VALENCIAN INTERNATIONAL UNIVERSITY

# OBSERVATORIO VIRTUAL

## Actividad Guiada 1

***Estudio multirrango de la galaxia NGC 2997 con VO***

**Máster en Astronomía y Astrofísica**
**Profesor VIU:** Juan Gutiérrez Soto
**e-mail:** juan.gutierrez@campusviu.es

# Índice

**1. Objetivo** **1**

**2. Introducción** **1**

**3. Las herramientas del VO** **1**

3.1. Aladín . . . . . 1

**4. Actividad guiada 1: Primer contacto con el VO** **2**

4.1. Esquema del trabajo a realizar . . . . . 2

4.2. Base de datos NED . . . . . 2

4.3. Carga de imágenes en Aladín . . . . . 4

4.4. Calibración astrométrica . . . . . 5

4.5. Descripción morfológica global de la galaxia . . . . . 8

4.6. Superposición de observaciones de radio . . . . . 10

**5. Tarea para el Portafolios** **11**

**6. Bibliografía** **12**

**7. Enlaces de Interés** **12**

**8. Agradecimientos** **13**

# 1. Objetivo

Las dos actividades guiadas propuestas en esta asignatura van dirigidas a familiarizarnos en el uso de dos herramientas básicas del Observatorio Virtual como son Topcat y Aladín. El objetivo final que se persigue con su realización es el ser capaces de utilizar las herramientas del Observatorio Virtual para realizar estudios de carácter científico.

# 2. Introducción

En esta Actividad Guiada 1 se hará un repaso a la utilización de las funciones básicas de la herramienta Aladín, a la vez que se presentará un caso de uso. Esta actividad nos servirá para familiarizarnos con sus funciones básicas, cargando imágenes desde local, superponiendo catálogos de estrellas, realizando calibraciones astrométricas, creando imágenes compuestas en RGB, y por último, superponiendo observaciones de radio. Esto se aplicará a la galaxia NGC 2997, que nos permitirá destacar diferentes partes en solo un vistazo.

# 3. Las herramientas del VO

## 3.1. Aladín

Aladín es un atlas interactivo del cielo, desarrollado y mantenido por el Centro de Datos astronómicos de Estrasburgo (CDS), que permite al usuario visualizar imágenes de cualquier parte del cielo y superponer datos de tablas y catálogos de diferentes archivos astronómicoss. Aladín es una aplicación Java que se puede descargar entrando en `http://aladin.u-strasbg.fr/`

NOTA: Si tu navegador te pregunta qué aplicación debe usar para abrir el enlace de tipo Java WebStart anterior, debes indicarle que utilice el ejecutable “javaws“ que podrás encontrar en el directorio bin de tu instalación de Java.

# 4. Actividad guiada 1: Primer contacto con el VO

## 4.1. Esquema del trabajo a realizar

En este ejercicio realizaremos las siguientes tareas:

- Búsqueda y descarga de imágenes de la galaxia NGC 2997 en distintas bandas, no calibradas astrométricamente de la base de datos NED.
- Carga de estas imágenes en Aladín.
- Calibración astrométrica de las imágenes por comparación con una imagen del campo obtenida por 2MASS.
- Construcción de una imagen RGB a partir de las imágenes en distintas bandas.
- Superposición del contorno de una imagen de radio sobre la imagen generada.

## 4.2. Base de datos NED

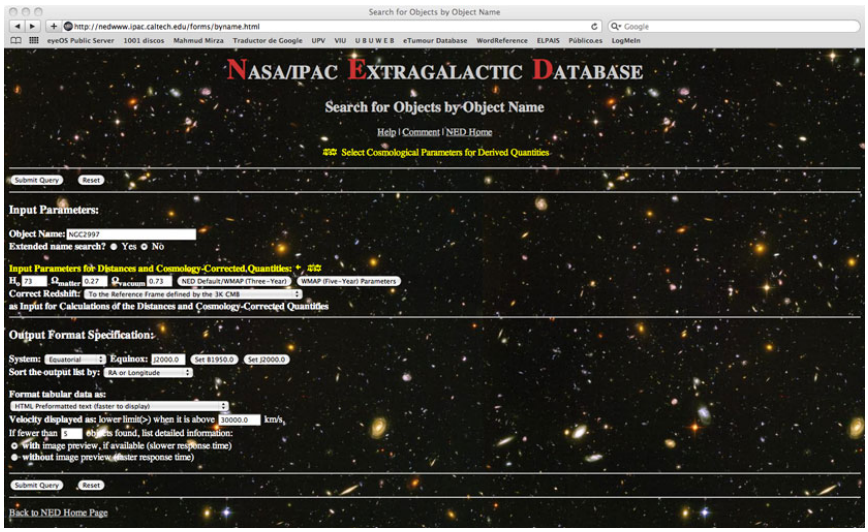


Figura 1: Primera pantalla de la base de datos NED.

Para empezar descargaremos de la base de datos NASA/IPAC Extragalactic DataBase (NED[1]) las imágenes que queremos utilizar. NED es la base de datos más grande del mundo para objetos extragalácticos. Es el análogo de Simbad pero para objetos extragalácticos.

Entramos en la base de datos y solicitamos buscar un objeto por su nombre (ver Fig. 1). Tras teclear NGC 2997 aparece (Fig. 2) toda la información sobre esta galaxia en la base de datos, como coordenadas, desplazamiento al rojo, etc. Clicamos en **Images** para que nos muestre la colección de imágenes de esta galaxia.

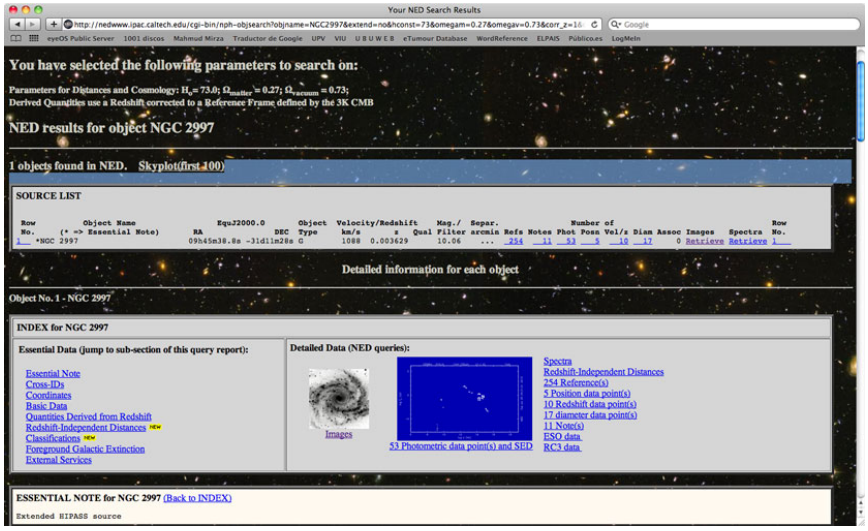


Figura 2: Pantalla con toda la información sobre la galaxia NGC 2997.

Vamos a descargar sólo 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*), ya que no tienen calibración astrométrica (las palabras *WARNING: WCS Keywords Missing or Unverified* aparecen en la cuarta columna en rojo). Descargamos los ficheros FITS que contienen las imágenes en los filtros $U$ (longitud de onda centra en 3600 Å), $B$ (4400 Å), $V$ (5500 Å), $R$ (6400 Å), $i$ (7837 Å), y $H\alpha$ (6290 Å) clicando en **Retrieve** y las guardamos en una carpeta de nuestro ordenador. Ya tenemos las imágenes que necesitamos para crear una imagen compuesta RGB. Pero antes ...

[1] `http://nedwww.ipac.caltech.edu`

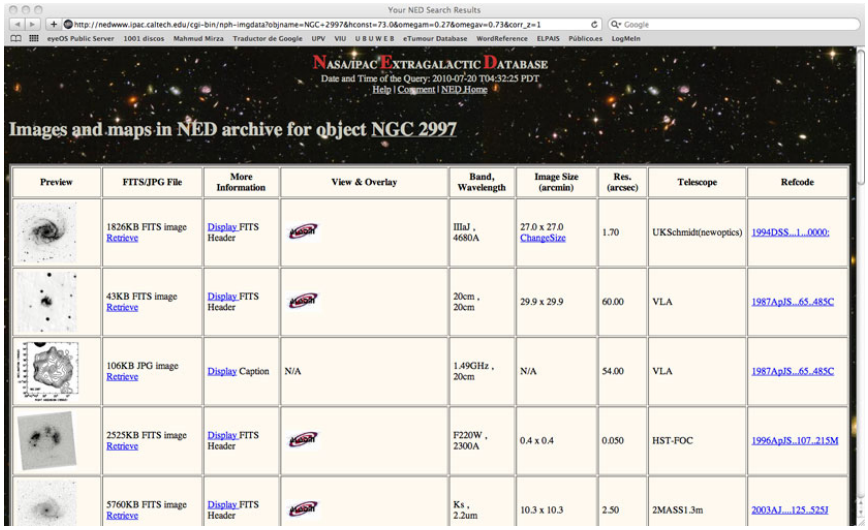


Figura 3: Lista de imágenes de la galaxia NGC 2997 en la base de datos NED.

### 4.3. Carga de imágenes en Aladín

Ejecutamos Aladín y apretamos al icono de la carpeta abierta (o **Archivo - Abrir**) para que se abra la ventana que más utilizaremos de Aladin: el "selector de servidor" (panel izquierdo de la Fig. 4). Cargamos la imagen (por ejemplo, en el filtro $U$) que se encuentra ya en nuestro ordenador seleccionando el icono **Archivo** en la parte superior. Exploramos nuestros directorios clicando **Explorar** hasta encontrar la imagen que deseamos y la cargamos con **Enviar**.

En el visor (panel derecho de la Fig. 4) se muestra la imagen solicitada, una barra de herramientas, una pila de planos y la imagen entera con un recuadro que indica la región que estamos viendo. Según se van cargando imágenes o catálogos al visor, estos se van apilando en planos. Se puede ir seleccionando cada plano (o imagen) pinchando con el cursor. Cargamos de igual manera las imágenes en los filtros $B$, $V$, $R$, $i$ y H$\alpha$. Para todas ellas Aladín advierte que no existe calibración astrométrica.

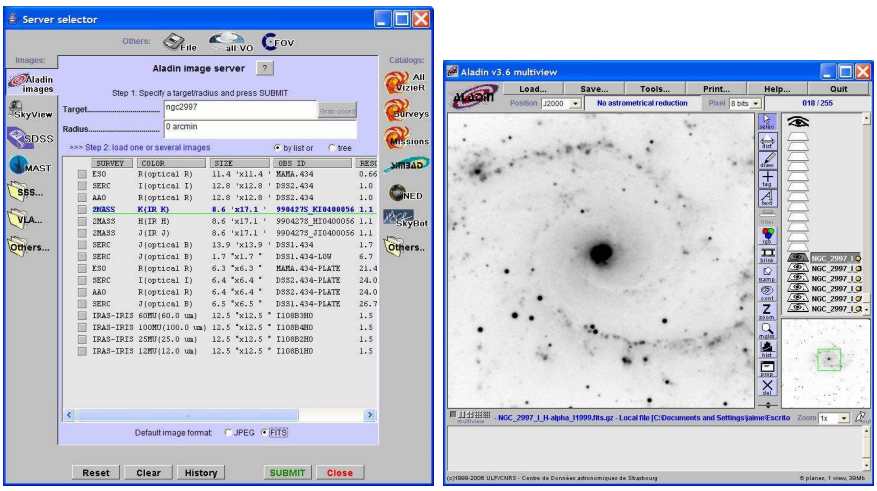


Figura 4: Aladín. Panel de la izquierda: selector de servidor. Panel de la derecha: Aladín con las imágenes, la barra vertical de herramientas y la pila de planos con las imágenes o catálogos.

## 4.4. Calibración astrométrica

La astrometría es la parte de la astronomía que se encarga de medir y estudiar la posición, paralajes y el movimiento propio de los astros. Para ello se necesita transformar las coordenadas de la imagen (x,y) en coordenadas celestes, como por ejemplo, ascensión recta y declinación. Se dice que una imagen está calibrada astrométricamente cuando las coordenadas de la imagen son coordenadas celestes. Si exploramos una imagen con el visor de Aladín y recorremos con el cursor la imagen veremos que se muestran las coordenadas $(x, y)$ de la imagen. Si la imagen está calibrada, podremos saber además a qué coordenada celeste $(ra, dec)$ corresponde cada pixel de la imagen. Si tenemos imágenes obtenidas en diferentes momentos con distintos instrumentos por diversos investigadores en filtros distintos pero todas ellas están calibradas astrométricamente, entonces podremos fácilmente compararlas entre sí.

Una forma de realizar una primera calibración preliminar sería a partir de las coordenadas centrales de la galaxia NGC2997 (09 45 38.8 -31 11 28s; J2000), la escala de la imagen CCD (0.4037 arcsec/pixel para la cámara) DFOSC en el telescopio Danés 1.54m, ver cabecera de la imagen) y la orien-

tación de la imagen (en este caso es Norte arriba y Este a la izquierda). Se puede realizar con Aladín yendo a **Calibración astrométrica** y luego clicando en **por parámetros** . Este método no es muy preciso, ya que no tiene en cuenta las deformaciones. Se puede probar, pero veréis que no da una buena calibración.

Para realizar una calibración astrométrica más exacta hay que identificar en la imagen objetos (generalmente estrellas y no saturadas) 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 carge 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.

Los pasos para calibrar astrométricamente las imágenes almacenadas son:

1. Cargamos las imágenes bajadas de la base de datos NED.

2. Cargamos una imagen del campo obtenida por 2 Micron All Sky Survey (2MASS[2]), que es una exploración de todo el cielo en el infrarrojo próximo $J$ (1.25 $\mu$m), $H$ (1.65 $\mu$m), y $K$ (2.17 $\mu$m). En la ventana de entrada de datos seleccionamos **Archivo - Cargar - Imagen Servidor - Aladín Imagenes servidor** y pedimos la lista de imágenes disponibles de NGC 2997. 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 el filtro $K$ es diferente a la de los filtros 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 todos los filtros.

3. Cargamos un catálogo de estrellas que superpondremos a la imagen recién calibrada. Por ejemplo, utilizaremos el catálogo 2MASS-PSC

[2] `http://www.ipac.caltech.edu/2mass/`

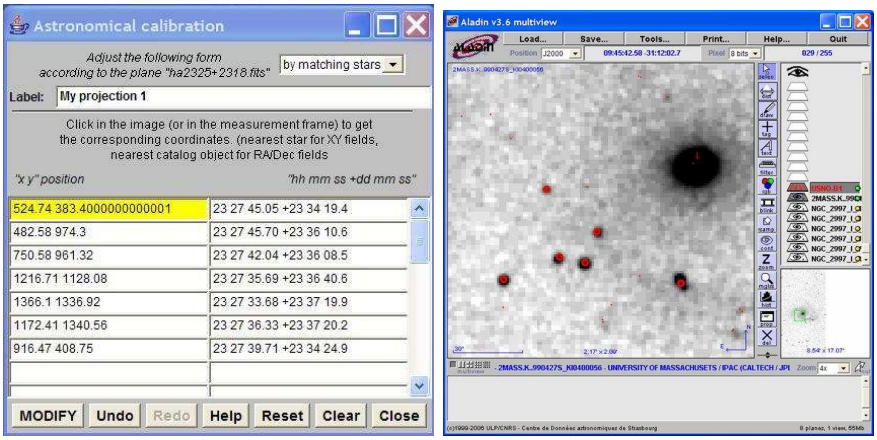


Figura 5: Panel izquierdo: Ventana en la que emparejamos estrellas para realizar la calibración astrométrica. Panel derecho: Imagen de 2MASS en el filtro $K$ con el catálogo USNO-B1 superpuesto.

(**Archivo - Cargar - Catálogo - Surveys in Vizier**).

4. Calibramos para empezar cualquier imágen en el visible. Por ejemplo, vamos a empezar calibrando la imagen en el filtro V, ya que en los filtros más al rojo las estrellas están saturadas. La seleccionamos en el visor y usamos la herramienta propiedades (**prop**) que nos abre la ventana propiedades. Seleccionamos en esta ventana **Nueva** calibración astrométrica. La ventana emergente nos ofrece varias formas de calibración. Nosotros elegimos la opción de emparejar estrellas (**by matching stars**) en el menú desplegable. Como se ve en el panel izquierdo de la Fig. 5, 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 (`NGC_2997:I:V:11999`) y el las correspondientes estrellas en la imagen calibrada ( `2MASS.K.990427S\_KI0400056`). Se recomienda utilizar dos paneles de imágenes (**Menu Ver - 2 paneles**) para ver la correspondencia entre las dos imágenes más fácilmente. Es de gran ayuda también usar el zoom y la lupa. Cuando se tienen suficientes estrellas marcadas (seis o siete es suficiente) se puede pedir que calibre (**create**). Se deben elegir estrellas bien repartidas por la imagen.

5. Si hemos elegido estrellas bien repartidas por la imagen y no nos he-

mos equivocado en las correspondencias, esta calibración debe ser ya bastante precisa. Para comprobarlo vemos si las estrellas del catálogo 2MASS-PSC y las estrellas de la imagen nuestra se superponen, (panel derecho de la Fig. 5). Atención que el plano del catálogo tiene que estar encima del de la imagen.

6. Si la calibración no es suficientemente precisa, se rehace con el mismo método. 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 guardarse las imágenes calibradas con **Exportar planos** y en formato FITS. Es el momento de comparar las cabeceras de las imágenes, antes y después de calibrar, para comprobar qué nuevos descriptores aparecen.

## 4.5. Descripción morfológica global de la galaxia

Ahora ya estamos en disposición de realizar una descripción morfológica global (bulbo y disco) de la galaxia en los diferentes filtros fotométricos. Para galaxias espirales de gran diseño como NGC 2997 podemos realizar una morfología comparada de los brazos espirales y de las bandas de polvo (dust lanes).

En la Fig. 6 se muestra un ejemplo de cómo se construye una imagen a partir de cuatro filtros anchos para crear una imagen bonita en "color verdadero". En el panel 1 se ven los filtros B, V, R e I de izquierda a derecha. Cuando se superponen las imágenes (paneles 2 y 3), la imagen resultante es una imagen compuesta. Este ejemplo está tomado de "A short introduction to astronomical image processing" [3]

Ahora vamos a obtener un par de imágenes RGB (con diferente combinación de filtros) de la galaxia NGC 2997 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 Aladín (**rgb**) que pide las imágenes que van en cada filtro. Por ejemplo una combinacion RGB que funciona bien es la que se muestra en la Tabla 1. El resultado tras pedir que genere la imagen no es muy bonito y hay que probar cambios de escala para

[3] `http://www.spacetelescope.org/projects/fitsliberator/improc.html`

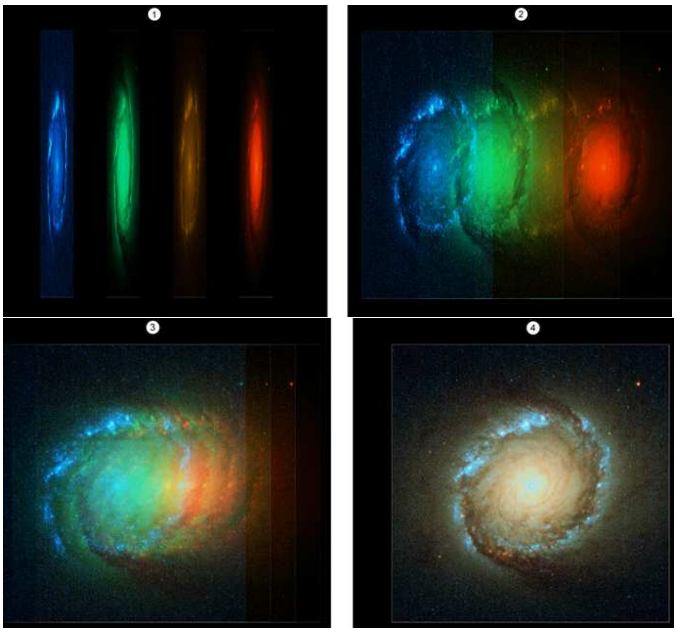

Figura 6: Ejemplo de como se crea una imagen compuesta RGB.

Cuadro 1: Filtros utilizados para la imágen compuesta (Fig. 7).

| **Color** | **Imagen/filtro** | **cortes** |
|---|---|---|
| RED | i | $[828, 1452]$ |
| GREEN | $H\alpha$ | $[54, 205]$ |
| BLUE | B | $[151, 441]$ |

mejorarlo. Para ello, clicad en la barra de herramientas vertical el icono de pixel y jugad con los valores.

Una solución buena se construye con los filtros y los cortes que se muestra en la Tabla 1. Para ello, hay que cambiar con **pixel** las escalas de cada imagen antes de crear la imagen final con **rgb**. La imagen resultante se ve en la Fig. 7.

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

Actividad opcional:

Realizar otras combinaciones, salvar estas imágenes y describir la galaxia. Se debe explicar también por qué determinadas combinaciones de filtros

Figura 7: Imagen compuesta con los filtros de la Tabla 1.

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, por ejemplo, ampliando y cambiando los cortes de visualización.

## 4.6. Superposición de observaciones de radio

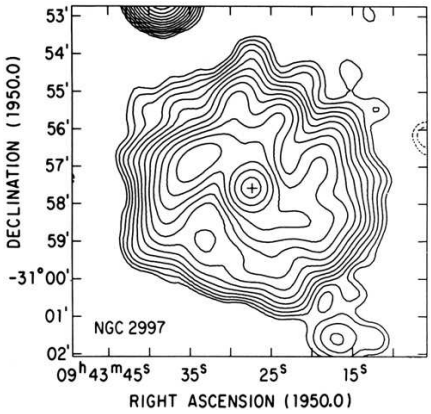


Figura 8: Mapa de contornos en continuo radio (20 cm) de NGC 2997 obtenida con el VLA. Esta es una figura original del artículo de Condon (1987).

La siguiente tarea consiste en dibujar sobre una de las imágenes en el

visible la distribucion de la emisión de radio a 20cm. Eso nos permitirá comparar la distribución espacial de la radiación en muy diferentes frecuencias como son el visible respecto a radio. Para ello necesitamos cargar la imagen en radio del VLA obtenida por Condon (1987, ApJS 65, 485, "Atlas of spiral galaxies with bt<+12 and delta>-45"). En la ventana de entrada de datos de Aladín elegimos VLA y pedimos la imagen correspondiente (NVSS Postage Stamp Server VLA/NRA0, I Stokes I).

Para realizar un mapa de contornos usamos la herramienta de Aladín (**cont**) que permite decidir cuántos contornos y en qué 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.

Actividad opcional:

Se comentará el resultado y en particular la distribución de la emisión en radio a 20 cm respecto a las diferentes regiones de la galaxia descritas anteriormente con las imágenes en el visible.

## 5. Tarea para el Portafolios

El/la alumno/a tendrá que presentar un documento en formato pdf con la descripción del trabajo realizado y argumentando los resultados obtenidos.

Además se debe entregar por parte del alumno el fichero .aj (formato propio de Aladín) que contendrá en diferentes pilas:

1. Todas las imágenes de la galaxia NGC 2997 en sus diferentes filtros calibradas astrométricamente,
2. la composición RGB
3. la imagen en radio y sus contorno
4. la composición RGB con el contorno en radio superpuesta.

Y por último, se enviará la imagen RGB con los contornos de la imagen de radio en formato jpg. Opcionalmente y para poder conseguir la máxima nota, se contestarán a las preguntas opcionales del guión.

## 6. Bibliografía

Larsen & Richtler, 1999, Young massive star clusters in near-by galaxies. I. Identication and general properties of the cluster systems, A&A **345**, 59

Condon 1987, *Atlas of spiral galaxies with bt<+12 and delta>-45*, ApJS **65**, 485

## 7. Enlaces de Interés

Base de datos NASA/IPAC Extragalactic DataBase (NED)
`http://nedwww.ipac.caltech.edu`

100 conceptos básicos de Astronomía
`http://www.astronomia2009.es/Documentos/100ConceptosAstroc.pdf`

Documentación de Topcat (manuales, etc)
`http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/#docs`

Manual de Aladín
`http://aladin.u-strasbg.fr/java/AladinManual.pdf`

"A short introduction to astronomical image processing" `http://www.spacetelescope.org/projects/fits_liberator/improc/`

Catálogo 2 Micron All Sky Survey (2MASS), `http://www.ipac.caltech.edu/2mass/`

Catálogos USNO `http://www.usno.navy.mil/USNO/astrometry`

Artículo de divulgación de la Dra. Cristina Cappa en el Instituto Argentino de Radioastronomía. `http://www.iar.unlp.edu.ar/divulgacion/art-difu-03.htm`

# 8. Agradecimientos

Estas prácticas han hecho uso de las guías educativas del Observatorio Virtual desarrolladas en el marco de los proyectos EuroVO-AIDA (INFRA-2007-1.2.1/212104) y SVO (AyA2008-02156). También se ha usado el documento "Ciencia con Aladín" creado por el profesor Jaime Zamorano de la UCM.