

Estudio fotométrico del sistema de cúmulos globulares de NGC 3613 mediante imágenes de GMOS

B.J. De Bórtoli¹, L.P. Bassino^{1,2}, J.P. Caso^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata, UNLP, Argentina

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

Contacto / brudebo.444@gmail.com

Resumen / Se presentan resultados preliminares del estudio fotométrico del sistema de cúmulos globulares de NGC 3613, una galaxia elíptica (E6) ubicada en un entorno de baja densidad, aunque es tan brillante como galaxias centrales de cúmulos ricos. NGC 3613 pertenece a un grupo pobre del que forma parte otra galaxia elíptica de similar luminosidad, NGC 3610. Esta última es considerada el prototipo de una fusión de discos, lo que indica que en este grupo han existido procesos de interacción entre sus miembros. Se presenta la selección de candidatos a cúmulos globulares, su distribución de color y distribución espacial proyectada.

Abstract / We present preliminary results of the photometric study of the globular cluster system of NGC 3613, an elliptical galaxy (E6) located in a low density environment, though it is as bright as the central galaxies of rich clusters. NGC 3613 belongs to a poor group, where another elliptical galaxy of similar brightness, NGC 3610, can be found. NGC 3610 is considered as a prototype merger remnant, which indicates the members of this group have suffered interactions among them. We present the selection of globular cluster candidates, their color distribution and their projected spatial distribution

Keywords / galaxies: star clusters:general — galaxies: elliptical — galaxies: evolution

1. Introducción

El estudio de cúmulos globulares (CGs) extragalácticos, dado que los mismos están entre los objetos más antiguos del Universo (e.g. Tonini, 2013; Hansen et al., 2013; Dotter et al., 2010), nos da la posibilidad de analizar las primeras etapas de formación estelar y la historia evolutiva de la galaxia que los contiene.

Una característica muy importante de los sistemas de cúmulos globulares (SCGs) asociados a galaxias brillantes es la existencia de dos sub-poblaciones de CGs. Estas se detectan al analizar la distribución de color del sistema, manifestándose como una bimodalidad en dicha distribución, presentando además diferentes distribuciones espaciales proyectadas y diferentes propiedades cinemáticas. Los CGs tienen edades muy similares (Hansen et al., 2013) por lo que, según la degeneración edad-metalicidad, la bimodalidad en color puede interpretarse como una diferencia de metalicidad (e.g. Usher et al., 2012; Cantiello et al., 2014). De esta forma, se identifica una sub-población “azul” y una “roja”, asociadas a los CGs de menor y mayor contenido de metales respectivamente.

La sub-población roja está más concentrada hacia el centro de su galaxia huésped y traza el perfil de brillo superficial de la misma, lo que indica una relación estrecha con la galaxia. Por el contrario, la sub-población azul parece tener propiedades “universales”, siendo éstas similares incluso en galaxias en distintos medioambientes, lo cual podría deberse a que el origen de los CGs azules haya sido previo al de las galaxias (e.g. Bassino

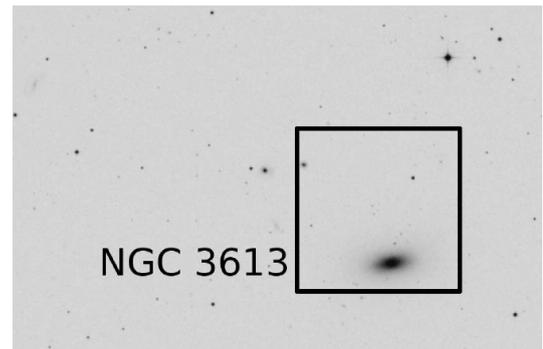


Fig. 1: Campo Observado GMOS-N, donde se encuentra la galaxia NGC 3613, Norte arriba y Este a a la izquierda. **El cuadrado marcado corresponde al campo de GMOS, que tiene un FOV=5.5'x5.5'.**

et al., 2006; Usher et al., 2012; Durrell et al., 2014).

Los estudios espectroscópicos de CGs (Schuberth et al., 2010, e.g.) revelan las diferencias cinemáticas de estas sub-poblaciones, lo que permite trazar sus distintos orígenes y estimar la masa total del halo galáctico.

La galaxia NGC 3613 es una galaxia masiva de tipo temprano, ubicada en un ambiente de baja densidad como es un grupo. En este trabajo se analizan resultados preliminares de la fotometría de su SCG, que no ha sido estudiada anteriormente.

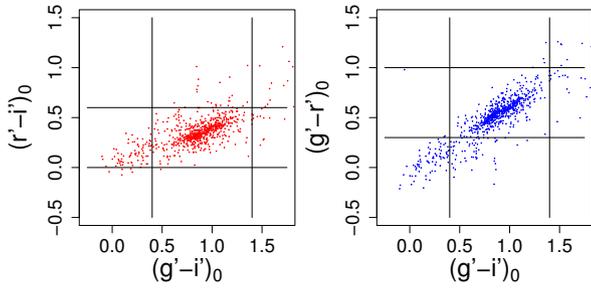


Fig. 2: Diagrama color-color de los objetos puntuales presentes en el campo. Las rectas muestran los límites de color adoptados.

2. Observaciones, Reducción y Fotometría

Las imágenes CCD con las que se realizó este estudio fueron obtenidas en el marco del programa GN-2013A-Q-42 (PI: Caso), con la cámara GMOS del telescopio Gemini Norte, en los filtros g' , r' e i' . Para su reducción y procesamiento se utilizaron imágenes de calibración de fechas lo más cercanas posibles a las de observación de las imágenes de ciencia. Con éstas se realizaron correcciones por BIAS y FLAT FIELD.

Como se trabajó con varias imágenes en cada filtro, éstas fueron combinadas y alineadas, obteniendo una imagen final para g' , r' e i' . En cada una de ellas se realizaron 2 filtrados que nos permitieron eliminar parte del brillo de la galaxia y detectar CGs que quedaban ocultos por el perfil de brillo de la misma.

Luego, utilizando el software SExtractor (Bertin & Arnouts, 1996) sobre las imágenes filtradas se seleccionaron los objetos puntuales utilizando como parámetro un índice de estelaridad mayor a 0.5.

Utilizando IRAF, mediante la tarea *Phot* se realizó la fotometría de apertura y luego con la tarea *PSF* la fotometría PSF en los 3 filtros. Esta última nos proporciona parámetros de tests estadísticos que nos permiten evaluar la bondad del ajuste, con los que refinamos la selección de objetos puntuales.

Finalmente aplicamos las correcciones de apertura, de segundo orden y por extinción galáctica usando los valores provistos por NED (NASA/IPAC), obteniendo un catálogo con la fotometría corregida de los objetos puntuales.

3. Resultados

La Figura 2 muestra el diagrama color-color de los objetos seleccionados. Las líneas verticales y horizontales representan los límites estándares de colores asociados a CGs (Faifer et al., 2011), $0.45 < (g' - i')_0 < 1.4$, $0.4 < (g' - r')_0$ y $0 < (r' - i')_0 < 0.6$. A partir de los mismos, realizamos una nueva selección logrando un catálogo compuesto sólo por los candidatos a CGs.

La Figura 3 muestra el diagrama color-magnitud del campo de ciencia (izquierda) y el del campo utilizado para estimar la corrección por contaminación (derecha). Además, se aplica un corte en los objetos más débiles para garantizar un factor de completitud del 70% (Bassino & Caso, 2017).

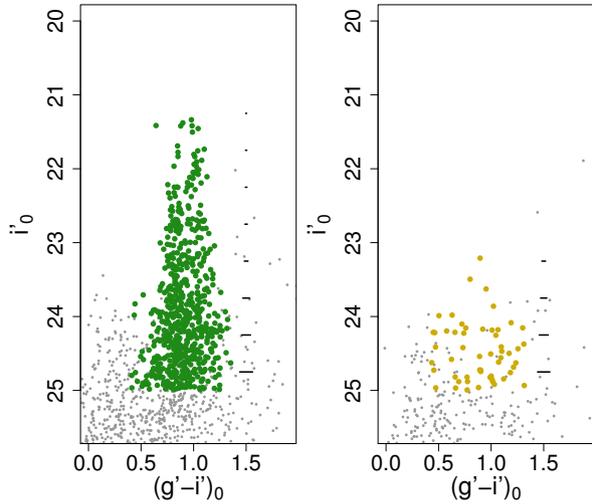


Fig. 3: Diagrama color-magnitud de los objetos puntuales presentes en el campo de ciencia (izquierda) y en el de contaminación (derecha). **En color verde y amarillo se observan los puntos seleccionados con el análisis de la bondad del ajuste.**

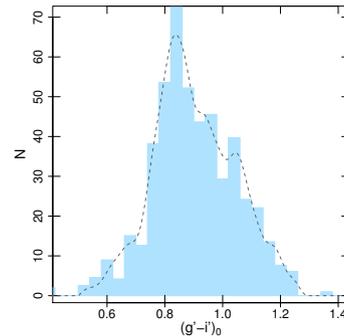


Fig. 4: Distribución de color de los candidatos a CGs. **En celeste se observa el histograma de la distribución y en línea de trazos la distribución suavizada.**

La distribución de color para todos los candidatos se presenta en la Figura 4, mientras que la distribución discriminada para distintos rangos galactocéntricos se muestra en la Figura 5.

En la distribución total se observa la bimodalidad antes mencionada, ubicándose los picos de color aproximadamente en 0.85 y 1.05. De igual forma, como trabajo a futuro se corroborará si se puede aceptar estadísticamente o no que se trata de dos gaussianas utilizando el software GMM (Muratov & Gnedin, 2010).

En las distribuciones discriminadas por rangos galactocéntricos **observamos que mientras**, el pico azul se mantiene presente en todas las zonas, el pico rojo va decayendo en altura. Esto apoya la idea de la concentración hacia el centro de esta última sub-población. Por otro lado se puede notar que para la región más externa el pico azul se encuentra desplazado hacia valores de $g'-i'$ menores, **lo que puede deberse a que los CGs que se encuentran** en la zona más periférica de la galaxia provengan de galaxias enanas cercanas.

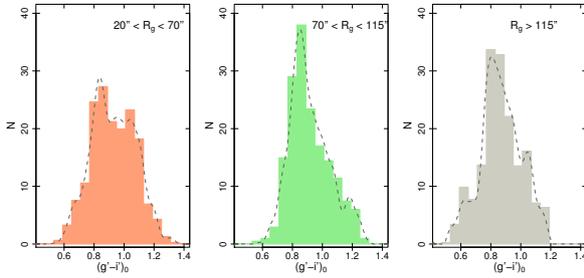


Fig. 5: Distribución de color de los candidatos a CGs discriminadas en 3 rangos de radio galactocéntrico. **En colores se muestran los histogramas para cada región y en línea de trazos su correspondiente distribución suavizada.**

Referencias

- Bassino L. P., Caso J. P., 2017, MNRAS, 466, 4259
 Bassino L. P., Richtler T., Dirsch B., 2006, MNRAS, 367, 156
 Bertin E., Arnouts S., 1996, A&AS, 117, 393
 Cantiello M., et al., 2014, A&A, 564, L3
 Dotter A., et al., 2010, ApJ, 708, 698
 Durrell P. R., et al., 2014, ApJ, 794, 103
 Faifer F. R., et al., 2011, MNRAS, 416, 155
 Hansen B. M. S., et al., 2013, Nature, 500, 51
 Muratov A. L., Gnedin O. Y., 2010, ApJ, 718, 1266
 Schuberth Y., et al., 2010, A&A, 513, A52
 Tonini C., 2013, ApJ, 762, 39
 Usher C., et al., 2012, MNRAS, 426, 1475

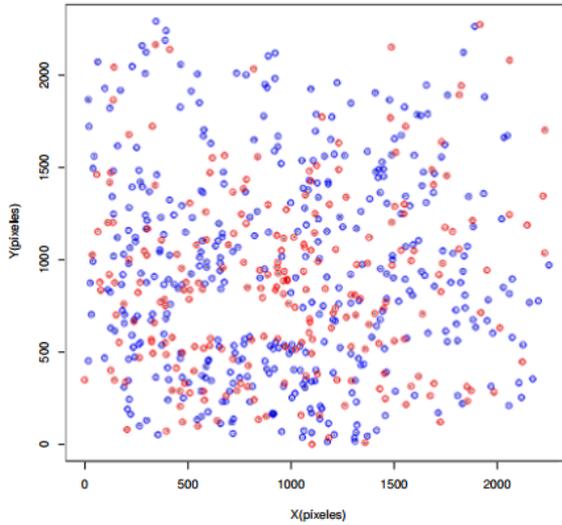


Fig. 6: Distribución espacial de los candidatos a CGs discriminados en sub-poblaciones, **en puntos rojos los CGs correspondientes a la sub-población roja y en puntos azules los de la sub-población azul**

La distribución espacial de las dos sub-poblaciones se presenta en la Figura 6. **En acuerdo con los resultados del análisis de la figura 5, se percibe una leve concentración de CG rojos hacia el centro de la galaxia, con respecto a lo que se observa hacia los bordes del campo.**

Agradecimientos: Los datos utilizados en este trabajo han sido obtenidos mediante el programa GN-2013A-Q-42 del Observatorio Gemini, el cual es operado por la Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., bajo un acuerdo cooperativo con la NSF en representación de los socios de Gemini: the National Science Foundation (Estados Unidos), the National Research Council (Canadá), CONICYT (Chile), Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Argentina), and Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (Brasil). Este trabajo ha sido financiado por Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, y Universidad Nacional de La Plata, Argentina.