VALENCIAN INTERNATIONAL UNIVERSITY

OBSERVATORIO VIRTUAL

Actividad Guiada 2

Búsqueda de enanas marrones 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 de VO **1**

3.1. Aladín 1

3.2. Topcat 2

4. Actividad guiada 2: Búsqueda de enanas marrones **3**

4.1. Objetivo 3

4.2. Esquema del trabajo a realizar 4

4.3. Metodología 4

4.3.1. Primera opción: Aladín 4

4.3.2. Segunda opción: TOPCAT 8

4.3.3. Tercera opción: Scripting avanzado con ALADÍN . . . 10

5. Tarea para el Portafolios **12**

6. Enlaces de Interés **13**

7. ANEXO I: Articulo de Burgasser et al. (2000) **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 2, buscaremos enanas marrones mediante catálogos en el visible y en el infrarrojo. Utilizaremos tres caminos distintos: el primero mediante la visualización de datos y catálogos con Aladín, el segundo mediante Topcat, donde aprenderemos a manejar tablas, y por último, mediante la generación de scripts con Aladín.

3. Las herramientas de 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/`. Además puedes cargar tus propias imágenes en formato FITS, JPG, GIF y PNG.

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.

3.2. Topcat

Topcat es un visor gráfico interactivo y editor de datos tabulares. Su objetivo es proporcionar la mayor parte de las utilidades que los astrónomos necesitan para el análisis y la manipulación de los catálogos de de fuentes y otros, aunque puede ser utilizado para datos no astronómicos. Puede trabajar con los formatos astronómicos más importantes (FITS, VOTable, ascii, csv) a la vez que se pueden definir y agregar otros formatos.

Topcat ofrece una variedad de formas de visualizar y analizar tablas, incluyendo visores para información sobre la tabla y metadatos de las columnas, utilidades para visualización de datos en 1D, 2D, 3D e incluso dimensiones superiores, cálculos estadísticos y utilidades de combinación de tablas mediante algoritmos de análisis de correspondencias.

Es una aplicación independiente que puede cooperar sin problemas con otras herramientas en el mundo del Observatorio Virtual, como VODesktop, Aladín y DS9.

El programa está escrito en Java y disponible bajo la GNU General Public Licence. Se ha desarrollado en el Reino Unido dentro de la ahora terminada en Starlink y proyectos AstroGrid, y con ayudas de PPARC y STFC.

4. Actividad guiada 2: Búsqueda de enanas marrones

4.1. Objetivo

Nuestro objetivo principal es la detección de enanas marrones haciendo uso de herramientas de VO. Las enanas marrones (brown dwarfs, ver Fig. 1) son objetos que ocupan el hueco entre las estrellas menos masivas y los planetas más masivos. Son objetos intrínsecamente débiles por lo que su detección no es directa y, de hecho, era casi imposible hasta la llegada de los estudios globales en el óptico profundo como SDSS y del infrarrojo cercano, como 2MASS o DENIS entre otros.

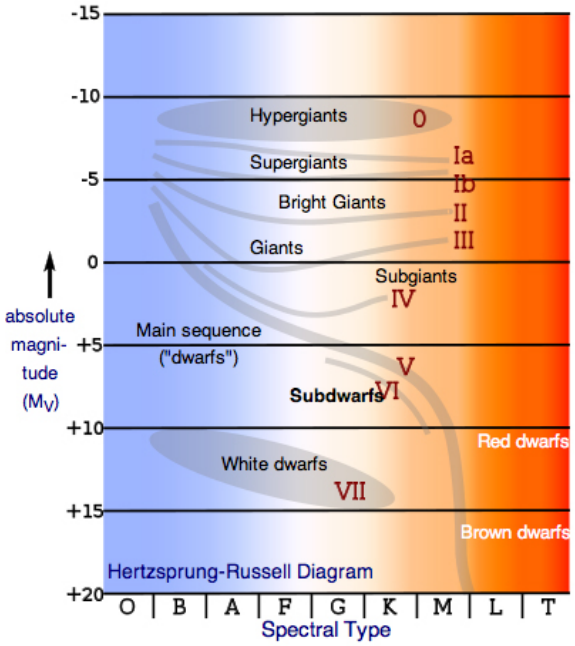

Figura 1: Diagrama HR con los tipos de estrellas. Las enanas marrones son myu débiles y muy rojas.

Se propone realizar minería de datos sobre las bases de datos SDSS y 2MASS para identificar enanas marrones de tipo T a través de una combinación adecuada de colores en el espectro óptico y el infrarrojo, un planteamiento que encaja perfectamente en el Observatorio Virtual. En esta actividad

exploraremos distintas formas de obtener los resultados deseados utilizando distintas herramientas del VO, en este caso Aladín y TOPCAT.

4.2. Esquema del trabajo a realizar

En este ejercicio realizaremos las siguientes tareas:

- Descargar los catálogos de fuentes en el infrarrojo cercano y en el óptico de dos bases de datos 2MASS y SDSS, respectivamente.
- Buscar fuentes comunes en los dos catálogos para poder obtener la información en ambas regiones espectrales de las fuentes resultantes.
- Aplicación de reglas sobre las variables de las estrellas resultantes siguiendo los criterios de Burgasser et al. (2000) -ver articulo anexo.
- Repetición del procedimiento usando 3 herramientas distinta del VO: Aladín, Topcat y Aladín en modo script.

4.3. Metodología

4.3.1. Primera opción: Aladín

1. Buscar fuentes en 2MASS PSC (infrarrojo cercano) y SDSS (óptico) alrededor de las coordenadas: RA=08:30:00 y DEC= 01:30:00 (radio por defecto: 14 minutos de arco). Obtenemos 683 fuentes en 2MASS y 9855 fuentes en SDSS. El número de objetos se ve clicando en el catálogo o pasando el cursor por el catálogo.
    - Archivo->Cargar catálogos->Surveys en ViZier->2MASS PSC
    - Archivo->Cargar catálogos->Surveys en ViZier->SDSS - DR7
2. Buscar fuentes comunes en los catálogos 2MASS and SDSS mediante la herramienta cruce con el umbral por defecto de 4 segundos de arco y la opción **Best maches**. Obtenemos 680 fuentes como resultado.
    - Hacer click sobre el plano del survey 2MASS. Esto es importante, porque sino no funciona bien.

- Pulsar sobre el icono de cruce (**cross**) en la barra lateral de herramientas.
- Ajustar el umbral y comprobar que está activada la opción **Best maches**.

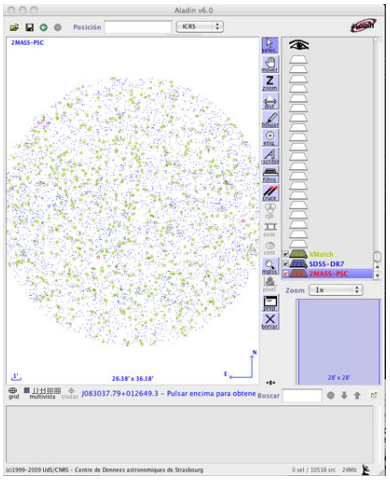

Figura 2: Todos los objetos en la posición RA=08:30:00 y DEC= 01:30:00 y 14 arcsec en el catálogo de 2MASS en rojo, en el catálogo SDSS en azul y las estrellas encontradas en los dos catálogos en verde.

3. Seleccionar las fuentes puntuales mediante la etiqueta **cl** (clase de objeto, ver Tabla 1) del catalogo SDSS creando un plano de filtro para las fuentes que cumplan cl=6. Estamos eligiendo los objetos clasificados como estrellas. Obtenemos 644 fuentes.

   - Pulsar sobre el icono **Filtro** en la barra lateral de herramientas.
   - Pinchar sobre la pestaña modo **avanzado**.
   - Definir el filtro como: $\$\{cl_tab2\} == 6$ {draw red square}
   - Nota: Utilizamos cl_tab2 porque es la variable correspondiente a la columna "cl" en el plano **Xmatch**.

4. Crear un nuevo plano con las fuentes filtradas:

   - Pulsar con el botón derecho sobre el plano creado por el filtro y seleccionar **propiedades**.

Cuadro 1: Tipos o clases de objetos del catálogo SDSS. Del catálogo SDSS-DR7 en Vizier.

Número (cl)	**Tipo o clase de objeto**
0	Objeto desconocido
1	Rayo cósmico (no usado)
2	Defecto (no usado)
3	Galaxias
4	Fantasma: Objeto creado por luz reflejada (no usado)
5	Objeto conocido en otro catálogo (no usado)
6	Estrella
7	Traza de un asteroide o meteorito (no usado)
8	Cielo (no hay objetos en este área).
9	Sin tipo

- Dentro de la pestaña **Modo Avanzado**, pulsar sobre el botón **Exportar**.

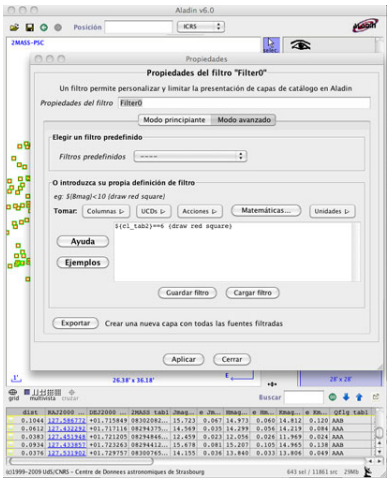

Figura 3: Propiedades de filtro.

5. Seleccionar fuentes sin detección en los filtros u y g de SDSS ($u > 22$ & $g > 22.2$) usando un nuevo plano de filtro. Resultado: 6 fuentes.

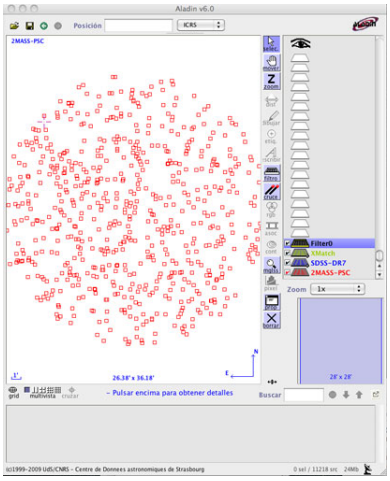

Figura 4: Plano con objetos en 2MASS y SDSS y catalogados en SDSS como estrella (cl=6).

- Desactivamos todos los planos cargados con excepción del que hemos creado a partir del filtro en el paso anterior.
- Pulsar sobre el icono filtro en la barra lateral de herramientas y seleccionar propiedades.
- Pinchar sobre la pestaña modo avanzado.
- Definir el filtro como:
  `${umag_tab2}>22.0&&${gmag_tab2}>22.2` {draw black square}

6. Crear un nuevo plano con las fuentes filtradas:

   - Pulsar con el botón derecho sobre el plano creado por el filtro y seleccionar **propiedades**.
   - Dentro de la pestaña **Modo Avanzado**, pulsar sobre el botón **Exportar**.

7. Seleccionar fuentes siguiendo los criterios propuestos por Burgasser et al. (2000 - ver anexo) es decir, que cumplan $(J-H) < 0.3$ && $(H-K) < 0.3$. Obtenemos 1 solo objeto con coordenadas: 08 30 48.62 +01 28 30.9

   - Desactivamos todos los planos cargados con excepción del que hemos creado a partir del filtro en el paso anterior.

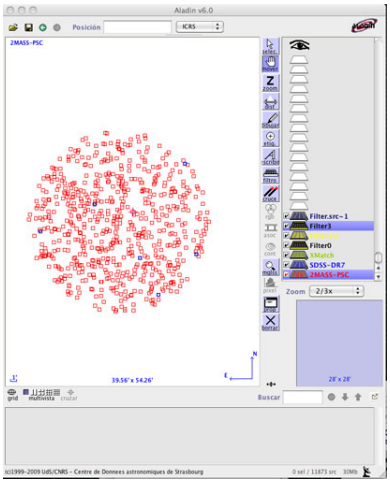

Figura 5: Plano con con objetos en 2MASS y SDSS y catalogados en SDSS como estrella (cl=6) en rojo y en azul aquellos con magnitudes en SDSS $u > 22.0$ y $g > 22.2$.

- Pulsar sobre el icono filtro en la barra lateral de herramientas y seleccionar propiedades.
- Pinchar sobre la pestaña modo avanzado.
- Definir el filtro como:

  `${Jmag_tab1}-${Hmag_tab1}<0.3&&`
  `${Hmag_tab1}-${Kmag_tab1}<0.3` {draw blue square}

Como ejercicio opcional:

Confirmación de la naturaleza enana marrón de este objeto mediante la búsqueda a través de servicios VO usando la opción **Cargar** del Observatorio Virtual con la opción **AllVO**. O bien, se puede utilizar Simbad para ver qué tipo de objeto es.

4.3.2. Segunda opción: TOPCAT

1. Buscar en TOPCAT las fuentes en las bases de datos 2MASS y SDSS con un cono de búsqueda en TOPCAT alrededor de RA:08:30:00 y DEC=01:30:00.

- Ir al menú **File** y pinchar sobre **Load Table**.
- Ir al menu de **Datasources** y pinchar sobre el icono **Cone Search**.
- Introducir la palabra clave 2MASS para buscar los servicios disponibles y seleccionar el catalogo de fuentes puntuales 2MASS desde el servicio Vizier.
- Introducir las coordenadas en hh:mm:ss dd:mm:ss y el radio de 14 minutos de arco.
- Repetir para SDSS (seleccionando el catálogo DR7 SDSS desde el servicio de Vizier)

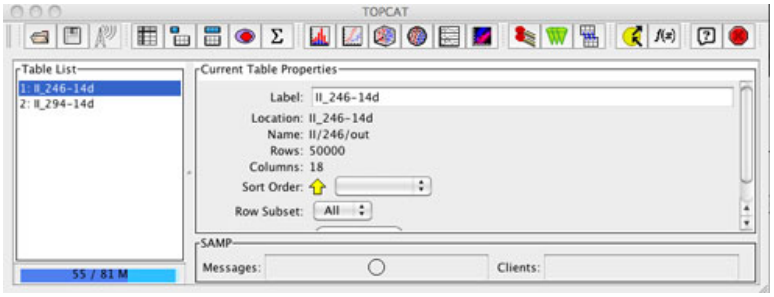

Figura 6: Topcat: cargando las dos tablas ...

2. Crear una nueva tabla haciendo coincidir los datos en las dos tablas con 4" de error máximo. Seleccionar las coordenadas dadas en cada catálogo (RAJ2000, DEJ2000).

   - Joins->Pair Match
   - Introducir los nombres de las dos tablas que queremos cruzar
   - Marcar la opción Best Match Only

3. Visualizar los datos cruzados y definir un nuevo subconjunto para el cual la clase del objeto es igual a 6 al mismo tiempo que cumpla los criterios seguidos en la primera sección. Es decir seleccionar fuentes sin detección en los filtros u y g de SDSS ($u > 22.0$ & $g > 22.2$) y añadir el criterio de Burgasser et al. (2000, Apj, 531, L57)$(J - H) < 0.3$ && $(H - K) < 0.3$ definiendo un nuevo subconjunto.

   - View ->Row Subsets ->Subsets ->New subset

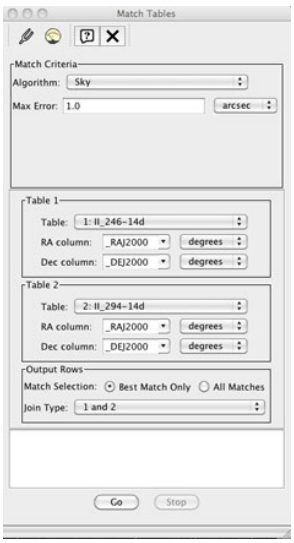

Figura 7: Crossmatch de Topcat.

- Asignar un nombre e introducir la operación cl==6 & $umag > 22$ & $gmag > 22.2$ & $(j_m - h_m) < 0.3$ & $(h_m - k_m) < 0.3$. Nota: Si copiais y pegais el código desde este documento, puede que les dé un error con el símbolo -, por el propio sistema de reconocimiento de caracteres del pdf. Corregid el símbolo directamente en TOPCAT una vez pegado.

4.3.3. Tercera opción: Scripting avanzado con ALADÍN

Aladín posee un modo de programación donde podemos construir una lista de comandos a ser procesados (**Tool >Macro Controller**). Una vez definido, este flujo de trabajo puede ser ejecutado automáticamente para una lista de objetos.

En esta parte de la práctica se pretende que el alumno repase el código y encuentre las correspondencias de cada línea de código con los pasos utilizados en la primera sección del ejercicio.

A la vez ejecutaremos el script introduciendo los parámetros necesarios (en este caso las coordenadas) y comprobaremos el resultado. Para ello iremos a Tool >Macro Controller e introduciremos el siguiente código:

```
2mass = get VizieR(II/246) $1 $2 14'
sync
sdss = get VizieR(II/282/sdss6) $1 $2 14'
sync
2massdss= xmatch 2mass sdss 4 bestmatch
sync
hide 2mass
hide sdss
sync
filter stars_SDSS {${cl_tab2}== 6{draw}}
sync
select 2massdss
sync
cplane stars
sync
hide 2massdss
hide stars_SDSS
sync
filter candidates1 {${umag_tab2} >22.0 &&
${gmag_tab2}>22.2 && ${Jmag_tab1}-${Hmag_tab1}<0.3 &&
${Hmag_tab1}-${Kmag_tab1}<0.3 {draw}}
hide stars_SDSS
sync
select stars
cplane candidatos
sync
hide stars
hide candidates1
sync
```

Los parámetros a introducir son:

$1=08 30 00 $2=+01 30 00

Nota: Si copiais y pegais el código desde este documento, puede que les de un error en la primera y tercera columna con el símbolo ', por el propio sistema de reconocimiento de caracteres del pdf. Corrijan el símbolo directamente en el *Controlador de Macros* de Aladín.

Tarea opcional:

Probad con las coordenadas RA=15 03 10 DEC=+25 25 10 y verificad si las candidatas son o no enanar marrones.

También podéis comprobar si algunas de las estrellas ya catalogadas como enanas marrones (mirar en wikipedia por ejemplo) son detectadas con este método.

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:

1. Un fichero .aj (formato propio de Aladín) que contendrá en diferentes pilas todos los pasos realizados para hallar la enana marrón no empleando script.
2. Un fichero texto (csv, ascii o txt) que contenga la tabla resultante de Topcat con la enana marrón.
3. Un fichero .aj (formato propio de Aladín) que contendrá en diferentes pilas todos los pasos realizados para hallar la enana marrón empleando el script.

Opcionalmente y para poder conseguir la máxima nota, se contestarán a las preguntas opcionales del guión.

6. 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`

Enanas Marrones y enanas muy frías (últimos-M, L, T) de David Montes (Universidad Complutense de Madrid)
`http://www.ucm.es/info/Astrof/recopilaciones/enanasmarrones.html`

Giant Exoplanets, Brown Dwarfs and Very Low Mass Stars (J.A. Caballero, IAC)
`http://www.iac.es/project/jovian/index.html`

7. ANEXO I: Articulo de Burgasser et al. (2000)

Podéis leeros el artículo en el que describe la búsqueda de enanas marrones y en el que se basa esta práctica.

Para bajaros el artículo, ir a SAO/NASA ADS (`http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html`) y poner en autores ^Burgasser (artículos de primer autor de Burgasser), y luego buscais el artículo `2000ApJ...531L..57B` del 2000, Burgaser, Kirkpatrick, Davy et al. 2000, Apj, 531, L57. Elegis el arXiv e-print (arXiv:astro-ph/0001194) que es gratuito.