

Galaxias de bajo brillo superficial en HCG44?

F. R. Faifer^{1,2}, A. V. Smith Castelli², C. G. Escudero^{1,2} & N. M. Gonzalez^{1,2}

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

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

Resumen. Se presentan aquí las propiedades fotométricas de dos objetos de bajo brillo superficial detectados en dirección al grupo compacto de Hickson HCG 44. Sus características indican que se trataría de galaxias de extremadamente bajo brillo superficial, posiblemente asociadas a HCG 44 y/o NGC 3193. Sus propiedades fotométricas resultan ser similares a las de las denominadas galaxias de ultra-bajo brillo superficial. Estos objetos, previamente detectados en ambientes de cúmulos de galaxias, estarían entonces presentes de igual forma en grupos pobres como HCG 44. En cuanto a su origen, nuestros resultados señalan que los objetos identificados podrían ser galaxias enanas de tipo esferoidal, cuyos radios efectivos serían un poco mayores a los valores usualmente encontrados en las galaxias esferoidales del Grupo Local.

Abstract. We present the photometric properties of two objects displaying low surface brightness detected in the direction of the Hickson Compact Group 44 (HCG 44). Their characteristics indicate that they would be extremely low surface brightness galaxies, possibly associated with HCG 44 and/or NGC 3193. Their photometric properties turn out to be similar to the so-called ultra-low surface brightness galaxies. These kind of objects, previously detected in clusters of galaxies, would then be present in poor groups like HCG 44. Regarding their origin, our results indicate that the identified objects could be spheroidal dwarf galaxies whose effective radii are a bit higher than the values usually measured in the Local Group.

1. Introducción

Los grupos compactos de Hickson (HCG) son densas concentraciones de 4-10 galaxias cuyas densidades centrales son similares a aquellas encontradas en los cúmulos de galaxias. Sin embargo, los HCG usualmente no muestran emisión difusa en rayos X, por lo que no cuentan con un medio intra-grupo. Más importante aún, las dispersiones de velocidades en estos grupos son usualmente bajas ($\sigma \sim 200$ km/seg) en comparación a los valores típicos encontrados en cúmulos. Estas características en conjunto, indican que las interacciones gravitacionales dominan la evolución de sus componentes. Por ello, resulta atractivo estudiar tanto el contenido de galaxias como el de cúmulos globulares (CGs) en estos ambientes, e intentar identificar en ellos los rastros de los distintos procesos dinámicos ocurridos en estos grupos.

En particular, Hickson (1982) incluyó 4 galaxias relativamente brillantes en lo que él definió como HCG 44. Posteriormente, se identificaron otras cinco galaxias de bajo brillo como posibles miembros del sistema (Hickson et al. 1992; Borthakur et al. 2010). Sin embargo, la realidad al día de hoy es que existe aún cierta controversia sobre el contenido exacto del grupo HCG 44. La razón de ello es que las estimaciones de distancias en base a distintos métodos arrojan resultados significativamente discrepantes. En particular, Tonry et al. (2001) encontraron que la única galaxia elíptica ubicada en la zona del grupo, NGC 3193, es posiblemente un objeto de fondo. En este contexto, en el presente trabajo no abordaremos los aspectos vinculados al estatus de pertenencia de cada miembro del grupo. En su lugar, adoptaremos valores reportados en la literatura reciente para cada una de las galaxias brillantes ubicadas en proyección en la zona ocupada por HCG 44 (Tabla 1).

En cuanto a la apariencia de las galaxias en este grupo, NGC 3190 y NGC 3187 muestran evidencias claras de interacciones de marea. Sin embargo, no está claro aún cuál fue exactamente el camino evolutivo de ambas. En cuanto a la emisión de HI, se han detectado estructuras cercanas angularmente a NGC 3193, y hacia el norte de la misma (Serra et al. 2013). Dichas estructuras podrían estar asociadas a la interacción entre NGC 3190 y NGC 3187, o bien a la de éstas con el campo gravitatorio del grupo. Sin embargo, a la fecha no se detectaron estructuras de bajo brillo superficial en el óptico que puedan ser consideradas como la contraparte en dichas bandas de las mencionadas estructuras en HI.

Tabla 1. Distancias adoptadas en este trabajo, y sus fuentes, para cada una de las galaxias más brillantes en la zona de HCG 44. TF: Tully-Fisher; T est: Tully estimation; SNI: Supernova Type I; SBF: Surface brightness fluctuations; (1): Tully et al. (2013); (2): Nearby Galaxy Catalog (1988, Tully R. B.); (3): Theureau et al. (2007).

Galaxia	R.A. (J2000)	DEC (J2000)	(m-M) (mag)	Distancia (Mpc)	Método	H ₀ (km s ⁻¹ Mpc ⁻¹)	Ref.
NGC 3185	10:17:38.5	21:41:18	32.00	25.1	TF	74.4	(1)
NGC 3187	10:17:47.8	21:52:24	32.08	26.1	T est	75.0	(2)
			32.62	33.3	TF		(3)
NGC 3189/3190	10:18:05.6	21:49:56	31.73	22.2	SNI	74.4	(1)
NGC 3193	10:18:24.9	21:53:38	32.63	33.6	SBF	74.4	(1)

2. Datos observacionales y reducciones

Con el objetivo de estudiar la población de galaxias y los cúmulos globulares asociados a ellas, comenzamos un estudio fotométrico empleando la cámara GMOS del telescopio Gemini Norte. Durante los años 2009 y 2010 se obtuvieron varios campos profundos en dos programas exitosos en dicho telescopio (GN-2009B-Q-64 y GN-2010B-Q-29, PI: A. Smith Castelli), empleando los filtros g' , r' , i' y z' del sistema de Sloan (Fukugita 1996). En el presente trabajo nos centraremos únicamente en dos de dichos campos, los cuales se muestran en la Figura 1. Para el campo que contiene a NGC 3193 se tomaron cinco exposiciones en cada una de las bandas antes mencionadas, con tiempos de integración totales de 1700, 750, 750 y 1500 seg, respectivamente. Para el caso del campo ubicado al sur de NGC 3190, las exposiciones totales fueron de 600, 400, 400 y 1200 seg, respec-

tivamente. En todos los casos el *seeing* fue excelente, con valores de 0.4 a 0.8 segundos de arco.

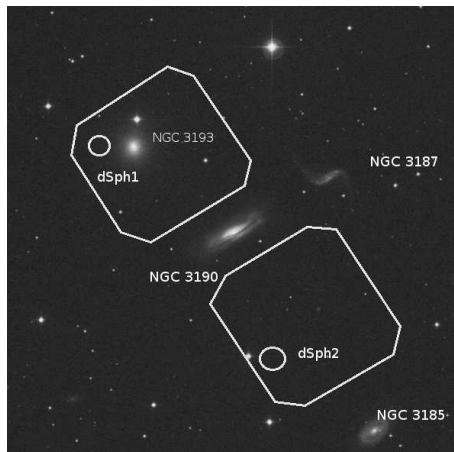


Figura 1. Imagen DSS en la banda R, donde se indican las galaxias más brillantes del grupo, y los dos campos de GMOS explorados en el presente trabajo. Los círculos indican las posiciones aproximadas de las dos candidatas a dSph.

La reducción de los datos antes mencionados se realizó empleando el paquete Gemini en IRAF, siguiendo los procesos usuales de corrección por *bias* y *flat*. Luego se empleó la tarea *gmosaic* para crear las imágenes mosaico. Finalmente, se utilizó la tarea *imcoadd* para generar las imágenes finales para la fotometría.

3. Identificación y fotometría

Una inspección visual de las imágenes obtenidas reveló que en los dos campos mencionados en la Sección 2., existen dos subestructuras de extremadamente bajo brillo superficial, las cuales tentativamente nombramos como dSph1 y dSph2. Sus coordenadas J2000 aproximadas resultaron ser R.A.=10:18:31 y $\delta=21:53:41$, R.A.=10:17:58, $\delta=21:44:53$, respectivamente. Las mismas se identificaron satisfactoriamente en las imágenes correspondientes a las cuatro bandas observadas. En el panel izquierdo de la Figura 2 se muestran como ejemplo las zonas de ambas estructuras, tal como se observan en las imágenes GMOS. Posteriormente, en un intento por descartar la posibilidad de que se tratara de “artefactos” en las imágenes, se procedió a analizar la zona de HCG 44 en las imágenes correspondientes al relevamiento del Sloan Digital Sky Survey (SDSS, DR12). Como se muestra en el panel derecho de la Figura 2, fue posible detectarlas también en dichas imágenes. Esto confirma, entonces, que se trata de dos objetos astrofísicos reales.

Los perfiles de brillo superficial fueron luego obtenidos empleando la tarea *ellipse*. Dada la baja relación señal/ruido de las distribuciones de luz de cada objeto, no fue posible realizar ajustes con la mencionada tarea. Por tal motivo se fijó la elipticidad en cero, y se ejecutó la tarea manteniendo los parámetros geométricos fijos. En el caso particular de dSph1, la misma se encuentra super-

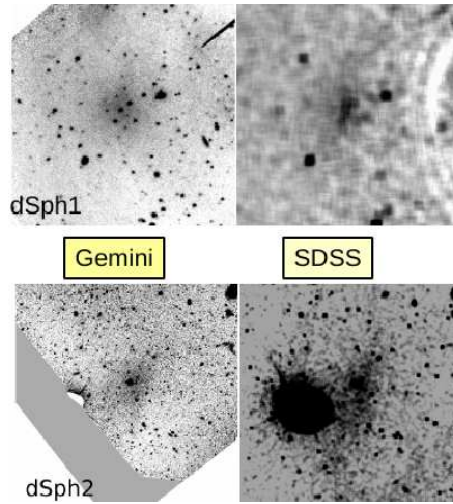


Figura 2. *Izquierda:* imágenes GMOS en la banda g' donde se muestran las dos candidatas a dSph. *Derecha:* la misma zona, tal como aparecen en las imágenes del SDSS DR12.

puesta al halo de NGC 3193. Por ello, antes de intentar determinar su perfil, fue necesario modelar y substraer dicho halo. Por su parte, como se ve en la Figura 2, dSph2 se encuentra fuertemente afectada por la presencia de una estrella brillante. Por ello, en el caso de esta estructura, los perfiles recuperados resultan más ruidosos que los de dSph1.

En la Figura 3 se presentan los perfiles obtenidos para cada una de las estructuras. Se puede apreciar que el brillo superficial es extremadamente bajo. Se determinaron, además, las magnitudes integradas y los radios efectivos listados en la Tabla 2.

Tabla 2. Información básica obtenida para los objetos analizados en este trabajo.

Galaxia	r_{tot}	r_{eff}	$m_{g'}$	$m_{r'}$	$m_{i'}$	$m_{z'}$	$(g' - r')$	$\langle \mu_{\text{eff}, g'} \rangle$
	"	"	mag	mag	mag	mag	mag	(mag $^{\prime 2}$)
dShp1	26.0	11.5	19.1 \pm 0.4	18.7 \pm 0.5	18.4 \pm 0.3	17.9 \pm 0.5	0.4 \pm 0.6	26.4
dSph2	54.0	24.0	18.5 \pm 0.2	18.1 \pm 0.2	18.2 \pm 0.4	19.7 \pm 1.1	0.4 \pm 0.3	27.4

4. Sobre la naturaleza de dSph1 y dSph2, y las galaxias ultradifusas

Si bien no contamos con estimaciones de distancias a las estructuras de bajo brillo detectadas, es razonable suponer que podría tratarse de galaxias enanas de tipo esferoidal (como existen en el Grupo Local) que podrían encontrarse aisladas o, más probablemente, asociadas a alguna de las galaxias brillantes de HCG 44. En el primer caso, no sería posible inferir sus tamaños reales. Pero si consideramos que por la proximidad angular a NGC 3193 dSph1 se encuentra asociada a ella, y que dSph2 lo está a NGC 3190, entonces pueden obtenerse algunas estimaciones. Adoptando entonces las distancias presentadas en la Tabla 1, obtenemos valores

Galaxias de bajo brillo superficial en HCG44?

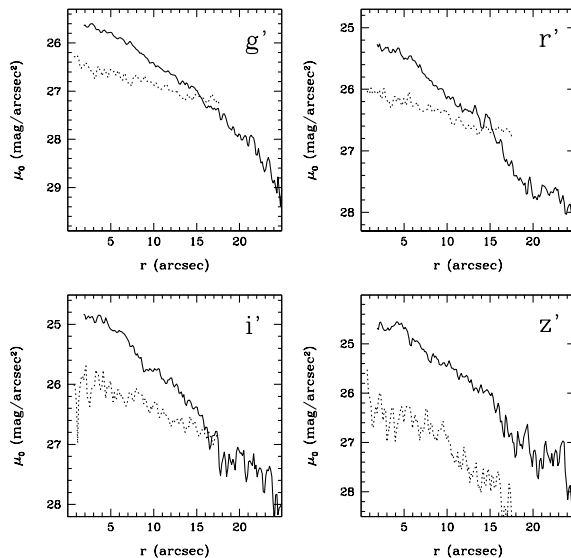


Figura 3. Perfiles de brillo superficial de las dos candidatas dSph. En línea continua se muestran los resultados para la dSph1, y en línea punteada los perfiles de la dSph2.

para los radios efectivos (r_{eff}) en kpc. De esta forma, si dSph1 se encuentra asociada a NGC 3193, entonces su r_{eff} resulta del orden de 1.9 kpc. Por su parte, para dSph2, si se encuentra asociada a NGC 3190, su r_{eff} tendría un valor de 2.2 kpc. Es interesante notar entonces que estos radios resultan mayores a los medidos para las galaxias dSph del Grupo Local, para las cuales se obtienen $r_{eff} < 1$ kpc (McConnachie 2012). Por otro lado, dichos valores se encuentran dentro de los rangos publicados para distintos objetos pertenecientes al cúmulo de Coma y Abell 168, y que han sido recientemente reportados en la literatura (van Dokkum 2015; Roman & Trujillo 2017). Dichos objetos han recibido el nombre de galaxias ultradifusas (UDG, por sus siglas en inglés).

Las denominadas UDGs son galaxias de extremadamente bajo brillo superficial, con luminosidades totales del orden de $10^7 - 10^8 L_{\odot}$. Ellas son más extendidas que las enanas de tipo temprano clásicas, presentando r_{eff} del orden de 2 a 5 kpc. Se han postulado distintos orígenes para dichas galaxias. Por un lado, podría tratarse de *tidal dwarfs*, las cuales se originan a partir del desprendimiento de materia durante interacciones de marea entre galaxias. Por otro lado, también podría tratarse de descendientes de galaxias normales, las cuales pueden haber sido fuertemente transformadas por la acción de las interacciones en los cúmulos y grupos. Finalmente, podría tratarse de antiguos remanentes de galaxias normales que por alguna razón no formaron estrellas como sí lo hicieron las galaxias “normales” de igual masa. En ese caso, estaríamos frente a objetos dominados por materia oscura. Cabe destacar que la presencia de un halo de materia oscura que las contenga, resulta necesario debido a que de otra forma estas galaxias de bajo brillo no sobrevivirían en ambientes tan densos como el cúmulo de Coma.

Un aspecto que podría arrojar cierta luz sobre el origen de estos objetos, es su población de CGs. Si se tratara de galaxias "normales" de tipo dSph, entonces no se esperaría encontrar una población muy numerosa de CGs en torno a ellas. Si, por el contrario, suponemos que son objetos masivos que no han podido formar estrellas de campo al mismo ritmo que las demás galaxias de masas similares, entonces deberíamos detectar una población rica en CGs. Sin embargo, no debe perderse de vista que ambos objetos se encuentran en zonas donde hay otras galaxias, por lo que de contar con CGs, estos se observarían superpuestos a los sistemas de CGs de las demás galaxias. En este contexto, intentamos determinar si dentro del área contenida dentro del radio total estimado para cada candidata a dSph existe algún tipo de sobredensidad atribuible a sus propios sistemas de CGs. Se encontraron 7 objetos con colores y magnitudes acordes a lo esperado para CGs a la distancia de NGC 3193, que podrían estar vinculados a la dSph1. Por su parte, se encontraron 6 candidatos en iguales condiciones que podrían estar asociados a la dSph2. Sin embargo, un cálculo del número de candidatos esperables en dichas zonas debido a la presencia de ambas galaxias masivas, indica que no existe ninguna sobredensidad apreciable. En base a este resultado negativo, se puede concluir que estas galaxias no cuentan con CGs propios, o bien, son muy pocos. En todo caso, este es un resultado que nos estaría indicando que posiblemente dSph1 y dSph2, son en realidad galaxias enanas del tipo dSph, con radios efectivos un poco mayores a los que vemos en el Grupo Local. En tal sentido, Amorisco et al. (2016), muestran que, efectivamente, las UDG podrían constituir objetos que pueblan el extremo de alto *spin* en la distribución de halos en los modelos de formación de galaxias.

Agradecimientos. Los autores agradecen el financiamiento para la realización de este trabajo por parte de la UNLP (subsidió G128) y del CONICET (PIP 0393).

Referencias

- Amorisco, N. C., & Loeb, A. 2016, MNRAS, 459, 51
Borthakur, S., Yun, M.S., et al. 2010, ApJ, 710, 385
Fukugita, M., Ichikawa, T., et al. 1996, AJ, 111, 1748
Hickson, P. 1982, ApJ, 255, 382
Hickson, P., Mendes de Oliveira, C., et al. 1992, ApJ, 399, 353
McConnachie, A.W. 2012, AJ, 144, 4
Roman, J., & Trujillo, I. 2017, MNRAS, 468, 703
Serra, P, et al. 2013, MNRAS, 428, 370
Theureau, G., Hanski, M.O., et al. 2015, A&A, 571, 465
Tonry, J.L., Dressler, A., et al. 2001, ApJ, 546, 681
Tully, R.B, Courtois, H.M., et al. 2013, AJ, 146, 86
van Dokkum, P.G., Abraham, R., et al. 2015, ApJ, 798, 45