

Astronomía Extragaláctica – Laboratorio A

Fotometría de galaxias - SExtractor

Archivos auxiliares:

- SExtractor.tar:
 - default.conv
 - default.nnw
 - default.param
 - default.sex
 - gauss_15_17x17.conv
 - gauss_5_0_9x9.conv
 - manual_SExtractor.pdf
- Datos.tar:
 - abell1689.jpg
 - smrgS20030301S0141_add.fits
 - smrgS20030301S0141_add_trn.fits
 - smrgS20030301S0149_add.fits

Objeto particular del estudio: Abell 1689 es uno de los cúmulos de galaxias más masivos en el Universo, ubicado a unos 670 Mpc de la Vía Láctea, hacia la constelación de Virgo. El mismo ha sido ampliamente estudiado debido a que actúa como una intensa lente gravitacional que amplía las imágenes de galaxias mucho más lejanas. Dada su distancia y número de miembros, este cúmulo resulta ser muy atractivo para experimentar con programas que permitan obtener fotometría automática de galaxias.

Material observacional: En este laboratorio se utilizarán datos obtenidos con el instrumento Gemini Multi-Object Spectrograph (GMOS) montado en el telescopio Gemini Sur. Los mismos están constituidos por una serie de imágenes en los filtros g' (g_G0325) y r' (r_G0326), las cuales forman parte de una verificación instrumental realizada en 2003, y que se encuentran disponibles en la base de datos del Observatorio Gemini, *GEMINI Data Archive (GSA)*¹ asociadas al programa GS-2003A-SV-217. La cátedra ha realizado la reducción del conjunto de datos, y se han generado imágenes finales que son el resultado de combinar ocho exposiciones individuales de 180.4 s cada una.

¹<https://archive.gemini.edu>

Objetivo: Utilizar el software `SEXTRACTOR` (*astronomical Source Extractor*), desarrollado por Emmanuel Bertin (Bertin & Arnouts, 1996), para generar un catálogo de los objetos presentes en dichas imágenes, testeando el efecto de distintos parámetros. En base a los resultados, se construirán diagramas color-magnitud de los objetos detectados en el campo.

1. Para cada una de las imágenes, obtenga la ganancia, el binnedo utilizado, la escala de las mismas, y el filtro correspondiente. Para la obtención de estos parámetros, proceda de la siguiente manera:

- a) Ingrese a `IRAF`
- b) Utilice la tarea `hedit` (la misma se encuentra dentro del paquete `images.imutil`) de la siguiente manera:
`hedit *.fits[0] gain,ccdsum,pixscale,filter2 .`

NOTA: la instrucción anterior deberá ejecutarse sobre las imágenes `smrgS20030301S0141_add.fits` y `smrgS20030301S0149_add.fits`. Recuerde, además, que las imágenes de GMOS, una vez reducidas, se encuentran en unidades de e^- .

2. Obtenga un valor estimativo del nivel de saturación y del *seeing* de cada imagen. Para ello, proceda de la siguiente manera:

- a) Dentro del paquete `IRAF`, ingrese en el subpaquete `gemini.gmos`.
- b) Tipee `set stdimage=imtgmos2`.
- c) Despliegue cada imagen utilizando la tarea `gdisplay`.
- d) Para obtener su nivel de saturación, con la tarea `imexa`, opción `r`, examine varias estrellas saturadas presentes en el campo. Establezca un valor representativo de dicho nivel observando la meseta que da el valor máximo de cuentas para las estrellas examinadas (Figura A.1).
- e) Para obtener un valor del *seeing* examine de la misma manera varias estrellas no saturadas del campo. El último de los valores que se listan al pie del gráfico, en la línea amarilla, corresponde a un valor directo del ancho en píxeles a mitad de altura del objeto analizado (FWHM) (Fig. A.2). Para obtener este valor (que adoptaremos como una estimación del *seeing* en la imagen) en arcsec, tenga en cuenta la escala en segundos de arco por pixel obtenida en el punto anterior. Se adoptará como valor indicativo, un promedio del resultado para varias estrellas.

3. Utilice las siguientes expresiones para obtener los puntos de cero (Z_x) requeridos para transformar al sistema estándar los valores fotométricos determinados por `SEXTRACTOR`:

$$Z_{g'} = 28.239 + 2.5 \log t - 0.18 (X - 1.0) \quad (\text{A.1})$$

$$Z_{r'} = 28.128 + 2.5 \log t - 0.10 (X - 1.0) \quad (\text{A.2})$$

donde t es el tiempo de exposición de la imagen en cuestión, X es la masa de aire efectiva de la observación, y se han considerado los valores medios de extinción atmosférica en Cerro Pachón. Las imágenes obtenidas con GMOS, y reducidas utilizando el paquete `IRAF` correspondiente, tienen la correspondiente masa de aire guardada en el encabezado. Para extraer dicho valor, utilice la tarea `hedit`:

```
hedit *.fits[0] airmass .
```

NOTA: t aparece de manera explícita en estas expresiones debido a que SExtractor obtiene valores de las magnitudes integradas sin considerar ninguna normalización por el tiempo de exposición.

4. De la página web de la cátedra², descargue en el mismo directorio donde se encuentran las imágenes de trabajo, el paquete SExtractor.tar, y descomprímalo. A continuación:

- a) Edite el archivo *default.sex*. En la sección *Photometry* cambie los valores de los parámetros SATUR_LEVEL, GAIN, PIXEL_SCALE y MAG_ZEROPOINT, por los encontrados para el nivel de saturación de la imagen, la ganancia, la escala de la imagen y punto de cero para la fotometría, respectivamente.
- b) En la sección *Catalog*, cambie el valor del parámetro CATALOG_NAME por *imagen_g.cat*.
- c) En la sección *Star/Galaxy Separation*, cambie el valor del parámetro SEEING_FWHM por el encontrado para el *seeing* de la imagen g' .
- d) En la sección *Background*, cambie el parámetro BACKPHOTO_TYPE a *LOCAL*.
- e) En la sección *Check Image* cambie el parámetro CHECKIMAGE_TYPE por *APERTURES*, *BACKGROUND* y el parámetro CHECKIMAGE_NAME por *check_g.fits,check_gb.fits*.
- f) Salga del editor grabando, y realice una primera corrida del programa tipeando por línea de comandos la siguiente instrucción:
`ssextractor smrgS20030301S0149_add.fits -c default.sex`

NOTA: en el Aula Informatizada se ha cambiado el nombre del binario *sex*, a *ssextractor*.

g) Realice diferentes corridas del software modificando los siguientes parámetros en el archivo *default.sex*, de a uno por vez.

Parámetro	valor
DETECT_MINAREA	7
FILTER	Y
FILTER_NAME	<i>gauss_15_17x17.conv</i>
FILTER_NAME	<i>gauss_5.0_9x9.conv</i>
DEBLEND_NTHRESH	32
DEBLEND_MINCONT	0.0001
BACK_SIZE	64
BACK_SIZE	32

NOTA: recuerde cambiar los nombres de los archivos de salida antes de cada corrida, para evitar que SExtractor reescriba los distintos resultados.

²<http://carina.fcaglp.unlp.edu.ar/extragalactica/>

En todos los casos, despliegue las imágenes generadas por el programa y comente los resultados. Para ello, intente comparar los diversos aspectos que se mencionan a continuación (varios de los cuales pueden consultarse en el manual facilitado por la cátedra):

- Número de objetos detectados en cada uno de los nueve casos.
- Apariencia de las aberturas en las imágenes de salida.
- Detección en las zonas más complejas del campo (región central del cúmulo).
- Detección de objetos débiles o difusos.
- Separación de objetos superpuestos.
- Detección espuria de picos de ruido en la imagen.
- Efecto del modelado del cielo.

h) SExtractor distingue objetos extendidos de aquellos no resueltos mediante el parámetro de salida CLASS_STAR. Este parámetro toma valores entre 0 y 1, donde 0 corresponde a objetos resueltos y 1 a objetos puntuales. En base a la última corrida realizada, construya el gráfico CLASS_STAR contra MAG_AUTO. ¿Qué puede comentar acerca de la confiabilidad de la separación efectuada por SExtractor, a partir de este gráfico?

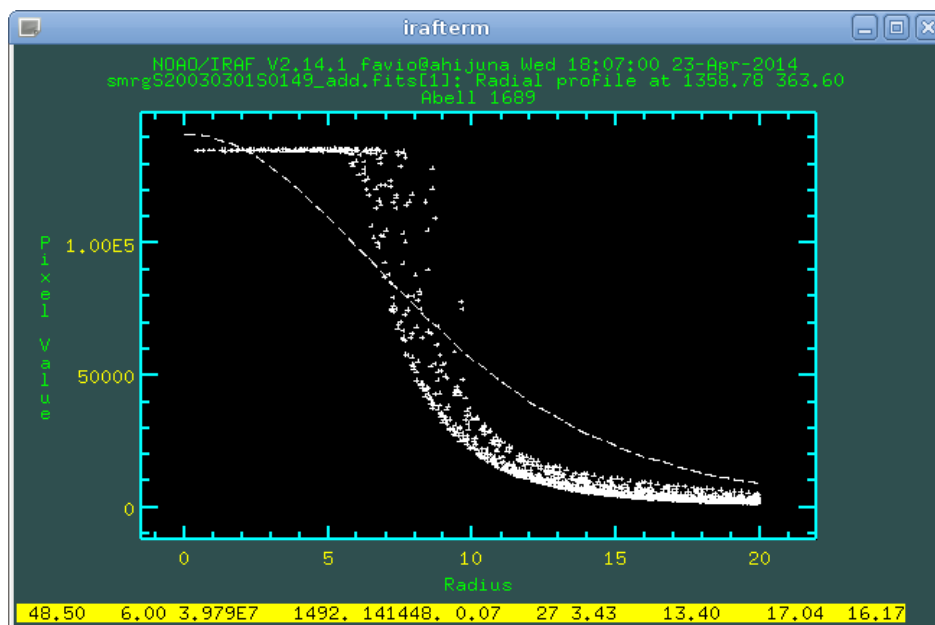


Figura A.1: Perfil radial de una estrella saturada obtenido mediante la opción `r` de la tarea `imexa` de IRAF. La meseta superior se corresponde con el nivel de saturación para el objeto examinado.

5. Se han registrado las imágenes g' y r' , habiéndose llevado esta última al mismo sistema de coordenadas de la primera: `smrgS20030301S0141_add_trn.fits`. Ejecute una vez más el software, mediante la siguiente línea de comandos, la cual hace uso del denominado *dual-image mode* de SExtractor:

```
sextractor smrgS20030301S0149_add.fits,smrgS20030301S0141_add_trn.fits -c
default.sex
```

Luego, junte el catálogo de salida resultante de esta corrida, con el resultante de la última corrida sobre la imagen g' . Para ello, puede utilizar la siguiente instrucción:

```
paste ultimo_g.cat ultimo_r.cat > catalogo_g_r.cat
```

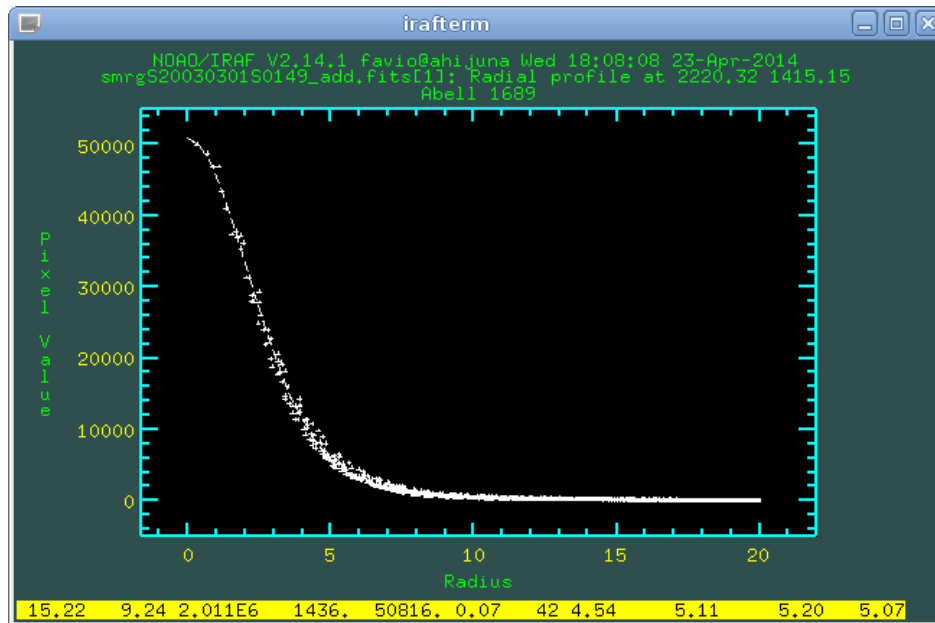


Figura A.2: Perfil radial de una estrella no saturada obtenido mediante la opción `r` de la tarea `imexa` de IRAF. El último valor listado al pie del gráfico corresponde al FWHM del objeto en píxeles, el cual puede ser considerado como una estimación del *seeing* en la imagen.

NOTA: El archivo `default.sex` debe ser modificado de acuerdo a los parámetros de ganancia y punto de cero de la imagen sobre la cual se quiere realizar la fotometría, no la detección.

6. Realice un diagrama color-magnitud utilizando las magnitudes g' y r' determinadas por SEXTRACTOR. Comente los resultados.
7. Realice un nuevo diagrama color-magnitud seleccionando únicamente los objetos que cumplen con las condiciones:
 - MAG_AUTO < 90
 - A_IMAGE > 4
 - FLAGS < 4
 - CLASS_STAR < 0.3

Compare y comente los gráficos obtenidos en los puntos 6 y 7. Estime un número aproximado de galaxias resueltas presentes en el campo.

NOTA: Si lo desea, puede comparar con algunos resultados del trabajo de [Houghton et al. \(2012\)](#), basado en imágenes similares obtenidas con GMOS-N.

Bibliografía

Bertin, E. & Arnouts, S. 1996, A&AS, 117, 393

Houghton, R. C. W., Davies, R. L., Dalla Bontà, E., & Masters, R. 2012, MNRAS, 423, 256