

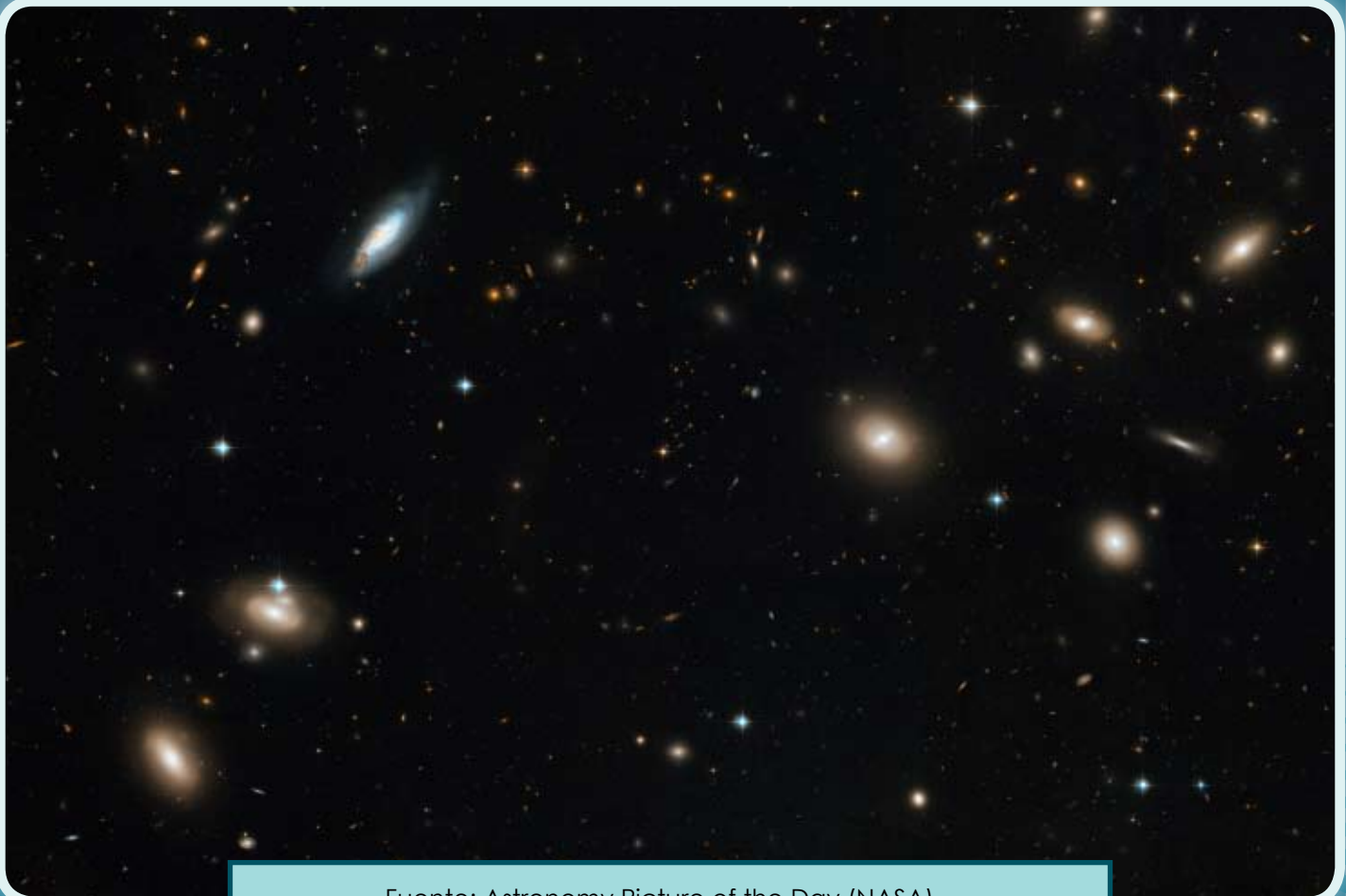
Proyecto **Clasificación Morfológica** 2

• INTRODUCCIÓN

A comienzos del siglo XX, existía un fervoroso debate en astronomía acerca de unos débiles y borrosos objetos que eran llamados, en ese entonces, "nebulosas".

Las teorías sobre "qué eran" estos objetos eran múltiples: Algunos creían que eran pequeños cúmulos de estrellas en nuestra propia galaxia, la Vía Láctea.

Por otro lado, ¡Existían astrónomos que creían que eran colecciones de estrellas tan grandes como nuestra propia galaxia!



Fuente: Astronomy Picture of the Day (NASA).
Credit: NASA, ESA, Hubble Heritage (STScI/AURA)

¡PREPÁRATE PARA DESCUBRIR E INDAGAR SOBRE LOS OBJETOS MAS GRANDES DEL UNIVERSO!

En el año 1924, el astrónomo americano Edwin Hubble midió la distancia a la que, en ese entonces, era conocida como la Nebulosa de Andrómeda.

La sorpresa de toda la comunidad científica fue enorme: ¡Ésta estaba a mas de dos millones de años luz de la Tierra! Éste fue el primero objeto en ser reconocido como otra galaxia.

¿Cómo son las galaxias? ¿Existirá alguna forma de clasificar sus formas? ¿Nos dirá esto algo sobre su vida?



• CLASIFICANDO GALAXIAS

Pretendamos que eres un astrónomo trabajando poco tiempo después de que Edwin Hubble hiciera su descubrimiento. Ahora ya sabes que las “nebulosas” son realmente otras galaxias como la nuestra: Tu trabajo es crear alguna forma para clasificar estas galaxias.

EJERCICIO 1 Observa las siguientes galaxias. Divídelas en grupos que se basen en características que tengan en común (color, forma, tamaño, etc.). No hay un número límite de grupos.

Haz clic en los links en la columna “Field” de la tabla. Éstos te mostrarán distintas galaxias, usando una herramienta interna del SkyServer llamada “Get Fields”.

Las imágenes en el SDSS están ordenadas por regiones en el cielo por imagen (run), columna de cámaras (camcols) y campo del cielo (Field). La tabla muestra en que área de run/camcols/field está cada galaxia. Como las galaxias tienden a acumularse, algunas imágenes tienen más que una sola galaxia.

Usa la siguiente **planilla de trabajo** para organizar tus grupos.

| Run | Camcol | Field |
|------|--------|---------------------------------|
| 752 | 1 | 244 |
| 2662 | 4 | 243 |
| 752 | 1 | 331 |
| 1737 | 6 | 11 |
| 756 | 4 | 198 |
| 2738 | 2 | 196 |
| 752 | 1 | 432 |
| 3325 | 3 | 319 |
| 3325 | 2 | 216 |
| 3325 | 2 | 215 (a la izquierda del centro) |
| 3325 | 3 | 230 (2 galaxias) |
| 2738 | 3 | 122 (2 galaxias) |
| 3325 | 3 | 352 |
| 3325 | 1 | 356 |
| 3325 | 1 | 359 |



La primera persona en clasificar galaxias fue, justamente, Edwin Hubble. El observó imágenes como las que tu mismo observaste, ¡Aunque sus imágenes no eran tan claras como las tuyas!

Para poder estudiar las galaxias con mayor detalle, lo más importante es clasificarlas. Esto simplifica mucho el trabajo futuro, ya que si hay galaxias "parecidas" bajo algún sistema de clasificación, ¡Deben poseer alguna propiedad en común!

• EL TENEDOR DE AFINACIÓN DE HUBBLE

Después de descubrir qué eran las galaxias, Hubble se dedicó a clasificarlas. Su sistema es tan útil, ¡Que es usado hasta hoy! Éste sistema es llamado el "Tenedor de afinación de Hubble" ("Hubble's Tuning Fork", en inglés).

Lo primero que hizo Hubble fue clasificar las galaxias con respecto a su forma general en dos grupos: Las galaxias elípticas y las galaxias espirales. Ahora...¡Dentro de estos dos grupos también hay diferencias!

• GALAXIAS ELÍPTICAS

Las galaxias elípticas son clasificadas de acuerdo a como se asemejan a una circunferencia. Se les da un número desde el 0 al 7, antepuestas con una "E".

Así, las galaxias tipo E0 son las mas redondas, casi círculos perfectos, mientras que las tipo E7 son las mas ovaladas, formando elipses muy pronunciadas.



Éste tipo de galaxias tienen muy poco gas y polvo. Esto se traduce en que éste tipo de galaxias no forma nuevas estrellas, por ello, la mayoría de las estrellas en las galaxias elípticas tienen estrellas muy viejas y frías (¿De qué color esperarías entonces que fueran estas estrellas?).

El tamaño de éstas galaxias es muy variado, ¡Tanto la galaxia más pequeña como la más grande observada hasta hoy son elípticas! ¡Las galaxias largas y ovaladas pueden cubrir tamaños de hasta 300 millones de años luz!

"UN AÑO LUZ ES LA DISTANCIA QUE RECORRE LA LUZ EN UN AÑO. LA VELOCIDAD DE LA LUZ ES $v = 300000 \text{ km/s}$. UN AÑO TIENE 365 DÍAS Y CADA DÍA ESTÁ COMPUESTO POR 24 HORAS, ES DECIR, 86400 SEGUNDOS. CON ESTO, UN AÑO TIENE $T = 31536000$ SEGUNDOS... ¡ASÍ LA DISTANCIA QUE RECORRE LA LUZ EN UN AÑO ES $v \times T = 9,46 \times 10^{12}$ KILÓMETROS! POR LO TANTO:

$$\text{UN AÑO LUZ} = 9,46 \times 10^{12} \text{ KILÓMETROS}"$$

• GALAXIAS ESPIRALES

Las galaxias espirales son clasificadas de acuerdo a cuan juntos están sus "brazos", designándoles letras desde la "a" hasta la "c", antepuestas con una "S".

Así, las galaxias tipo Sa tienen los brazos muy unidos, con un gran bulbo central, mientras que las galaxias tipo Sc tienen los brazos muy separados, con un bulbo central pequeño.

Las galaxias espirales tienen dos regiones. Una es el disco, donde se encuentran los brazos espirales: ¡Es una región muy rica en gas y polvo!

Por ello, ¡Es una región rica en formación de nuevas estrellas! La otra región es el bulbo central. Éste contiene muy poco gas y polvo, ¡Por ello, contiene en su mayoría estrellas frías y viejas!



Existe también un subtipo de galaxias espirales, llamadas las galaxias espirales barradas. Éstas contienen una barra que pasa a través del bulbo central.

Éstas son denotadas bajo el mismo sistema que las galaxias espirales normales, solo que en vez de una "S" se antepone "SB" al código de clasificación.

Así, las galaxias tipo SBa tienen los brazos muy unidos, con un gran bulbo central, mientras que las galaxias tipo SBc tienen los brazos muy separados, con un bulbo central pequeño.



• GALAXIAS LENTICULARES

Algunas galaxias son clasificadas como un tipo de transición entre las galaxias elípticas y las galaxias espirales: Estás son clasificadas como las galaxias lenticulares, designadas como S0.

Éste tipo de galaxias contienen bulbo y disco, pero no tienen brazos espirales. Si el disco es muy débil, es fácil confundir una galaxia S0 con una galaxia elíptica, ¡Las S0 son muy parecidas a las E0!

También existen las llamadas galaxias lenticulares barradas. Al igual que las galaxias espirales barradas, son galaxias S0 con una barra a través del bulbo central. Son denotadas como "SB0".



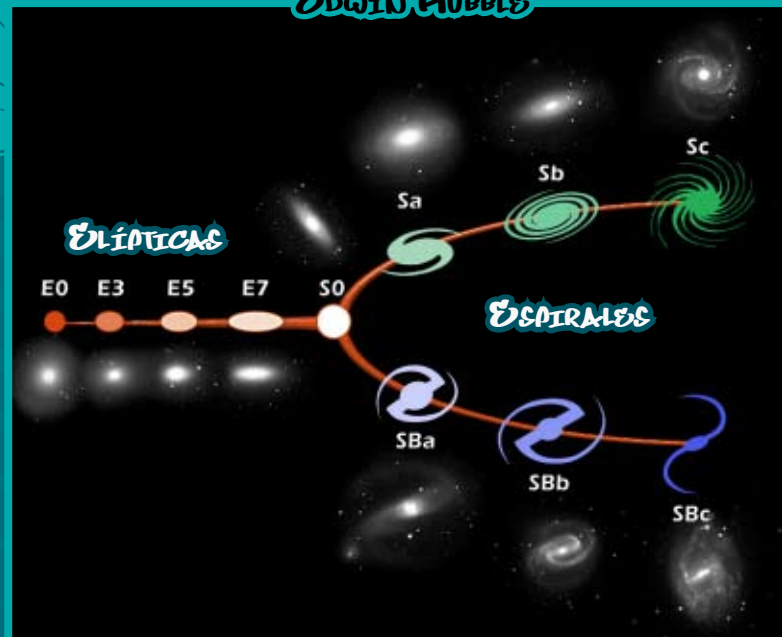
• GALAXIAS IRREGULARES

La última clase de galaxias son las galaxias irregulares. Las galaxias irregulares no son ni elípticas ni espirales y pueden tener cualquier forma, ¡Usualmente este tipo de galaxias resulta cuando dos galaxias chocan entre sí!



• LA CLASIFICACIÓN DE HUBBLE.

ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN DE EDWIN HUBBLE



El Diagrama presentado arriba es la clasificación que Hubble definió. Ahora puedes ver por qué se le llama "El tenedor de afinación" de Hubble.

Hubble creía que las galaxias "evolucionaban" hacia la derecha, esto es, partían siendo galaxias elípticas y "evolucionaban" en galaxias espirales. De acuerdo con esto, él llamaba a las galaxias elípticas como "galaxias tempranas" y a las galaxias espirales como "galaxias tardías".

Aún así, hoy sabemos que Hubble estaba equivocado. Las galaxias no evolucionan como él creía. Sabemos esto pues las galaxias espirales rotan muy rápidamente, mientras que las galaxias elípticas no... ¡No hay manera de que una galaxia empiece a rotar "de la nada"!

¡Gracias a éste argumento podemos ver que no hay manera de que una galaxia elíptica evolucione a una galaxia espiral!

Aunque Hubble haya estado equivocado en su teoría de evolución galáctica, su diagrama entrega una excelente forma de clasificar galaxias. De hecho, éste método aún se ocupa: Las galaxias elípticas aún se conocen como "galaxias tempranas" y las espirales como "tardías".

EJERCICIO 2 En la tabla de abajo tenemos las mismas galaxias que en el Ejercicio 1. Clasifícalas usando el Tenedor de Afinación de Hubble.

Usa la siguiente **planilla de trabajo** para organizar tus grupos.

| RUN | CAMCOL | FIELD |
|------|--------|---------------------------------|
| 752 | 1 | 244 |
| 2662 | 4 | 243 |
| 752 | 1 | 331 |
| 1737 | 6 | 11 |
| 756 | 4 | 198 |
| 2738 | 2 | 196 |
| 752 | 1 | 432 |
| 3325 | 3 | 319 |
| 3325 | 2 | 216 |
| 3325 | 2 | 215 (a la izquierda del centro) |
| 3325 | 3 | 230 (2 galaxias) |
| 2738 | 3 | 122 (2 galaxias) |
| 3325 | 3 | 352 |
| 3325 | 1 | 356 |
| 3325 | 1 | 359 |



• CÚMULOS DE GALAXIAS

Ya tenemos como clasificar a las galaxias... ¿Y ahora? Pues bien, antes de indagar en cada tipo de galaxia debemos estudiar como se comportan los grupos de galaxias: De ésta manera sabremos el comportamiento general de las galaxias,

¡Y EL ESTUDIO PARTICULAR DE CADA TIPO SERÁ MUCHO MÁS SIMPLE!

¡El SDSS tiene muchos cúmulos de galaxias que contienen cientos o incluso miles de galaxias!

En el siguiente ejercicio estudiaremos un cúmulo llamado "Abell 2255", llamado así en honor a George Abell, un astrónomo americano que publicó un catálogo con cúmulos de galaxias en 1958.

EJERCICIO 3 Has clic **aquí** **aquí** para ingresar a la "Navigation Tool" y buscar algunas galaxias en Abell 2255 (si no sabes ocupar la "Navigation Tool" ve un tutorial para aprender a usarlo haciendo **clic aquí**). Abre la herramienta e ingresa las coordenadas del cúmulo: RA = 258.1292, Dec = 64.0925.

Ocupa la herramienta de zoom alejándote una o dos veces de las coordenadas indicadas, para que puedas observar todo el cúmulo.

¿Cómo podrías saber que galaxias pertenecen al cúmulo? Escoge 15 o 20 galaxias, espirales o elípticas, que creas pertenecen al cúmulo, y, observando los datos, piensa maneras para saber cuales galaxias pertenecen al cúmulo y cuales no. Aprende a guardar los datos de manera eficiente en el siguiente tutorial (**clic aquí**).

¿Son iguales estas galaxias? ¿Son distintas?



• USANDO CÚMULOS DE GALAXIAS EN ASTRONOMÍA

EJERCICIO 4 Haz un diagrama color-color para las galaxias que guardaste en el Ejercicio 3.

Puedes hacer el diagrama en Excel. Pon "u-g" en el eje x y "g-r" en el eje y.

¿Ves algún patrón?

En el **Ejercicio 4**, buscaste sólo unas pocas galaxias. Para obtener conclusiones convincentes, necesitas analizar cientos o miles de galaxias (muchas más de las que puedes escoger individualmente) Por lo tanto, en el siguiente ejercicio, usarás una herramienta de búsqueda para encontrar automáticamente la información de todas las galaxias en Abell 2255.

Puedes usar la herramienta "Búsqueda Radial". Para aprender a usarla, sigue el siguiente link ([clic aquí](#)).

Para ingresar a la herramienta de Búsqueda Radial has [clic aquí](#).

EJERCICIO 5 Usa los datos que obtuviste anteriormente usando la Búsqueda Radial y crea un diagrama color-color con u-g en el eje x y g-r en el eje y.

Si no recuerdas como graficar en Excel, ve el siguiente tutorial ([clic aquí](#)).

PREGUNTA 4 ¿En qué lugar del diagrama color-color están las galaxias azules? ¿dónde están las más rojas?

PREGUNTA 5 Mira el gráfico que hiciste en el Ejercicio 4.

¿Cual parte del gráfico corresponde a las galaxias tempranas (elípticas)? ¿Cuál parte corresponde a las galaxias tardías (espirales)?

Ten en cuenta que las galaxias irregulares son difíciles de clasificar por colores y puedes estar dispersas por todo el diagrama, pero sólo el 3% de las galaxias observadas son irregulares, por lo que no deberías tener problema.

Los astrónomos de SDSS recientemente han analizado cerca de 147.000 galaxias y hecho un diagrama similar al que hiciste en el Ejercicio 5. Si te interesa, puedes descargar el artículo (paper) publicado [aquí](#) (para verlo como un archivo .pdf, has clic en "Other Formats" y después "Download PDF").

• SEPARANDO GALAXIAS ELÍPTICAS Y ESPIRALES.

Si haces el diagrama color-color con cientos de galaxias, notarás que los puntos se concentran en una región, pero ¿Cómo interpretarlo?

En el "paper" anterior, los astrónomos de SDSS, encontraron una línea que separa en el diagrama las galaxias tempranas de las tardías. Dicha línea tiene por ecuación $y = -x + 2,2$.

Recuerda que en general se cumple dicho criterio, pero por motivos estadísticos, habrán galaxias que no lo cumplirán.



EJERCICIO 6 Usando las herramientas que te hemos presentado, busca aleatoriamente entre 10 y 20 galaxias de cada tipo y comprueba cuántas cumplen el criterio.

Expresa tu resultado en porcentaje. Repite varias veces el procedimiento para obtener varias muestras.

¿Se repiten los resultados? Calcula el porcentaje promedio de cada tipo.

PREGUNTA 6 En el universo observable, el 77% de las galaxias son tardías y el 20% son tempranas.

¿Cómo es el porcentaje que obtuviste de galaxias tempranas y tardías con el mismo porcentaje en el universo?

¿Podrías decir que las galaxias en la vecindad de Abell 2255 son representativas como todo el universo?