

Reducción fotométrica con IRAF

Marzo de 2006

Ricardo Gil-Hutton

Los pasos previos:

- Se deben corregir las cabeceras para incluir campos faltantes como: *exposure*, *airmass* (o la información para calcularla), y *filters*.
- *airmass* puede calcularse con la tarea SETAIRMASS del paquete ASTUTIL, pero se requieren los campos *RA*, *DEC*, *ST*, *EPOCH*, *DATE-OBS*, y *OBSERVAT* (tarea OBSERVATORY).
- las tareas para reducción fotométrica estan en el paquete DIGIPHOT (dentro de NOAO). APPHOT y DAOPHOT son tareas para hacer fotometría, y PHOTCAL obtiene soluciones fotométricas y realiza las transformaciones.
- los archivos de parámetros de estas tareas son algo más complejos que lo usual: agrupan los archivos de parámetros para la tarea que especifica las características de los datos (*datapars*), método de ajuste del cielo (*fitskypars*), algoritmo de centrado (*centerpars*), y forma de hacer fotometría (*photpars*).
- si se edita el archivo de parámetros de PHOT aparecen campos para estos “sub-archivos”, que pueden ser editados posicionándose en ese campo y presionando “:e”. Para volver, se sale del modo usual (“q”).

```
ap> ?
```

```
aptest      findpars@   pconvert   polymark    psort
center      fitpsf      pdump      polypars@   qphot
centerpars@ fitsky      pexamine   polyphot    radprof
daofind     fitskypars@ phot        prenumber   wphot
datapars@   pcalc      photpars@  pselect
```

Fotometría de campos poco densos:

- Los pasos básicos son:
 1. decidir el tamaño de la apertura y del anillo de cielo.
 2. ajustar los parámetros en *datapars*, *centerpars*, *fitskypars*, *photpars* y *phot*.
 3. para cada imagen, identificar los objetos (en forma manual o con DAOFIND) y realizar fotometría con PHOT.
- Elección de la apertura: para las standards es recomendable adoptar un único radio y mantenerlo para todos los filtros. En general, $radio \sim 3 - 4 FWHM$, si $FWHM \leq 4 px$ ($radio \sim 12 - 15 px$). Lo correcto es estudiar cómo varían las magnitudes en una serie de aperturas de diferente tamaño porque el comportamiento es diferente para objetos débiles y brillantes.
- Ajuste de parámetros:
 - en *datapars* hay que especificar el FWHM *fw hm p s f* y la escala *scale* en asec/px. Si *scale*=1, se asume que todas las medidas vienen dadas en pixels directamente. Si se quieren tener errores fotométricos realistas se debe indicar el ruido de lectura y la ganancia del detector (o indicar los campos en la cabecera), pero además se deben indicar otros campos de las cabeceras necesarios (*exposure*, *airmass*, *filter*, etc.). Los parámetros *datamin* y *datamax* permiten fijar la región de respuesta lineal del detector.

```
ap> lpar datapars
  (scale = 1.)      Image scale in units per pixel
  (fwhmpsf = 2.5)  FWHM of the PSF in scale units
  (emission = yes) Features are positive ?
  (sigma = INDEF)  Stand. dev. of back. in counts
  (datamin = INDEF) Minimum good data value
  (datamax = INDEF) Maximum good data value
(noise = "poisson") Noise model
  (ccdread = "")   CCD rdnoise image header keyword
  (gain = "")      CCD gain image header keyword
(readnoise = 0.)   CCD readout noise in electrons
  (epadu = 1.)     Gain in electrons per count
  (exposure = "")  Exp.time image header keyword
  (airmass = "")   Airmass image header keyword
  (filter = "")    Filter image header keyword
  (obstime = "")   Time of obs. image header keyword
  (itime = 1.)     Exposure time
(xairmass = INDEF) Airmass
(ifilter = "INDEF") Filter
  (otime = "INDEF") Time of observation
  (mode = "ql")
```

- en *centerpars* se debe especificar el algoritmo de centrado *calgorithm* (en general, “centroid”) y la caja de centrado *cbox* (e general, $2 \times FWHM$).
 - en *fitskypars* hay que indicar el radio interno del anillo *annulus* y su grosor *dannulus*. En general, el radio interno se fija algunos pixels por fuera del radio de apertura y para el grosor es suficiente unos 4-5 pixels.
 - en *photpars* hay que especificar el o los radios de las aperturas a utilizar.
- fotometría manual: se despliega la imagen y se realiza fotometría con PHOT en forma interactiva. Como indicaremos con el cursor el objeto a medir, para evitar errores podemos fijar un valor alto para el error máximo del punto indicador.

```

ap> display 2147-1 1
z1=-479.1514 z2=899.8784
ap> phot 2147-1 maxshift=5.
2147-1    457.87    285.58    211.8307    16.429    ok
2147-1    293.65    427.69    212.0104    18.254    ok
2147-1    792.47    630.99    217.4334    15.393    ok
...

```

Si bien *maxshift* es un parámetro de *centerpars* es posible cambiarlo en la línea de comandos. El cursor salta al visor de imágenes y se convierte en un círculo. Entonces, hay que poner el cursor sobre el objeto a medir y presionar la tecla “*space*”. Cuando se termina, se sale con la tecla “*q*”.

- PHOT crea un archivo con la fotometría llamado en este caso *2147-1.mag.1*. Si se repite la tarea en la misma imagen se crean archivos sucesivos (*...mag.2*, etc.).

```

#K IRAF          = NOAO/IRAFV2.12.2a-EXPOR version  %-23s
#K USER         = rgh                               name    %-23s
#K HOST         = ricardo                           computer %-23s
#K DATE         = 2006-03-21                        yyy-mm-dd  %-23s
#K TIME         = 11:23:48                          hh:mm:ss   %-23s
#K PACKAGE      = apphot                            name       %-23s
#K TASK         = phot                               name       %-23s
...
...
#N IMAGE          XINIT      YINIT      ID      COORDS          LID      \
#U imagename     pixels     pixels     ##      filename        ##      \
#F %-23s         %-10.3f   %-10.3f   %-6d    %-23s           %-6d
#
#N XCENTER       YCENTER    XSHIFT    YSHIFT    XERR     YERR          CIER CERROR \
#U pixels        pixels     pixels    pixels    pixels    pixels        ##  cerrors \
#F %-14.3f       %-11.3f   %-8.3f   %-8.3f   %-8.3f   %-15.3f      %-5d %-9s
#
#N MSKY          STDEV        SSKEW          NSKY   NSREJ        SIER SERROR \
#U counts        counts         counts         npix   npix         ##  serrors \
#F %-18.7g       %-15.7g      %-15.7g         %-7d   %-9d        %-5d %-9s
#
#N ITIME         XAIRMASS      IFILTER          OTIME          \
#U timeunit      number        name             timeunit       \
#F %-18.7g       %-15.7g      %-23s           %-23s
#
#N RAPERT        SUM          AREA          FLUX          MAG    MERR    PIER PERROR \
#U scale         counts         pixels         counts         mag    mag     ##  perrors \
#F %-12.2f       %-14.7g      %-11.7g        %-14.7g        %-7.3f %-6.3f %-5d %-9s
#
2147-1           458.000    285.000    1      nullfile          0      \
  457.870      285.583    -0.130    0.583    0.010    0.010          0      NoError \
  211.8307     7.460029   1.526444   767     4         0      NoError \
  120.         1.1        3          INDEF
  15.00      471518.5   707.3028   321690.  16.429  0.002  0      NoError
2147-1           294.000    427.000    2      nullfile          0      \
  293.645     427.686    -0.355    0.686    0.021    0.022          0      NoError \
  212.0104    8.000381   3.225019   768     1         0      NoError \
  120.         1.1        3          INDEF
  15.00      209835.5   707.1036   59922.21  18.254  0.007  0      NoError
...

```

- para sacar la información útil de este archivo se puede utilizar la tarea TXDUMP,

que permite extraer el contenido de los campos importantes:

```
ap> txdump 2147-1.mag.1 "ID,XCEN,YCEN,MAG" yes
1 457.870 285.583 16.429
2 293.645 427.686 18.254
3 792.470 630.987 15.393
...
```

Solución fotométrica:

- Para encontrar la solución fotométrica es necesario resolver las ecuaciones de transformación para un conjunto de standards utilizando las tareas del paquete PHOTCAL. Supongamos que vamos a trabajar con magnitudes V y B, solamente.
- Los pasos necesarios a seguir son:
 1. Crear un catálogo de magnitudes y colores en el sistema standard: si se usan las standards de Landolt, el catálogo para estas estrellas ya esta disponible en *photcal\$catalogs*, aunque existen otros catálogos disponibles (*page photcal\$catalogs/README*). Por otra parte, es posible hacer un catálogo propio con la tarea MKCATALOG.
 2. Crear un archivo con la masa de aire, magnitudes instrumentales y errores para cada observación: para crear este archivo se utiliza la tarea *mknobsfile* para lo cual:
 - creamos con el editor un archivo donde se defina el conjunto de imágenes con observaciones para un objeto dado. Los nombres de las estrellas coinciden con el catalogo de Landolt del punto anterior, y no se respeta ningún orden en el conjunto de imágenes.

```
ph> vi stdstars
93_103: std01 std10
93_317: std02 std11
93_326: std03 std12
93_332: std04 std13
93_333: std05 std14
```

- creamos el archivo de observaciones con la tarea MKNOBSFILE indicando cómo se identifican los filtros (B=2, V=3). El parámetro *photfile* es la lista de archivos con la fotometría:

```
ph> lpar mknobsfile
PACKAGE = photcal
      TASK = mknobsfile

photfile=          The input list of APPHOT/DAOPHOT databases
idfilter=          The list of filter ids
imsets =           The input image set file
observat=          The output observations file
(wrap =           yes) Format output file... ?
(obspara=         ) The input observing parameters file
(obscolu= 2 3 4 5) The format of obsparams
(minmage= 0.001) The minimum error magnitude
(shifts =         ) The input x and y coordinate shifts file
(apercor=         ) The input aperture corrections file
(apertur=         1) The aperture number of the extracted magnitude
(toleran=         5.) The tolerance in pixels for position matching
(allfilt=         no) Output only objects matched in all filters
(verify =         no) Verify interactive user input ?
(verbose=         yes) Print status, warning and error messages ?
(mode =           ql)
```

```
ph> mknobsfile *.mag.1 2,3 stdstars stdobs
```

- MKNOBSFILE genera un archivo de salida con el siguiente formato:

```
# FIELD      FILTER  AIRMASS  XCENTER  YCENTER  MAG      MERR
93_103      2        1.090   100.00   200.00   17.613  0.020
*           3        1.100   100.00   200.00   17.792  0.010
93_317      2        1.090   150.00   250.00   20.269  0.020
*           3        1.100   150.00   250.00   21.046  0.030
...
...
```

Junto con este archivo se crea otro (en este caso, *fstdobs.dat*) que describe el formato de *stdobs*.

```
observations
```

```
X2          3      # airmass in filter 2
x2          4      # x coord. in filter 2
y2          5      # y coord. in filter 2
m2          6      # instr. mag. in filter 2
error(m2)   7      # mag. error in filter 2
```

```

X3          9      # airmass in filter 3
x3          10     # x coord. in filter 3
y3          11     # y coord. in filter 3
m3          12     # instr. mag. in filter 3
error(m3)   13     # mag. error in filter 3

```

3. Crear un archivo con las expresiones algebraicas de cada ecuación de transformación: se crea un archivo de configuración de la transformación donde aparecen las descripciones del catálogo, del archivo de observaciones, y la forma algebraica de las ecuaciones de transformación. Ese archivo se crea con la tarea MKCONFIG que nos muestra en el editor un template del archivo de configuración:

```

ph> lpar mkconfig
PACKAGE = photcal
TASK = mkconfig

```

```

config =                The new configuration file
catalog =                STDIN  The source of the catalog format specification
observat=                STDIN  The source of the observations file format speci
transfor=                STDIN  The source of the transformation equations
(templat=                ) An existing template configuration file
(catdir =                )_.catdir) The standard star catalog directory
(verify =                no) Verify each new entry
(edit =                  yes) Edit the new configuration file
(check =                 yes) Check the configuration file
(verbose=                no) Verbose output
(mode =                  ql)

```

```

ph> mkconfig casleo.cfg landolt stdobs landolt

```

Se debe editar este archivo de configuración para que las ecuaciones de transformación se ajusten a lo deseado (por ejemplo, remover las expresiones para los filtros U, R, e I), fijar los valores a ajustar (*fit*) y los que se mantendrán constantes (*const*).

4. Ajustar interactivamente las ecuaciones a las observaciones: la tarea que ajusta las ecuaciones de transformación es FITPARAMS, que permite modificar diferentes valores interactivamente hasta alcanzar un buen ajuste.

```

PACKAGE = photcal
TASK = fitparams

```

```

observat=                List of observations files

```



```

catalogs=          List of standard catalog files
config  =          Configuration file
paramete=          Output parameters file
(weighti=          uniform) Weighting type (uniform,photometric,equations)
(addscat=          yes) Add a scatter term to the weights ?
(toleran= 3.000000000000000E-5) Fit convergence tolerance
(maxiter=          15) Maximum number of fit iterations
(nreject=          0) Number of rejection iterations
(low_rej=          3.) Low sigma rejection factor
(high_re=          3.) High sigma rejection factor
(grow   =          0.) Rejection growing radius
(interac=          yes) Solve fit interactively ?
(logfile=          STDOUT) Output log file
(log_unm=          yes) Log any unmatched stars ?
(log_fit=          no) Log the fit parameters and statistics ?
(log_res=          no) Log the results ?
(catdir =          )_.catdir) The standard star catalog directory
(graphic=          stdgraph) Output graphics device
(cursor =          ) Graphics cursor input
(mode   =          ql)

```

```
ph> fitparams stdobs landolt casleo.cfg casleo.ans weighti="photometric"
```

FITPARAMS tiene un extenso conjunto de comandos para ajustar en forma interactiva las ecuaciones.

Aplicando la transformación:

- Supongamos que tenemos dos archivos de salida de la tarea PHOT con magnitudes instrumentales en ambos colores para nuestros objetos (digamos, *obj1.mag.1* y *obj2.mag.1*), a los que queremos aplicar la transformación. Entonces:

1. para poder encontrar los objetos se requiere conocer cual es el error en posición entre las imágenes de diferente filtro. Esto se puede encontrar examinando las imágenes con IMEXAMINE obteniendo la diferencia en posición para varias estrellas brillantes.
2. como puede ser que los objetos no esten en el mismo orden en ambos archivos de salida de PHOT hay que ordenarlos. Si se desea que queden ordenados, por ejemplo según su coordenada x, se usa la tarea PSORT:

```
ph> psort obj1.mag.1 xcenter  
ph> psort obj2.mag.2 xcenter
```

3. luego se ejecuta MKOBSFILE para generar un archivo con las observaciones de los objetos. El archivo de salida que se genera es similar al que se creó anteriormente para las standards utilizando MKNBSFILE (notar que los nombres de estas tareas sólo difieren en la letra “n”).

```
PACKAGE = photcal
TASK = mkobsfile
```

```
photfile=          The input list of APPHOT/DAOPHOT databases
idfilter=          The list of filter ids
observat=          The output observations file
(wrap =           yes) Format the output file for easy reading ?
(imsets =         STDIN) The input image set file
(obspara=         ) The observing parameters file
(obscolu=         2 3 4 5) The format of obsparams
(minmage=         0.001) The minimum magnitude error
(shifts =         STDIN) The x and y coordinate shifts file
(apercor=         STDIN) The aperture corrections file
(apertur=         1) The aperture number of the extracted magnitude
(toleran=         5.) The tolerance in pixels for position matching
(allfilt=         no) Output only objects matched in all filters
(verify =         no) Verify interactive user input ?
(verbose=         yes) Print status, warning and error messages ?
(mode =           ql)
```

```
ph> mkobsfile obj1.mag.1,obj2.mag.2 2,3 obj-obs
```

4. finalmente, se aplican las ecuaciones de transformación a los objetos mediante la tarea INVERTFIT:

```
PACKAGE = photcal
TASK = invertfit
```

```
observat=          List of observations files
config =           Configuration file
paramete=          Fitted parameters file
calib =            Output calibrated standard indices file
(catalog=         ) List of standard catalog files
(errors =         obserrors) Error computation type (undefined,obserrors,equa
(objects=         all) Objects to be fit (all,program,standards)
(print =          ) Optional list of variables to print
(format =         ) Optional output format string
(append =         no) Append output to an existing file ?
(catdir =         )_.catdir) The standard star catalog directory
(mode =           ql)
```

```
ph> invertfit obj-obs casleo.cgf casleo.ans obj-cal
```