

Departamento de Astrofísica

Técnicas-10/06

Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid

7 **Ciencia con ALADIN**

OBJETIVOS

- Aprender a buscar imágenes astronómicas en bases de datos y familiarizarse con el uso del programa ALADIN del CDS.
- Calibración astrométrica de imágenes CCD.
- Estudio de la morfología de forma cualitativa en diferentes bandas fotométricas y descripción de los colores aparentes de diferentes regiones en una galaxia espiral.
- Identificación de regiones de gas ionizado en emisión para su posterior observación espectroscópica y cálculo del gradiente de metalicidad.

MATERIAL

- Ordenador personal con conexión a internet.
- Programa ALADIN del CDS.

1. Introducción

Se pretende dar a conocer las utilidades del programa ALADIN¹ del Centro de Datos estelares CDS de Estrasburgo. ALADIN es un software interactivo que permite visualizar imágenes digitalizadas de cualquier parte del cielo y superponerlas a datos propios del usuario y a catálogos astronómicos. ALADIN es, como veremos, muy útil para realizar identificaciones cruzadas de fuentes astronómicas observadas en diferentes bandas espectrales.

ALADIN permite cargar imágenes y catálogos a través de internet de una amplia base de datos. También se le pueden proporcionar imágenes propias u otras que todavía no estén incluidas en ALADIN. En esta práctica usaremos ALADIN para comparar imágenes de la galaxia NGC 2997 (que descargaremos de la base de datos extragaláctica de la NASA) en diferentes bandas fotométricas para observar las diferencias morfológicas e identificar regiones de gas ionizado. NGC2997 es una preciosa galaxia espiral de cara.

Este manual contiene la información necesaria para realizar la práctica. Para ayudar en su desarrollo existe otro fichero más descriptivo que proporciona imágenes de cada paso.

1.1. Base de datos NED

Para empezar descargaremos de la base de datos NED² (NASA/IPAC Extragalactic DataBase) las imágenes problema. Para ello entramos en la base de datos y solicitamos buscar un objeto por

¹<http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>

²<http://nedwww.ipac.caltech.edu>

su nombre. Tras teclear NGC2997 aparece diversa información sobre coordenadas, desplazamiento al rojo, etc y podemos pedir que nos muestre la colección de imágenes de esta galaxia que contiene NED³. De todas ellas nos fijamos en las que tienen como referencia el artículo de Larsen & Richtler (1999, A&A 345,59, 'Young massive star clusters in nearby galaxies. I. Identification and general properties of the cluster systems').

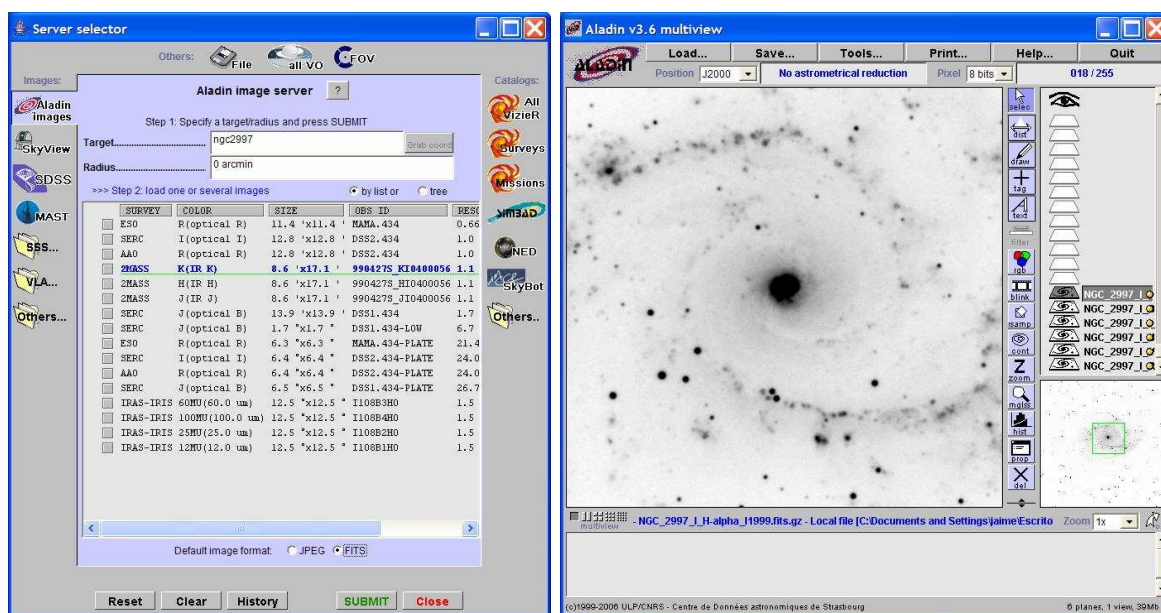
NED nos avisa que estas imágenes no tienen calibración astrométrica (*WARNING: WCS Keywords Missing or Unverified*) así que uno de los pasos que necesariamente debemos llevar a cabo para comparar imágenes es la astrometría.

Descargamos los ficheros FITS que contienen las imágenes U(3600Å), B(4400Å), V(5500Å), R(6400Å), i(7837Å) y H α (6563Å) simplemente haciendo click en RETRIEVE y las guardamos en una carpeta de nuestro ordenador.

1.2. ALADIN

ALADIN puede usarse desde el navegador de internet o como una aplicación en nuestro ordenador que se pone en marcha de la manera habitual con ayuda del icono correspondiente que encontramos en el escritorio. La ventana principal es el visor de las imágenes (MULTIVIEW) y cuando solicitamos una imagen o catálogo se abre la ventana de entrada de datos (SERVER SELECTOR).

Como primera parte de la práctica cargaremos una imagen que se encuentra ya en nuestro ordenador y por lo tanto seleccionamos el icono FILE en la parte superior de la ventana de entrada de datos. Podemos entonces explorar BROWSE nuestros directorios hasta encontrar la imagen que deseamos. Con SUBMIT la cargamos. Usemos para empezar la imagen en banda U.



En el visor se muestra una parte de la imagen solicitada, una barra de herramientas y la imagen entera con un recuadro que indica la región ampliada. Según se van añadiendo imágenes o catálogos al visor, estos se van apilando en planos. Se pueden seleccionar para ver diferentes planos pinchando con el cursor. Cargamos de igual manera las imágenes en bandas B, V, R, i y H α . Para todas ellas ALADIN advierte que no existe calibración astrométrica.

³Existe una forma más directa de buscar imágenes en NED en el menú de inicio.

1.3. Astrometría

Cuando tomamos una exposición directa con un telescopio obtenemos una imagen digital que se corresponde con la imagen del campo observado en la banda correspondiente al filtro empleado. El fichero donde se almacena está escrito según un formato estándar (FITS⁴, *Flexible Image Transport System*) y que básicamente es una cabecera ascii con información de la imagen y una parte binaria que contiene la intensidad de cada pixel. De esta forma los programas que leen estos ficheros encuentran en la cabecera descriptores que contienen información de las dimensiones de la imagen, dónde fue obtenida, con qué instrumento, en qué condiciones, etc. y en la parte binaria los datos de la matriz de la imagen.

Si exploramos una imagen con el visor de ALADIN y recorremos con el cursor la imagen veremos que se muestran las coordenadas (x, y) de la imagen. Con la Astrometría se puede conseguir que la imagen esté calibrada de forma que podamos saber además a qué coordenada celeste (ra, dec) corresponde cada pixel de la imagen.

Cuando tenemos las imágenes obtenidas en diferentes momentos con distintos instrumentos por diversos investigadores en bandas distintas pero que todas ellas están calibradas, podremos fácilmente compararlas entre sí.

1.4. Calibración astrométrica

Para realizar esta calibración astrométrica hay que identificar en la imagen objetos (generalmente estrellas) cuya posición en el cielo sea bien conocida y con estas parejas de datos (posición en la imagen–posición en el cielo) encontrar una solución que asigne ascensión recta y declinación a cada valor (x, y). La información astrométrica se almacena como descriptores en la cabecera FITS de las imágenes calibradas. Cuando más adelante se cargue alguna imagen con calibración astrométrica se pueden ver estos descriptores en la cabecera FITS. También se pueden comparar las imágenes antes y después de calibrar para comprobar qué nuevos descriptores aparecen en las cabeceras.

Podríamos realizar una primera calibración grosera con las coordenadas centrales de la galaxia NGC2997 (09h45m38.8s -31d11m28s; J2000) y la escala de placa (arcsec/pixel) y la orientación de la imagen que en este caso es el habitual de Norte arriba y Este a la izquierda (ángulo de posición $PA=0^\circ$) (calibración por parámetros). Sin embargo vamos a calibrar identificando estrellas de campo en otra imagen con calibración astrométrica que además necesitaremos más adelante para nuestro proyecto científico. Mientras que la calibración por parámetros sólo tiene en cuenta orientación y escala de las imágenes, este método de las estrellas proporciona una calibración más precisa ya que se le suministra mucha más información de posiciones de objetos puntuales en toda la imagen que permiten corregir deformaciones.

Cargaremos una imagen del campo obtenida por 2MASS⁵ (*2 Micron All Sky Survey*) que es una exploración de todo el cielo en el infrarrojo próximo J ($1.25 \mu\text{m}$), H ($1.65 \mu\text{m}$), and Ks ($2.17 \mu\text{m}$). En la ventana de entrada de datos seleccionamos ALADIN IMAGES y pedimos la lista de imágenes disponibles de NGC2997. Entre ellas aparece 2MASS K que seleccionamos.

Comprobamos en el visor que esta imagen tiene calibración astrométrica ya que al recorrerla con el cursor se muestran las coordenadas de cada posición. La imagen en banda K es diferente

⁴<http://fits.gsfc.nasa.gov/>

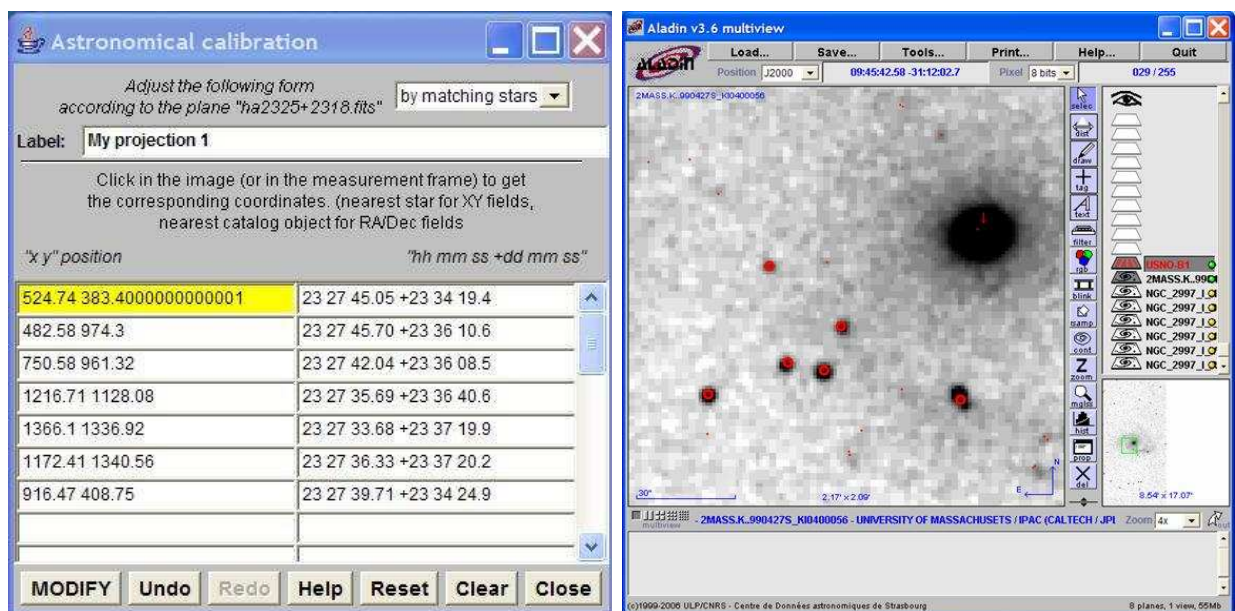
⁵<http://www.ipac.caltech.edu/2mass/>

que la de las bandas en el visible pero no tanto como para que no reconozcamos que es la misma galaxia. Además se aprecian estrellas de campo fácilmente reconocibles en todas las bandas.

Calibremos para empezar una cualquiera de las imágenes en el visible. Como la vamos a comparar con la imagen en banda K, resulta más fácil empezar con la imagen en banda I. De esta forma será más fácil identificar las estrellas en ambas bandas que son más cercanas en longitud de onda efectiva. Si comparamos con la de banda U es más complicado porque las estrellas de primeros tipos espectrales parecerán más brillantes en banda U y muy débiles en banda K y lo contrario para estrellas más frías.

La seleccionamos en el visor y usamos la herramienta propiedades (PROP) que nos abre la ventana propiedades. Seleccionamos en esta ventana una nueva calibración astrométrica. La ventana emergente de calibración astrométrica nos ofrece varias formas de calibración. Nosotros elegimos la opción de emparejar estrellas (*by matching stars*) en el menú desplegable.

Se trata ahora de rellenar la tabla de correspondencias (x, y) (ra, dec) pinchando con el cursor alternativamente en estrellas de la imagen a calibrar y en las correspondientes estrellas en la imagen calibrada. Es de gran ayuda usar el zoom y la lupa. Cuando se tienen suficientes estrellas marcadas (seis o siete es suficiente) se puede pedir que calibre (CREATE).



Si hemos elegido estrellas bien repartidas por la imagen y no nos hemos equivocado en las correspondencias esta calibración debe ser ya bastante buena. Para comprobarlo cargaremos un catálogo de estrellas que superpondremos a la imagen recién calibrada. Si la calibración es buena las imágenes del catálogo y las de la imagen se superpondrán. En la ventana de entrada de datos pedimos en catálogos (a la derecha) las exploraciones (SURVEYS). De los que nos muestra ALADIN seleccionamos USNO B1⁶ (Catálogo de fuentes astrométricas de todo el cielo hasta $V=21$). Cuando lo carga podemos ver a la vez la imagen que estamos calibrando y el catálogo si se seleccionan los dos planos.

Si la calibración no es suficientemente buena se rehace con el mismo método pero creando una tabla de correspondencias entre posiciones de estrellas en la imagen y su correspondientes coordenadas del catálogo. Para ello volvemos a usar el cursor en la imagen a calibrar con el catálogo superpuesto.

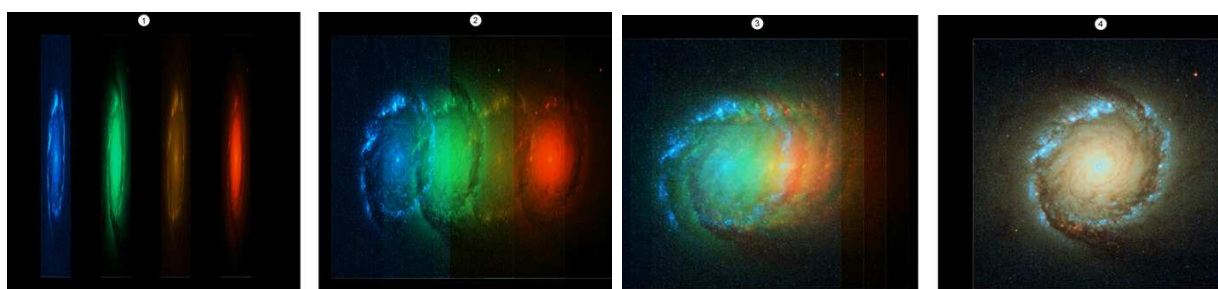
⁶<http://tdc-www.harvard.edu/software/catalogs/ub1.html>

Este proceso se repite para cada una de las imágenes en el visible. El resultado final es una serie de imágenes calibradas que ya podemos comparar entre sí. Deben almacenarse las imágenes calibradas en el directorio de trabajo asignado a cada grupo. Es el momento de comparar las imágenes antes y después de calibrar para comprobar qué nuevos descriptores aparecen en las cabeceras.

2. Ciencia con ALADIN

2.1. Descripción morfológica global de la galaxia

Ahora ya estamos en disposición de realizar una descripción morfológica global (bulbo y disco) de la galaxia en las diferentes bandas fotométricas. Para galaxias espirales de gran diseño como NGC2997 podemos realizar una morfología comparada de los brazos espirales y de las bandas de polvo (*dust lanes*).



En la figura precedente se muestra un ejemplo de cómo se construye una imagen a partir de cuatro filtros anchos para crear una imagen bonita en 'color verdadero'. Desde la izquierda: B, V, R e I. Cuando se superponen las imágenes (2. y 3.) la imagen resultante es una imagen compuesta. Tomado de '*A short introduction to astronomical image processing*' <http://www.spacetelescope.org/projects/fitsliberator/improc.html>

Para ello vamos a obtener un par de imágenes RGB (con diferente combinación de bandas) de esta galaxia de manera que se evidencie de la mejor manera las propiedades globales descritas arriba. El procedimiento es sencillo ya que sólo hay que utilizar la herramienta de ALADIN (RGB) que pide las imágenes que van en cada banda. Por ejemplo una combinación RGB que funciona bien es la que se muestra a continuación.

color	Imagen	cortes
RED	banda-i	828, 1452
GREEN	H α	54, 205
BLUE	banda-B	151, 441

Las regiones más azules corresponden al disco, las más rojizas al bulbo y mientras que las regiones de hidrógeno ionizado destacan en color verde.



Se pide realizar otras combinaciones, salvar estas imágenes y describir la galaxia. Se debe explicar también porqué determinadas combinaciones de bandas destacan características especiales de las diferentes regiones de la galaxia. Combinaciones de imágenes en el visible con la imagen en infrarrojo próximo pueden servir por ejemplo para ver bandas de polvo debido a la dependencia tan fuerte de la extinción con la longitud de onda.

En particular se debe construir alguna combinación RGB que permita observar el kpc central ya que esta galaxia tiene un anillo de regiones de formación estelar de aproximadamente $4''$ de radio que se puede escapar si no se observa cuidadosamente la imagen de la galaxia por ejemplo ampliando y cambiando los cortes de visualización.

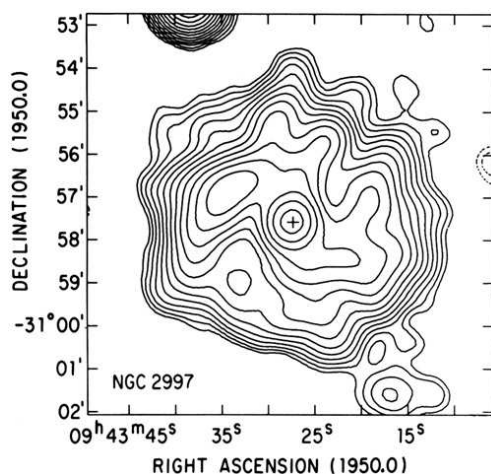
2.2. Superposición de observaciones radio

La siguiente tarea consiste en dibujar sobre una de estas imágenes la distribución de la emisión de radio-continuo a 20cm. Eso nos permitirá comparar la distribución espacial de la radiación en muy diferentes frecuencias como son el visible respecto al continuo radio.

Para ello necesitamos cargar una imagen radio que puede ser la del VLA obtenida por Condon (1987, ApJS 65, 485). En la ventana de entrada de datos de ALADIN elegimos VLA y pedimos la imagen correspondiente.

Para realizar un mapa de contornos usamos la herramienta correspondiente de ALADIN (CONT) que permite decidir cuantos contornos y en que niveles dibujamos. El mapa de contornos aparece como un nuevo plano que puede ser visionado sobre cualquiera de los planos que tenemos almacenados en el visor.

Se pide realizar una imagen compuesta con un mapa de contornos en continuo radio superpuesto sobre una imagen RGB de las obtenidas anteriormente. Se comentará el resultado y en particular la distribución de la emisión de 20 cm respecto a las diferentes regiones de la galaxia descritas anteriormente.



Mapa de contornos en continuo radio (20 cm) de NGC2997 obtenida con el VLA. Esta es una figura original del artículo de Condon (1987, ApJS 65, 485 *A 1.49 GHz Atlas of spiral galaxies with $bt < +12$ and $\delta > -45$*).

2.3. Selección de observables

Supongamos un proyecto científico cuyo objetivo sea determinar gradientes de metalicidad en galaxias espirales y que para llevarlo a cabo se desea realizar observaciones de regiones HII de esta galaxia en diferentes distancias galactocéntricas.

Realizaremos una parte de este proyecto seleccionando qué regiones HII vamos a observar con

un espectrógrafo multiobjeto. Para el fichero de entrada necesario para configurar la observación debemos proporcionar las coordenadas precisas de estas regiones HII.

Se pide marcar las posiciones (con la herramienta TAG) de al menos 10 regiones de gas ionizado que sean particularmente brillantes en la imagen $H\alpha$ +continuo respecto a su emisión en banda-R y proporcionar sus posiciones en una tabla adjunta. Con la herramienta DIST se puede determinar la distancia galactocéntrica en segundos de arco. También a partir de las coordenadas del centro de la galaxia y de cada región HII seleccionada. Las distancias angulares pueden convertirse en distancias lineales (en kpc) conociendo la distancia que puede determinarse a partir del desplazamiento al rojo que se encuentra entre la información que proporciona NED. Se debe archivar la imagen marcada y la tabla en el directorio de trabajo asignado al grupo.

APÉNDICE: Lista de tareas a realizar

Para poder llevar un control de las tareas encomendadas se listan aquí los productos que se deben entregar al terminar la práctica.

Tarea	Resultado	Formato
Calibración Astrométrica	Imágenes calibradas (U, B, V, R, I, $H\alpha$)	FITS
Análisis morfológico	Imágenes RGB compuestas (al menos dos) Descripción en el informe escrito	JPEG
Superposición contornos	Imagen óptica + contornos radio Descripción en el informe escrito	JPEG
Selección de observables	Lista de regiones HII a diferentes distancias	Tabla

En el informe escrito se consignarán las tareas realizadas y los resultados. Las imágenes FITS y JPEG solicitadas se guardarán en el ordenador de prácticas en la carpeta que asigne el profesor para cada grupo y con un nombre que lo identifique. Por ejemplo g7_NGC2997_B.fits g7_NGC2997_RGB_BIHa.jpeg etc para resultados del grupo 7.