

# Ensamble de galaxias de tipo temprano en el Universo local: el caso NGC 1700

F.R. Faifer<sup>1,2</sup>, C.G. Escudero<sup>1,2</sup>, L.A. Sesto<sup>1,2</sup>, V. Reynaldi<sup>1</sup>, J. Saponara<sup>3</sup> & A.V. Smith Castelli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina*

<sup>2</sup> *Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP, Argentina*

<sup>3</sup> *Instituto Argentino de Radioastronomía, CONICET-CICPBA-UNLP, Argentina*

Contacto / favio@fcaglp.unlp.edu.ar

**Resumen** / Se presentan aquí resultados preliminares de un análisis fotométrico de los cúmulos globulares de la galaxia NGC 1700. Se reporta la detección, por primera vez, de clara bimodalidad en el sistema. La población total de cúmulos resulta significativamente baja para una galaxia de la luminosidad de NGC 1700, y se indica además, la posible existencia de una galaxia de baja masa en proceso de destrucción en el halo de este objeto.

**Abstract** / We present here preliminary results of a photometric analysis of the globular clusters of the galaxy NGC 1700. The detection, for the first time, of clear bimodality in the system is reported. The total population of clusters resulted to be significantly low for a galaxy of the luminosity of NGC 1700, and the possible existence of a low-mass galaxy in the process of destruction in the halo of this object is also indicated.

**Keywords** / galaxies: elliptical and lenticular, cD — galaxies: individual (NGC 1700) — galaxies: star clusters: general

## 1. Introducción

Las galaxias masivas de tipo temprano presentan propiedades que indican que se han ensamblado hace ya varios miles de millones de años (Thomas et al., 2010). Sus poblaciones estelares son viejas, con valores suprasolares de abundancias de elementos  $\alpha$  con respecto al hierro ( $[\alpha/\text{Fe}] > 0$ ), tienen apariencia suave, etc. Sin embargo, existen en el Universo local ejemplos de sistemas que se encuentra aún atravesando diferentes estados de su proceso de ensamble. Los mismos se denominan usualmente “elípticas jóvenes” o “protoelípticas”, y se cree que son el resultado de fusiones y/o acreciones recientes. Representan entonces una oportunidad única de estudiar procesos que se piensa fueron mucho más frecuentes en el Universo temprano. En este trabajo se muestran resultados preliminares de un estudio fotométrico de una de tales galaxias, NGC 1700.

## 2. NGC 1700

Esta galaxia presenta una apariencia de tipo temprano y está clasificada como E4, aunque muestra distintas particularidades que la convierten en un objeto de interés para el estudio de la formación de galaxias. Su distancia estimada es de  $\approx 44.3$  Mpc (Blakeslee et al., 2001), su luminosidad es  $M_V = -23.1$  mag, y presenta una dispersión de velocidades  $\sigma = 230$  km s<sup>-1</sup> (Bender et al., 1992), lo cual la constituye en una elíptica gigante. Se encuentra además en un ambiente de baja densidad, dominando un grupo pobre, acompañada por otras tres galaxias de menor luminosidad (Crook et al., 2007). Su núcleo está cinemáticamente desacoplado, ya que rota en sentido contrario al resto de la galaxia (Statler & Ce-

cil, 1996). La población estelar en dicho núcleo presenta una edad de  $\approx 6 \times 10^9$  años, menor a la estimada para la componente estelar dominante de la galaxia, la cual es mayor que  $10^{10}$  años (Kleineberg et al., 2011). El perfil de brillo de NGC 1700 se ajusta bien con una ley de Sérsic con  $n = 5.5$  (Trujillo et al., 2004). Se han reportado además distintas estructuras *tidales* y “escombros” (Seitzer & Schweizer 1990; Brown et al. 2000), cuya edad se estima en el rango de  $1.5 - 6 \times 10^9$  años.

Las propiedades cinemáticas y estructurales de NGC 1700 indican que ella puede ser el resultado de la fusión con al menos otros dos sistemas (Kleineberg et al., 2011). El primero de ellos un compañero de baja masa en órbita retrógrada (lo cual dio origen al núcleo desacoplado), y luego una segunda fusión con un compañero gaseoso (lo cual originó las estructuras *tidales* observadas actualmente). Su sistema de cúmulos globulares (CGs) ha sido estudiado por varios autores (Whitmore et al. 1997; Brown et al. 2000; Trancho et al. 2014), quienes reportaron una distribución de colores integrados sin bimodalidad evidente (la cual es típica en elípticas masivas), aunque encontraron indicios de la presencia de CGs jóvenes, con edades  $\approx 2 \times 10^9$  años. Brown et al. (2000) estimaron en  $1300 \pm 270$  la población total de CGs. Estos aspectos plantean un caso interesante de estudio dado el poco acuerdo entre los autores en la edad de este remanente, y porque NGC 1700 se encuentra en un ambiente de baja densidad, no usual para E masivas.

## 3. Datos observacionales

Los datos utilizados en este trabajo fueron obtenidos a través del telescopio Gemini Norte (GN-2018B-Q-113,

PI: Carlos Escudero), empleando la cámara GMOS y los filtros  $g'$ ,  $i'$  y  $Z$ . Se observaron un campo centrado en NGC 1700, uno de de comparación, y un campo de estrellas estándares (RU 149). La reducción de datos se hizo utilizando el paquete GEMINI en IRAF.

Las imágenes resultaron muy afectadas por la presencia de burbujas de aire en el aceite que llena el espacio entre lentes del colimador de GMOS. Por ello, se aprovechó que las imágenes de NGC 1700 y las del campo de comparación fueron tomadas durante la misma noche, separadas por poco tiempo, y se construyeron entonces correcciones *flat* utilizando la tarea IMSURFIT de IRAF.

Se realizó luego fotometría de ajuste de psf (DAOPHOT) a todos los objetos detectados por SExtractor. Dada las buenas condiciones de *seeing* y la profundidad de las imágenes en la banda  $Z$ , se utilizaron las mismas como referencia para la detección y clasificación.

La calibración al sistema estándar se realizó comparando directamente estrellas presentes tanto en el campo de NGC 1700 como en el de estándares, con las magnitudes dadas por Sloan para dichos objetos. Notar que esto significa que se calibró de la banda  $Z$  a la  $z$ . Por último, se aplicaron las correcciones por extinción galáctica utilizando los valores de Schlafly & Finkbeiner (2011). Para la selección de candidatos a CGs se utilizaron cortes en color similares a los definidos por Escudero et al. (2018). Esto es,  $0.4 < g - i < 1.5$ ,  $0.4 < g - z < 1.8$  y  $-0.1 < i - z < 0.6$ .

## 4. Resultados

### 4.1. Colores integrados de los cúmulos globulares

La Fig.1 muestra el diagrama color-magnitud de los objetos no resueltos detectados, mientras que en rojo se indican los candidatos a CGs. La fotometría presenta una completitud  $> 80\%$  para  $z < 25$  mag, y para el rango  $20 < z < 25$ , detectamos un total de 380 candidatos. El rectángulo celeste indica candidatos con  $-12 < M_V < -10$  mag, los cuales podrían ser los objetos jóvenes previamente reportados en la literatura.

La Fig.2 muestra el histograma  $(g-i)_0$  de colores integrados de la muestra cuyas magnitudes se encuentran en el rango  $20 < z < 25.5$ . El conteo de objetos se encuentra corregido por contaminación. Se puede apreciar que el diagrama no muestra clara bimodalidad. Por su parte, la Fig. 3 muestra el histograma  $(g-z)_0$ , incluyendo únicamente los objetos con  $-10 < M_V < -8$ . Allí es posible ahora notar la bimodalidad del sistema, con la típica población “azul” en 0.96, y el pico “rojo” en 1.32. Se detecta, además, un reducido número de objetos con colores alrededor de  $(g-z)_0 = 0.6$ , los cuales podrían ser cúmulos estelares, no globulares. Hemos obtenido además, una estimación del número total de CGs en este sistema adoptando la distancia antes mencionada. Resultó un número bajo de CGs,  $N_{\text{total}} = 400 \pm 100$ , muy por debajo de los reportado por Brown et al. (2000), quienes cabe destacar, no contaban con un campo de comparación.

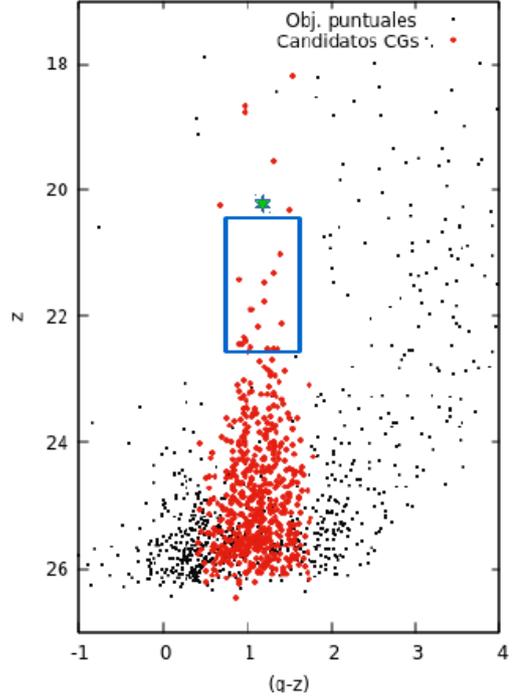


Figura 1: Diagrama color-magnitud de los objetos no resueltos detectados en el campo de NGC 1700. En puntos rojos se muestran los candidatos a CGs. La estrella verde indica el núcleo de la posible galaxia en destrucción (ver texto). El recuadro celeste indica candidatos a CGs con  $-12 < M_V < -10$  mag.

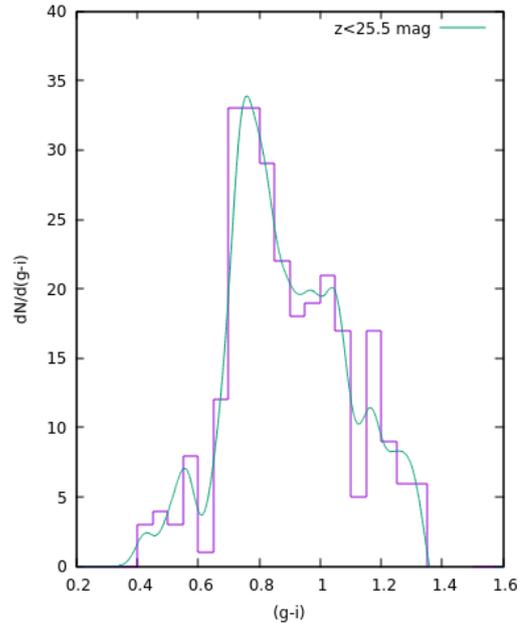


Figura 2: Histograma  $(g-i)$  de los candidatos a CGs con  $z < 25.5$  mag (línea violeta). La línea verde indica el conteo suavizado de objetos.

### 4.2. Estructuras *tidales*

Se obtuvo un modelo suave de la galaxia empleando la tarea ELLIPSE de IRAF, el cual se ha sustraído de la

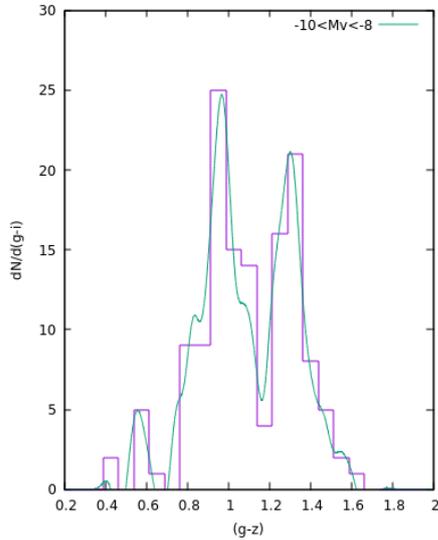


Figura 3: Histograma  $(g - z)$  de los candidatos a CGs con  $-10 < M_V < -8$  mag (línea violeta). La línea verde indica el conteo suavizado de objetos. Ahora la presencia de las poblaciones clásicas de CGs “azules” y “rojos” es evidente.

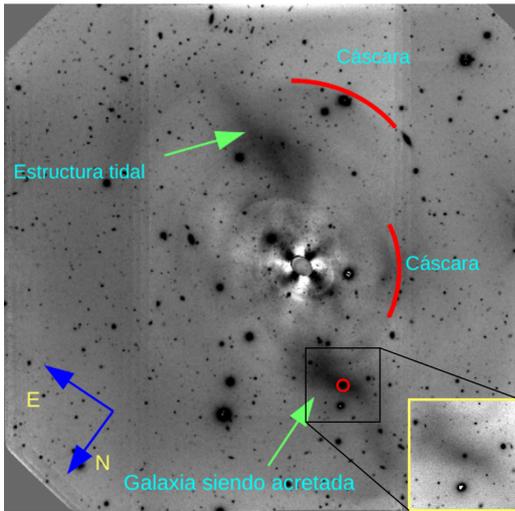


Figura 4: Resultado de la resta de un modelo suave de NGC 1700 a la imagen  $i$  original. Se han identificado y señalado varias estructuras de bajo brillo, de posible origen *tidal*. En particular, en la parte inferior, se indica en el recuadro ( $42'' \times 42''$ ) un objeto que podría constituir el núcleo de una galaxia de baja masa en destrucción.

imagen  $i$  original. La Fig. 4 muestra el residuo de dicha operación. En ella se han identificado varias estructuras *tidales* en el halo de NGC 1700, no simétricas, y de bajo brillo. Hemos verificado que las mismas muestran color similar a dicho halo. Asimismo se identificó en una de dichas estructuras un objeto resuelto, por lo cual sus magnitudes en las diferentes bandas fueron obtenidas mediante fotometría de apertura (Fig. 2).

## 5. Discusión y conclusiones

Destacamos a continuación los resultados preliminares de nuestro estudio.

- La distribución de colores integrados resulta bimodal cuando se limpia por contaminación, y se excluye el extremo brillante ( $M_V > -10$  mag.), con picos en las posiciones esperadas.
- Se detectaron indicios de la existencia de una subpoblación de cúmulos jóvenes con  $(g - z) < 0.7$  mag (¿similares a NGC 1316? – Sesto et al. 2016)
- El sistema de CGs resulta notablemente pobre, su  $N_{\text{total}}$  está entre los más bajos para galaxias E de alta luminosidad, las cuales, si bien con una gran dispersión, presentan poblaciones de varios miles de cúmulos (Harris et al., 2013).
- Se identificaron un reducido número de objetos con  $M_V < -10$  mag, los cuales pueden ser parte de una subpoblación joven.
- Encontramos evidencias de que las estructuras *tidales* previamente reportadas podrían ser restos de la destrucción de objetos de baja masa. En particular, detectamos un objeto resuelto con color análogo al de los CGs, ubicado en una estructura no simétrica con color similar al halo de NGC 1700. Proponemos que esta podría constituir una galaxia dEN en destrucción, siendo el objeto resuelto su posible núcleo.

Además de estos resultados fotométricos, nuestra búsqueda en las bases de datos de ALMA y VLA (1.4 y 5 GHz) indica que esta galaxia no contiene gas molecular en su zona interna, ni tampoco tendría actividad nuclear o formación estelar actual. Ello es indicio de que las fusiones recientes que ha sufrido NGC 1700 no han involucrado grandes cantidades de gas.

De lo antes expuesto, concluimos que esta galaxia no parece haber formado significativamente estrellas ni CGs recientemente, y la particularidad más notable de su sistema de CGs es su pobreza.

*Agradecimientos:* Este trabajo fue realizado gracias al aporte del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, y de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina).

## Referencias

- Bender R., Burstein D., Faber S., 1992, ApJ, 399, 462  
 Blakeslee J., Vazdekis A., Ajhar E.A., 2001, MNRAS, 320, 193  
 Brown R., et al., 2000, MNRAS, 317, 406  
 Crook A., et al., 2007, ApJ, 655, 790  
 Escudero C., et al., 2018, MNRAS, 474, 4302  
 Harris W., Harris G., Alessi M., 2013, ApJ, 772, 82  
 Kleineberg K., Sánchez-Blázquez P., Vazdekis A., 2011, ApJL, 732, 33  
 Schlafly E., Finkbeiner D., 2011, ApJ, 737, 103  
 Seitzer P., Schweizer F., 1990, International Conference on Dynamics and Interactions of Galaxies, 1, 279  
 Sesto L., Faifer F., Forte J., 2016, MNRAS, 461, 4260  
 Statler T. and Smecker-Hane T., Cecil G., 1996, AJ, 111, 1512  
 Thomas D., et al., 2010, MNRAS, 404, 1775  
 Trancho G., et al., 2014, ApJ, 790, 122  
 Trujillo I., et al., 2004, AJ, 127, 1917  
 Whitmore B., et al., 1997, AJ, 114, 1797