

La galaxia peculiar lenticular NGC 2911 y su sistema de cúmulos globulares

B.J. De Bórtoli^{1,2,3}, J.P. Caso^{1,2,3} & L.P. Bassino^{1,2,3}

¹ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

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

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

Contacto / brudebo.444@gmail.com

Resumen / Se presentan resultados preliminares del primer análisis del sistema de cúmulos globulares de la galaxia S0 peculiar NGC 2911, que presenta un prominente camino de polvo y plumas en su distribución de brillo superficial. Se encontró una distribución de color de los cúmulos globulares (CG) trimodal, con los clásicos CG “pobres” y “ricos” en metales (i.e. azules y rojos, respectivamente) sumados a una población de color intermedio. Se observa en la distribución espacial que mientras que la subpoblación azul presenta una distribución extendida, las subpoblaciones intermedia y roja están más concentradas hacia el centro de la galaxia.

Abstract / We present preliminary results of the first analysis of the globular cluster system of the peculiar S0 galaxy NGC2911, a galaxy with a prominent dust lane and plumes in the surface brightness distribution. The color distribution of the globular clusters (GCs) show a trimodal distribution with the classic “poor” and “rich” GCs (i.e. blue and red, respectively), plus an intermediate color subpopulation. The spatial distribution shows that while the blue subpopulation present an extended distribution, the intermediate and red subpopulations are more concentrated towards the center of the galaxy.

Keywords / galaxies: star clusters: general — galaxies: elliptical and lenticular, cD — galaxies: evolution

1. Introducción

Los cúmulos globulares (CG) son en su mayoría objetos antiguos (por ej. Hansen et al., 2013; Tonini, 2013) por lo que brindan valiosa información sobre las primeras fases de formación de sus galaxias anfitrionas y, dado su brillo intrínseco y estructura compacta pueden observarse incluso a más de 100 Mpc (Alatalo et al., 2013; Harris, 2016; Harris et al., 2017). A pesar de que se demostró la presencia de poblaciones estelares múltiples en estos sistemas estelares (por ej. Gratton et al., 2012), los CG son la mejor aproximación a una población estelar simple. Además, los sistemas de cúmulos globulares (SCG) de galaxias de tipo temprano (GTT) masivas suelen contener poblaciones de miles de CG, que se asumen como consecuencia de una historia con numerosas fusiones (por ej. Bassino et al., 2008; Durrell et al., 2014; Oldham & Auger, 2016; Caso et al., 2017).

NGC 2911 es una galaxia peculiar lenticular brillante, ubicada en $AR = 09h 33m 46.1s$ y $\delta = 10^\circ 09' 08.8''$ (J2000.0), que muestra un camino de polvo y plumas que subyacen bajo la componente suave en su distribución de brillo superficial. Se trata de una galaxia clasificada como SA0(s):pec que pertenece a un grupo de 6 miembros (LGG 177 García, 1993). Esta galaxia se encuentra a una distancia de $d \approx 51 Mpc$, según una estimación realizada con el plano fundamental (Saulder et al., 2016). Asumiendo esta distancia tiene una magnitud visual absoluta $M_V \approx -22.2$ mag, lo que indica que se trata de una galaxia masiva. A pesar de su alto brillo intrínseco, no existen hasta el momento estudios

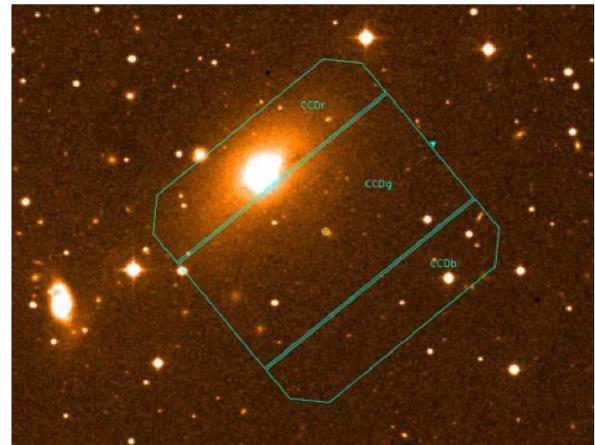


Figura 1: Configuración del campo observado con GMOS-N (5.5×5.5 arcmin). El Norte está arriba, el Este a la izquierda. Imagen tomada del relevamiento DSS, en el filtro V.

de su SCG.

La presencia de un camino de polvo en una galaxia de este tipo puede ser un indicio de que la misma ha sufrido un evento de fusión o acreción reciente, ya que las fuentes internas no son suficientes para explicar esa cantidad de polvo en las GTT (Patil et al., 2007; Finkelman et al., 2012).

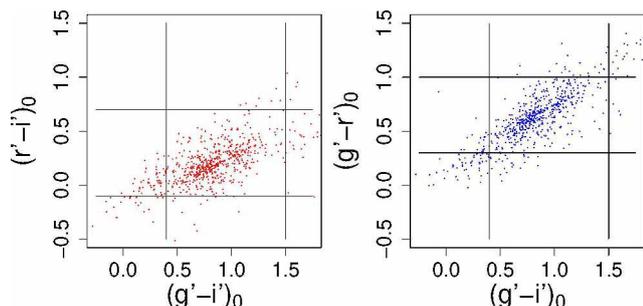


Figura 2: Diagramas color-color para los objetos puntuales seleccionados. Las líneas continuas indican los límites en color empleados para seleccionar los candidatos a CG.

2. Observaciones y fotometría

Se obtuvieron imágenes con el instrumento GMOS-N de GEMINI (programa GN-2018A-Q-129 obtenido con tiempo argentino), en las bandas g' (12×770 seg), r' (6×480 seg) e i' (6×420 seg), en noches con calidad fotométrica. En la Fig. 1 se presenta la configuración del campo observado.

Para calcular la contaminación por estrellas de la Vía Láctea y galaxias de fondo se empleó un campo de control de GEMINI (GN-2001B-SV-67) que posee una latitud galáctica similar en valor absoluto a la de NGC 2911 y fue observado en los mismos filtros. Es por esto que se espera que represente adecuadamente el nivel de contaminación de la galaxia.

Para procesar, combinar y registrar las imágenes se utilizaron tareas de los paquetes GMOS y DAOPHOT de IRAF, obteniendo una imagen final para cada filtro. En cada una de ellas se aplicó un filtrado para borrar en la mayor medida posible la componente suave de brillo de la galaxia.

Luego se corrió el software SOURCEEXTRACTOR (Bertin & Arnouts, 1996), que brinda un parámetro llamado CLASS_STAR (índice de estelaridad) a partir del cual se puede discriminar las fuentes extendidas de las puntuales. Se realizó un primer catálogo de fuentes puntuales, seleccionando aquellos objetos que cumplen $\text{CLASS_STAR} > 0.4$.

Por último, se realizó la fotometría PSF y se derivó un nuevo catálogo de fuentes puntuales a partir de los parámetros estadísticos que brinda esta tarea (χ^2 y *sharpness*). Las magnitudes fueron calibradas al sistema estándar y corregidas por enrojecimiento.

3. Resultados

3.1. Selección de candidatos a CG

Se seleccionaron los candidatos a CG siguiendo criterios de magnitud y color. Se estableció como límite débil de magnitud $i'_0 \sim 25$ mag para garantizar una completitud adecuada. Por otro lado, se calculó un límite brillante de magnitud que permite limpiar la muestra de candidatas a enanas ultra compactas. Para esto se adoptó como límite la magnitud M_I obtenida por Mieske et al. (2006) ($M_I = -12$ mag) y se usaron ecuaciones de trans-

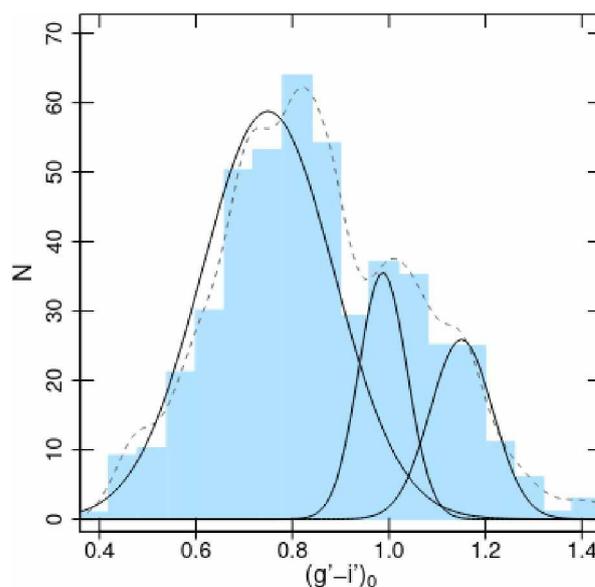


Figura 3: Distribución de color de los candidatos a CG de la galaxia NGC 2911. Las líneas de trazos y sólidas muestran un histograma suavizado y las Gaussianas ajustadas por el test de GMM, respectivamente.

formación y la distancia adoptada, resultando un valor de $i'_0 = 21.8$ mag.

La Fig. 2 muestra los diagramas color-color, $(r' - i')_0$ contra $(g' - i')_0$ y $(g' - r')_0$ contra $(g' - i')_0$ para las fuentes puntuales seleccionadas. Se identifican secuencias bien definidas delimitadas con líneas sólidas que muestran los límites de color utilizados. Se consideraron candidatos a CG a aquellas fuentes en los rangos de color $0.4 < (g' - i')_0 < 1.5$, $-0.1 < (r' - i')_0 < 0.7$ y $0.3 < (g' - r')_0 < 1$ (por ej. Caso et al., 2015; Ennis et al., 2019; De Bórtoli et al., 2020).

3.2. Distribución de color

Se presenta en la Fig. 3 la distribución de color $(g' - i')_0$ para los candidatos a CG, con un bin de 0.06 mag. La línea de trazos muestra un histograma suavizado, realizado con un *kernel* Gaussiano de 0.5σ . Las líneas sólidas representan las Gaussianas ajustadas utilizando el test GMM (Muratov & Gnedin, 2010).

Teniendo en cuenta estos ajustes, podría deducirse que además de las subpoblaciones “azul” y “roja” tradicionales, se encuentra una población “intermedia”. Se obtienen colores medios $(g - i)'_0 \approx 0.75$, $(g - i)'_0 \approx 1.00$ y $(g - i)'_0 \approx 1.15$ para las subpoblaciones azul, intermedia y roja, respectivamente.

3.3. Distribución espacial de las subpoblaciones de CG

La Fig. 4 muestra la distribución espacial proyectada de los candidatos a CG. Las poblaciones azul, intermedia y roja se muestran en los *paneles izquierdo, intermedio y derecho*, respectivamente. Los límites empleados fueron

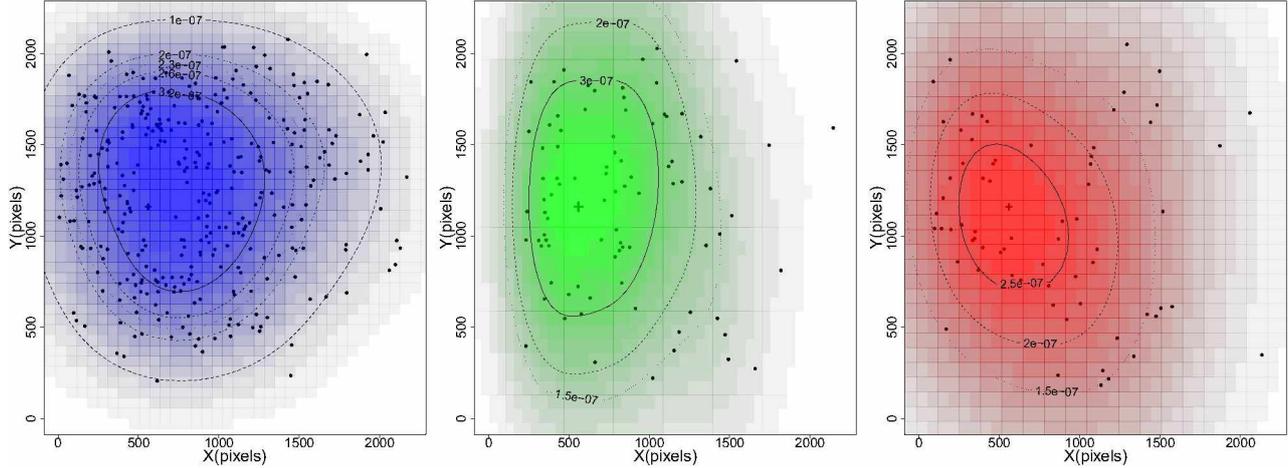


Figura 4: Distribución espacial proyectada para las subpoblaciones azul (*panel izquierdo*), intermedia (*panel intermedio*) y roja (*panel derecho*). Las distintas curvas muestran contornos de igual densidad numérica proyectada, con colores más oscuros hacia densidades más altas y viceversa. Los números muestran el valor de densidad respecto al máximo. El centro de la galaxia se marca con una cruz.

$$(g - i)'_0 \approx 0.95 \text{ y } (g - i)'_0 \approx 1.1.$$

Se presenta la ubicación de los candidatos a CG de cada una de estas subpoblaciones con puntos y una distribución suavizada, con colores más oscuros hacia densidades más altas, y viceversa. Las curvas muestran contornos de densidad numérica constante con valores que indican la densidad respecto al máximo.

Se observa que la subpoblación azul presenta una distribución extendida mientras que las subpoblaciones roja e intermedia están más concentradas hacia el centro de NGC 2911. Los contornos de la población intermedia son elípticos y están orientados con una dirección similar a la de las isofotas de la galaxia.

4. Resumen y conclusiones

En este trabajo se presenta el primer estudio fotométrico del SCG de la galaxia NGC 2911, una galaxia lenticular peculiar intrínsecamente brillante ubicada en un entorno de baja densidad. Usando imágenes de GEMINI/GMOS en los filtros g' , r' e i' , se investigaron las distribuciones de color y espacial de su SCG. Se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La distribución de color de los CG es trimodal, presentando una subpoblación azul, una intermedia y una roja con medias de color $(g' - i)'_0 \approx 0.75$, $(g' - i)'_0 \approx 1.00$ y $(g' - i)'_0 \approx 1.15$.
- La subpoblación azul presenta una distribución espacial extendida, mientras que las subpoblaciones intermedia y roja están más concentradas hacia el centro de la galaxia. Los contornos de densidad constan-

te de la subpoblación intermedia tienen una forma similar a las isofotas de la galaxia.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el 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. Este trabajo fue realizado con tiempo argentino del telescopio GEMINI.

Referencias

- Alatalo K., et al., 2013, MNRAS, 432, 1796
 Bassino L.P., Richtler T., Dirsch B., 2008, MNRAS, 386, 1145
 Bertin E., Arnouts S., 1996, A&AS, 117, 393
 Caso J.P., Bassino L.P., Gómez M., 2015, MNRAS, 453, 4421
 Caso J.P., Bassino L.P., Gómez M., 2017, MNRAS, 470, 3227
 De Bórtoli B.J., et al., 2020, MNRAS, 492, 4313
 Durrell P.R., et al., 2014, ApJ, 794, 103
 Ennis A.I., et al., 2019, MNRAS, 488, 770
 Finkelman I., et al., 2012, MNRAS, 422, 1384
 Garcia A.M., 1993, A&AS, 100, 47
 Gratton R.G., Carretta E., Bragaglia A., 2012, A&A Rv, 20, 50
 Hansen B.M.S., et al., 2013, Nature, 500, 51
 Harris W.E., 2016, AJ, 151, 102
 Harris W.E., Blakeslee J.P., Harris G.L.H., 2017, ApJ, 836, 67
 Mieske S., et al., 2006, AJ, 131, 2442
 Muratov A.L., Gnedin O.Y., 2010, ApJ, 718, 1266
 Oldham L.J., Auger M.W., 2016, MNRAS, 455, 820
 Patil M.K., et al., 2007, A&A, 461, 103
 Saulder C., et al., 2016, A&A, 596, A14
 Tonini C., 2013, ApJ, 762, 39