

LA SECUENCIA DE HUBBLE

Autores:

G. Iafrate(a), M. Ramella(a) y V. Bologna (b)

(a) INAF -Astronomical Observatory of Trieste

(b) Istituto Comprensivo S. Giovanni – Sc. Sec. Di primo grado “M. Codermatz” - Trieste

Traducido por:

Mauro López (c,d) y Enrique Solano (c,d)

(c) Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)

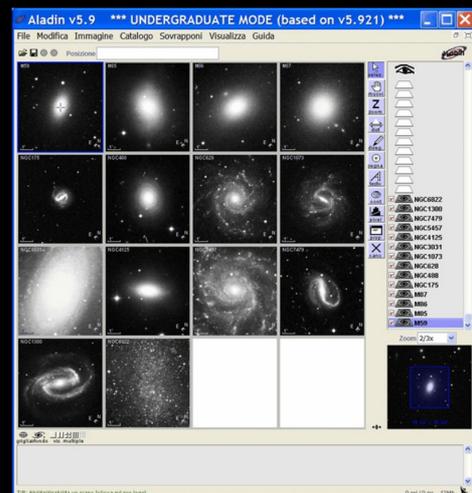
(d) Observatorio Virtual Español

Versión: Marzo 2010

Este caso de uso explora la morfología de las galaxias y su clasificación de acuerdo con la Secuencia de Hubble.

Las galaxias son piezas fundamentales en la estructura del Universo. Las galaxias, como podemos ver en las imágenes, pueden tener muchas formas, en algunas ocasiones sencillas y en otras complejas: hay galaxias espirales, espirales barradas, elípticas, lenticulares e irregulares.

Aladin muestra las imágenes de las galaxias obtenidas por los telescopios más grandes del mundo. También permite la visualización de varias galaxias a la vez, para poder facilitar su comparación.



Comparando las 14 galaxias propuestas en este ejercicio es posible construir la Secuencia de Hubble, un esquema morfológico para la clasificación de galaxias creado por Edwin Hubble en 1936. En la actualidad, la Secuencia de Hubble es el método más utilizado para clasificar galaxias, tanto en la investigación astronómica profesional como por astrónomos aficionados.

1 Introducción

Las galaxias son las piezas fundamentales para trazar la distribución de materia del Universo a gran escala. Cuando las observamos, las galaxias presentan una gran variedad de formas, desde las más simples a las más complejas, que son el resultado de su formación y evolución.

La Secuencia de Hubble es un esquema de clasificación morfológica de galaxias inventado por Edwin Hubble en 1936. El esquema de Hubble divide las galaxias regulares en tres grandes clases: elípticas, lenticulares y espirales, basándose en su apariencia visual (observada originalmente en placas fotográficas). Una cuarta clase contiene galaxias con apariencia irregular.

Hoy en día la Secuencia de Hubble es el sistema más comúnmente utilizado para clasificar galaxias.

Sabemos que la Secuencia de Hubble no se corresponde con una secuencia de la evolución de una galaxia durante las diferentes fases de su vida. A pesar de ello, conocer la Secuencia es importante.

En este caso práctico describimos la Secuencia de Hubble y mostramos cómo utilizarla para clasificar galaxias. También proporcionamos una lista de galaxias para ubicarlas fácilmente en la Secuencia de Hubble.

2 Galaxias

Casi todos los objetos que vemos en el cielo a simple vista (e.g. estrellas, nebulosas, cúmulos estelares) pertenecen a nuestra galaxia. Fuera de ella solo podemos observar otras galaxias y, excepcionalmente, supernovas u otras explosiones violentas.

Sabemos que hay más de 100 000 millones de galaxias en el Universo, ya sean parecidas, menores o mayores que nuestra Vía Láctea. Aunque las galaxias son objetos muy brillantes, que resplandecen como 10^{11} estrellas, debido a

las enormes distancias a las que se encuentran, solamente podemos ver tres de ellas a simple vista: las dos Nubes de Magallanes (Grande y Pequeña) y Andrómeda (M31).

Las Nubes de Magallanes son galaxias irregulares, visibles desde el hemisferio sur y descritas por primera vez por Magallanes en el año 1519. En 1987 se observó una supernova en la Gran Nube. Éste fue un hecho de gran relevancia ya que una explosión así, en una galaxia cercana o en nuestra Vía Láctea, es un extraño suceso que solamente ocurre una vez cada 400 años.

M31 es una galaxia espiral gigante, similar a la Vía Láctea, situada a 2.3 millones de años luz de nosotros. Las Nubes de Magallanes, Andrómeda, la Vía Láctea y otras galaxias más pequeñas se encuentran ligadas gravitacionalmente y forman el llamado Grupo Local.

Las galaxias pueden tener diferentes formas: las hay elípticas, espirales, espirales barradas, lenticulares e irregulares.

- Las galaxias elípticas tienen forma esférica o elipsoidal, con un achatamiento variable. Se asemejan a bolas de algodón con una luminosidad que decrece uniformemente conforme aumenta la distancia al centro.
- Las galaxias espirales son similares a la Vía Láctea, mostrando un núcleo central brillante del que parten dos brazos en espiral.
- Las galaxias espirales barradas se diferencian de las galaxias en espiral normales en que sus brazos no parten directamente desde el núcleo, sino desde una estructura con aspecto de barra. Observaciones recientes parecen indicar que la Vía Láctea podría ser una espiral barrada.
- Las galaxias lenticulares tienen un bulbo y una forma de disco como las espirales, pero el bulbo domina la forma de la galaxia y el disco solamente contiene polvo sin brazos espirales o estrellas brillantes.

- Las galaxias irregulares tienen, como su propio nombre indica, una forma irregular y normalmente tienen poca masa y escasa luminosidad.

3 La Secuencia de Hubble

La figura 1 representa la Secuencia de Hubble, un esquema de clasificación morfológica para las galaxias.

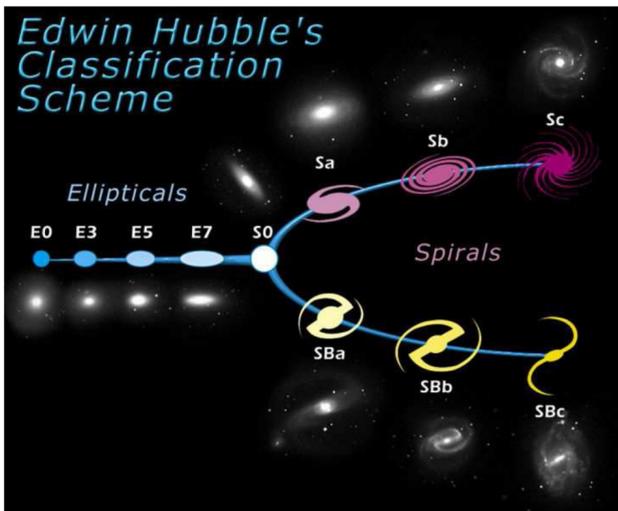


Fig. 1: La Secuencia de Hubble: un esquema de clasificación morfológica de galaxias

A la izquierda están las elípticas (figura 3). Las galaxias elípticas tienen una distribución de luz suave, sin particularidades y aparecen como elipses en las imágenes fotográficas. Se representan con la letra E, seguida por un número entero n que indica el grado de excentricidad. Por convenio, n es 10 veces la excentricidad de la galaxia, redondeado al número entero más cercano.

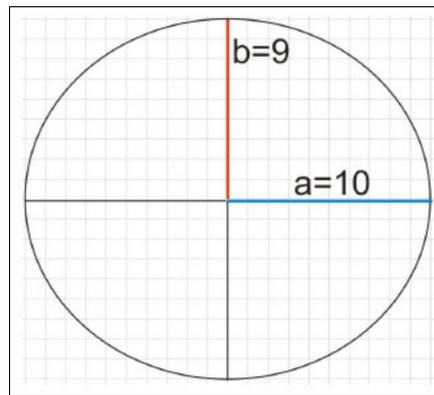
La excentricidad está definida como

$$e = 1 - \frac{b}{a}$$

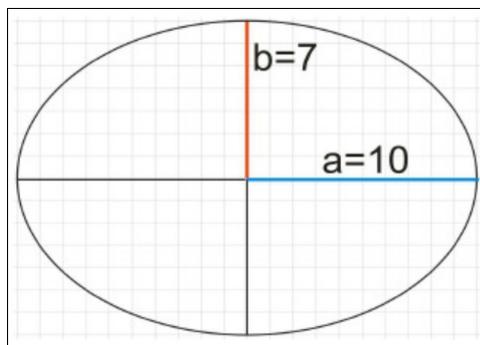
siendo a y b los semiejes mayor y menor de la elipse (figura 2). Por tanto

$$n = 10e = 10\left(1 - \frac{b}{a}\right)$$

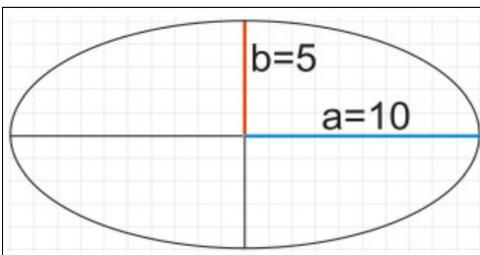
La excentricidad aumenta a medida que nos desplazamos a la derecha en el diagrama de la



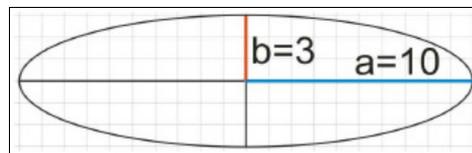
(a) $e=0.1, n=1$



(b) $e=0.3, n=3$



(c) $e=0.5, n=5$



(d) $e=0.7, n=7$

Fig 2: Ejemplos de elipses con diferente excentricidad

Secuencia de Hubble, con galaxias casi circulares (E0) situadas en el extremo izquierdo del diagrama. Es importante darse cuenta que la excentricidad de una galaxia en el cielo está

relacionada solamente de manera indirecta con su forma tridimensional (por ejemplo, una galaxia aplanada en forma de disco puede aparecer casi redonda si se observa de frente, o elíptica si se observa inclinada). Las galaxias elípticas más aplanadas tienen una excentricidad de $e=0.7$ (clasificadas como E7).

A la derecha de la Secuencia de Hubble se encuentran dos ramas paralelas para las galaxias espirales (figura 4). Una galaxia en espiral consiste en un disco aplanado con una estructura en espiral (normalmente con dos brazos), y una concentración de estrellas conocida como el bulbo.

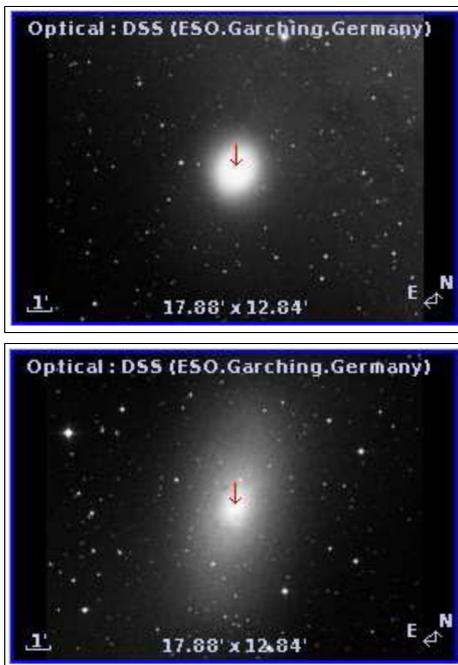


Fig. 3: Galaxias elípticas. Arriba, M32 (E2). Abajo, M110 (E6)

Aproximadamente la mitad de las galaxias espirales tienen una estructura barrada que se extiende desde el bulbo, con el brazo en espiral empezando al final de la barra. En la Secuencia de Hubble, las espirales regulares ocupan la rama superior y están representadas por la letra S, mientras que las espirales barradas ocupan la inferior y usan las letras SB. Ambos tipos de espirales se dividen a su vez de acuerdo a la apariencia detallada de sus estructuras espirales.

La pertenencia a una de estas subdivisiones se indica añadiendo una letra minúscula al tipo morfológico. Así, por ejemplo, las galaxias Sa (SBa) se caracterizan por poseer un bulbo

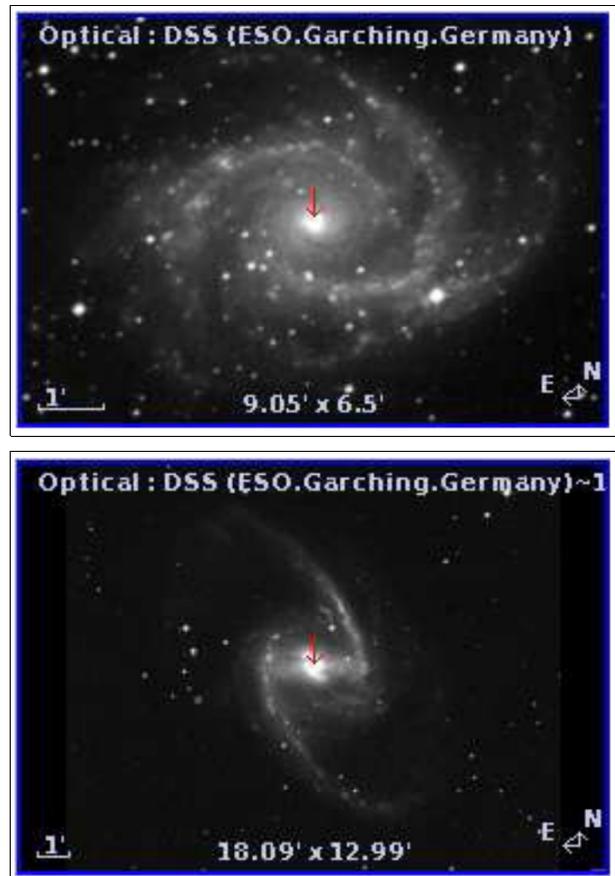


Fig. 4: Galaxias en espiral. Arriba, NGC2997. Abajo, NGC1365

central brillante y grande y unos brazos espirales muy arremolinados y pocos definidos. Por el contrario, las galaxias Sc (SBc) muestran un bulbo mucho más pequeño y débil mientras que los brazos espirales se encuentran mucho mejor definidos. La subdivisión Sb (SBb) representa un estadio intermedio.

En el centro de la Secuencia de Hubble, donde las dos ramas de las galaxias espirales se unen con la rama de las elípticas, se encuentra una clase intermedia de galaxias conocida como lenticulares (figura 5) y que se representan con el símbolo S0. Estas galaxias están compuestas por un bulbo central brillante, en apariencia similar al de una galaxia elíptica, rodeado por una estructura parecida a un disco extendido. Al contrario que las galaxias espirales, los

discos de las galaxias lenticulares no tienen estructuras en espiral ni estrellas brillantes visibles. Normalmente el bulbo es la fuente de luz dominante en una galaxia lenticular. Las galaxias lenticulares situadas de frente son difíciles de distinguir de las galaxias elípticas de tipo E0, haciendo que la clasificación de muchas de dichas galaxias sea dudosa.



Fig. 5: Galaxia Lenticular (S0) NGC5866

Las galaxias que no encajan morfológicamente en la Secuencia de Hubble se denominan galaxias irregulares (figura 6).



Fig. 6: Galaxias irregular NGC 1427A

4 Aladin

Aladin 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 astronómicos.

Aladin es una aplicación Java que se puede descargar entrando en <http://aladin.u-strasbg.fr/>.

Para la realización de esta práctica utilizaremos la versión AladinOutreach disponible en <http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl?frame=downloading>

Para lanzar AladinOutreach simplemente hay que hacer clic en el enlace “AladinOutreach.jnlp”

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.

5 Clasificación

En este caso práctico proporcionamos una lista de 14 galaxias que hay que clasificar de acuerdo con la Secuencia de Hubble. Las galaxias son: M59, M85, M86, M87, NGC0175, NGC0488, NGC0628, NGC1073, NGC1300, NGC3031, NGC4125, NGC5457, NGC7479 y NGC6822.

El proceso es el siguiente:

- Lanzamos Aladin (tal y como se indicó en el apartado anterior).
- Seleccionamos “español” como lenguaje de Aladin.

Edit -> User Preferentes -> Language -> Spanish -> Apply

- Aparecerá el mensaje “You have to restart Aladin to validate this configuration modification”

-> Hacer click en “OK”

- Volvemos a lanzar Aladin. Ahora ya nos

debería aparecer la página de bienvenida de Aladin en español (figura 7).

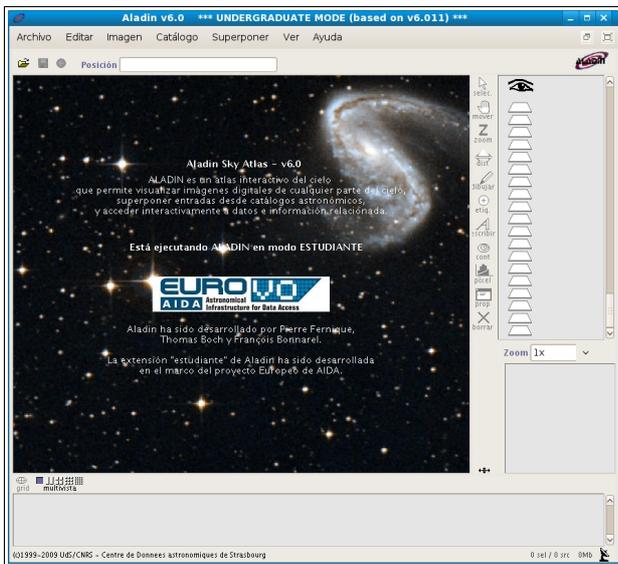


Fig. 7: Página de entrada a la versión estudiante de Aladin

- En la ventana de presentación de Aladin
-> Archivo -> Cargar imagen astronómica -> Optical: DSS (ESO/Garching/Germany).
- Aparecerá una nueva ventana (“Selector de servidor”). En el campo “Objeto” escribimos el nombre de la primera galaxia de nuestra lista: M59 y, a continuación, pulsamos “ENVIAR”. La imagen de la galaxia se mostrará en la ventana principal de Aladin.
- Repetimos la operación para el resto de las galaxias de nuestra lista.
- **NOTA IMPORTANTE:** Debido a un fallo de la versión actual de Aladin, el nombre de las imágenes no se actualiza en el conjunto de planos que se muestra a la derecha en la página principal de Aladin. Para cada imagen que se cargue debemos hacer lo siguiente:
 - “Click” en el nombre del plano con el botón derecho.
 - “Click” en propiedades. Aparecerá una nueva ventana (“Propiedades”) en la que escribiremos el nombre correcto del objeto en el campo “CapaID”.

→ Hacemos “click” en Aplicar y luego en Cerrar.

→ Para visualizar todas las galaxias a la vez seleccionamos en multivista (pantalla principal de Aladin) la opción de 16 (4 x 4) “miniventanas” (figura 8). Para agrandar una galaxia simplemente tenemos que utilizar el

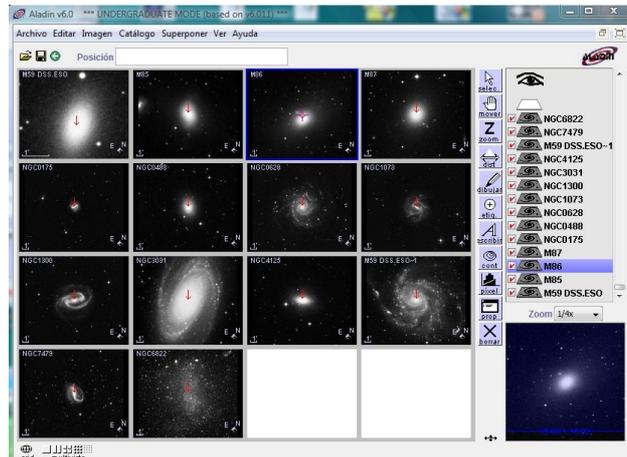


Fig. 8: Las 14 galaxias cargadas en la ventana de Aladin

botón “zoom”, a la derecha del panel principal, y pulsar sobre la imagen que se quiere ampliar. También podemos usar las teclas F7/F8 para activar la función de zoom. Asimismo con el botón “Mover” se puede arrastrar la imagen.

Ahora ya tienes delante tuya las imágenes de las 14 galaxias. Atendiendo a su apariencia intenta clasificarlas según la secuencia de Hubble (elípticas, lenticulares, espirales normales, espirales barradas e irregulares) en los ejercicios que te proponemos a continuación.

La opinión del astrónomo

La Secuencia de Hubble es sólo un esquema gráfico de clasificación y no se corresponde con una secuencia de la evolución de las galaxias a lo largo de su vida: las galaxias no se originan como elípticas y se transforman posteriormente en espirales e irregulares.

Pensamos que las galaxias se forman en grandes halos de materia cuya naturaleza todavía nos es desconocida (materia oscura). El gas almacenado en estos halos pierde energía y se colapsa hacia el centro. La conservación del momento angular crea una estructura en forma de disco que se puede observar en las galaxias espirales (ej. la Vía Láctea).

También se piensa que las galaxias elípticas se originan a partir de la interacción entre galaxias. Estas interacciones ocurren cuando las galaxias están lo suficientemente cerca como para sentir recíprocamente sus campos gravitacionales. La fuerza que se ejerce entre las dos galaxias las deforma y, finalmente, fractura. Esto puede originar, dependiendo de la velocidad y órbita de las galaxias, un proceso de fusión que distribuye las estrellas en una estructura esférica. La compresión del gas durante el proceso de fusión puede causar nuevas formaciones estelares.

Gabriella De Lucia

INAF – Astronomical Observatory of Trieste

Ejercicios

Nivel de aprendizaje 1

- Visualización de galaxias usando Aladin;
- Clasificación de galaxias de acuerdo a su forma (elíptica, espiral, otra);
- Rellenar la tabla adjunta

Actividad: Divida las 14 galaxias entre elípticas, espiral, espirales, espirales barradas y otras. Para cada galaxia marque con una X la columna correcta de acuerdo a su clasificación.

Galaxia	Elíptica	Espiral	Barrada	Otra
M59				
M85				
M86				
M87				
NGC175				
NGC488				
NGC628				
NGC1073				
NGC1300				
NGC3031				
NGC4125				
NGC5457				
NGC7479				
NGC6822				

Nivel de aprendizaje 2 (requiere el nivel 1)

- Clasificación de galaxias de acuerdo a la Secuencia de Hubble

Actividad: Clasifique las galaxias del ejercicio anterior en cada columna de acuerdo a la Secuencia de Hubble. En las siguientes tablas introduzca en la primera columna el nombre de la galaxia y marque la casilla correcta de acuerdo a su clasificación

Elíptica	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7

Espiral	Sa	Sb	Sc

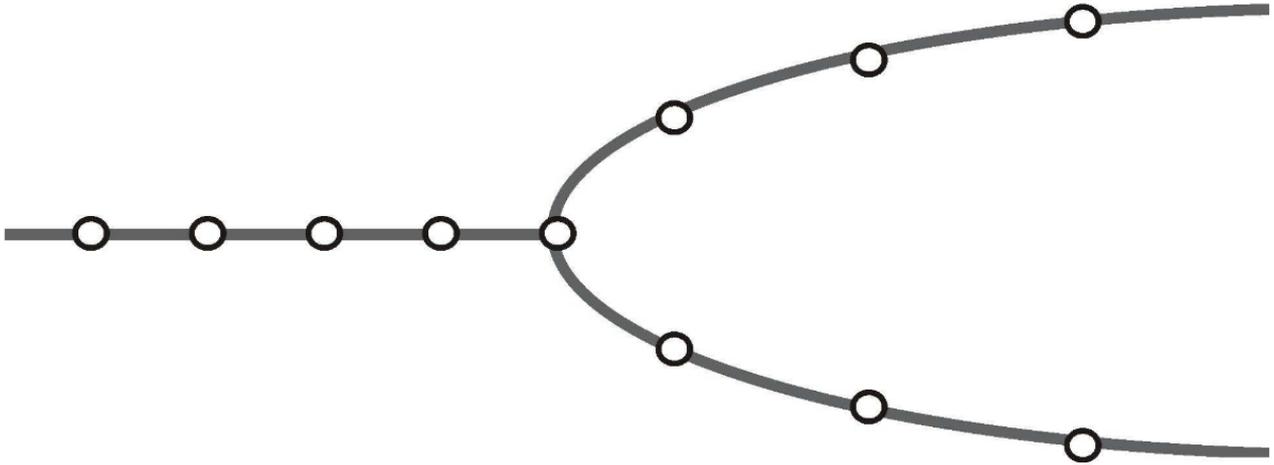
Espiral barrada	SBa	SBb	SBc

Otras galaxias	Lenticulares	Irregulares

Nivel de aprendizaje 3 (requiere los niveles 1 y 2)

- Uso del diagrama de Hubble para clasificar las galaxias

Actividad: Rellene el diagrama vacío de la Secuencia de Hubble con los nombres de las 14 galaxias clasificadas. Ponga cada galaxia en su lugar correspondiente. ¡Una galaxia no entrará en el diagrama!



Soluciones

Nivel de aprendizaje 1

- Visualización de galaxias usando Aladin;
- Clasificación de galaxias de acuerdo a su forma (elíptica, espiral, otra);
- Rellenar la tabla adjunta

Actividad: Divida las 14 galaxias entre elípticas, espirales, espirales barradas y otras.. Para cada galaxia marque con una X la columna correcta de acuerdo a su clasificación

Galaxia	Elíptica	Espiral	Barrada	Otra
M59	X			
M85				X
M86	X			
M87	X			
NGC175			X	
NGC488		X		
NGC628		X		
NGC1073			X	
NGC1300			X	
NGC3031		X		
NGC4125	X			
NGC5457		X		
NGC7479			X	
NGC6822				X

Nivel de aprendizaje 2 (requiere el nivel 1)

- Clasificación de galaxias de acuerdo a la Secuencia de Hubble

Actividad: Clasifique las galaxias del ejercicio anterior en cada columna de acuerdo a la Secuencia de Hubble. En las siguientes tablas introduzca en la primera columna el nombre de la galaxia y marque la casilla correcta de acuerdo a su clasificación

Elíptica	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
M59					X		
M86			X				
M87		X					
NGC4125						X	

Espiral	Sa	Sb	Sc
NGC488	X		
NGC628			X
NGC3031		X	
NGC5457			X

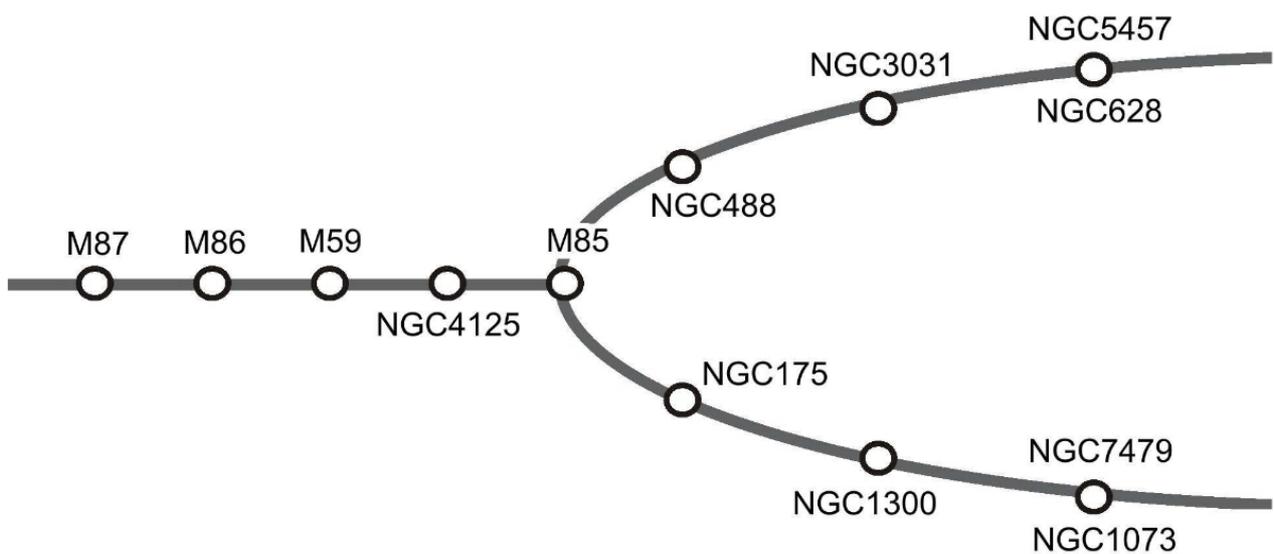
Espiral barrada	SBa	SBb	SBc
NGC175	X		
NGC1073			X
NGC1300		X	
NGC7479			X

Otras galaxias	Lenticulares	Irregulares
M85	X	
NGC6822		X

Nivel de aprendizaje 3 (requiere los niveles 1 y 2)

- Uso del diagrama de Hubble para clasificar las galaxias

Actividad: Rellene el diagrama vacío de la Secuencia de Hubble con los nombres de las 14 galaxias clasificadas. Ponga cada galaxia en su lugar correspondiente. ¡Una galaxia no entrará en el diagrama!



NOTA:

Si hace uso de esta guía, por favor, incluya la siguiente frase de agradecimiento en cualquier tipo de publicación o presentación:

"Esta publicación / presentación ha hecho uso de las guías educativas de Observatorio Virtual desarrolladas en el marco de los proyectos

EuroVO-AIDA (INFRA-2007-1.2.1/212104) y SVO (AyA2008-02156)"