

*Identificación de galaxias a alto redshift en el HDF*

- OBJETIVOS**
- Fotometría de galaxias en el Hubble Deep Field (HDF).
  - Selección de galaxias a  $z > 3$  a partir de sus colores.
  -

- MATERIAL**
- Tres regiones del HDF en las bandas B, V e I.
  - Paquete de procesado de imágenes IRAF.
  -

## 1 Introducción

En esta práctica se mide la magnitud de fuentes que aparecen en el Hubble Deep Field (HDF) Norte en tres bandas diferentes B(F450W), V(F606W), e I(F814W), con objeto de identificar a los objetos cuyos colores son consistentes con los esperados en galaxias con formación estelar intensa a desplazamientos al rojo  $z > 3.4$ . Este desplazamiento al rojo se corresponde con el momento en el que la discontinuidad de Lyman entra en la banda fotométrica del filtro B del la WFPC2.

Se proporcionan las imágenes en las tres bandas citadas de cuatro regiones diferentes del HDF que contienen algún candidato ya identificado previamente<sup>1</sup>. Usando el comando `imexam` de IRAF, se medirán los objetos más brillantes de cada imagen en cada banda y se representarán en un diagrama color-color (V-I) vs. (B-V). De esta manera se podrán identificar a los candidatos, ya que éstos deben ser azules en (V-I) pero muy rojos en (B-V)<sup>2</sup>.

## 2 Desarrollo de la práctica

Disponemos de las imágenes (en formato FITS) extraídas del HDF<sup>3</sup>(chip 2) de las regiones de interés y que se muestran en la tabla 1.

---

<sup>1</sup>Lowenthal et al (1997) ApJ 481, 673

<sup>2</sup>Unos criterios numéricos conservadores son  $(V-I)_{AB} < 0.37$  y  $(B-V)_{AB} > 0.85$

<sup>3</sup><http://www.stsci.edu/ftp/science/hdf/hdf.html>

Tabla 1. Regiones seleccionadas en el chip 2 del HDF

Nombre	Zona (x1:x2,y1:y2)	Banda
G1_B	300:700,1050:1350	B
G1_V		V
G1_I		I
G2_B	1250:2000,100:350	B
G2_V		V
G2_I		I
G3_B	650:1030,100:400	B
G3_V		V
G3_I		I
G4_B	1000:1500,1500:1900	B
G4_V		V
G4_I		I

Tabla 2. Fotometría en el HDF  
Constantes de Cero  
(flujo correspondiente a 1 DN/sec)

FILTRO	Banda	chip	ABMAG
F300W	U	2	20.79
F450W	B	2	21.93
F606W	V	2	23.02
F814W	I	2	22.09

Procederemos secuencialmente con cada región. Para cada una de ellas, en primer lugar, mostraremos en la pantalla gráfica la imagen en la banda I y mediremos con `imexam`<sup>4</sup> todos los objetos más brillantes que han sido numerado en las figuras del apéndice II. Es muy importante utilizar los parámetros adecuados. Así, mediremos después en las otras dos bandas. Construimos de esta forma una tabla de resultados como la que se muestra en el apéndice III en la que se han rellenado ya algunos valores. Como comprobación se puede empezar repitiendo estas medidas.

Para cada banda debemos tener cuidado en utilizar la constante de esa banda. Para el HDF se muestran en la tabla<sup>5</sup>.

Marcaremos como candidatos los objetos cuyas imágenes proporcionen:  $(V-I)_{AB} < 0.4$  y  $(B-V)_{AB} > 0.8$  para tener en cuenta los errores en la fotometría. Finalmente construimos una gráfica  $(B-V)$  vs.  $(V-I)$  para ver que realmente estos objetos están claramente segregados de los demás.

### 3 APÉNDICE I: Cómo medir con imexam

La imagen que queremos medir se muestra en la pantalla gráfica (`ximtool` o `ds9`) con el comando `display` de IRAF.

Medimos con `imexam` simplemente lanzando el comando, moviendo el cursor sobre el objeto que deseamos medir y apretando `a`. Este comando suma la señal en un círculo (objeto + cielo) y en un anillo concéntrico y alejado de este círculo en una cierta cantidad (cielo) y resta uno de otro. De esta forma se obtiene el valor neto (en cuentas) del objeto. El tamaño del círculo, el intervalo hasta el anillo y el ancho del anillo pueden ser variados a gusto del usuario.

Nótese que esta fotometría de apertura es una aproximación ingenua al problema de la fotometría de verdad. Está pensada para realizar una estimación rápida, pero sirve para nuestros propósitos. Para fotometría más seria y resultados más precisos deben usarse otros paquetes de IRAF como `noao.digiphot.apphot`

Veamos la descripción que aparece en la ayuda del comando (`help imexam`):

<sup>4</sup>Véase una ayuda de `imexam` en el apéndice I

<sup>5</sup><http://www.stsci.edu/ftp/science/hdf/logs/zeropoints.txt>

**a** Circular aperture photometry is performed at the position of the cursor ... The radius of the photometry and fitting aperture is specified by the radius parameter and the iteration parameter. Iteration of the fitting radius and printing of the final radius is only done for the 'a' key. If the number of iterations is one then the radius is not adjusted. If it is greater than one then the direct FWHM (described) below is used to adjust the radius. At each iteration the new radius is set to three times the direct FWHM (which is six times the radius at half-maximum). The radius is printed as part of the output.

If the background subtraction option is selected a concentric circular annulus is defined. The inner edge is separated from the object aperture by a specified buffer distance and the outer edge is defined by a width for the annulus. The type of background used is determined by the parameters *xorder* and *yorder*. If either parameter is zero then a median of the background annulus is determined. If 1 or greater a polynomial surface of the specified number of terms is fit. Typically the orders are 1 for a constant or 2 for a plane. The median or fitted surface values within the object aperture are then subtracted.

The flux within the circular aperture is computed by simply summing the pixel values with centers within the specified radius of the center position. No partial pixel adjustments are made. If the flux is positive a magnitude is computed as  $\text{magnitude} = \text{magzero} - 2.5 * \log_{10}(\text{flux})$  where the magnitude zero point is a user defined parameter.

The output consists of the image line and column, the coordinates, the final radius used for the photometry and fitting, magnitude, flux, mean background, peak value of the profile fit, *e*, *pa* (in degrees between -90 and +90 with 0 along the x axis) ... The FWHM values are, in order, the profile fit to the enclosed flux, the profile fit to the individual pixels, and the direct measurement from the derivative of the enclosed flux profile. Note that except for the direct method, the other estimates are not really measurements of the FWHM but are quantities which give the correct FWHM for the specified profile type.

Para controlar los valores de los parámetros de la medida hay que editar el fichero `rimexam` (epar `rimexam`) apareciendo un fichero que tiene el aspecto mostrado a continuación.

#### I R A F

#### Image Reduction and Analysis Facility

```

PACKAGE = tv
  TASK = rimexam
(banner =                yes) Standard banner
(title   =                ) Title
(xlabel =                Radius) X-axis label
(ylabel =                Pixel Value) Y-axis label
(fitplot=                yes) Overplot profile fit?
(fittype=                moffat) Profile type to fit
(center  =                No) Center object in aperture?
(backgro=                yes) Fit and subtract background?
(radius  =                10.) Object radius
(buffer  =                20.) Background buffer width
(width   =                10.) Background width
(iterati=                3) Number of radius adjustment iterations
(xorder  =                0) Background x order
(yorder  =                0) Background y order
(magzero=                22.09) Magnitude zero point

```

```

(beta      =          INDEF) Moffat beta parameter
(rplot    =          8.) Plotting radius
(x1       =          INDEF) X-axis window limit
(x2       =          INDEF) X-axis window limit
(y1       =          INDEF) Y-axis window limit
(y2       =          INDEF) Y-axis window limit
(pointmo=          yes) plot points instead of lines?
(marker   =          plus) point marker character?
(szmarke=          1.) marker size
(logx     =          no) log scale x-axis
(logy     =          no) log scale y-axis
(box      =          yes) draw box around periphery of window
(ticklab=          yes) label tick marks
(majrx   =          5) number of major divisions along x grid
(minrx   =          5) number of minor divisions along x grid
(majry   =          5) number of major divisions along y grid
(minry   =          5) number of minor divisions along y grid
(round   =          no) round axes to nice values?
(mode    =          ql)

```

Para cambiar el valor de alguno de ellos nos movemos con el cursor, escribimos el nuevo valor y pulsamos `intro`. En nuestro caso los parámetros clave son:

```

.....
(center   =          No) Center object in aperture?
.....
(radius   =          10.) Object radius
(buffer   =          20.) Background buffer width
(width    =          10.) Background width
.....
(magzero=          22.09) Magnitude zero point
.....

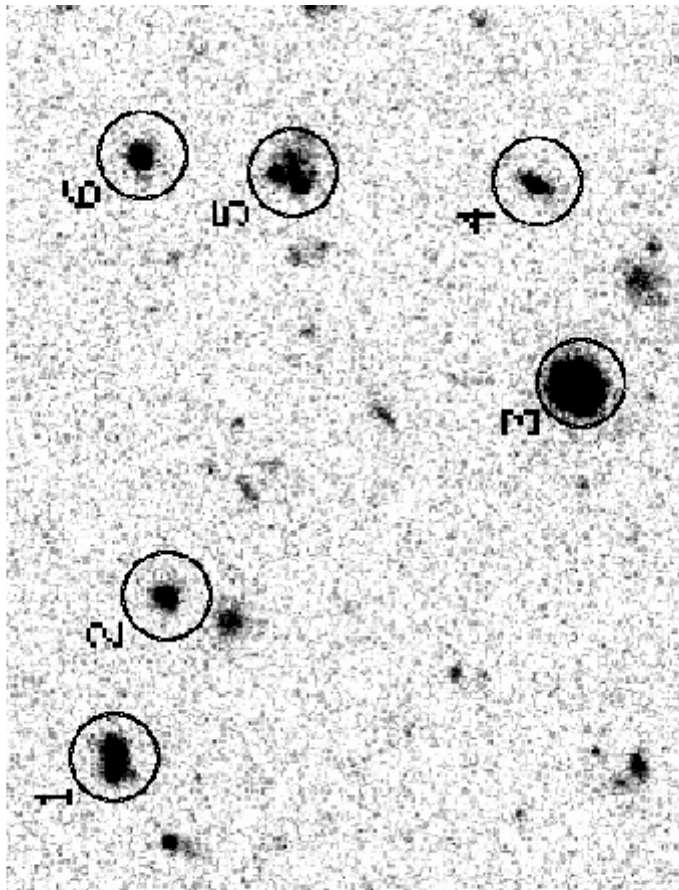
```

que en este caso están puestos de manera que mida el objeto en un radio de 10 píxeles, deje 20 de margen y calcule el cielo en un anillo concéntrico de 10 píxeles de anchura. Es fundamental indicarle al programa que no busque el centro para asegurar que estamos midiendo siempre en la misma apertura. También que el cero de la fotometría valga 22.09 (el correspondiente al filtro I de la WFPC2). Para nuestras medidas hay que recordar cambiar esta constante para cada banda que midamos (véase la tabla 2).

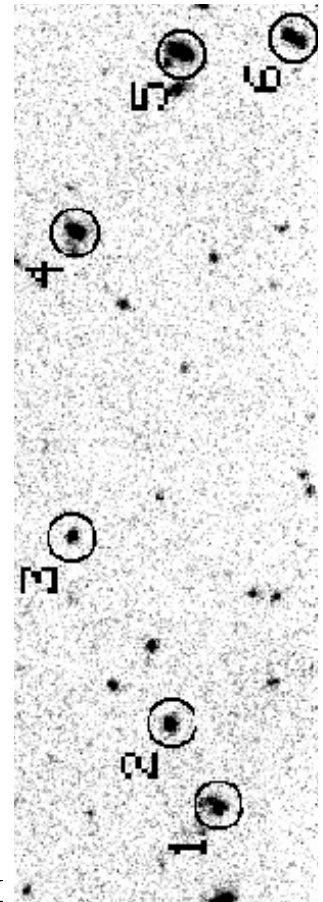
## 4 APÉNDICE II: Formato de tabla de resultados

Objeto	Magnitud			Color		Candidato ?
	B	V	I	(B-V)	(V-I)	
G1_1	25.7	24.9	24.6	0.8	0.3	SI
G1_2	27.7	26.1	25.6	1.6	0.5	NO
G1_3	24.5	24.1	23.1			
G1_4	26.4	26.4				
G1_5	26.4					
G1_6						
G2_1						
G2_2						
G2_3						
G2_4						
G2_5						
G2_6						
G3_1						
G3_2						
G3_3						
G3_4						
G3_5						
G4_1						
G4_2						
G4_3						
G4_4						
G4_5						

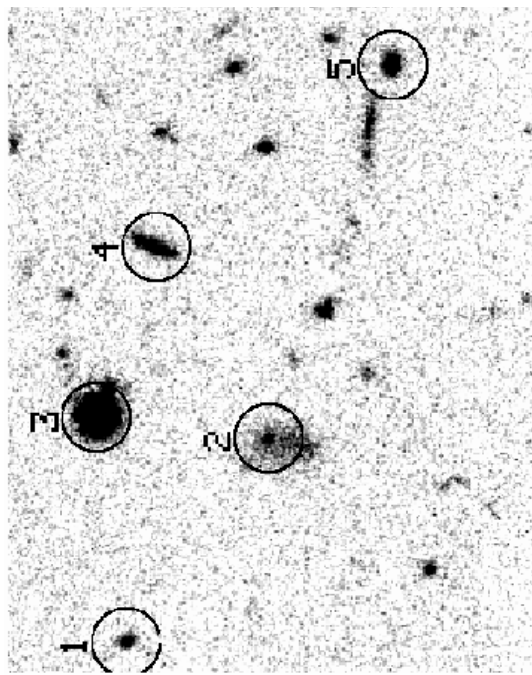
# 5 APÉNDICE III: Identificación de los objetos



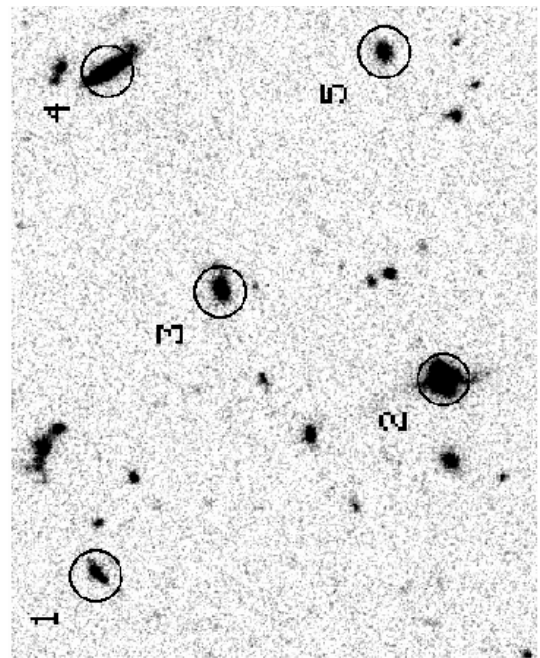
G1I



G2I



G3I



G4I