

# IMGpypes: “Pipelines” genéricos para imágenes en modo directo

G.L. Baume<sup>1,2</sup>

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

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

*Contacto / gbaume@fcaglp.unlp.edu.ar*

**Resumen** / Se ha desarrollado un conjunto de códigos (“pipelines”) que efectúan los procedimientos para la reducción automática de imágenes astronómicas obtenidas en modo directo. Estos códigos se construyeron sobre la base de varios paquetes actuales, de amplia difusión y desarrollados en lenguaje PYTHON. Los procedimientos empleados permiten llevar a cabo las correcciones usuales debidas a efectos instrumentales, adicionar información astrométrica a los metadatos de las imágenes y efectuar fotometría de las correspondientes fuentes puntuales. Los códigos han sido desarrollados de forma que se puedan adaptar a imágenes generadas con distintos instrumentos, permitiendo un tratamiento homogéneo de los datos. Los resultados fueron comparados con los que se obtienen utilizando los paquetes tradicionales de IRAF.

**Abstract** / A set of codes (“pipelines”) have been developed to carry out the procedures for the automatic reduction of astronomical images obtained in direct mode. These codes were built using several current, widely distributed packages developed in the PYTHON language. The procedures used allow carrying out the usual corrections due to instrumental effects, adding astrometric information to the metadata of the images and performing photometry of the corresponding point sources. The codes have been developed in such a way that they can be adapted to images generated with different instruments, allowing a homogeneous treatment of the data. The results were compared with those obtained using traditional IRAF packages.

*Keywords* / techniques: image processing — techniques: miscellaneous — techniques: photometric

## 1. Introducción

La reducción de datos astronómicos utilizados en los rangos espectrales óptico e infrarrojo se ha llevado a cabo en las últimas décadas de una forma casi exclusiva utilizando el software “Image Reduction and Analysis Facility” (IRAF<sup>1</sup>). Si bien IRAF ha soportado muy bien el paso del tiempo, en la última década se ha producido un avance importante de nuevas herramientas informáticas que tienden a desplazarlo. El crecimiento en el uso del lenguaje PYTHON dentro de la comunidad astronómica, junto con su ecosistema de paquetes dedicados se ha tornado en una opción para ser la alternativa moderna para reemplazar el uso de IRAF.

Varios observatorios se encuentran actualmente llevando a cabo dicho reemplazo, (p.e. DRAGONS<sup>2</sup>). No obstante, estos desarrollos son muy dedicados a los datos que produce el instrumental de cada observatorio. No se ha realizado al momento un desarrollo genérico que pueda ser aplicable a una variedad de datos de diferente origen. Paralelamente, existen paquetes que se están imponiendo como estándares para realizar diferentes fases de la reducción de imágenes astronómicas, pero ellos no se encuentran integrados en una única herramienta como ocurre con IRAF.

En este trabajo se presenta una primer versión de

IMGYPY<sup>3</sup>, un conjunto de “pipelines” basadas en PYTHON y orientadas al procesamiento de imágenes en modo directo de diferentes observatorios. En la sección 2 se indican las fuentes de datos sobre las que evaluaron los códigos. A continuación, en la sección 3, se describe el funcionamiento básico de los “pipelines”. Finalmente, en la sección 4, se indican los resultados preliminares obtenidos.

## 2. Datos

Los códigos presentados se han aplicado sobre imágenes obtenidas en modo directo en diferentes observatorios y disponibles en sus correspondientes bases de datos públicas. En particular se han utilizado datos obtenidos con la cámara ROPER (Telescopio Jorge Sahade, JS, de CASLEO<sup>4</sup>) y datos adquiridos con la cámara Y4KCam (Telescopio 1m de CTIO<sup>5</sup>).

## 3. Metodología

El conjunto de códigos desarrollados para el procesamiento de las imágenes se pueden separar en tres etapas:

- Pre-reducción de imágenes: En esta primer etapa, el código posee el objetivo de corregir los efectos

<sup>1</sup>IRAF is distributed by NOAO, which is operated by AURA under a cooperative agreement with the NSF.

<sup>2</sup>AURA-Gemini, ASCL, 1811.002

<sup>3</sup><https://github.com/gbaume/IMGpypes.git>

<sup>4</sup><https://casleo.conicet.gov.ar/base-de-datos-observacionales/>

<sup>5</sup><https://astroarchive.noirlab.edu/portal/search/>

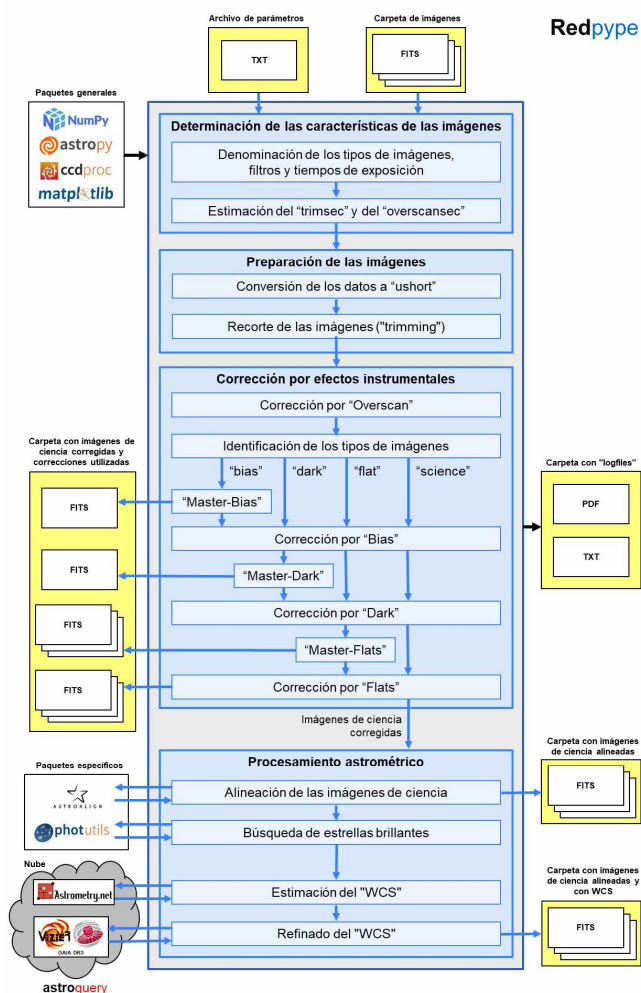


Figura 1: Diagrama en bloques del procedimiento, denominado REDPYE, utilizado para realizar la corrección de efectos instrumentales, la alineación de imágenes y la calibración astrométrica.

instrumentales que poseen las imágenes obtenidas con una cámara astronómica en modo directo. Dicho código se desarrolla siguiendo el esquema presentado en los primeros tres bloques del “pipeline” denominado REDPYE (ver Fig. 1). Estos códigos se han basado en rutinas de los paquetes NUMPY<sup>6</sup> (Harris et al., 2020), ASTROPY<sup>7</sup> (Astropy Collaboration et al., 2022), CCDPROC<sup>8,9</sup> (Craig et al., 2017) y MATPLOTLIB<sup>10</sup> (Hunter, 2007) del ecosistema PYTHON. Las entradas del código consisten en las imágenes a procesar y un archivo de texto con los parámetros que indican que tipo de correcciones realizar. La salida de esta etapa son las imágenes corregidas y las imágenes de calibración utilizadas para dicha corrección (ver Fig. 2).

- Alineación y astrometría: Esta etapa se lleva a cabo

<sup>6</sup><https://numpy.org/>

<sup>7</sup><https://www.astropy.org/>

<sup>8</sup><https://ccdproc.readthedocs.io/en/latest/>

<sup>9</sup><https://www.astropy.org/ccd-reduction-and-photometry-guide/>

<sup>10</sup><https://matplotlib.org/>

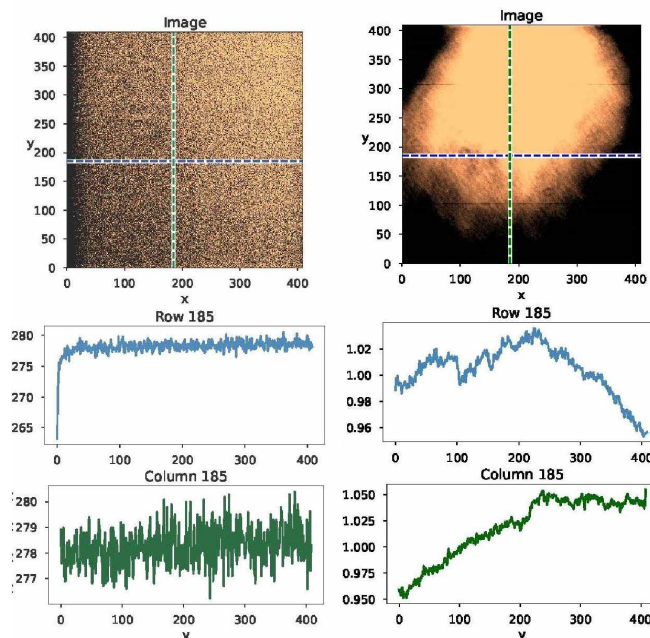


Figura 2: Vista parcial de una de las salidas de REDPYE presentando las imágenes de calibración promediadas junto con sus respectivos cortes transversales. Los paneles de la izquierda corresponden a la *Bias* promediado. Los paneles de la derecha corresponden a un *Flat* promediado. Datos: CAS-LEO.

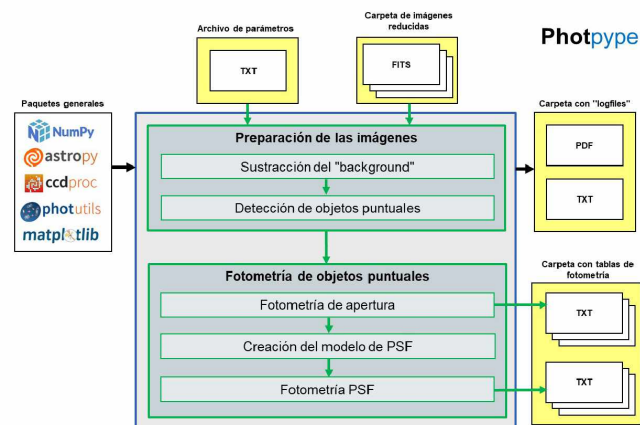


Figura 3: Diagrama en bloques del procedimiento, denominado PHOTPYE, utilizado para llevar a cabo las metodologías de fotometría de apertura y fotometría PSF.

mediante los pasos del último bloque del “pipeline” denominado REDPYE (ver Fig. 1). Para la alineación se ha utilizado el paquete ASTROALIGN<sup>11</sup> (Beroiz et al., 2020). Luego, para una primera aproximación (algunos arcosegundos) de la calibración astrométrica, se usó el algoritmo de ASTROMETRY.NET<sup>12</sup> (Lang et al., 2010). Finalmente, se empleó el catálogo de GAIA DR3 (Gaia Collaboration, 2022) para mejorar la precisión. Para que el código pueda llevar a cabo los últimos pasos de calibración es necesario que el usuario disponga del acceso tanto al sitio de ASTROMETRY.NET como a la base de

<sup>11</sup><https://astroalign.quatropo.org/en/latest/>

<sup>12</sup><https://astrometry.net/>

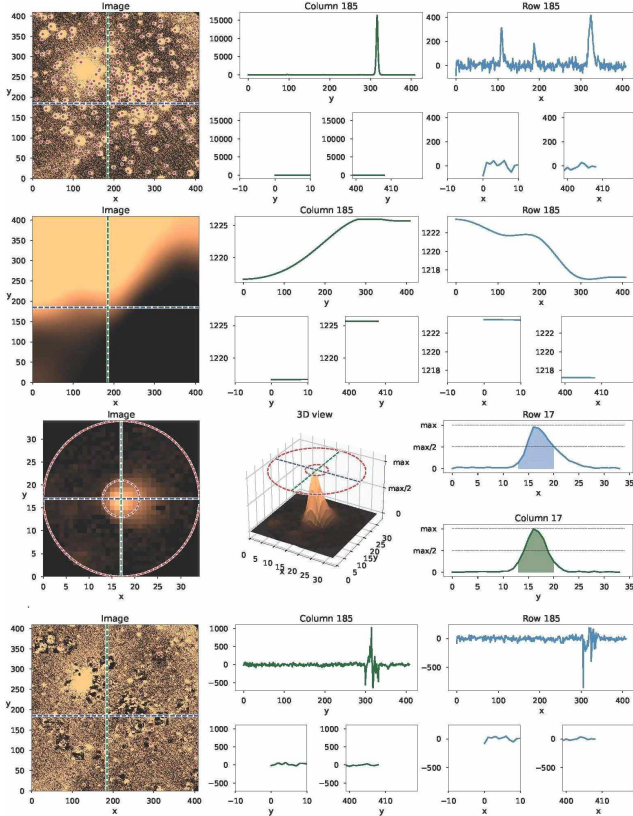


Figura 4: Una de las salidas de PHOTPIPE donde cada línea de paneles indican los resultados de diferentes etapas del proceso de fotometría: Identificación de objetos en una imagen corregida de efectos instrumentales. Modelado del *background*. Modelado de la PSF. Imagen con las estrellas sustraídas luego de efectuar la fotometría PSF. Datos: CAS-LEO (Berkeley 73 en banda B).

datos “VizieR” mediante el uso del paquete ASTROQUERY<sup>13</sup> (Ginsburg et al., 2019).

- Fotometría de objetos puntuales: Esta etapa es opcional y se realiza con el “pipeline” PHOTPIPE (ver Figs. 3 y 4). Estos códigos se basan principalmente en el uso del paquete PHOTUTILS de PYTHON. El código desarrollado se destaca por el modelado de la PSF a partir de una selección automática de estrellas brillantes aptas para ser utilizadas con esta finalidad. Las entradas requeridas por el código son las imágenes ya pre-reducidas y un archivo de texto con los parámetros que indican el tipo de fotometría a realizar y sus respectivos parámetros. Las salidas de esta etapa son las tablas de fotometría (no calibrada en flujo) con las coordenadas celestes ( $\alpha_{J2000}$ ,  $\delta_{J2000}$ ) de los objetos puntuales identificados.

#### 4. Resultados preliminares

Para evaluar la calidad de la fotometría producida por los códigos desarrollados, se ha realizado la reducción de las mismas imágenes utilizando las tradicionales rutinas de IRAF con los mismos parámetros de entrada. En

<sup>13</sup><https://astroquery.readthedocs.io/en/latest/>

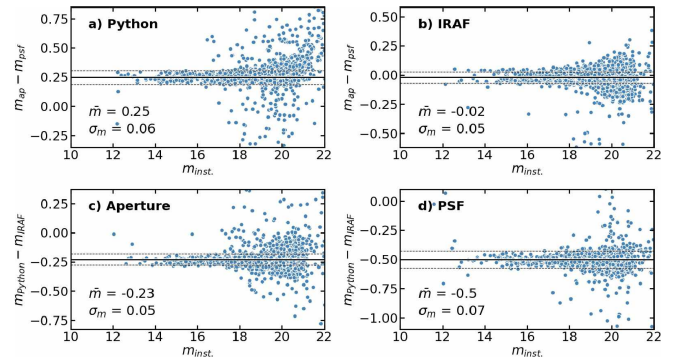


Figura 5: Comparación de los resultados fotométricos. Datos: CTIO. a-b) Utilizando diferentes metodologías y un mismo código. c-d) Utilizando diferentes códigos y una misma metodologías.

todos los casos los radios de apertura utilizados fueron iguales a las correspondientes “anchuras a media altura” (FWHM = 4 píxeles) de los objetos puntuales. En la Fig. 5 se presentan diferentes gráficos comparando los resultados. Se nota que tanto la fotometría PSF como la fotometría de apertura obtenidas con IRAF utilizan el mismo punto de cero (ver Fig. 5b). Mientras tanto, en el caso de PHOTUTILS, existe una diferencia entre ambos resultados debido a que en este caso la fotometría PSF considera todo el flujo del “modelo PSF” (ver Fig. 5a) y la fotometría de apertura considera sólo el flujo dentro del tamaño acotado de la apertura utilizada. Se encuentra además una diferencia sistemática entre las magnitudes de apertura obtenidas con IRAF y con PHOTUTILS (ver Fig. 5c). Esta diferencia es pequeña y no es algo preocupante ya que eventualmente se eliminaría al realizar una calibración en flujo o trabajar con fotometría diferencial. No obstante, aún es necesario investigar este resultado con mas detalle para averiguar su causa.

Por otro lado, se destaca que las alineaciones y calibraciones efectuadas por los paquetes ASTROALIGN y ASTROMETRY.NET proveen una precisión astrométrica limitada y sus resultados necesitan ser refinados utilizando un catálogo astrométrico y para alcanzar precisiones inferiores al segundo de arco.

*Agradecimientos:* Trabajo financiado por el PIP 112-201701-00055 de CONICET, el PICT 2019-0344 de la Agencia I+D+i y los Programas de Incentivos 11/G158 y 11/G168 de la UNLP. El autor agradece al árbitro de este artículo por sus sugerencias.

#### Referencias

- Astropy Collaboration, et al., 2022, ApJ, 935, 167  
 Beroiz M., Cabral J.B., Sanchez B., 2020, Astron. Comput., 32, 100384  
 Craig M., et al., 2017, astropy/ccdproc: v1.3.0.post1  
 Gaia Collaboration, 2022, VizieR Data Catalog, I/355  
 Ginsburg A., et al., 2019, AJ, 157, 98  
 Harris C.R., et al., 2020, Nature, 585, 357  
 Hunter J.D., 2007, Computing in Sci. & Eng., 9, 90  
 Lang D., et al., 2010, AJ, 139, 1782