



# Fotometría “Python” del cúmulo abierto NGC 6834

M.A. Ruiz Diaz<sup>1</sup>, Y. Aidelman<sup>2,3</sup> & G. Baume<sup>1,3</sup>

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

<sup>2</sup> Departamento de Espectroscopía, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

<sup>3</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP, Argentina

Contacto / matiruizdiaz@fcaglp.unlp.edu.ar

**Resumen** / Los cúmulos abiertos (CA) son objetos ideales para estudiar estrellas masivas y de masa intermedia. En particular NGC 6834 es un CA muy estudiado, pero sus parámetros fundamentales aún tienen una gran dispersión. Con el fin de estimar mejor dichos parámetros, hemos trabajado con imágenes del CA, adquiridas por el observatorio Gemini Norte, y procesadas con herramientas basadas en el lenguaje PYTHON, tales como DRAGONS para la prerreducción y PHOTUTILS para extraer la fotometría. Se construyeron diagramas color-color y color-magnitud que permitieron adoptar una distancia de  $3.33 \pm 0.57$  Kpc y estimar un exceso de color  $E(B - V) = 0.66$  mag. Utilizando datos de IPHAS se identificaron 32 objetos que tendrían emisión en  $H_\alpha$  de los cuales 21 serían candidatas a Be.

**Abstract** / Open clusters are ideal objects for studying intermediate and massive stars. In particular, NGC 6834 is a well-studied cluster with fundamental parameters that currently present a large dispersion. In order to better estimate these parameters, we have worked with images of the cluster acquired at the Gemini North Observatory, and processed with tools based on the PYTHON language, such as DRAGONS for pre-reduction and PHOTUTILS for photometry. We constructed color-color and color-magnitude diagrams that allowed us to adopt a distance of  $3.33 \pm 0.57$  kpc and to estimate a color excess  $E(B - V) = 0.66$  mag. Using IPHAS data we identified 32 objects that would have emission of  $H_\alpha$ , of which 21 would be Be star candidates.

**Keywords** / Hertzsprung–Russell and C–M diagrams — open clusters and associations: individual (NGC 6834) — galaxies: photometry

## 1. Introducción

Los cúmulos abiertos (CA) son entornos estelares cuya importancia radica en que todas sus estrellas son coetáneas y comparten condiciones de formación iniciales muy similares. En particular, los CA jóvenes pueden ser testigos fieles de las condiciones físicas que prevalecen al momento en que las estrellas entran en la fase evolutiva de secuencia principal. Este hecho es muy útil, principalmente para el estudio de las estrellas masivas y de masa intermedia.

Es por ello que hemos puesto nuestro interés en el CA NGC 6834, ubicado en el primer cuadrante galáctico en la constelación de Cygnus. Si bien es un objeto muy conocido, sus principales parámetros todavía tienen una importante dispersión: las estimaciones de distancia varían entre  $1.93 \pm 0.03$  kpc (Trumpler, 1930) y  $3.63 \pm 0.5$  kpc (Cantat-Gaudin & Anders, 2020), y el exceso de color  $E(B - V)$  lo hace entre 0.61 y 0.82 (Jerzykiewicz et al., 2011).

Al ser un CA moderadamente joven (entre 50 y 80 Myr, Miller et al., 1996; Moffat, 1972, respectivamente), se espera que presente una población relevante de estrellas B y, en particular, una fracción de estrellas Be del 25% (Mathew et al., 2008). De hecho, entre sus miembros estelares se han identificado 15 estrellas como variables de tipo espectral B (Jerzykiewicz et al., 2011), de las cuales cuatro fueron confirmadas espectroscópicamente como Be (Mathew et al., 2014).

Por otro lado, con el objetivo de comenzar una transición del tradicional programa IRAF hacia las nuevas herramientas para el procesamiento y análisis de datos astronómicos desarrollados para PYTHON, en este trabajo evaluaremos la calidad de la fotometría que se obtiene utilizando la librería PHOTUTILS comparando ambas metodologías.

A su vez mostraremos los primeros resultados obtenidos para el exceso de color y la identificación de objetos con emisión en  $H_\alpha$  a partir del análisis del cúmulo, utilizando observaciones fotométricas.

## 2. Observaciones y metodología

Para llevar a cabo este trabajo hemos utilizado imágenes adquiridas en Gemini Norte con el instrumento GMOS en modo directo, durante las noches del 12 y 16 de abril de 2012 (ID: GN-2012A-Q-89), correspondiendo este turno a tiempo argentino. Dichas imágenes corresponden a dos campos de NGC 6834 y cada una de ellas cubren un campo de aproximadamente  $5' \times 5'$  (ver Fig. 1). Cada campo fue observado con los filtros  $g'$ ,  $r'$  e  $i'$ , y realizando 3 observaciones por filtro con tiempos de exposición de 1 s cada una.

### 2.1. Prerreducción de las imágenes

Debido a que en los próximos años el observatorio Gemini irá realizando la transición de la plataforma IRAF a

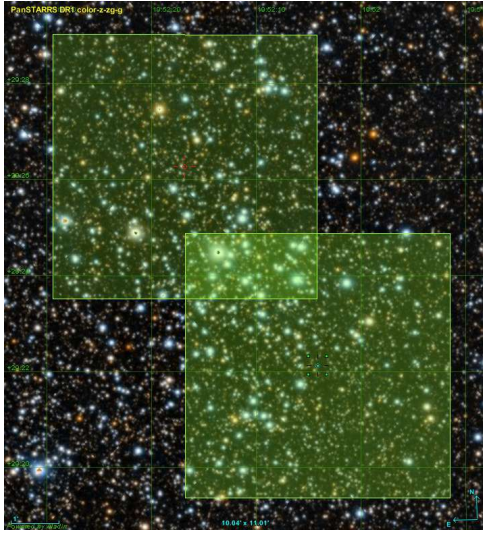


Figura 1: Campo de NGC 6834 observado por el relevamiento PAN-STARSS (Aladin). El campo sur fue observado el 12/04/12 (campo 1) y el norte fue observado el 16/04/12 (campo 2).

la nueva plataforma DRAGONS basada en PYTHON\*, hemos decidido utilizar dicha plataforma para llevar a cabo el proceso de prerreducción.

Las imágenes de calibración (*bias* y *flats* de cielo), fueron obtenidas del repositorio de Gemini\*\* y se seleccionaron aquellas correspondientes al mes de abril de 2012. A partir de ellas, con DRAGONS se construyó el *master bias* y los *master flats* para cada filtro. Las imágenes de ciencia se alinearon mediante la identificación de estrellas en común y luego se combinaron en una única imagen para obtener una relación señal/ruido mayor. Esta última imagen se corrigió por el *master bias* y el *master flat* correspondiente a cada filtro. Para las imágenes en el filtro  $i'$  fue preciso corregir también por *fringe*, para lo cual se generó una imagen *master fringe* para cada campo.

## 2.2. Extracción de la fotometría

Considerando el reciente auge que están teniendo las librerías desarrolladas para el procesamiento y el análisis de datos astronómicos en PYTHON, hemos realizado la fotometría de apertura mediante el paquete PHOTUTILS\*\*\* de ASTROPY (Bradley et al., 2019).

Para evaluar la calidad de los datos, comparamos los resultados obtenidos con los correspondientes de la fotometría PSF utilizando la tarea DAOPHOT de IRAF.

\*<https://www.gemini.edu/observing/phase-iii/understanding-and-processing-data/Data-Processing-Software>

\*\*<https://archive.gemini.edu>

\*\*\*<https://photutils.readthedocs.io/en/stable/index.html>

Tabla 1: Comparación entre la fotometría PSF de IRAF y la fotometría de apertura de PHOTUTILS.

Campo	filtro	$\langle \Delta m \rangle$	$\sigma_{\Delta m}$
1	$g'$	-0.018	0.037
1	$r'$	0.012	0.015
1	$i'$	-0.001	0.035
2	$g'$	-0.021	0.019
2	$r'$	-0.019	0.053
2	$i'$	0.005	0.059

Notas:  $\langle \Delta m \rangle$  es el valor medio de las diferencias de magnitudes y  $\sigma_{\Delta m}$  su desviación estándar. .

En la Tabla. 1 mostramos la comparación para los dos campos en cada uno de los filtros observados. Los resultados obtenidos son de calidad similar ya que difieren en las décimas para magnitudes menores a 15 mag.

Las magnitudes instrumentales se transformaron al sistema estándar utilizando las estrellas en común con el catálogo APASS (Henden et al., 2015) y los coeficientes de extinción provistos para el observatorio Gemini Norte\*\*\*\*.

## 2.3. Estimación de parámetros

Con la fotometría ya transformada al sistema estándar, se construyeron los diagramas color-color y color-magnitud (Fig. 2) a partir de los cuales se estimó el valor del exceso de color  $E(B - V)$ , considerando una ley de enrojecimiento normal ( $R_V = 3.1$ ). Para ello se utilizó la secuencia principal sintética provista por Sung et al. (2013) transformada al sistema de magnitudes  $g'r'i'$  utilizando las relaciones dadas por Jester et al. (2005). La distancia se fijó en el valor de  $3.33 \pm 0.57$  kpc (Cantat-Gaudin & Anders, 2020), basado en datos GAIA.

La fotometría obtenida se complementó con datos del relevamiento IPHAS (Drew et al., 2005) con los que se construyó un diagrama  $(r' - i')$  vs.  $(r' - H_\alpha)$ . Siguiendo el criterio utilizado por Mohr-Smith et al. (2015) se seleccionaron aquellos objetos cuyo valor de  $(r' - H_\alpha)$  se excedía en 0.1 mag respecto de la secuencia principal, indicados con triángulos negros en el panel superior derecho de la Fig. 2.

## 3. Resultados y discusión

Adoptando la distancia indicada en la sección anterior, se realizó el ajuste de la secuencia principal en los diagramas fotométricos. Así se determinó un valor de 0.66 mag para el exceso de color, el cual está en buen acuerdo con las estimaciones de (Jerzykiewicz et al., 2011, entre  $E(B - V)_{min} = 0.61$  y  $E(B - V)_{max} = 0.82$ ) y (Borodina et al., 2019,  $E(B - V) = 0.71$ ).

Con respecto a la identificación de objetos que emiten en  $H_\alpha$  los resultados son muy interesantes. En primer lugar se ve en el panel superior derecho de la Fig. 2 que en los campos observados hay 32 objetos que serían más brillantes en  $H_\alpha$  que las estrellas normales de secuencia principal. Al superponer estos objetos sobre los

\*\*\*\*<http://www.gemini.edu/instrumentation/gmos/calibrations>

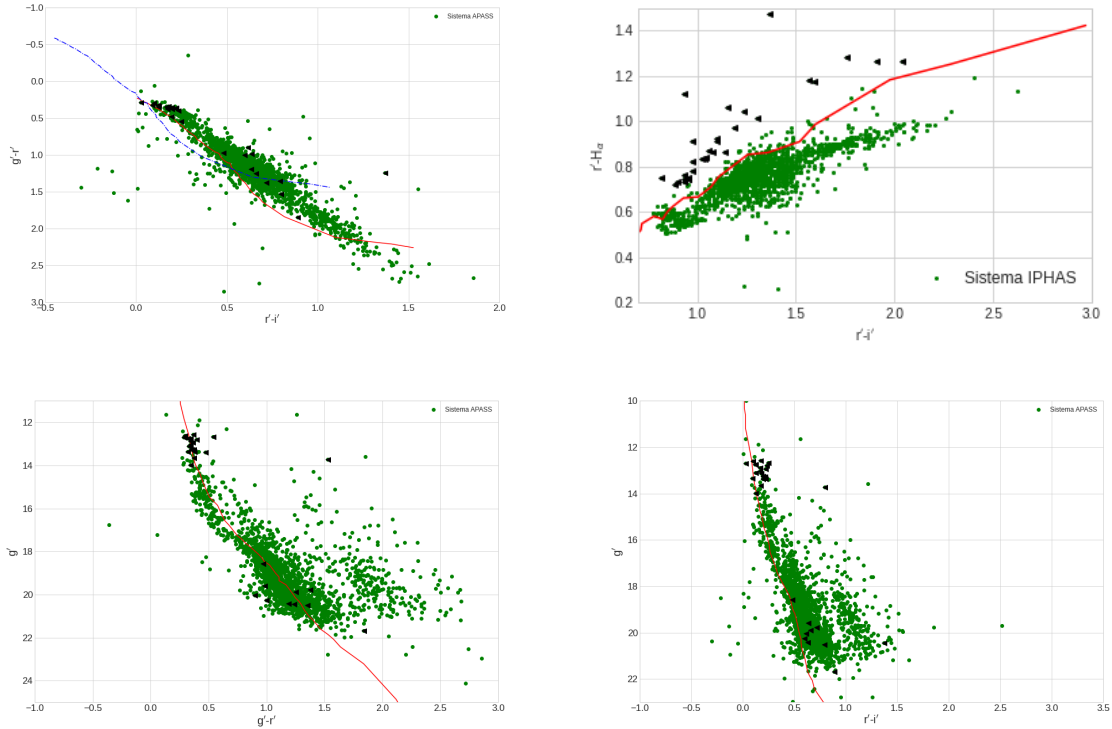


Figura 2: Diagramas fotométricos de la zona observada. Se destacan con símbolos negros los objetos candidatos a tener emisión  $H_{\alpha}$ . Las curvas azules y rojas indican la ubicación de la secuencia principal intrínseca y desplazada por absorción y/o enrojecimiento, respectivamente.

DCM del cúmulo se ve claramente que se separan en dos grupos: uno más brillante, ubicado en la zona de las estrellas más tempranas, y otro más débil ubicado en la región de las estrellas frías. El primer grupo serían las candidatas a estrellas Be.

#### 4. Conclusiones

Hemos analizado los datos fotométricos  $g'r'i'$  de dos campos del CA NGC 6834. El procesamiento completo de las imágenes se llevó a cabo con herramientas desarrolladas en lenguaje PYTHON. Para la prerreducción de las imágenes hemos utilizado la plataforma DRAGONS desarrollada por el observatorio Gemini y obtuvimos la fotometría a partir del paquete PHOTUTILS de la librería ASTROPY. Se ha demostrado que la calidad de la fotometría de apertura PYTHON es comparable a la de la fotometría PSF de IRAF. A partir de estos datos estimamos un valor para el exceso de color  $E(B - V) = 0.66$  mag en muy buen acuerdo con la literatura. Estos resultados muestran que la transición hacia herramientas PYTHON es posible.

Además hemos identificado 21 objetos que serían candidatas a estrellas Be. Para confirmar la naturaleza de estos objetos se necesitan más observaciones y un análisis más detallado de los datos.

*Agradecimientos:* Se agradece al editor y árbitro por sus correc-

ciones y sugerencias. Este trabajo fue realizado en el marco de la beca de estímulo a la investigación científica, otorgada por la Asociación Argentina de Astronomía, y de la beca de estímulo a la vocación científica otorgada por el Consejo Interuniversitario Nacional. Y.A. agradece a la financiación recibida dentro del marco del Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020 (2014-2020) de la Unión Europea en virtud del Acuerdo de subvención Marie Skłodowska-Curie No. 823734.

#### Referencias

- Borodina O.I., et al., 2019, ApJ, 874, 127  
Bradley L., et al., 2019, astropy/photutils: v0.7.2  
Cantat-Gaudin T., Anders F., 2020, A&A, 633, A99  
Drew J.E., et al., 2005, MNRAS, 362, 753  
Henden A.A., et al., 2015, *American Astronomical Society Meeting Abstracts*, vol. 225, 336.16  
Jerzykiewicz M., et al., 2011, A&A, 61, 247  
Jester S., et al., 2005, AJ, 130, 873  
Mathew B., Subramaniam A., Bhatt B.C., 2008, MNRAS, 388, 1879  
Mathew B., et al., 2014, Res. Astron. Astrophys., 14, 1173-1192  
Miller G.J., Grebel E.K., Yoss K.M., 1996, *American Astronomical Society Meeting Abstracts*, vol. 189, 72.08  
Moffat A.F.J., 1972, A&AS, 7, 355  
Mohr-Smith M., et al., 2015, MNRAS, 450, 3855  
Sung H., et al., 2013, J. Korean Astron. Soc., 46, 103  
Trumpler R.J., 1930, Lick Observatory Bulletin, 420, 154