



Bochum 14 y Lyngå 14: dos cúmulos jóvenes proyectados en dirección al centro galáctico

L. Rizzo^{1,2}, R. Vázquez^{1,2} & G. Carraro³

¹ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

² Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP, Argentina

³ Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Padova, Vicolo Osservatorio, Padova, Italy

Contacto / lrizzo@fcaglp.unlp.edu.ar

Resumen / Presentamos fotometría CCD *UBVI* de los cúmulos abiertos Bochum 14 y Lyngå 14, ambos ubicados a no más de veinte grados del centro galáctico y sobre el disco. Nuestros datos revelan la presencia de verdaderos cúmulos abiertos con un alto enrojecimiento, puesto que estamos observando la zona interior de la galaxia. Los mismos estarían emplazados en la zona interbrazo, entre Carina-Sagittarius y Scutum-Centaurus, a una distancia cercana a los 2 Kpc. Analizamos también el campo estelar sobre el cual los cúmulos están proyectados.

Abstract / We present CCD *UBVI* photometry of the open clusters Bochum 14 and Lyngå 14, both located no more than twenty degrees from the galactic center and on the disk. Our data reveal the presence of true open clusters with a high reddening, since we are observing the inner zone of the galaxy. They would be located in the interarm zone, between Carina-Sagittarius and Scutum-Centaurus, at a distance close to 2 Kpc. We also analyse the star field on which the clusters are projected.

Keywords / Galaxy: disk — open clusters and associations: general — open clusters and associations: individual: Bochum 14; Lyngå 14 — stars: early-type — Galaxy: structure

1. Introducción

Nuestro grupo de trabajo ha aplicado exitosamente técnicas fotométricas para investigar la estructura de nuestra galaxia (Carraro et al., 2005), (Moitinho et al., 2006), (Vázquez et al., 2008) especialmente en el tercer y cuarto cuadrantes. Como han demostrado Carraro (2011) y Perren et al. (2012) la fotometría CCD constituye una poderosa herramienta para encontrar población joven en la galaxia y de esta manera poder aportar datos confiables para trazar sus brazos espirales. En esta oportunidad hemos decidido realizar fotometría CCD *UBVI* en los campos de dos cúmulos abiertos pobremente estudiados ubicados en dirección al centro de la galaxia: Bochum 14 y Lyngå 14. Ellos fueron estudiados por Moffat & Vogt (1975) hasta magnitud $V = 13$ aproximadamente. Nuestra investigación se orienta no sólo a redeterminar los parámetros de estos objetos sino, además, a investigar la población estelar de fondo en dirección a ellos buscando componentes azules que ayuden a develar la estructura de gran escala.

2. Observaciones

Los campos en dirección a ambos cúmulos fueron observados en el sistema *UBVI*(K_C) en el Observatorio de Las Campanas, Chile, en las noches del 3 y 4 de junio de 2010, usando la cámara Site3 instalada en el telescopio Swope 1.0 m. La misma cubre un área de $14.5' \times 21.75'$. Las noches fueron fotométricas, caracterizadas por un *seeing* medio de $1.5''$. Para obtener la fotometría de estos campos empleamos IRAF y dentro de ella los pa-

quetes DAOPHOT (Stetson, 1987) y PHOTCAL. Se procedió a reducir al sistema estándar usando los campos de Landolt (1992) Mark A, PG1323 y PG1633. Nuestros índices de colores fueron comparados con los de Moffat & Vogt (1975) revelando un excelente acuerdo.

3. Análisis de los datos

3.1. Bochum 14 y Lyngå 14

Obtuvimos fotometría para 2 663 y 2 716 estrellas en Bochum 14 y Lyngå 14 respectivamente. Los errores estuvieron por debajo de 0.1 hasta magnitud $V=19$ en ambos campos. Verificamos el centro de los cúmulos usando perfiles radiales, los cuales construimos con la técnica de conteos, y se pueden observar en la Fig. 1. El radio de los cúmulos queda determinado por la distancia a la cual la densidad estelar iguala la densidad del fondo de cielo. Para asegurar aún más la validez de los parámetros de los cúmulos hemos reducido ligeramente estos radios a fin de quedarnos con las estrellas de los núcleos de ambos objetos. En la Fig. 2 mostramos los diagramas color-color (CC) y color-magnitud (CM) de las estrellas dentro de un radio de $1'$ para Bochum 14 y $1.5'$ para Lyngå 14.

Bochum 14 está ubicado en el primer cuadrante galáctico $l = 6.38^\circ$ y $b = -0.49^\circ$ ($\alpha = 18:01:59$, $\delta = -23:41:06$, J2000) en la constelación de Sagitario, no lejos de la nebulosa Trífida. Rho & Borkowski (2002) localizan en la misma zona el remanente de supernova W28 al que le asociaron una distancia de 1.8 kpc, valor que resulta enteramente compatible con el que obtuvimos

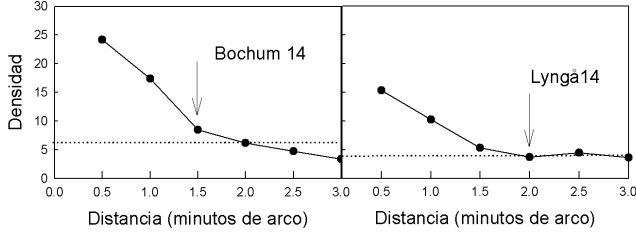


Figura 1: Perfiles de densidad radial de Bochum 14 y Lyngå 14. La línea de puntos representa el valor medio de la densidad estelar de fondo.

Tabla 1: Parámetros de los cúmulos.

	Bochum 14	Lyngå 14
Distancia [kpc]	1.9 ± 0.1	2.3 ± 0.2
$E(B-V)$ [mag]	1.52 ± 0.03	1.35 ± 0.05
Edad [Ma]	5 ± 0.2	1 ± 0.2
Radio [$^{\circ}$]	1.5	2

para el cúmulo (ver Tabla 1). Aclaramos que Moffat & Vogt (1975) sugieren una distancia de 1.15 kpc pero sólo ajustan once estrellas no contando con la parte inferior de la secuencia principal de edad cero (ZAMS, por sus siglas en inglés), que fue determinante en el cálculo del módulo de distancia. Encontramos que el mejor ajuste de las isócronas de Bressan et al. (2012) corresponde a una edad de 5 Ma. Este valor es prácticamente idéntico a los determinados espectroscópicamente por Ahumada et al. (2009).

Lyngå 14 posee coordenadas galácticas $l = 340.91^{\circ}$ y $b = -1.08^{\circ}$ ($\alpha = 16:55:03$, $\delta = -45:14:09$, J2000), cuarto cuadrante en la constelación de Escorpio. La distancia obtenida, 2.3 kpc, está en concordancia con la de Moffat & Vogt (1975). Este cúmulo es sensiblemente más joven que Bochum 14, de acuerdo con el ajuste de los caminos evolutivos de estrellas pre-secuencia de Bressan et al. (2012). Notamos la presencia de dispersión en $E(B-V)$ que podría deberse a algo de polvo dentro del cúmulo (Orsatti et al., 1998).

3.2. Población estelar temprana

En lo que respecta al análisis de la población estelar temprana hemos realizado lo siguiente: a las tablas fotométricas finales de cada campo le sustrajimos las estrellas pertenecientes a los cúmulos propiamente dichos, luego corrimos el programa UBV-MOVE desarrollado por Perren G. (comunicación privada). El mismo se basa en la aplicación del método de corrección por enrojecimiento en el diagrama CC mediante una variante del método de las paralajes espectroscópicas utilizando la relación entre índice de color, tipo espectral y magnitud visual absoluta dado por (Schmidt-Kaler, 1982). En triángulos, sobre los diagramas CC de la Fig. 3, se pueden apreciar aquellas estrellas con solución única de enrojecimiento que resultaron tener tipo espectral OB. Ellas conforman una muestra de 69 estrellas en dirección a Bochum 14 y 138 en dirección a Lyngå 14. La

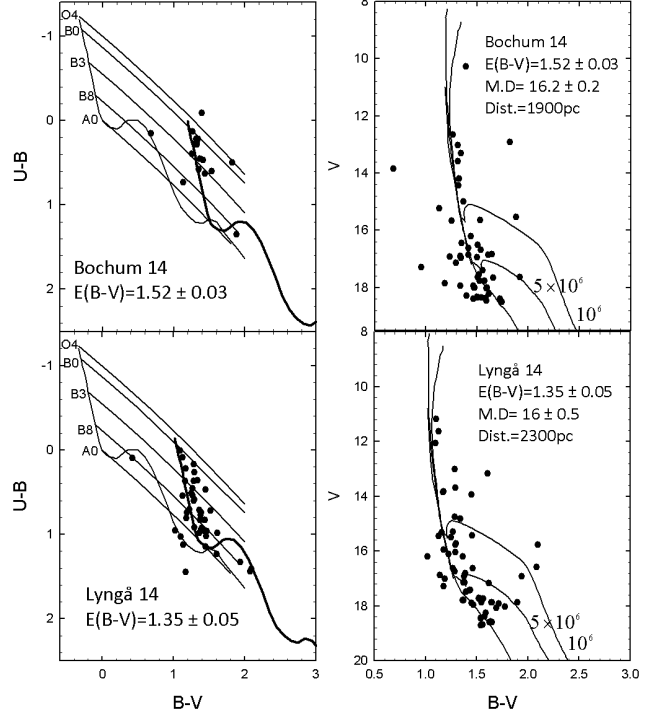


Figura 2: Diagramas fotométricos CM (derecha) y CC (izquierda) para las estrellas observadas en Bochum 14 (arriba) y Lyngå 14 (abajo), respectivamente. La línea continua en los diagramas CC representa la ZAMS de Schmidt-Kaler (1982), en los cuales se muestran distintas líneas de enrojecimiento $E(U-B) = 0.72E(B-V) + 0.05E(B-V)^2$ según el tipo espectral. Superpuestos a los diagramas CM se muestran isócronas de Bressan et al. (2012). Los errores son calculados por inspección ocular.

Fig. 4 muestra la distribución en distancia de esas estrellas, para ambos cúmulos. Vemos que en el caso de Bochum 14 se registra un máximo entre los 2 y 3 kpc del Sol, mientras que para Lyngå 14 ese máximo se encuentra entre los 5 y los 6 kpc. Si analizamos estos en un esquema de brazos espirales como el dado por Vallée (2005), tal como se aprecia en la Fig. 5, podemos deducir que las estrellas entre 2 y 3 kpc del Sol estarían asociadas al brazo de Scutum-Centaurus, mientras las que están entre los 5 y los 6 kpc estarían asociadas a brazos de Norma. Aún dentro de los errores de distancia no hemos encontrado una clara separación entre ambos brazos espirales. Esto es, la distribución de estrellas azules es continua sin mostrar interrupciones en las zonas interbrazo tal como ya fue encontrado Perren et al. (2012), Carraro (2011), Rizzo et al. (2013). Tal vez ambos brazos estén muy próximos entre sí o, como se ve en otras galaxias, existen puentes estelares que conectan brazos espirales. De acuerdo con lo que se muestra en la Fig. 6 en la dirección de Lyngå 14 observamos un continuo de estrellas azules hasta distancias del orden de 8 kpc desde el Sol que sugieren la presencia de objetos jóvenes a alturas del orden $z = -0.15$ kpc del plano. Probablemente, estemos viendo un ligero engrosamiento del plano galáctico formal en la zona del centro galáctico.

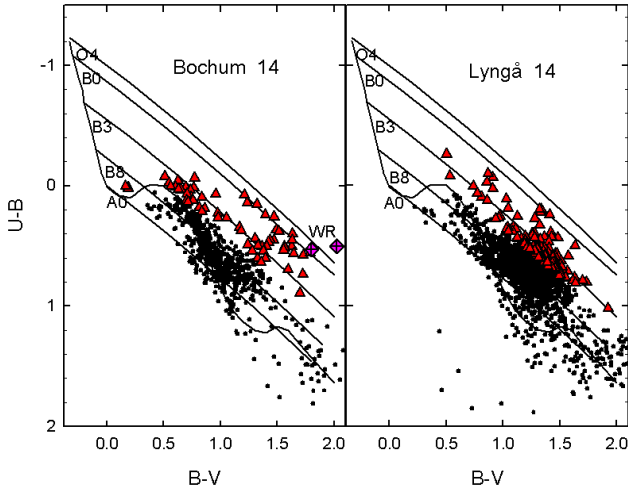


Figura 3: Diagramas CC. Los puntos negros corresponden a nuestra fotometría excluyendo de la misma las estrellas pertenecientes a los cúmulos. Los triángulos remarcen cuales de esas estrellas poseen solución única de enrojecimiento. Las estrellas WR en el campo de Bochum 14 están indicadas con rombos. Las líneas son idénticas a las de la Fig. 2.

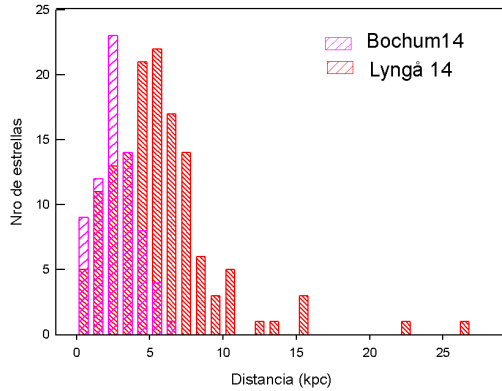


Figura 4: Número de estrellas tempranas en función de la distancia al Sol.

co, lo cual es esperable. Claramente se necesitan más observaciones en este cuadrante.

4. Interpretaciones y Conclusiones

- Se demostró que los cúmulos son objetos jóvenes de una edad de entre 1 a 5 Ma.
- Los objetos se encuentran en la zona interbrazo entre Carina-Sagittarius y Scutum-Crux.
- Nuestras observaciones indican la presencia de población joven distribuida de manera continua entre los 2 y los 8 kpc preponderantemente cruzando el brazo de Carina-Sagittarius, la región interbrazo entre Carina-Sagittarius y el brazo de Scutum-Centaurus pero que se extiende hasta 12 kpc incluso más allá del brazo de Norma.

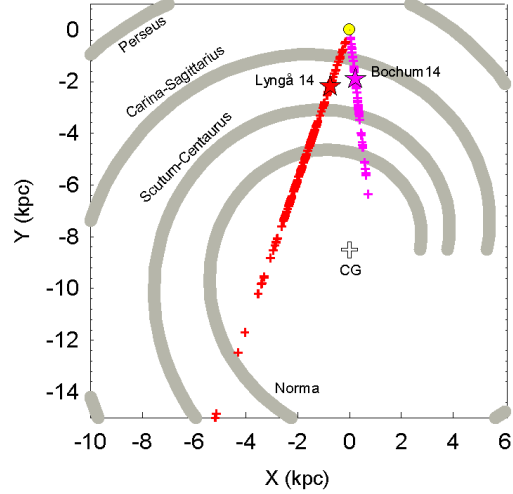


Figura 5: Distribución de estrellas con solución única de enrojecimiento (signos +) ubicadas en dirección hacia Bochum 14 y Lyngå 14 sobre el plano galáctico, incluyendo los brazos espirales en el esquema de Vallée (2005). La cruz indica la posición del centro galáctico en $(X,Y) = (0.0,-8.5)$. Notar la ubicación de Bochum 14 y Lyngå 14 en este diagrama.

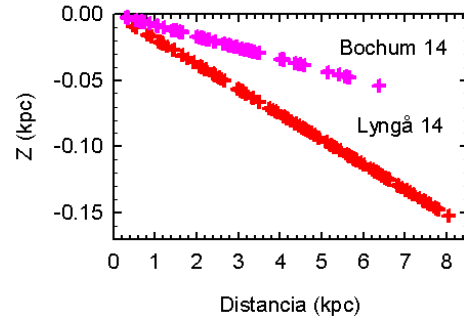


Figura 6: Distribución en el plano (Z,X) de estrellas OB reconocidas fotométricamente en dirección hacia los dos cúmulos.

Referencias

- Ahumada A. V., Clariá J. J., Bica E., 2009, in *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica Conference Series*. pp 146–147
- Bressan A., et al., 2012, *MNRAS*, 427, 127
- Carraro G., et al., 2005, *ApJL*, 630, L153
- Carraro G., 2011, *A&A*, 536, A101
- Landolt A., 1992, *AJ*, 104, 340
- Moffat A. F. J., Vogt N., 1975, *A&AS*, 20, 155
- Moitinho A., et al., 2006, *MNRAS*, 368, L77
- Orsatti A. M., Vega E., Marraco H. G., 1998, *AJ*, 116, 266
- Perren G., Vázquez R. A., Carraro G., 2012, *A&A*, 548, A125
- Rho J., Borkowski K. J., 2002, *ApJ*, 575, 201
- Rizzo L., et al., 2013, *BAAA*, 56, 107
- Schmidt-Kaler T., 1982, *Bulletin d'Information du Centre de Données Stellaires*, 23, 2
- Stetson P. B., 1987, *PASP*, 99, 191
- Vallée J. P., 2005, *AJ*, 130, 569
- Vázquez R. A., et al., 2008, *ApJ*, 672, 930