

*Terceras Jornadas de Astrofísica Estelar  
AAA Workshop Series, Vol. 9, 2016  
L. P. Bassino, Z. L. López García, L. S. Cidale & M. Lares, Eds.*

CONTRIBUCIÓN MURAL - POSTER

## La primera Enana ultra-compacta confirmada en el grupo de NGC 5044

M. C. Scalia<sup>1,2</sup>, C. Escudero<sup>1,2</sup>, F. Faifer<sup>1,2</sup>, L. Sesto<sup>1,2</sup> & A. Smith Castelli<sup>1,2</sup>

(1) *Instituto de Astrofísica de La Plata, CCT La Plata - CONICET - UNLP, Argentina*

(2) *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina*

**Resumen.** En el siguiente trabajo confirmamos como miembro del grupo NGC 5044, un objeto que por sus propiedades fotométricas constituye la primer Enana ultra-compacta “UCD” (por sus siglas en inglés) detectada en dicho grupo. La misma se encuentra asociada a la galaxia masiva NGC 5044 y fue identificada empleando datos Gemini+GMOS. Se presentan los resultados preliminares de un análisis de poblaciones estelares, basado en espectros obtenidos mediante el mismo instrumento. Dicho análisis indica que se trata de un objeto masivo ( $M_V \sim -12.3$  mag), con una edad mayor a  $10 \times 10^9$  años, con metalicidades y abundancias  $[Z/H] \sim -1$  y  $[\alpha/Fe] \sim 0.3$ , respectivamente.

**Abstract.** In the present work we confirm as a member of the group NGC 5044, an object which due to its photometric properties constitutes the first UCD detected in this group. It is associated with the massive galaxy NGC 5044 and was identified using Gemini+GMOS data. We present the preliminary results of an analysis of stellar populations, based on spectra obtained by the same instrument. This analysis indicates that this is a massive object ( $M_V \sim -12.3$  mag), older than  $10 \times 10^9$  years, with metallicity and abundances  $[Z/H] \sim -1$  and  $[\alpha/Fe] \sim 0.3$ , respectively.

### 1. Introducción

Las galaxias enanas ultra compactas (UCDs, por sus siglas en inglés) son objetos estelares con características compartidas entre los cúmulos globulares (CGs) y las galaxias enanas (colores, metalicidades, etc.), poseen tamaños característicos de  $7 \leq R_e \leq 100$  pc, y luminosidades de  $-13.5 \leq M_V \leq -11$  mag (Mieske 2006). Aunque su mecanismo de formación sigue siendo objeto de debate, los escenarios actuales sugieren que podría tratarse de cúmulos estelares masivos, o de núcleos de galaxias enanas desmembradas por efecto de marea (por ejemplo, Longmore et al. 2014, Brodie et al. 2011, Hilker 2009, Pfeffer et al. 2014). En este trabajo nos hemos centrado en el análisis de una candidata a UCD (NGC5044-UCD1,  $\alpha_{J2000} = 13^h 15^m 35.7^s$ ;  $\delta_{J2000} = -16^\circ 23' 24''$ ) localizada en el sistema de CGs de la galaxia elíptica masiva NGC 5044 ( $M_B = -21.2$  mag). Esta galaxia, ubicada a una distancia de  $35.7 \pm 5$  Mpc (valor medio proporcionado por NED) y con una velocidad radial sistémica  $V_r = 2782$  km/s, es el objeto central del grupo conocido como NGC 5044. Este grupo (también considerado como un pequeño cúmulo de galaxias) cuenta con unas 150 galaxias miembro, en su mayoría enanas (Fer-

guson y Sandage 1990). NGC 5044 presenta un sistema de CGs rico (cerca de 5000 miembros) y varios candidatos a UCD (Scaglia et al. 2016).

A partir del análisis fotométrico de cuatro campos profundos obtenidos con Gemini+GMOS, y del análisis espectroscópico de uno de ellos, hemos sido capaces de confirmar la presencia de una UCD ( $M_V \sim -12.3$  mag) a través de la determinación de su velocidad radial.

## 2. Análisis de la velocidad radial

La velocidad radial ( $V_r$ ) de este objeto fue inicialmente calculada a partir de los datos espectroscópicos utilizando el método de correlación cruzada de Fourier a través de la tarea FXCOR de IRAF. Para ello, se usaron como patrón de comparación los modelos de síntesis de poblaciones estelares de la librería MILES (Vazdekis et al. 2010). En particular, consideramos dos modelos diferentes ( $[Z/H] = -1.31$  y  $[Z/H] = 0.00$  dex), con una FMI (función de masa inicial) unimodal, de pendiente 1.3 y edad  $12 \times 10^9$  años. Alternativamente, se utilizó el código “penalized pixel fitting” (pPXF) (Cappellari & Emsellem 2004) para obtener la cinemática de la UCD, utilizando varios modelos de poblaciones estelares obtenidos de las librerías ELODIE de Prugniel et al. (2007) ( $-2.0 \leq [Z/H] \leq 0.0$  y  $0.1 \leq \text{edades} \leq 15 \times 10^9$  años).

Con ambos métodos, se obtuvieron resultados similares en la velocidad radial ( $V_r \sim 2965$  km/s). En el panel izquierdo de la Figura 1 se muestra el espectro integrado de NGC5044-UCD1 (línea negra) y el mejor ajuste realizado por el pPXF (línea roja). La línea verde muestra el residuo, que ha sido desplazado a 0.6 para una mejor visualización.

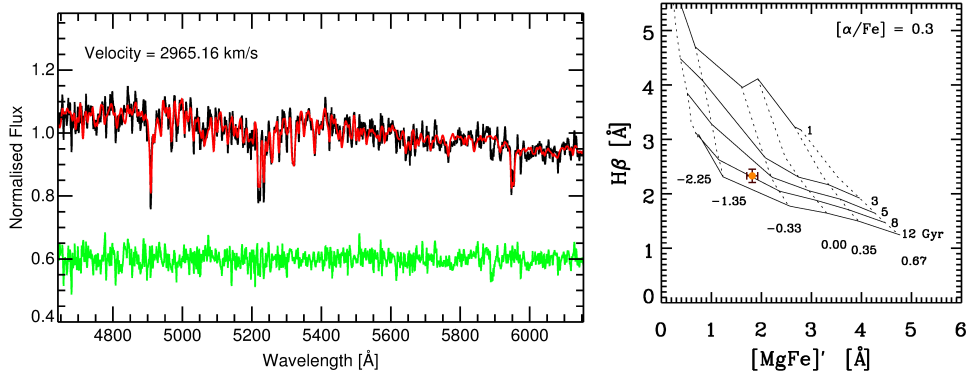


Figura 1. *Izq.*: Espectro integrado de NGC5044-UCD1. *Der.*: Diagrama de diagnóstico  $H\beta$  vs  $[MgFe]'$  (ver texto).

## 3. Índices de Lick

Con el fin de determinar la edad, metalicidad y abundancia de elementos  $\alpha$  de la UCD, se utilizó el método de minimización de  $\chi^2$  de Proctor & Sansom

(2002) y Proctor et al. (2004). Este método estima los parámetros mencionados anteriormente, a través del ajuste de varios índices de Lick/IDS utilizando los modelos de poblaciones estelares simples (SSP) de Thomas et al. (2003, 2004), mediante un proceso de minimización de  $\chi^2$ . En este trabajo se consideraron los índices  $H\delta A$ ,  $H\delta F$ ,  $H\gamma A$ , G4300, Fe4383,  $H\beta$ , Fe5015, Mgb, Fe5270, Fe5335 y Fe5406, que proveen resultados aceptables para el estudio de cúmulos globulares (CGs) extragalácticos (Norris et al. 2006). Mediante dicho análisis se determinó una edad de  $10.5 \pm 1.0 \times 10^9$  años, una metalicidad  $[Z/H] = -0.91 \pm 0.04$  dex y una abundancia de elementos  $\alpha$   $[\alpha/Fe] = 0.28 \pm 0.06$ . Simultáneamente, construimos un diagrama de diagnóstico  $H\beta$  vs  $[Mg/Fe]$  (ver Figura 1, panel derecho), donde  $[Mg/Fe] = [Mgb (0.72 \cdot Fe5270 + 0.28 Fe5335)]^{0.5}$  (Thomas et al. 2003). En la misma figura se superponen los modelos de Thomas et al. (2003, 2004) correspondientes a  $[\alpha/Fe] = 0.3$ , de acuerdo con el valor estimado previamente. Como se puede ver, NGC5044-UCD1 (círculo naranja) resulta ser un objeto antiguo con baja metalicidad.

#### 4. Historia de formación estelar

Estudiamos la historia de formación estelar (SFH por sus siglas en inglés) de NGC5044-UCD1 utilizando la técnica de ajuste espectral completo implementada dentro del código pPXF. En este caso hemos utilizado la función de regularización para obtener una solución suave de la combinación lineal de los modelos SSP en el espectro de la UCD (McDermid et al. 2015). Se utilizaron las librerías de modelos MILES de Vazdekis et al. (2015), adoptando una abundancia de elementos  $\alpha$  de  $[\alpha/Fe] = 0.4$ , de acuerdo con el valor previamente obtenido en el análisis de los índices de Lick. Estos modelos abarcan una amplia gama de edades ( $0.03 - 14 \times 10^9$  años) y metalicidades ( $[Z/H] = -2.27$  a  $0.4$  dex). La Figura 2 muestra una comparación entre la SFH obtenida mediante este procedimiento para la UCD estudiada aquí, y una UCD perteneciente al sistema de CGs de NGC 3923 (Norris et al. 2012). Janz et al. (2015) obtuvieron para NGC3923-UCD1 una edad y metalicidad (pesadas por luminosidad) de  $10.05^{+2.28}_{-1.87}$  y  $[Z/H] = -0.29 \pm 0.06$ , así como  $[\alpha/Fe] = 0.24 \pm 0.04$ . Estos valores y la SFH obtenida se muestran en el panel derecho de la Figura 2, e indican que NGC3923-UCD1 tiene propiedades típicas de un CG masivo. Por otro lado, NGC5044-UCD1 muestra propiedades integradas similares a las de NGC3923-UCD1, pero su SFH parece ser más prolongada en metalicidad (desde  $\sim -1.3$  a  $0.0$  dex) que la de NGC3923-UCD1.

#### 5. Conclusiones

A partir del análisis fotométrico de cuatro campos profundos obtenidos con Gemini+GMOS, y del análisis espectroscópico de uno de ellos, pudimos confirmar la presencia de una UCD ( $M_V \sim -12.3$  mag) en el sistema de CGs de NGC 5044, a través de la determinación de su velocidad radial. Posteriormente, se analizó la historia de formación estelar utilizando dos métodos: la medición de los índices de Lick/IDS y la técnica de ajuste espectral completo. Ambos métodos muestran resultados consistentes (dentro de los errores), indicando que esta UCD presenta una población estelar antigua. Además, el amplio rango de metalicidades obte-

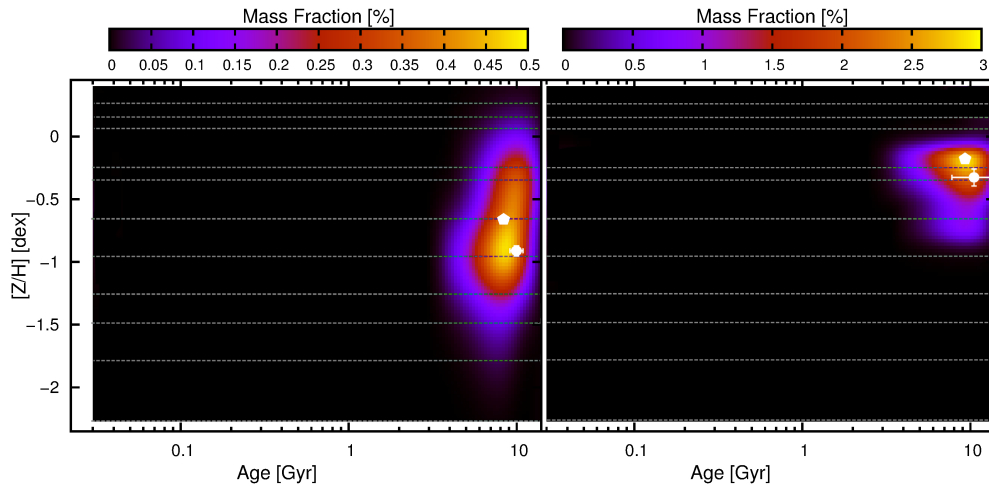


Figura 2. SFH de NGC5044-UCD1 (*Izq.*) y NGC3923-UCD1 (*Der.*) obtenidas utilizando pPXF. Los contornos en escala de colores indican el peso de cada modelo SSP, que es equivalente a la distribución de masa de edad cero de la SFH. Los círculos blancos indican la edad y metalicidad (pesadas por luminosidad) obtenidas mediante los índices de Lick. Los pentágonos blancos muestran la edad y metalicidad obtenidas por el ajuste espectral completo.

nido mediante el método de ajuste espectral completo, podría estar indicando la presencia de una población estelar compleja.

## Referencias

- Brodie, J., Romanowsky, A., Strader, J., et al., 2011, *AJ*, 142, 199  
 Cappellari & Emsellem, 2004, *PASP*, 116, 138  
 Ferguson, H. & Sandage, A., 1990, *AJ*, 100, 1  
 Hilker, M., 2009, *Rev. Modern Astron.*, 21, 199  
 Janz, J., Forbes, D., Norris, M., et al., 2015, *MNRAS*, 449, 1716  
 Longmore, S., Kruijssen, J., Bastian, N., et al., 2014, *Protostars & Planets VI*, 291  
 McDermid, R., Alatalo, K., Blitz, L., et al., 2015, *MNRAS*, 448, 3484  
 Mieske, S., Hilker, M., Infante, L., et al., 2006, *AJ*, 131, 2442  
 Norris M., Sharples R. & Kuntschner H., 2006, *MNRAS*, 367, 815  
 Norris M., Gebhardt K., Sharples R., et al., 2012, *MNRAS*, 421, 1485  
 Pfeffer, J., Griffen, B., Baumgardt, H., et al., 2014, *MNRAS*, 444, 3670  
 Proctor & Sansom, 2002, *MNRAS*, 333, 517  
 Proctor, R., Forbes, D. & Beasley, M. 2004, *MNRAS*, 355, 1327  
 Prugniel Ph., Soubiran C., Koleva M., et al., 2007, *astro-ph/0703658*  
 Scaglia, M. C., Faifer, F., Smith Castelli, A., et al., 2016, *BAAA*, 58, 39  
 Thomas, D., Maraston, C., & Bender, A., 2003, *MNRAS*, 339, 897  
 Thomas, D., Maraston, C., & Korn, A., 2004, *MNRAS*, 351, L19  
 Vazdekis, A., Sánchez-Blázquez, P., Falcón-Barroso, J., et al., 2010, *MNRAS*, 404, 1639  
 Vazdekis A., Coelho P., Cassisi S., et al., 2015, *MNRAS*, 449, 1177