



Universidad de Chile  
Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas  
Departamento de Astronomía  
AS4201-2 Astronomía Experimental.

## Pre Informe **Fotometría Óptica.**

Integrantes: Teresa Valdivia.  
José Vines.  
Profesores: Leonardo Bronfman.  
Patricio Rojo.  
Auxiliar: Gustavo Medina.  
Fecha: 29 de octubre de 2016



## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Desarrollo</b>	<b>2</b>
2.1. Procedimiento . . . . .	2
2.2. Resultados . . . . .	3
<b>3. Conclusiones</b>	<b>5</b>

## Índice de figuras

1. Grafico de la razón entre el flujo de Wasp 5 y el flujo de una estrella cercana por cada archivo observado . . . . .	4
---	---

## 1. Introducción

La fotometría es el área de la ciencia donde se mide la luz, es decir, la cantidad de fotones que llegan a partir de una fuente. En particular, en astronomía se cuantifican los fotones que llegan por estrella. Una de las razones por las que esto se estudia es para buscar exoplanetas: al tomar la luz que proviene de una estrella y medirla periódicamente por un tiempo, uno forma una curva de luz: si en esa curva hay decrecimientos notorios (y periódicos, en teoría), puede ser porque hay un planeta orbitando que tapa la luz proveniente de la estrella.

Hay varias técnicas de fotometría; para este trabajo, se utiliza una llamada Fotometría de Apertura. Ésta consiste en tomar la imagen de la estrella y elegir un radio de apertura, el cual define un círculo dentro del cual debiese estar todo el flujo de la estrella, para integrar el brillo proveniente de ese círculo (es decir, sumar la información de los electrones excitados en ese pixel del CCD). Con esto, se obtiene el flujo de la luz proveniente de toda la estrella. Además del radio de apertura, se elige un anillo alrededor de la estrella (caracterizado por dos radios) el cual se usa como corrección, ya que el cielo alrededor de la estrella no es completamente negro en la imagen captada.

El objetivo principal de este trabajo es armar desde cero las herramientas computacionales que se utilizan para hacer fotometría de apertura. Se debe armar el programa que, teniendo los datos, puedan leerlos y realizar una lectura de la cantidad de luz (cantidad de electrones excitados en la placa CCD). Un objetivo secundario es, usando este programa, hacer un análisis de la curva de luz en el tiempo de una estrella, para determinar si hay algún tránsito en ella (y posiblemente un exoplaneta). La estrella asignada para este grupo es Wasp 5, una estrella de tipo espectral G4 alrededor de la cual está confirmado que orbita un exoplaneta (Wasp 5b, de  $M = 1,6M_J$ ). El programa se hace en lenguaje Python 2.7, usando el paquete `astropy.io` para el manejo de los archivos que se entregan (de extensión `.fits`), `matplotlib` para todos los gráficos e imágenes resultantes y `scipy` para las funciones matemáticas necesarias.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Procedimiento

Para cumplir el objetivo de este trabajo, la creación del programa se divide en cuatro pasos:

- Creación de los master Bias y Flats: dentro de los archivos se encuentran archivos de tipo Bias (que muestran una foto en negro, de la cual se saca cómo es la imagen para ausencia de luz) y Flats (fotos de un domo de color parejo, para encontrar los defectos propios de la cámara CCD ocupada). Se necesita un promedio de ambos para corregir las imágenes obtenidas. Si llamamos Bias a la imagen promedio obtenida de cada imagen tipo bias y Flats a la imagen promedio obtenida de cada tipo flat ya habiéndole restado el Bias, para aplicarlo al resto de las imágenes (datos experimentales que llamaremos science) se aplica:

$$Final = \frac{science - Bias}{Flats} * < Flats >$$

- Detección del centro de masa de la estrella observada: para integrar el brillo de la estrella se necesita saber dónde se ubica su centro. Se estima a través del centro de masa, que en este caso es el centro de donde llega más brillo. Para calcularlo, si  $f(x,y)$  es el valor del brillo

$$cx = \frac{\int x f(x, y) dx dy}{\int f(x, y) dx dy}$$

$$cy = \frac{\int y f(x, y) dx dy}{\int f(x, y) dx dy}$$

- Creación del perfil radial de la estrella: da la información del flujo a cierto radio desde el centro de la estrella. De esta forma se puede determinar el radio de la estrella y lo que corresponde a espacio exterior (también llamado cielo). Para esto, se obtienen los valores en la estampilla, para el valor fijo  $cy$  (se fija el valor en el eje  $y$ ), desde el centro de la estrella hasta el final de la estampilla (que corresponde a un arreglo en el eje  $x$ ).
- Creación de la función de fotometría de apertura: teniendo lo anterior, se puede integrar para obtener el flujo de la estrella. Se suman todos los valores dentro del radio de la estrella y se le resta a este resultado el valor de la mediana del cielo (para que no quede sobreestimado).

Cada uno de estos pasos representa una función (o dos) que deben implementarse en el programa.

Dado que se puede implementar la fotometría de apertura para una estrella en una imagen, para generar la curva de luz, se toma la misma estrella en las otras imágenes que se proporcionan en los datos y se usa el mismo método para calcular, sucesivamente, el valor del flujo de la estrella en cuestión para distintos tiempos. El valor resultante de la fotometría, en este caso, es una cuenta de los electrones que se movieron en el CCD a causa de los fotones que llegaron a él (medida en ADU), por lo que en la curva se compara cuentas v/s tiempo.

Para que ciertos errores provenientes de condiciones climáticas y/o atmosféricas (como nubes repentinas, humedad, entre otros) no afecten al resultado, en vez de graficar directamente la suma de las cuentas de la estrella, se grafica el cociente entre estas cuentas y las cuentas de una estrella cercana en brillo, que se encuentre dentro de la misma imagen. Así, al poseer las dos estrellas el mismo efecto atmosférico, se corrigen entre sí.

Para escribir el código, se usa el editor EMACS, trabajando desde el servidor Wasabi. Los datos .fits a utilizar son los de la observación en la carpeta wasp5, originalmente hechas durante el 2009: cada uno de estos archivos tiene 5 headers, un PrimaryHDU más 4 ImageHDU, dado que la imagen está dividida en 4 franjas. La estrella Wasp 5 se encuentra en la ImageHDU 1.

## 2.2. Resultados

El código realizado, guardado bajo el nombre *aperture.py* contiene las funciones y métodos para los 4 pasos, además de mostrar las imágenes para el primer Header con imagen y una estampilla con una de las estrellas que se elige para trabajar. Para lo que se relaciona con el análisis de alguna estrella en las imágenes, se trabaja con una estampilla que aísla a la estrella a analizar de las demás.

- En la creación de los archivos Master Bias y Master Flats, no se generan funciones sino que el algoritmo está suelto en el código. El Master Bias se genera sin problemas y se puede aplicar al resto de los archivos.
- La función *centroid* genera  $cx$ ,  $cy$ , par ordenado con la ubicación del centro de masa en la estampilla para la estrella elegida.
- El perfil radial se genera en una función llamada *radial\_profile*, donde en el eje  $x$  está la distancia desde el centro de la estrella, y en el eje  $y$  el valor del brillo.
- La función *ap\_photometry* devuelve el valor de (hola no se que devuelve exactamente porque CCD)

En el archivo *time.py*, la función *ap\_photometry* se aplica sobre todos los datos experimentales de la medición de Wasp 5, obteniendo el siguiente gráfico luego de normalizar con otra estrella cercana:

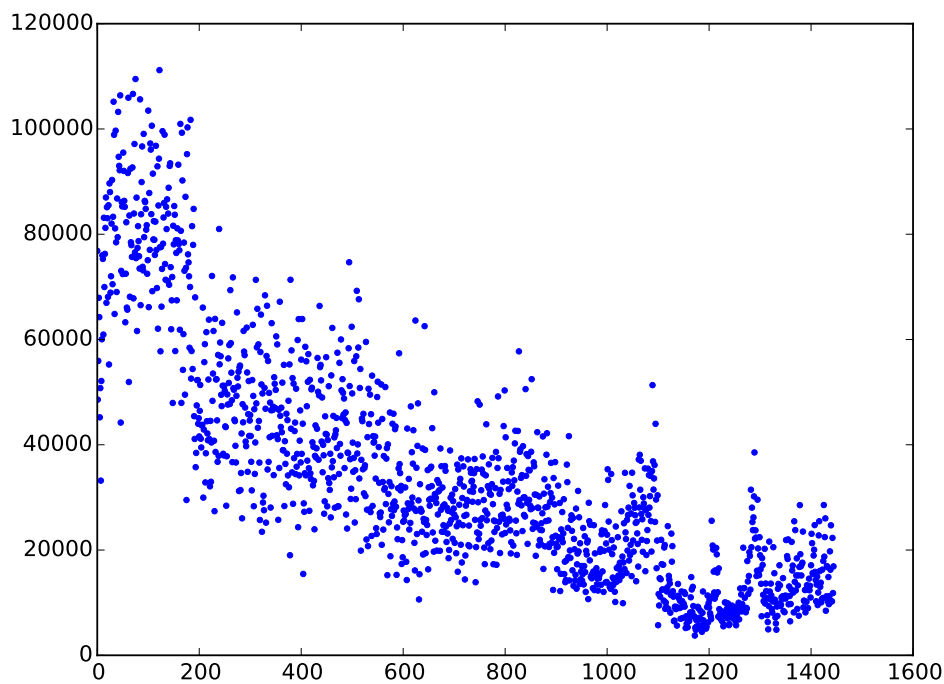


Figura 1: Grafico de la razón entre el flujo de Wasp 5 y el flujo de una estrella cercana por cada archivo observado

### 3. Conclusiones

El gráfico 1 relaciona el número del archivo de donde se saca el dato (que es una forma de medir el tiempo) con el valor de la razón entre las fotometrías de ambas estrellas (Wasp 5 sobre otra) para ese momento. Muestra una tendencia decreciente que puede explicarse por diferentes razones posibles: primero, porque el centro de masa puede no ser constante a través de las fotos (que la cámara se mueva levemente puede afectar la posición de la estampilla y del centro de masa drásticamente); segundo, puede que la cámara haya estado desenfocada; por último, puede tener un efecto considerable de distorsión de la atmósfera. Se grafica la razón entre dos luminosidades para corregir en la medida de lo posible ciertos efectos que pueden inducir a un error en la medición, como el paso de una nube, humedad del ambiente, entre otros.

En conclusión, se cumple el objetivo de implementar la Fotometría de apertura. Se generan satisfactoriamente los master Bias y Flats, se calcula el centro de masa, se obtiene un perfil radial acorde a lo esperado para una estrella y se obtienen las cuentas de la estrella en la imagen, con error incluido (proveniente de la cámara CCD y deducida su fórmula en clases), al hacer la fotometría con los pasos anteriores. Con los procedimientos creados en este trabajo, no se puede determinar si hay un tránsito planetario frente a esta estrella, ni qué causa los cambios en el flujo.