

# Galaxias de bajo brillo superficial: análogas a los satélites de Andrómeda en Pegasus I?

N. González<sup>1,2,3</sup>, A. Smith Castelli<sup>1,2,3</sup>, F. Faifer<sup>1,2,3</sup>, C. Escudero<sup>1,2,3</sup>, S. A. Cellone<sup>1,3,4</sup>,

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

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

<sup>3</sup> *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.*

<sup>4</sup> *CASLEO, San Juan, Argentina.*

Contacto / ngonzalez@fcaglp.unlp.edu.ar

**Resumen** / En este trabajo presentamos los resultados preliminares de un estudio donde parece existir un efecto de sesgo en las distribuciones de tamaño de las galaxias de bajo brillo superficial (LSB) detectadas en diferentes entornos, en el sentido de que los grupos/cúmulos más distantes carecen de objetos de radio efectivo pequeños, mientras que los sistemas grandes no se encuentran en el Grupo Local y los entornos cercanos. Si bien puede haber una escasez real de galaxias LSB grandes en entornos de baja densidad como el Grupo Local, la no detección de sistemas pequeños (y débiles) a grandes distancias es claramente un efecto de selección. Como ejemplo, las galaxias LSB con tamaños similares a las de los satélites de Andrómeda en el Grupo Local, ciertamente se perderán en una identificación visual a la distancia de Pegasus I.

**Abstract** / Here we show the preliminary results of a study where there seems to be a bias effect in the size distributions of the detected low-surface brightness (LSB) galaxies in different environments. In this sense, more distant groups/clusters would lack small effective radius objects, while large systems would not be found in the Local Group and nearby environments. While there may be an actual shortage of large LSB galaxies in low-density environments like the Local Group, the non-detection of small (and faint) systems at large distances is clearly a selection effect. As an example, LSB galaxies with similar sizes to those of the satellites of Andromeda in the Local Group, will be certainly missed in a visual identification at the distance of Pegasus I.

**Keywords** / Galaxies: dwarf — galaxies: photometry — galaxies: groups: (Pegasus I)

## 1. Introducción

En el trabajo de González et al. (2018) se plantea una posible correlación entre la distancia de los cúmulos/grupos que albergarían galaxias de bajo brillo superficial (LSB) y sus radios efectivos. Esta correlación parece indicar que las galaxias LSB poseen un tamaño real más grande a mayores distancias. En cambio, sus tamaños aparentes resultan más pequeños a distancia lejanas. Este efecto podría deberse solamente a las limitaciones que resultan de observar estos tipos de objetos de bajo brillo superficial. Esto es, las LSB pequeñas observadas a grandes distancias podrían confundirse con objetos de fondo, mientras que aquellas galaxias LSB cercanas podrían no detectarse debido a sus tamaños angulares extremadamente grandes. Sin embargo, la probabilidad de encontrar galaxias LSB grandes en un volumen pequeño alrededor del Grupo Local resultaría baja. Recientemente, Müller et al. (2018) encontraron posibles galaxias ultra difusas (UDGs) extremadamente grandes en el grupo de Leo-I ( $D \sim 10.7$  Mpc). De confirmarse su pertenencia en este grupo, estos objetos pasarán a ser las UDGs más cercanas.

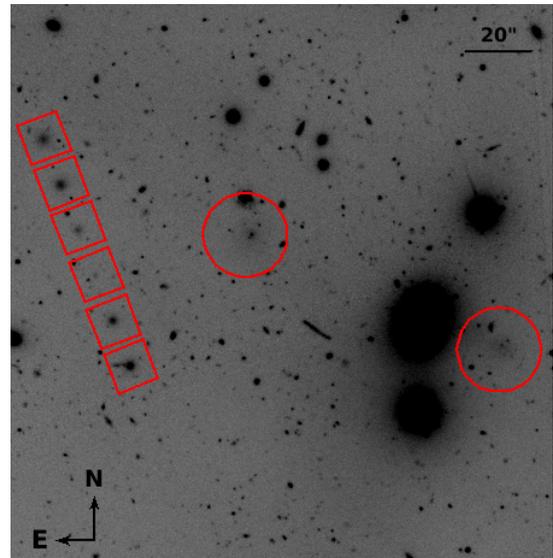


Figura 1: Mosaico de  $2.85 \times 2.85$  arcmin en el filtro  $g'$  en el cual se muestra dos de las galaxias LSB detectadas en Pegasus I (círculos) reportadas en González et al. (2018). Superpuesto en este mosaico, a modo de comparación se muestra la apariencia que tendrían las dSphs de Andrómeda llevadas a la distancia de Pegasus I (cuadros).

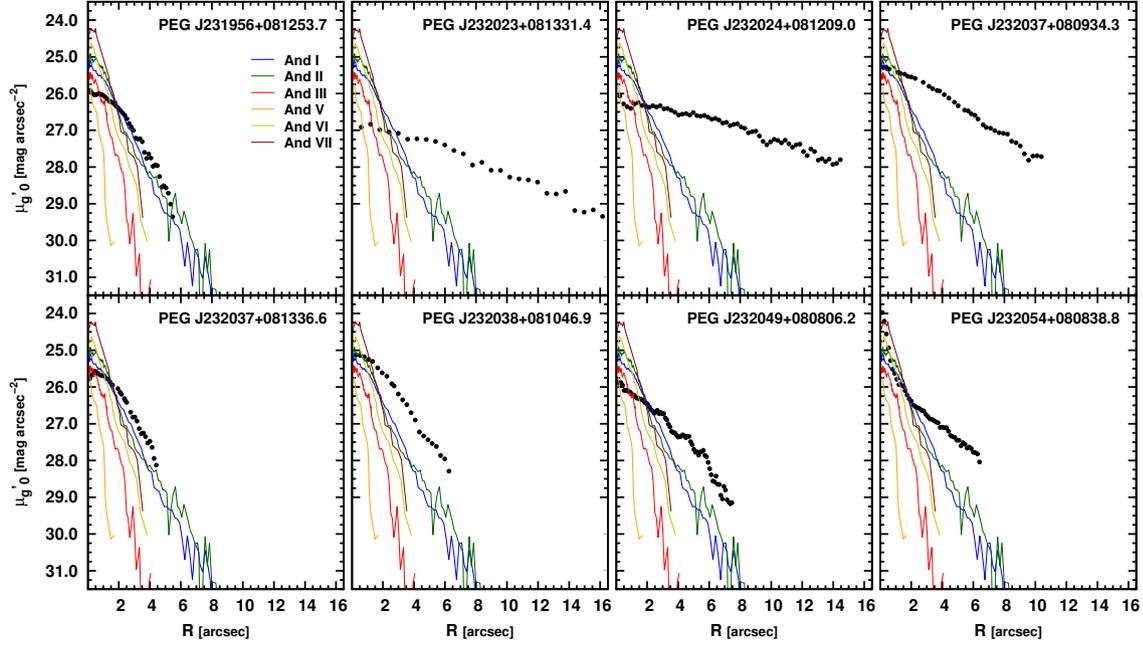


Figura 2: Comparación entre los perfiles de brillo  $g'$  de las galaxias LSB detectadas en Pegasus I (círculos negros) reportadas en González et al. (2018) y las seis galaxias dSph satélites de Andrómeda (Caldwell et al., 1992; Caldwell, 1999). Los perfiles de brillo en la banda V de las galaxias satélites de Andrómeda fueron transformados a la banda  $g'$  a través de las relaciones presentadas por Fukugita et al. (1995), y se escalaron a la distancia de Pegasus I.

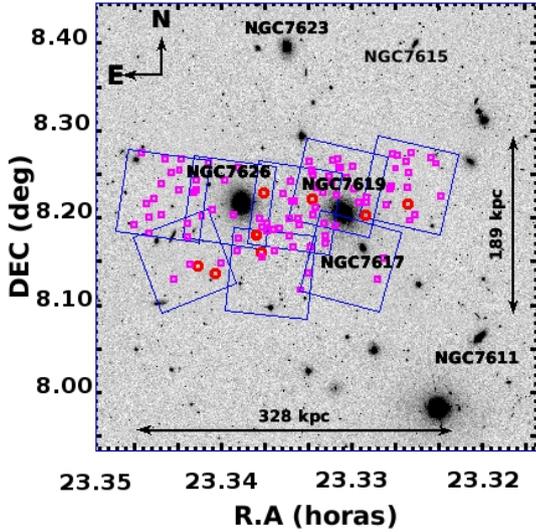


Figura 3: Mosaico de  $30.5 \times 30.5$  arcmin en el filtro  $r'$  de SDSS DR12 mostrando la región central del grupo de Pegasus I. Los marcros azules corresponden a los campos de GEMINI-GMOS utilizados en este trabajo ( $\sim 5.5$  arcmin de lado). Los círculos rojos indican la ubicación de las candidatas LSB (González et al., 2018). Los cuadrados violetas indican la ubicación de galaxias candidatas cuya morfología resultan similares a las galaxias satélites observadas en Andrómeda.

## 2. Selección de las candidatas a LSB

Con respecto a la posible presencia de un sesgo en la detección de galaxias LSB, nos preguntamos cuántos objetos similares a los satélites dSph de Andrómeda ( $D \sim 0.784$  Mpc) aparecerían a la distancia de Pe-

gasus I ( $D \sim 50$  Mpc). En la Fig. 1 mostramos los modelos de seis de estas galaxias obtenidas de los perfiles de brillo reportados por Caldwell et al. (1992) y Caldwell (1999), sobrepuesto en uno de los campos GEMINI-GMOS en Pegasus I.

Adicionalmente, comparamos los perfiles de brillo superficial de las galaxias LSB con los de los satélites de Andrómeda escalados a la distancia de Pegasus I (ver Fig. 2). Se puede ver que las dSphs de Andrómeda muestran tamaños entre  $2 < r_{\text{tot}} < 8$  arcsec y brillos superficiales centrales entre  $24.5 < \mu_{0,g'} < 26$  mag arcsec $^{-2}$ . Su brillo superficial central es bastante bajo, pero aún más brillante que los de las galaxias LSB detectadas en Pegasus I. Sin embargo, en comparación, sus tamaños aparentes resultan más pequeños.

En este contexto, la pregunta que surge es, ¿Cuántas LSB de tipo temprano se podrían perder en la inspección visual porque son muy pequeñas y fáciles de confundir con los objetos de fondo? Para buscar estos objetos decidimos utilizar el software SExtractor (Bertin & Arnouts, 1996) adoptando los siguientes criterios:

$$\begin{aligned} \text{CLASS\_STAR} &\leq 0.2, \\ \text{FLAGS} &\leq 2, \\ \text{Elipticidad} &\leq 0.2, \\ 2 &< r_{\text{tot}} < 8 \text{ arcsec}, \\ 24.5 &\lesssim \mu_{0(g',r',i')} \lesssim 26 \text{ mag arcsec}^{-2}, \\ 0 &\lesssim g' - i' \lesssim 1.3, \\ \text{y } 0 &\lesssim g' - r' \lesssim 1.2 \end{aligned}$$

Se adoptaron estos rangos de colores considerando los

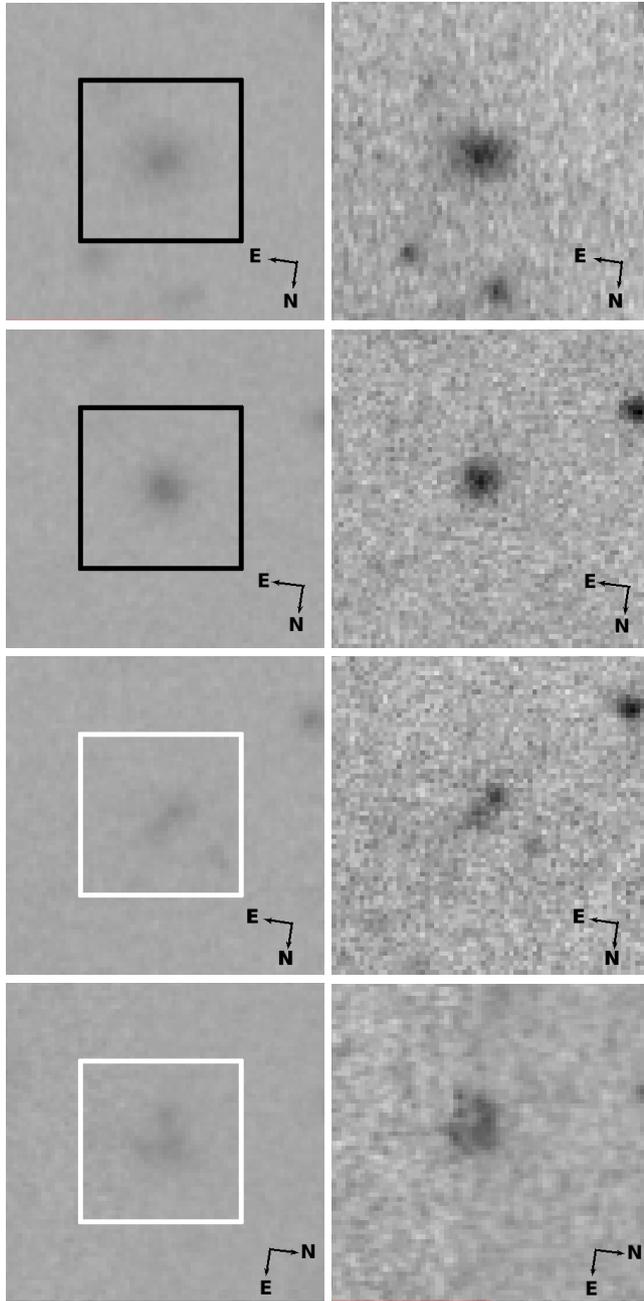


Figura 4: En los paneles izquierdos se muestran las imágenes de  $10 \times 10$  arcsec en el filtro  $g'$  de cuatro de los objetos encontrados en la primera búsqueda con características similares a los satélites de Andrómeda a la distancia de Pegasus I. En los paneles derechos se muestran sus respectivas imágenes en el filtro  $i'$ . En ambos filtros se considero los mismos niveles de despliegue. Los cuadros negros señalan los objetos potencialmente candidatos, los cuadros blancos indican los objetos que podrían ser descartados.

valores mostrados para las galaxias LSB de tipo temprano en la sección 5.1 de González et al. (2018).

### 3. Datos fotométricos

Este trabajo está basado en ocho campos profundos tomados en los filtros  $g'$ ,  $r'$  e  $i'$  (Fukugita et al., 1996), em-

pleando la cámara GMOS de Gemini Norte (Programa GN-2008B-Q-14, PI: F. Faifer; Programa GN-2012A-Q-55, PI: A. Smith Castelli; Programa GN-2012B-Q-69, PI: F. Faifer; Programa GN-2014A-Q-70, PI: F. Faifer; Programa GN-2014B-Q-17, PI: N. González; Programa GN-2015B-Q-13, PI: N. González). Estas imágenes cubren el entorno cercano a las dos galaxias dominantes de Pegasus I: NGC 7626 y NCG 7619, y se utilizaron para obtener la selección preliminar de de noventa galaxias candidatas cuya morfología resultan similares a las galaxias satélites de Andrómeda. La Fig. 3 muestra la orientación de los diferentes campos analizados y la ubicación de estos objetos. Por su parte, en la Fig. 4, se muestran las imágenes de cuatro de estas candidatas en los filtros  $g'$  e  $i'$ .

Dado que las galaxias LSB con tamaños similares a las de los satélites de Andrómeda serán difíciles de detectar en una inspección visual a la distancia de Pegasus I, la identificación de las mismas se realizó utilizando SExtractor en las imágenes GEMINI-GMOS. Para ello, utilizando las tareas *ellipse* y *bmodel* de IRAF, se procedió a modelar las distribuciones de brillo superficial de las galaxias elípticas NGC 7626 y NGC 7619 y sus respectivos halos, incluyendo varios objetos extendidos. Luego, se restaron dichos modelos con el fin de poder identificar y medir las candidatas a galaxias LSB (para más detalles, remitimos al lector a la sección 3 de González et al. 2018). Posteriormente realizamos la fotometría con SExtractor utilizando el criterio de selección mencionado en la Sec. 2., el cual permitió identificar noventa objetos con características similares a los satélites de Andrómeda a la distancia de Pegasus I.

### 4. Resultados preliminares y trabajo a futuro

En este trabajos se realizó la detección de objetos similares a las galaxias satélites dSph de Andrómeda en el grupo Pegasus I. Como resultado, se detectaron en el grupo noventa objetos con estas características. El primer paso, será realizar una revisión detallada de estos objetos, y analizar si los mismos presentan algún tipo de subestructura y/o posible formación estelar, ya que no es esperable que estas características estén presentes en galaxias de tipo temprano. Para ello, se comenzará inspeccionando las imágenes de cada objeto en los filtros  $g'$  e  $i'$ . Como ejemplo, en la Fig. 4, se muestran en los paneles superiores dos objetos que son potencialmente candidatos a ser galaxias similares a las satélites de Andrómeda. En contraparte, en los paneles inferiores se muestran dos objetos que podrían ser descartados de la primera selección por mostrar una cierta subestructura.

### Referencias

- Bertin E., Arnouts S., 1996, A&AS, 117, 393
- Caldwell N., et al., 1992, AJ, 103, 840
- Caldwell N., 1999, AJ, 118, 1230
- Fukugita M., Shimasaku K., Ichikawa T., 1995, PASP, 107, 945
- Fukugita M., et al., 1996, AJ, 111, 1748
- González N. M., et al., 2018, ArXiv e-prints
- Müller O., Jerjen H., Binggeli B., 2018, ArXiv