

FOTOMETRÍA DE CÚMULOS ESTELARES CON SALSA J

Autores: Daniel Duggan y Sarah Roberts

Lecturas previas:

Manual de Profesores: <http://www.houspain.com/gttp/doku.php?id=manuales>

Introducción:

La fotometría se ocupa de la medida de la intensidad o brillo de objetos astronómicos, tales como estrellas o galaxias, sumando toda la luz que proviene del objeto. Por ejemplo, una estrella parece un punto de luz cuando se observa a simple vista, pero la atmósfera de la Tierra difumina esa estrella de modo que, cuando se mira a través del telescopio, parece una mancha redonda. Para medir toda la luz que proviene de la estrella debemos añadir esa luz difuminada que rodea la estrella.

La fotometría se usa generalmente para obtener curvas de luz de objetos tales como estrellas variables y supernovas, en las que el interés reside en la variación de la energía lumínica total que liberan en función del tiempo.

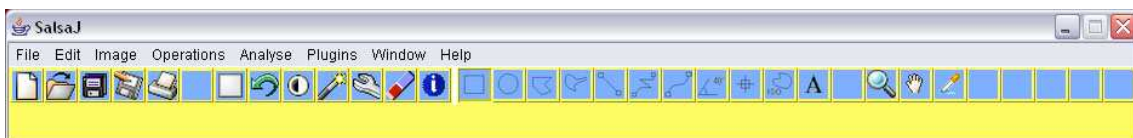
También se puede utilizar para descubrir exoplanetas midiendo la intensidad de la luz de una estrella durante un periodo de tiempo determinado. Las desviaciones en la cantidad de luz que libera la estrella pueden indicar la presencia de objetos que orbitan alrededor de ella.

Este documento explica cómo se puede llevar a cabo fotometría en grupos o cúmulos de estrellas, a partir de imágenes tomadas con diferentes filtros, para trazar diagramas de magnitud de color. En el Apéndice 1 de este documento se recogen las definiciones de estas magnitudes.

Carga de imágenes:

. Primero, abre SalsaJ

Al abrir el programa, verás aparecer dos ventanas. La primera es la barra de menús que contiene múltiples opciones y accesos directos que te pueden resultar útiles.

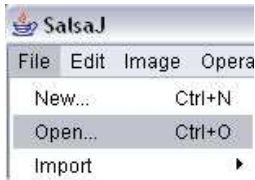


La segunda es la ventana "Window Command" (Ventana de comandos). No hay que hacer nada en esta ventana, pero no la cierres, ya que si lo haces, SalsaJ se cerrará y perderás todo el trabajo que no estuviera guardado.



. A continuación, se cargan las imágenes. Cuando hacemos fotometría de imágenes en dos bandas (por ejemplo, B y V) es mejor abrir ambas imágenes al mismo tiempo. Esto permite asegurar que seleccionas las mismas estrellas en cada imagen para realizar la fotometría más adelante.

Ve a **Archivo/Abrir**



Busca la carpeta donde tienes guardadas tus imágenes, selecciona la que deseas y pulsa abrir.

. Tu imagen se cargará en SalsaJ pero saldrá muy oscura. Haz visible la imagen ajustando el brillo.

Pulsa en el botón Brillo y Contraste del Menú 

Ajusta las barras laterales de la ventana o pulsa el botón Auto para que la imagen se ajuste automáticamente. Pulsando el botón Auto varias veces obtendrás diferentes opciones de escalado.

. Abre la segunda imagen siguiendo los pasos anteriores. Ahora deberías tener tus dos archivos FITS abiertos.

FOTOMETRÍA

Antes empezar con la fotometría, hemos de trabajar el análisis del radio – éste define el radio del círculo que se usa para contabilizar todo el flujo de la imagen. El radio del círculo es muy importante: si el radio es demasiado pequeño, no contabilizará toda la luz que proviene de la estrella, y si es demasiado grande, puede abarcar demasiada porción del cielo que rodea a la estrella u otras estrellas que aparezcan en la imagen. Si esto sucede, no obtendrás medidas precisas.

SalsaJ automáticamente medirá todo el flujo de un radio que hayamos seleccionado.

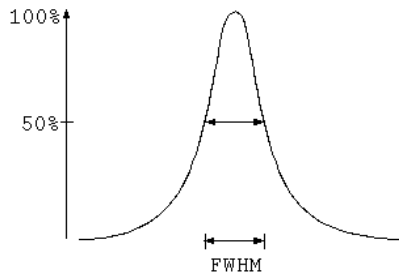
ANCHURA O MEDIA ALTURA (DMA)

El radio de la apertura se define a partir de la función de “aplastamiento del punto”. Esta función es una medida de la relación entre la intensidad del halo y del punto central de la imagen de la estrella.

La DMA se usa para describir la anchura de un objeto en la imagen. En las imágenes astronómicas, las estrellas tienen un perfil específico cuando se las dibuja como una gráfica de píxeles y ese perfil debería ser el mismo para todas las estrellas de la imagen

La DMA se obtiene de la gráfica de la siguiente forma:

La DMA se obtiene de la gráfica, de la siguiente forma::



Como se indica en la figura hay un parámetro físico, la anchura a media altura (DMA), en inglés Full Width Half Maximum (FWHM)

* Ver manuales en HOU-Spain (<http://www.houspain.com/gtpp/doku.php?id=manuales>)

Para hacer fotometría con imágenes FT, recomendamos que modifiques el radio de la apertura, para obtener mejores resultados.

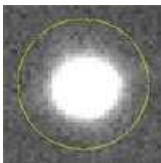
Para practicar, podemos hacer el siguiente ejercicio: tomamos una serie de datos y los representamos en un gráfico (Podemos usar MS Excel para agilizar este ejercicio, o cualquier hoja de cálculo que pueda representar gráficas).

La idea es probar con aperturas de radios diferentes y comparar los valores de intensidad que se obtienen por cada radio, trazando una gráfica de radio frente a intensidad.

Para hacerlo, vuelve a SalsaJ, y ve a: **Análisis>Ajustes de fotometría**. Al final de la nueva ventana, cambia el radio de apertura a 6

Ahora, ve de nuevo a **Análisis>Ajustes de fotometría** y aparecerá otra ventana vacía.

Usando el ratón, pulsa en una de las estrellas de tu imagen (sólo necesitas hacerlo en una de las bandas). Verás aparecer un círculo alrededor de la estrella y en la nueva ventana aparece una nueva serie de datos.



| index | image | slice | x | y | intensity | radius | sky |
|-------|----------------------------|-------|-----|-----|-----------|--------|-------|
| 1 | c_e_20060223_31_1_1_1.fits | - | 641 | 712 | 307189.84 | 15 | 70.27 |

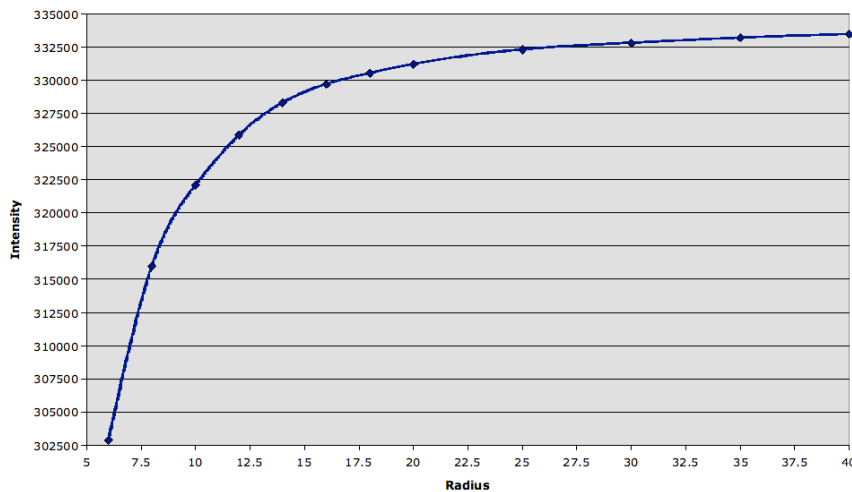
La intensidad del objeto se calcula sumando el valor de cada píxel que hay dentro del radio de apertura.

En Excel (u otro paquete) crea dos columnas para Radio e Intensidad, y añade radio 6 y el valor de intensidad obtenido por SalsaJ.

Ahora aumenta el radio en 2 unidades y mide la intensidad de la misma estrella otra vez. Añade el dato nuevo a tu hoja de cálculo. Repite la operación hasta que llegues a 20. Ahora empieza a disminuir el radio por 5 cada vez, hasta que alcances 40. Deberías tener una tabla como esta:

| Radius | Intensity |
|--------|-----------|
| 6 | 302877.6 |
| 8 | 315993.42 |
| 10 | 322090.67 |
| 12 | 325863.39 |
| 14 | 328294.36 |
| 16 | 329688.48 |
| 18 | 330517.92 |
| 20 | 331191.98 |
| 25 | 332291.85 |
| 30 | 332795.54 |
| 35 | 333179.15 |
| 40 | 333457.04 |

Y, cuando representes los datos, deberías obtener una gráfica similar a ésta:



Puedes comprobar cómo la intensidad aumenta rápidamente al aumentar el radio de la apertura. Esto se debe a que al aumentar el radio de apertura entra más cantidad de luz de la estrella y proporciona más intensidad. La gráfica comienza a saturarse cuando tenemos toda la estrella dentro de la apertura, pero continúa aumentando gradualmente cuanto más parte de cielo se incluye.

A partir de esta gráfica, podemos deducir que el mejor radio a utilizar es aprox. 15 – éste es aproximadamente el punto donde la mayoría de la intensidad de la estrella está dentro de la apertura, y se minimiza la cantidad de cielo que aparece en la misma.

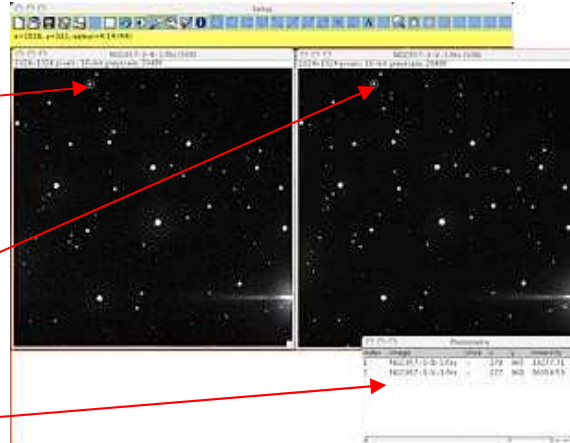
Una vez que hemos elegido el mejor radio para la apertura, ésta se puede fijar para el resto de los análisis fotométricos de esta imagen. Es aconsejable llevar a cabo este ejercicio cada vez que vayas a trabajar con un nuevo conjunto de imágenes ya que la DMA de los objetos cambia debido las condiciones de visibilidad durante el tiempo de observación. Sin embargo, si estás

realizando fotometría de estrellas en el mismo cúmulo, pero en dos longitudes de onda diferentes (por ejemplo B y V), deberías usar el mismo radio para ambas imágenes, asegurándote así de que estás comparando “de igual a igual”.

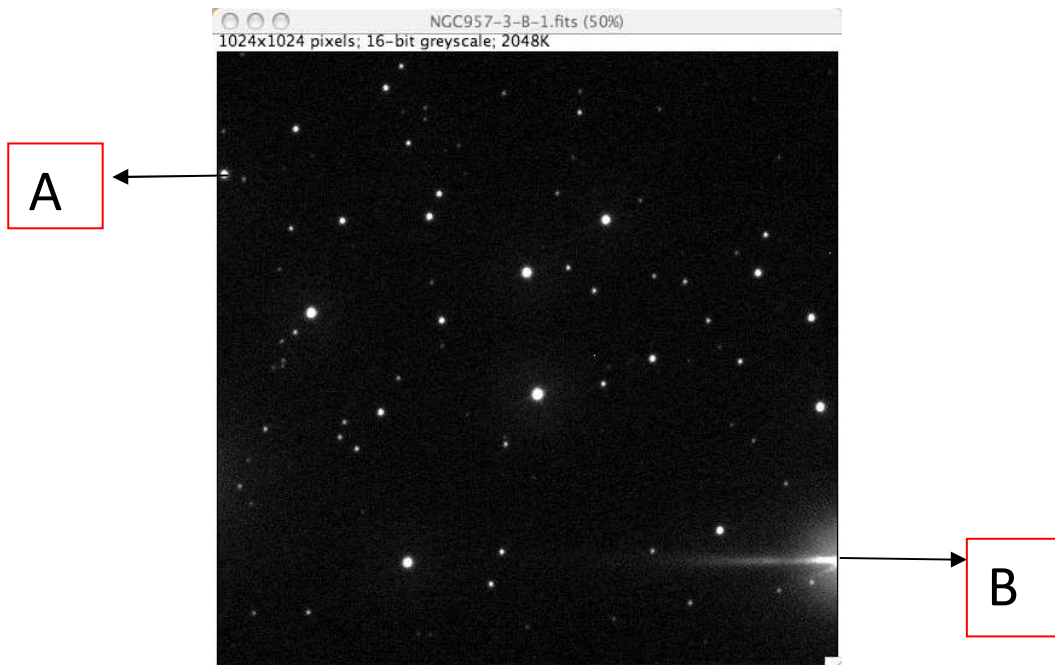
El método más fácil de hacer fotometría con dos conjuntos de datos distintos es representarlas en SalsaJ una al lado de la otra.

Comienza en la esquina superior izquierda de tu primera imagen (en este caso hemos seleccionado la estrella en la imagen de la banda B).
Pulsa en la estrella para que sus valores de intensidad y posición aparezcan en la pestaña de “Photometry box”.

A continuación, pulsa en la misma estrella pero en la segunda imagen (en este caso en la imagen de la banda V) y aparecerán los valores para la misma estrella en la ventana “Photometry”.



Repite el método para todas las estrellas visibles en la imagen. Evita seleccionar aquellas que estén en el borde (ya que la apertura rebasará el límite de la imagen, como en la estrella A de abajo) y aquellas rodeadas de un halo brillante (estrella B). Cuantas más estrellas incluyas en tu análisis, mejor.



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez que has obtenido una lista de valores de cada una de las estrellas del cúmulo con SalsaJ, puedes trazar el diagrama de color-magnitud del cúmulo a mano o usando un paquete de hoja de cálculo como Excel. Para obtener los mejores resultados se deberían analizar de 40 a 50 estrellas, por lo que dibujar el gráfico a mano puede llevar bastante tiempo.

Trazar un diagrama de Color-Magnitud a mano:

Si vas a trazar la gráfica a mano, primero traslada los contenidos de la ventana "Photometry" a una tabla con las siguientes columnas:

| <i>Estrella</i> | <i>Intensidad B</i> | <i>Intensidad V</i> | <i>Magnitud B</i> | <i>Magnitud V</i> | <i>B-V</i> |
|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

Las columnas *intensidad B* e *intensidad V* contienen los valores de intensidad medidos por SalsaJ, y son los que se obtienen en la ventana Fotometría. Las magnitudes *B* y *V* se pueden calcular de la siguiente forma:

Magnitud B = $-2.5 \cdot \log(\text{intensidad B} / \text{tiempo de exposición})$

Magnitud V = $-2.5 \cdot \log(\text{intensidad v} / \text{tiempo de exposición})$

Así, por ejemplo, la magnitud B de una estrella de intensidad 8128.59, medida en 10s sería:

$$\begin{aligned}
 \text{Magnitud B} &= -2.5 \cdot \log(8128.59/10) \\
 &= -2.5 \cdot \log(812.859) \\
 &= -7.275
 \end{aligned}$$

La última columna de la tabla, "*B-V*" debería pues contener el resultado de restar las magnitudes *V* de las magnitudes *B*. Este valor (*B-V*) da, efectivamente, el color de la estrella. Cuanto más alto es el valor *B-V*, más roja es la estrella. Cuanto más bajo, la estrella es más azul.

Ahora representa una gráfica de *V* frente a *B-V*, con *V* en el eje y y *B-V* en el eje x. Invierte el eje y de modo que los objetos más brillantes queden hacia arriba en la gráfica, como se muestra abajo (cuanto más bajo es el valor de *V*, más brillante es la estrella).

Diagrama de color-magnitud del cúmulo abierto NGC 947

Apéndice 1: Magnitudes

La magnitud de un objeto astronómico es simplemente la medida de su brillo visto desde la Tierra. Se puede determinar el valor de la magnitud de un objeto midiendo la intensidad de la luz que llega a la Tierra. Este valor se conoce como *magnitud aparente* del objeto y se representa con la letra “m”.

Cuando la medida de la magnitud aparente de un objeto se obtiene de observaciones hechas con telescopio y cámara CCD (o disco fotográfico), ésta se conoce como “*magnitud instrumental*”. Es el valor más básico de la magnitud que se puede medir y no se puede comparar con las medidas hechas por otras personas, ya que, como su propio nombre indica, este tipo de valor depende de los instrumentos usados para obtenerlo, por ejemplo, el telescopio, la cámara CCD, los filtros, etc.

Para poder comparar tus magnitudes con las de otras personas, necesitas calibrar los resultados para poder hacer comparaciones “de igual a igual”. Puedes hacerlo observando tu objeto y una estrella estándar. Las estrellas *estándar* son aquellas de las que ya se han obtenido magnitudes usando distintos filtros, y han sido medidas cuidadosamente por astrónomos profesionales. Comparando la magnitud de tu objeto con el de una estrella estándar que hayas observado y de la que conoces su magnitud real, podrás calcular la “*magnitud calibrada*” de tu objeto. Las comparaciones entre los datos de diferentes personas con las magnitudes calibradas, son entonces perfectamente válidas porque en este caso se están comparando magnitudes “de igual a igual”.

En este ejercicio no se te ha pedido observar estrellas estándar, por lo que las magnitudes que se han calculado no son magnitudes *calibradas*, sino *instrumentales*. Sin embargo, esto no afectará a la forma de tu Diagrama Color-Magnitud; la única diferencia que podrías apreciar si utilizaras magnitudes calibradas es que los puntos en la gráfica estarían todos desplazados en la misma cantidad y en la misma dirección.