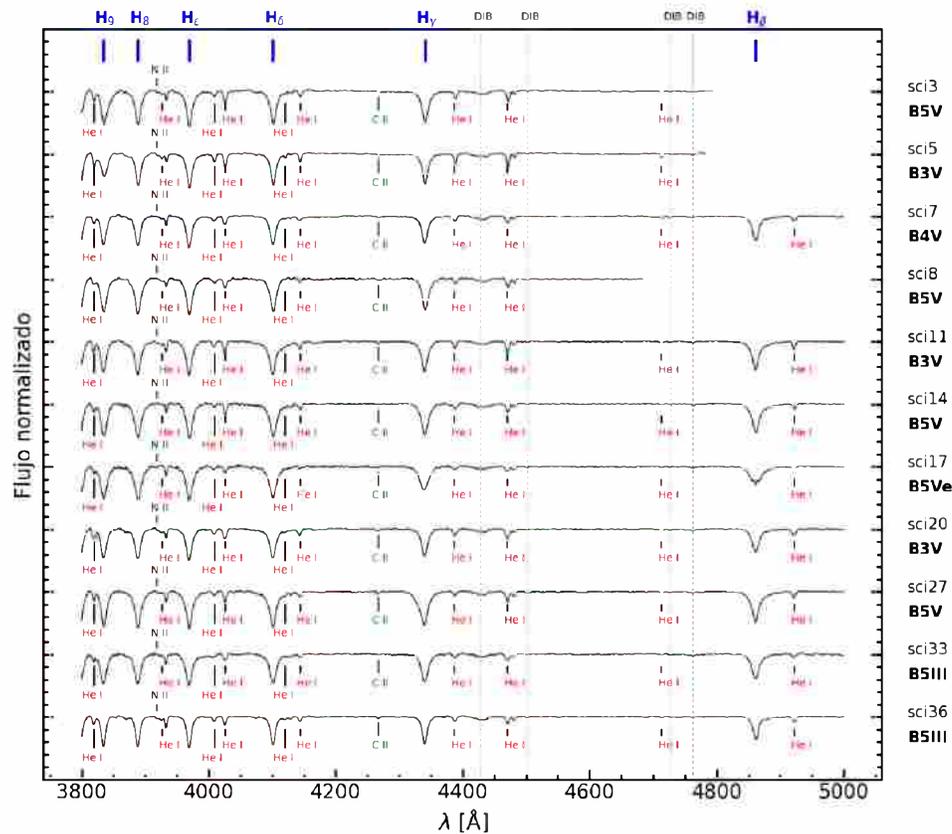


Figura 1: Espectros de las estrellas clasificadas con tipos espectrales de B3 a B5.

La reducción de los espectros fue realizada usando los paquetes GEMINI y GMOS de IRAF v2.16. Las observaciones fueron corregidas por *overscan*, *bias* y *flat-field*, y fueron calibradas en longitud de onda y en flujo.

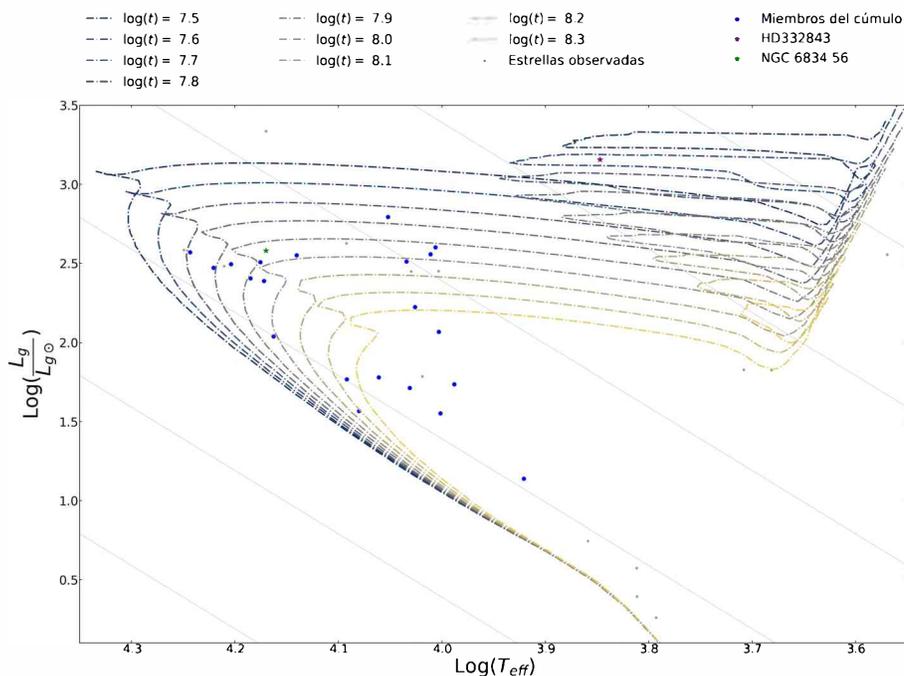


Figura 2: Diagrama HR espectroscópico. En el eje vertical se grafican las luminosidades pesadas por gravedad de cada estrella respecto a la del Sol, $\log(L_g/L_{g\odot}) = \log(T_{\text{eff}}^4/g) - \log(L_{g\odot}^4)$. Los símbolos azules y grises distinguen a las estrellas pertenecientes al cúmulo de las que no, respectivamente (Cantat-Gaudin *et al.*, 2018). Las isocronas corresponden a metalicidad solar y fracción de rotación $v_{\text{ini}}/v_{\text{crit}} = 0.4$ para la ZAMS (Ekström *et al.*, 2012).

2.1. Parámetros fundamentales

A partir de los espectros estelares se obtuvieron los parámetros fundamentales. Esto es: tipo espectral y clase de luminosidad, temperatura efectiva (T_{eff}), logaritmo de gravedad superficial ($\log g$), magnitud absoluta visual (M_V), corrección bolométrica (CB) e índice de color intrínseco $(B - V)_0$. Estos datos permitieron estimar el exceso de color $E(B - V)$ para cada estrella.

Se realizó la clasificación espectral MK (Morgan *et al.*, 1943), a través de un análisis cualitativo del cociente de intensidades de líneas espectrales particulares siguiendo los criterios elaborados por Gray & Corbally (2009). En la Figura 1 se muestran las estrellas de tipos espectrales entre B3 y B5, y se indican las líneas utilizadas para su clasificación.

Para determinar T_{eff} y $\log g$ se utilizó el programa ULYSS¹ (Koleva *et al.*, 2009), que compara con espectros de la librería Elodie 3.1 (Prugniel *et al.*, 2001).

Una vez determinados los tipos espectrales y T_{eff} para cada estrella, se calcularon los valores de M_V utilizando el trabajo de Wegner (2007). Mientras que para estimar la magnitud bolométrica se utilizó la CB de las tablas provistas por

¹<http://ulyss.univ-lyon1.fr/>

Tabla 1: Fotometría y parámetros fundamentales de las 36 estrellas observadas espectroscópicamente.

ID	α J2000.0	δ J2000.0	ID 2MASS	T.E	g'	T_{eff} [K]	$\log g$ [cm s $^{-2}$]	M_V	$(B-V)_0$	CB
sci1	19:52:05.98	+29:23:54.4	19520598+2923544	F0V	11.64	7225 \pm 7	4.1 \pm 0.01	2.23	0.3	0.03
sci2	19:52:06.27	+29:24:16.4	19520626+2924164	A0V	15.59	9732 \pm 97	3.6 \pm 0.1	0.69	-0.01	0.19
sci3	19:52:07.30	+29:27:49.8	19520729+2927498	B5V	13.12	16624 \pm 86	3.8 \pm 0.04	-1.21	-0.19	-1.48
sci4	19:52:07.54	+29:28:05.3	19520754+2928052	B9III	15.4	10618 \pm 235	3.3 \pm 0.2	-0.77	-0.06	-0.38
sci5	19:52:08.87	+29:27:52.7	19520886+2927526	B3V	12.62	17758 \pm 87	3.8 \pm 0.03	-1.68	-0.21	-1.63
sci6	19:52:08.16	+29:27:52.7	19520815+2927527	B9III	15.37	10256 \pm 147	2.9 \pm 0.07	-0.77	-0.04	-0.3
sci7	19:52:11.06	+29:23:52.5	19521105+2923525	B4V	12.61	15989 \pm 83	3.7 \pm 0.04	-1.28	-0.19	-1.39
sci8	19:52:09.33	+29:28:10.0	19520932+2928099	B5V	13.78	14983 \pm 171	3.6 \pm 0.08	-1.21	-0.17	-1.24
sci9	19:52:09.80	+29:23:59.2	19520980+2923592	B7V	14.96	12029 \pm 72	4.1 \pm 0.03	-0.67	-0.11	-0.69
sci10	19:52:10.14	+29:23:44.8	19521014+2923447	B9III	15.05	10147 \pm 73	2.8 \pm 0.03	-0.77	-0.04	-0.28
sci11	19:52:14.15	+29:23:58.5	19521415+2923585	B3V	12.78	16236 \pm 69	3.7 \pm 0.03	-1.68	-0.19	-1.42
sci12	19:52:11.60	+29:27:32.9	19521160+2927329	F6V	14.82	6484 \pm 22	4.1 \pm 0.05	3.15	0.38	0.03
sci13	19:52:12.40	+29:26:17.8	19521240+2926178	B9V	15.45	10451 \pm 75	3.7 \pm 0.09	0.1	-0.05	-0.35
sci14	19:52:13.49	+29:26:04.5	19521349+2926045	B5V	13.89	15313 \pm 73	3.7 \pm 0.04	-1.21	-0.18	-1.21
sci15	19:52:12.69	+29:24:55.1	19521268+2924550	B8V	15.28	11516 \pm 74	3.9 \pm 0.07	-0.49	-0.09	-0.58
sci16	19:52:15.64	+29:26:48.4	19521563+2926484	K2IV	14.74	4801 \pm 17	2.3 \pm 0.04	0.86	1.02	-0.41
sci17	19:52:15.10	+29:23:15.6	19521510+2923155	B5Ve	14.03	14545 \pm 83	4.0 \pm 0.03	-1.21	-0.17	-1.16
sci18	19:52:19.18	+29:27:27.2	19521918+2927272	M0III	13.77	3711 \pm 3	1.1 \pm 0.02	-0.94	1.62	-1.68
sci19	19:52:17.91	+29:25:47.6	19521790+2925476	F8III	13.05	6209 \pm 10	4.3 \pm 0.02	2.17	0.52	-0.02
sci20	19:52:18.88	+29:23:34.1	19521888+2923341	B3V	12.72	17516 \pm 85	3.8 \pm 0.03	-1.68	-0.21	-1.6
sci21	19:52:16.79	+29:27:39.9	19521678+2927399	B7V	13.82	13820 \pm 185	3.4 \pm 0.08	-0.67	-0.15	-1.04
sci22	19:52:16.01	+29:25:41.1	19521600+2925411	A0III	14.8	10711 \pm 81	3.1 \pm 0.04	-0.09	-0.06	-0.4
sci23	19:52:17.45	+29:23:34.3	19521744+2923342	A0V	15.34	10037 \pm 62	3.8 \pm 0.06	0.69	-0.03	-0.26
sci24	19:52:21.47	+29:24:53.1	19522146+2924530	G4III	11.76	5106 \pm 15	2.4 \pm 0.04	0.4	-0.87	-0.26
sci25	19:52:20.70	+29:28:10.3	19522069+2928103	A3III	15.85	8334 \pm 143	3.9 \pm 0.22	0.9	0.12	0.01
sci26	19:52:20.07	+29:25:15.5	19522007+2925154	B8V	15.22	11278 \pm 95	2.8 \pm 0.03	-0.49	-0.09	-0.53
sci27	19:52:20.99	+29:23:18.8	19522099+2923187	B5V	19.86	15313 \pm 73	3.7 \pm 0.04	-1.21	-0.18	-1.21
sci28	19:52:23.68	+29:25:23.3	19522368+2925233	B9III	14.53	10823 \pm 80	3.0 \pm 0.04	-0.77	-0.07	-0.39
sci29	19:52:22.98	+29:24:31.3	19522298+2924313	F6V	14.82	6477 \pm 13	4.2 \pm 0.02	3.15	0.45	0.0
sci30	19:52:24.36	+29:26:09.4	19522435+2926093	A0III	15.68	10077 \pm 81	3.0 \pm 0.04	-0.09	-0.03	-0.27
sci31	19:52:27.42	+29:25:53.0	19522742+2925530	B7III	14.74	12361 \pm 77	4.0 \pm 0.05	-1.19	-0.12	-0.76
sci32	19:52:25.63	+29:24:55.0	19522563+2924549	B7V	14.58	12373 \pm 125	3.1 \pm 0.05	-0.67	-0.12	-0.76
sci33	19:52:27.22	+29:24:19.8	19522722+2924198	B5III	13.37	14857 \pm 73	3.7 \pm 0.05	-1.48	-0.17	-1.22
sci34	19:52:25.25	+29:24:16.4	19522524+2924163	B9V	15.56	10749 \pm 77	3.8 \pm 0.08	0.1	-0.07	-0.41
sci35	19:52:26.18	+29:23:34.8	19522618+2923348	B9V	15.39	10072 \pm 88	3.3 \pm 0.09	0.1	-0.03	-0.26
sci36	19:52:28.25	+29:25:07.8	19522824+2925077	B5III	18.16	14796 \pm 128	2.7 \pm 0.02	-1.48	-0.17	-1.21

Flower (1996). Del mismo trabajo se tomaron los $(B-V)_0$. Estos resultados se presentan en la Tabla 1, junto a la identificación propia utilizada en este trabajo y la asignada por el relevamiento 2MASS, y la magnitud g' obtenidos con la metodología descrita por Ruiz Diaz *et al.* (2021).

Con los parámetros fundamentales calculados hemos construido un diagrama HR espectroscópico (sHR, Langer & Kudritzki, 2014) que se visualiza en la Figura 2. Para una mejor estimación de la edad se agregaron al diagrama las estrellas más brillantes pertenecientes a NGC 6834 que no fueron observadas en este trabajo: HD 332843, de tipo espectral F2Ib (Sowell, 1987), NGC 6834 56, clasificada como B5III (Turner, 1976).

3. Discusión y conclusiones

Los espectros de las estrellas de tipos espectrales mas tempranos pueden visualizarse en la Figura 1, donde también se indican las principales líneas que se usaron para la clasificación espectral y en líneas punteadas las correspondientes al medio interestelar (indicadas como DIB).

De estas 36 estrellas, encontramos sólo 2 con una clasificación espectral previa. Ellas son NGC 6834 23 (sci 20) y LS II +29 22 (sci 36) clasificadas como B5V (Hoag & Applequist, 1965) y B5III (Turner, 1976), respectivamente. Estos valores están de acuerdo con nuestros resultados. Para las restantes 34 estrellas sus parámetros fundamentales son determinados por primera vez en mi Tesis de Licenciatura (Ruiz Diaz, 2021).

Del diagrama sHR obtenemos una edad entre ~ 50 Myr y ~ 80 Myr, considerando la posición de HD 332843 y de las estrellas clasificadas como gigantes en la Tabla 1 pertenecientes al cúmulo. Esta amplitud en el rango de edad puede deberse a la incompletitud de la muestra de estrellas con clasificación espectral, por lo tanto es necesario agregar más estrellas para disminuir la dispersión. Aún así este último rango es más acotado que el obtenido anteriormente a partir de la fotometría (entre ~ 40 Myr y ~ 126 Myr, Ruiz Diaz *et al.* 2021), y es consistente con lo reportado en la literatura.

Agradecimientos. Trabajo parcialmente financiado por el PIP 112-201701-00055 de CONICET, y los Programas de Incentivos 11/G158, 11/G168 de la UNLP. Este proyecto ha recibido financiación dentro del marco del Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020 (2014-2020) de la Unión Europea en virtud del Acuerdo de subvención Marie Skłodowska-Curie No. 823734 y de CONICET (PIP 1337).

Referencias

- Aidelman Y., Cidale L. S., Zorec J., Panei J. A., , 2018, A&A, 610, A30.
Baume G., Carraro G., Comeron F., de Elía G. C.,, 2011, A&A, 531, A73.
Cantat-Gaudin T., et al., 2018, VizieR Online Data Catalog, J/A+A/618/A93.
Ekström S., et al., 2012, A&A, 537, A146.
Flower P.J., 1996, ApJ, 469, 355.
Gray R.O., Corbally C.J., 2009, Stellar Spectral Classification.
Hoag A.A., Applequist N.L., 1965, ApJS, 12, 215.
Koleva M., et al., 2009, A&A, 501, 1269.
Langer N., Kudritzki R.P., 2014, A&A, 564, A52.
Morgan W.W., Keenan P.C., Kellman E., 1943, An atlas of stellar spectra, with an outline of spectral classification.
Prugniel P., Soubiran C., 2001, A&A, 369, 1048.
Ruiz Diaz M.A., Análisis espectrofotométrico del cúmulo abierto NGC 6834, <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/126617>
Ruiz Diaz M.A., Aidelman Y., Baume G., 2021, BAAA, 62, 80
Sowell J.R., 1987, ApJS, 64, 241
Turner D.G., 1976, AJ, 81, 1125
Wegner W., 2007, MNRAS, 374, 1549.