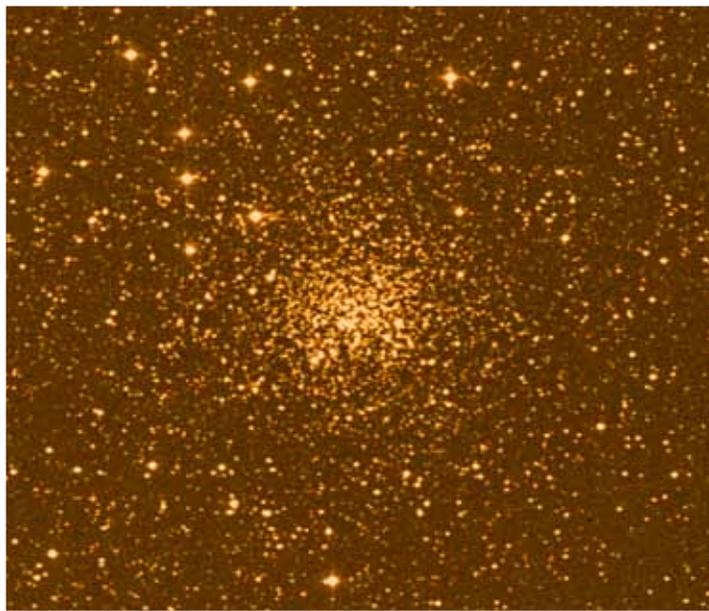




DETERMINACIÓN DE UNA NUEVA ASOCIACIÓN EN LA DIRECCIÓN DEL CÚMULO ABIERTO NGC 2158 POR MEDIO DE FOTOMETRÍA DE FOTOELÉCTRICA $uvby - \beta$

J. H. Peña¹, Humberto García M² hgmontano@unan.edu.ni, J. L. Rivera¹, y J. P. Sareyan³



RESUMEN

A partir de la fotometría $uvby-\beta$ de 36 estrellas en la dirección del cúmulo abierto NGC 2158, determinamos la condición de miembros de nueve de ellas a una asociación. Determinamos su distancia en 1118 ± 200 pc, su edad (\log edad (años) = 8.13) y el enrojecimiento promedio de $(E(b-y) = 0.18 \pm 0.07$ mag). El análisis de todos los datos fotométricos en la literatura en el sistema fotométrico UBVR muestra que el cúmulo NGC 2158 se encuentra a mayor distancia.

Cúmulo abierto NGC 2158, fuente DSS.

INTRODUCCIÓN

Existen estudios anteriores sobre el cúmulo NGC 2158. Como el de Arp & Cuffey (1962), quienes llevaron a cabo un análisis de 937 estrellas a través de medidas fotográficas en los filtros BV y de 29 mediciones fotoeléctricas en el sistema UBVR, donde obtuvieron diferentes parámetros (Tabla 1) como distancia, enrojecimiento y edad del cúmulo. Las medidas indicaron que era un cúmulo muy pobre en metal y concluyeron que representa un caso de transición entre un cúmulo globular y a un cúmulo galáctico. Posteriormente, Janes (1979) hizo un estudio de la pendiente de abundancia en el disco galáctico y con fotometría UBVR de 10 estrellas. Otro estudio dedicado a NGC 2158 realizado por Christian, Heasley y Janes (1985), determinaron con fotometría CCD 274 estrellas en el sistema BV en la dirección del cúmulo NGC 2158. Ellos afirman representar una mejoría a los trabajos anteriores basados en fotometría fotográfica. También, el estudio de Piersimoni et al. (1993) quienes realizaron fotometría CCD de 560 estrellas en el sistema fotométrico BV. Otro estudio como el Kharchenko et al. (1997) con placas fotográficas midieron 2392 estrellas y definieron un número de miembros con características similares para el cúmulo. Carraro et al. (2002) a través de la fotometría CCD en el sistema UBVR y con una magnitud límite de $V = 21$, sugiere que el cúmulo pertenece a una vieja población de la parte delgada del disco galáctico. Y el trabajo más reciente por Pauzen & Mermilliod en 2006.

**Tabla 1.** Parámetros anteriores del cúmulo NGC 2158.

Parámetros de NGC2158	Arp & Cufey (1962)	Christian, Heasley y Janes (1985)	Kharchenko (1997)	Carraro (2002)	Paunzen & Mermilliod (2006)
Distancia (pc)	4900	Modulo 14.4	3700	3600 ± 400	4900
E(B-V)	0.40	0.40	0.35	0.55 ± 0.10	0.360
Edad (años)	8 x 10 ⁸	3.0 x 10 ⁹	1.5 x 10 ⁹	2 x 10 ⁹	1.96 x 10 ⁹

DESARROLLO Y MÉTODO

Observaciones y adquisición de datos

Las observaciones se realizaron en el Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir, Baja California, México con el telescopio de 1.5 m y el espectrofotómetro de Strömgren. Estas se realizaron durante dos noches en de diciembre 2006. Nosotros decidimos observar las estrellas más brillantes, es decir, hasta magnitud 13 (cerca del límite del sistema de fotométrico del telescopio), según la carta ID de Paunzen & Mermilliod (2007, WEBDA, hasta una magnitud límite 13) los números de identificación se muestran en la Figura 1.

Cada medición consistió de la observación de estrellas estándares y las estrellas del cúmulo con cinco a diez segundos de integraciones del detector para cada estrella del cúmulo. En promedio estas se midieron una a una con diez segundos de integración de fondo de cielo en los filtros *uvby*, y en los filtros estrechos y anchos definidos por *Hβ*. Particularmente las incertidumbres fueron determinadas calculando las desviaciones estándares de los flujos en cada filtro y para cada estrella. La precisión en cada medida está, por supuesto, en función de ambos del brillos y el tipo espectral de cada estrella, pero intentamos observarlas por mucho tiempo para obtener un número suficiente de cuentas (son electrones por segundo que mide el detector) para conseguir una proporción señal/ruido N/\sqrt{N} con una exactitud 0.01 magnitud.

Los datos fueron procesado y reducidos al sistema estándar con la paquetería de software numérico NABAPHOT (Arellano - Ferro & Parrao, 1988) y DAMADAP (Parrao, 2000). El sistema escogido fue el definido por los valores estándares de Olsen (1983), aunque no-

sotros también tomamos algunas estrellas estándares brillantes del Almanaque Astronómico (2006). Las ecuaciones de transformación son aquéllas dados por Crawford & Barnes (1970) y por Crawford & Mander (1966). En estas ecuaciones los coeficientes D, F, H y L son los coeficientes de la pendiente para (*b-y*), m_1 , c_1 y β , respectivamente. B, J y I son los términos de los coeficientes color V, m_1 y c_1 .

RESULTADOS

Del procesamiento realizado con los paquetes de software numéricos obtuvimos valores como: ID, el enrojecimiento E (*b-y*), los índices de enrojecimiento, la magnitud absoluta, el módulo de distancia y la distancia (en pársecs). Cuando se extrae la distancia del histogramas del módulo de distancias (Figura 2), puede verse que la mitad de las estrellas de tipo temprano se encuentran alrededor de una distancia de 1300 pc que corresponden a un módulo de distancia de 10.2 ± 0.4 . Por lo tanto, podemos concluir que un número significativo de estrella tipo espectral temprano medido pertenece a una asociación. El número de miembros establecido, el criterio seleccionado para estas estrellas fue una sigma promedio. Se determinó la distancia para siete estrellas dentro de estos límites a menos de 1118 ± 200 pc y $E(b-y) = 0.18 \pm 0.07$ magnitud. Dos estrellas, W7793 y W8811 se encuentran más allá, pero cerca, con un valor de sigma promedio que sugiere una diferencia de enrojecimiento de la asociación. Éstas se han señalado con un asterisco en la Tabla 2.

Una vez establecida la membrecía, se obtuvo en primer lugar la edad calculando la temperatura efectiva de las estrellas más calientes, después evaluamos el decenrojecimiento del color para la composición química solar.



Nosotros no consideramos la metalicidad, porque esta metalicidad solar está reportada para el cúmulo NGC 2099, un cúmulo abierto a 1383 pc y en la misma dirección, es decir, localización y distancia cercana. La temperatura para la estrella más caliente, W7793 está alrededor de 13,000 K con una precisión de 500 K. Por lo tanto, dadas las calibraciones de Meynet, Mermilliod y Maeder (1993) para los cúmulos abiertos, la edad encontrada tiene en un rango 0.2×10^8 años alrededor del valor reportado listados en la Tabla 1.

Comparación con la fotometría de Johnson UBV

Con el fin de probar nuestros resultados, llevamos a cabo una comparación directa con la fotometría UBV reportada por Pauzen y Mermilliod (2007). Tomamos los valores fotométricos obtenidos posicionando el cursor en cada uno de las estrellas observadas, escogimos la magnitud y los índices de color del sistema fotométrico UBV recopilados en Webda. Nuestra muestra está constituida de 36 estrellas, pero sólo 33 tienen valores fotométricos listados en Webda. Tres estrellas eran discordantes, es decir, W7649, W7900 y W9057. Si nosotros fuéramos considerados estas tres estrellas, obtendríamos una relación lineal de $V_{pp} = 1.21 + 0.89 V_{Webda}$ con un coeficiente de correlación de 0.98. Cuando consideramos los índices B-V vs b-y dos estrellas mostraron discordancia: W8936 y W7649. Sin estas estrellas obtuvimos un coeficiente de correlación de 0.94. La gran diferencia podría atribuirse a la naturaleza variable de las estrellas. La evaluación del enrojecimiento se hizo estableciendo primero la clase espectral de las estrellas pertenecientes a: tipos temprano (B y temprano A) o intermedio (estrellas tipo A y tardío F); las estrellas de la clase más tardío (G o después) no fueron consideradas aún en el análisis.

CONCLUSIÓN

La nueva fotometría fotoeléctrica $uvby-\beta$ ha sido adquirida y presentada para las estrellas más brillantes en la dirección del cúmulo abierto NGC 2158. Un número significativo de estrellas observadas en el campo son de tipo tempranas, B o A. Usando la calibración para determinar el enrojecimiento y distancia para estas estrellas, se ha encontrado una nueva asociación constituida para nueve estrellas a 1118 pc. De

los índices de decenrojecimiento calculados en la red de LGK86 se determinó la temperatura efectiva de las estrellas más calientes en 13000 K ver Tabla 2.

Hemos determinado la existencia de un grupo de estrellas de tipo temprana, aunque ellas no se ajustan al modelo general para las asociaciones OB, pertenecen a un grupo cerrado. Sus tipos espectrales son más tardíos generalmente aceptados para asociaciones OB y sería deseable tener conocimiento de su cinemática y propiedades químicas, que desgraciadamente en la actualidad, no existen. El catálogo Hipparcos reporta mediciones para sólo una estrella, que desde nuestro análisis, no pertenece a la asociación. Ninguna medición espectroscópica se ha hecho y la única clasificación espectral es la derivado de la fotometría $uvby-\beta$ presente.

Este grupo de estrellas es independiente del cúmulo abierto NGC2158 y está fuera de toda duda, como se ha dicho y se ha demostrado a lo largo de este trabajo. Sus distancias, enrojecimiento y edades describen dos grupos independientes de estrellas por lo que, claramente, se aprecian dos cúmulos distintos pero alineados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al personal del OAN por su ayuda y confianza en las observaciones. Este trabajo se apoyó parcialmente por el proyecto Papiit IN108106. Las correcciones fueron hechas por J. Miller, R. Peña, C. Guzmán, F. Salas y A. Díaz nos ayudó en la parte informática. Uno de nosotros, Humberto García M. agradece al MSc. Francisco Guzmán P. Rector de la UNAN-Managua por los fondos proporcionados para el viaje. Esta investigación se ha hecho con uso de la base de datos de Simbad operado por el CDS, Estrasburgo, Francia; NASA ADS Astronomy Query Form y la base de datos de WEBDA, operados por el Instituto Astronomía de la Universidad de Viena.

REFERENCIAS

- Allen, C., 1973 Astrophysical Quantities 3rd Ed. Athlone Press, London
- Arellano-Ferro, A. & Parrao, L., 1988 Reporte Técnico 57, IA-UNAM.
- Arp, H. & Cu@ey, J., 1962 ApJ 136, 51
- Astronomical Almanac, 2006 U. S. Naval Observatory; Royal Greenwich Observatory
- Christian, C. A., Heasley, J. N., and Janes, K. A., 1985 ApJ 299, 683



Crawford, D. L. & Barnes, J. V., 1970 AJ 75, 978
 Crawford D. L. & Mander, J., 1966 AJ 71, 114
 Carraro, G., Giraldi, L., and Marigo, P., 2002 MNRAS 332, 705
 Digital Sky Survey, 1994 Space Telescope Science Institute

1 Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., Apdo. Postal 70-264.
 2 Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-MANAGUA, Recinto Universitario Rubén Darío (RURD), Escuela de Física, Ciencia, Apartado Postal 663.
 3 OCA, Department Gemini, Boulevard de l'Observatoire BP 4229, 06304 Nice Cedex 4, France.

Janes, K. A., 1979 ApJS 39, 135
 Lester, J. B., Gray, R. O. & Kurucz, R. I. 1986 ApJ 61, 509

Lindroos, K. P., 1980 Report 17, Stockholms Observatorium, Sweden
 Meynet, G., Mermilliod, J. C., & Maeder, A., 1993 AAS 98, 477
 Nissen, P., 1988 A&A 199, 146
 Olsen, E. H., 1983 A&AS 54, 55
 Parrao, L., 2000 private communication
 Paunzen, E. & Mermilliod, J. C., 2007 WEBDA; A site Devoted to Stellar Clusters in the Galaxy and the Magellanic Clouds; Institute of Astronomy of the University of Vienna (Austria)
 Peña, J. H. & Peniche, R., 1994 RevMexAA 28, 139-152
 Peña, J. H., Peniche, R., Garrido, R., Paparo, M., & Garcia-Cole A., 2006, RevMexAA accepted
 Peña, J. H. & Sareyan, J. P., 2006 RevMexAA 42, 179
 Piersimoni, A., Cassisi, S., Brocato, E. & Straniero, O., 1993 MmSAI 64, 609
 Shobbrook, R. R., 1984 MNRAS 211, 659

ANEXOS

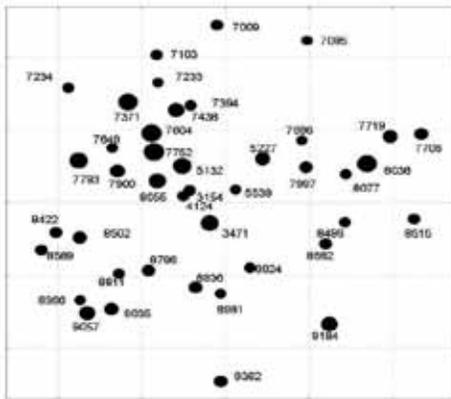


Figura 1.
 Carta ID de identificación de Webda con las estrellas observadas.

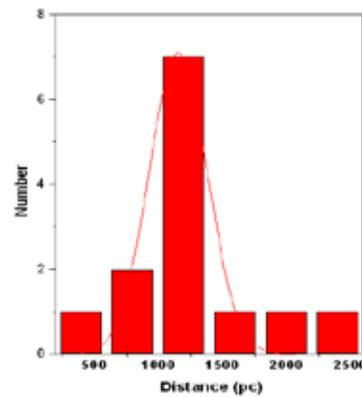


Figura 2.
 Histograma del modulo de distancia.

Tabla 2. Excesos de color y parámetros intrínsecos derivados de las estrellas brillantes en la dirección de NGC 2158

ID	E(b-y)	(b-y) ₀	m ₀	c ₀	M _v	V ₀ -M _v	Distancia (pc)	Membrecía	Te (K)
7793	0.066	-0.47	0.125	0.647	-0.78	10.64	1340	M	12800
8811	0.320	-0.032	0.086	0.870	-0.10	10.78	1434	M*	11300
8936	0.173	0.028	0.146	0.909	0.52	9.77	901	M	11000
3471	0.129	-0.024	0.117	0.941	-0.08	10.33	1162	M	10800
4124	0.180	-0.023	0.179	0.948	1.04	10.18	1086	M	10500
8966	0.198	-0.010	0.182	1.010	0.86	10.12	1056	M	10400
9382	0.130	-0.006	0.150	1.024	0.47	10.45	1227	M	10000
8502	0.176	-0.006	0.107	1.027	0.95	9.52	801	M*	10000
7009	0.208	0.010	0.170	1.074	0.66	10.12	1059	M	
9093	0.355	-0.045	0.053	0.681	-0.90	11.68	2172	NM	12500
8515	0.522	-0.043	0.193	0.711	-1.89	11.72	2208	NM	12100
7604	0.074	-0.014	0.202	0.995	0.82	8.36	470	NM	10200
3154	0.087	0.103	0.191	0.859	2.41	9.03	639	NM	
7706	0.023	0.204	0.160	0.708	2.37	8.81	578	NM	