

Caso Científico CESAR

Los secretos de las galaxias

¿Cuántos tipos de galaxias existen?

Guía del Estudiante



Índice

Introducción	5
Estudiando las galaxias	7
Actividad 1: ¿Qué es una galaxia?	7
Actividad 2: Conociendo ESASky (opcional)	8
Actividad 3: Clasificando galaxias	9
Actividad 4: Los colores de las galaxias	12
Actividad 5: Las galaxias vistas con otra luz	14
Actividad complementaria: La evolución de las galaxias	19

Introducción

Hace tan sólo un siglo, los astrónomos creían que todo el universo estaba contenido en nuestra Galaxia, la Vía Láctea. En la década de 1910 y principios de la década de 1920, hubo mucho debate acerca de si las llamadas “nebulosas espirales” (manchas difusas de luz con forma espiral) que se veían entre las estrellas formaban o no parte de la Vía Láctea. Hasta que Edwin Hubble (1889-1953) y Milton Humason (1891-1972) comprobaron que cada una de esas nebulosas espirales era en realidad un gigantesco sistema de estrellas llamado “galaxia”. Hubble y Humason consiguieron medir la distancia a algunas de esas galaxias, demostrando que el universo era mucho mayor de lo que se pensaba hasta entonces, y que la Vía Láctea es tan sólo una de las muchas galaxias en él.

En 1936, Edwin Hubble propuso una clasificación de las galaxias basada en su aspecto en las placas fotográficas. Su sistema tiene tres categorías básicas: galaxias espirales, elípticas e irregulares. Las galaxias elípticas y espirales se subdividen a su vez en diversos tipos. Esta clasificación suele representarse gráficamente en un diagrama como el de la Figura 1, llamado “diagrama de horca de Hubble”. Nuestra galaxia, la Vía Láctea, es probablemente una galaxia espiral barrada.

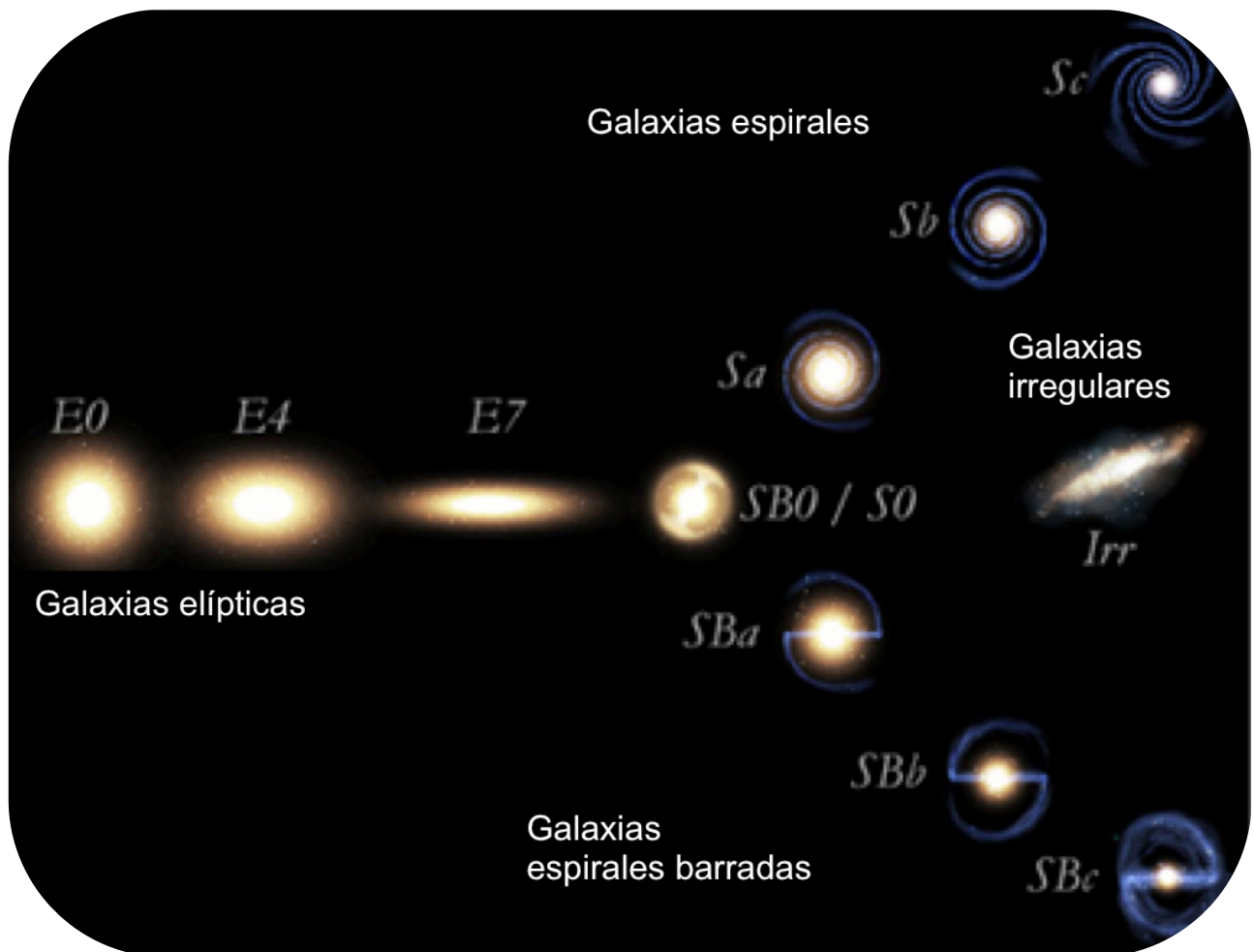
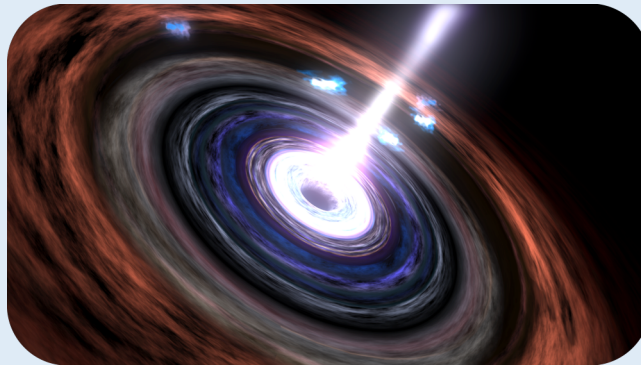


Figura 1: Diagrama de horca de Hubble. (Crédito: NASA/ESA)

¿Sabías qué?

Los astrónomos piensan que los centros de la mayoría de las galaxias albergan agujeros negros extremadamente masivos (incluso decenas de miles de millones de veces la masa del Sol). A veces, estos agujeros negros son muy poderosos, lo que hace que los centros de esas galaxias brillen de manera inusual. Los agujeros negros están engullendo material constantemente, y también pueden expulsar parte de esa material en la forma de enormes chorros. Se los llama *núcleos activos de galaxias* (AGN, por sus siglas en inglés).



Un núcleo activo de galaxia o AGN (Crédito: NASA)

Las galaxias elípticas e irregulares tienen muy poca estructura. En cambio, en las galaxias espirales y espirales barradas podemos distinguir varias partes (Figura 2): La parte central, llamada *bulbo*, tiene forma esférica en el caso de las galaxias espirales normales, mientras que en las espirales barradas es más alargada, con una *barra* que conecta con los brazos espirales. El bulbo está rodeado por una estructura aplanada, conocida como el *disco*, que contiene los propios *brazos espirales*. Bulbo y disco están rodeados por un *halo* esférico.

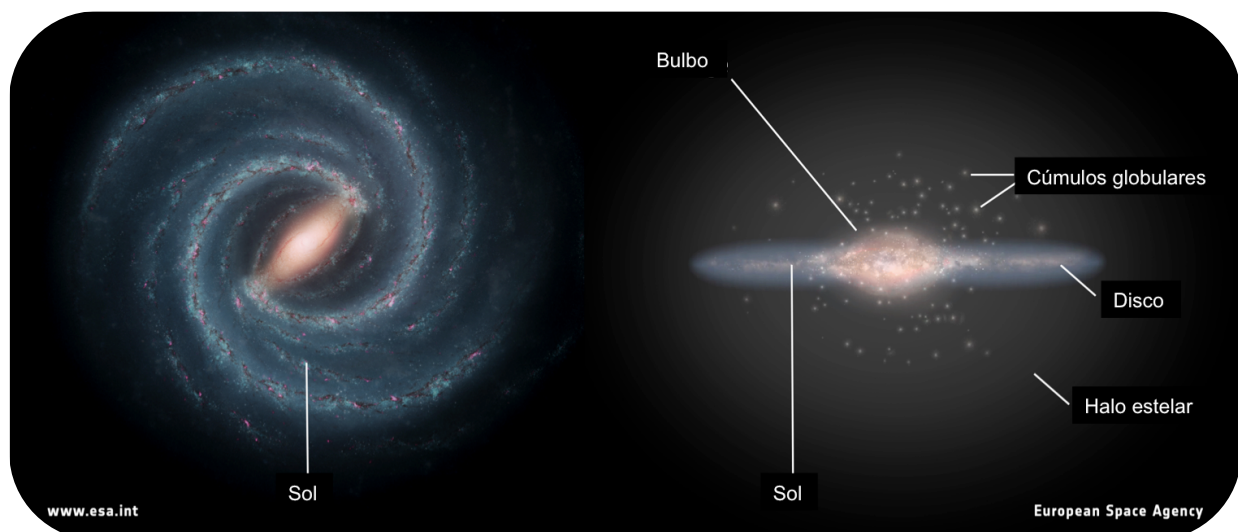


Figura 2: Estructura de una galaxia espiral, la Vía Láctea. (Crédito: ESA)

Estudiando las galaxias

Actividad 1: ¿Qué es una galaxia?

En este Caso Científico vamos a aprender algunas cosas sobre las galaxias. ¿Pero qué es una galaxia? ¿Cómo se lo explicaríais a alguien que no sabe nada de ellas? ¿Cuántas galaxias hay en el universo? ¿Pensáis que todas esas galaxias son iguales? Si no lo son, ¿en qué se diferencian?

Dentro de cada grupo, intentad responder a estas preguntas. Podéis usar el cuadro de abajo para hacer una lista de todo lo que sabéis acerca de las galaxias, y de lo que os gustaría saber:

Qué sabemos de las galaxias:	Qué nos gustaría saber:

Actividad 2: Conociendo ESASky (opcional)

En este Caso Científico usarás *ESASky*, una aplicación web que permite visualizar imágenes reales de galaxias para estudiar sus propiedades. Si nunca habéis trabajado con ella antes, dedicad unos minutos a familiarizaros con esta herramienta.

1. Cargad *ESASky* en el navegador escribiendo la dirección siguiente en la barra de búsqueda:

<http://sky.esa.int>

2. Al cargarse, la aplicación mostrará un objeto astronómico y una ventana emergente con una breve descripción del mismo. La imagen es en realidad un mapa del cielo al completo. Podéis acercaros o alejaros con el ratón o los botones de la derecha, y moverla con el ratón para visualizar otras regiones del cielo.

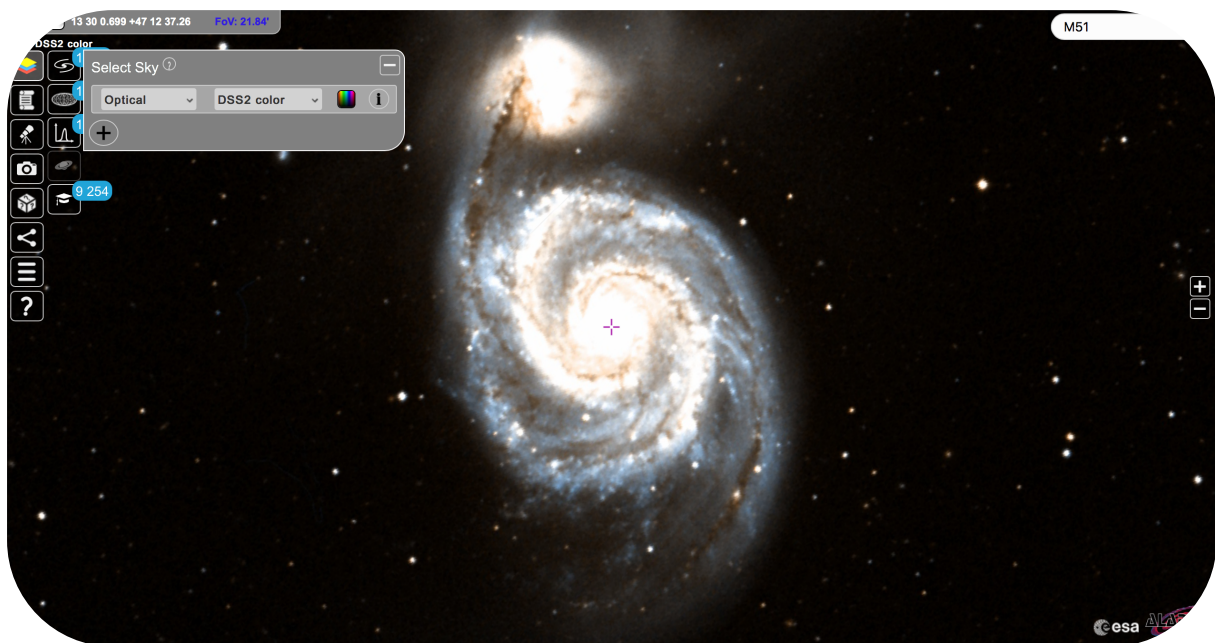


Figura 3: La interfaz de *ESASky*. (Crédito: ESA/ESDC)

3. Para visualizar un objeto astronómico concreto, escribid su nombre en el campo de búsqueda, que se encuentra en la esquina superior derecha, y pulsad la tecla “Enter”. Como sugerencia, la Tabla 1 contiene algunos de los objetos favoritos del equipo de *ESASky*. ¡Que los disfrutéis!
4. Podéis ver cómo las diferentes misiones observaron un mismo objeto usando distintos tipos de luz abriendo el menú “Manage skies”. Para ello, haced clic en el botón de colores en la parte superior izquierda de la ventana (Figura 3). Para cambiar el mapa de cielo, seleccionad primero la región del espectro en el menú desplegable de la izquierda, y luego elegid entre los diferentes cielos en el menú de la derecha.
5. Comprobad si vuestro objeto astronómico favorito ha sido observado en otras longitudes de onda distintas del rango visible (llamado “óptico” por los astrónomos), y por qué telescopios. Tened en cuenta que la mayoría de los mapas tienen muchas regiones vacías, ya que no han observado todo el cielo, sino tan sólo regiones seleccionadas.

Tabla 1: Algunos de los objetos favoritos del equipo de ESASky.

Objeto	Descripción
M51	La Galaxia del Remolino, M51, es una galaxia espiral que está interaccionando con la galaxia NGC 5195. Por tradición, éste es el primer objeto que observan muchos telescopios espaciales.
M1	M1, la Nebulosa del Cangrejo es una remanente de supernova observada por astrónomos chinos en 1054.
M16	La Nebulosa del Águila (M16) es una región de formación estelar que contiene los famosos “Pilares de la Creación”, observados por el Telescopio Espacial Hubble (HST) con su cámara WFPC2.
M13	M13 es conocido como el Cúmulo Globular de Hércules, muy popular entre los astrónomos aficionados.
Sgr A*	El centro de nuestra Galaxia, la Vía Láctea.
SN 1006	Otra remanente de supernova. ¡En rayos X se ve espectacular!
M82	M82, la Galaxia del Cigarro, es una galaxia con brote estelar, donde se están formando estrellas a un ritmo muy superior a una galaxia normal. Su aspecto es muy diferente en luz visible y en rayos X.
Cheshire Cat	El efecto de “lente gravitacional” hace que este Gato de Cheshire (que en realidad es un grupo de galaxias) sonría en las imágenes del Telescopio Hubble (HST).
Ring Nebula	La Nebulosa del Anillo es una famosa nebulosa planetaria, muy bonita en algunos mapas infrarrojos.
Centaurus A	Centaurus A es una radiogalaxia con un poderoso agujero negro supermasivo en su centro.

Cuando os sintáis cómodas/os trabajando con *ESASky*, pasad a la actividad siguiente.

Actividad 3: Clasificando galaxias

La siguiente tarea consiste en clasificar un conjunto de galaxias según el diagrama de Hubble (Figura 1). Para ello, primero tenéis que subir la lista de galaxias a *ESASky*:

1. Hubble observaba en luz visible (“óptico”), así que aseguraos de que el mapa que estás visualizando es “optical/DSS2 color”. El nombre del mapa aparece en la esquina superior izquierda de la ventana. Si no estáis visualizando el mapa DSS2, pinchad en el botón “Skies” y seleccionadlo en el menú.
2. Copiad la lista de galaxias, *galaxies.txt*, en vuestro ordenador.

Tabla 2: Lista de galaxias, con sus descripciones.

Galaxia	Descripción
NGC 2997	NGC 2997 se encuentra aproximadamente a 25 millones de años luz de distancia, en la constelación de Antlia (la Máquina Neumática).
M101	M101, conocida como la Galaxia del Molinillo, es una galaxia espiral situada a unos 21 millones de años luz, aproximadamente, en la constelación de la Osa Mayor.
M91	M91 se encuentra a una distancia de unos 63 millones de años luz de la Tierra, en la constelación de la Cabellera de Berenice. Forma parte del Cúmulo de Galaxias de Virgo.
LMC	La Gran Nube de Magallanes (LMC, por sus siglas en inglés) es la mayor galaxia satélite de la Vía Láctea. A tan sólo 163.000 años luz, es la tercera galaxia más próxima, después de la Galaxia Enana de Sagitario y la Galaxia Enana del Can Menor.
M87	M87, situada cerca del centro del Cúmulo de Virgo, es una de las galaxias más masivas en el Universo Local.
NGC 4565	NGC 4565, también llamada la Galaxia de la Aguja por su forma estrecha y alargada, se encuentra a una distancia de entre 30 y 50 millones de años luz de nosotros, en la constelación de la Cabellera de Berenice.
NGC 1132	NGC 1132 está situada a una distancia de 320 años luz, en la constelación de Erídano.
IC 5152	IC 5152 es una galaxia enana del Grupo Local, el grupo de galaxias al que también pertenece la Vía Láctea.
NGC 1300	NGC 1300 está situada a unos 61 millones de años luz de distancia, en la constelación de Erídano, y tiene un diámetro de unos 110.000 años luz (unos dos tercios del tamaño de la Vía Láctea). Es miembro del Cúmulo de Erídano, formado por unas 200 galaxias.
M31	La Galaxia de Andrómeda, M31, se encuentra a unos 2,5 millones de años luz, en la constelación de Andrómeda. Con un diámetro de unos 220.000 años luz, es la mayor galaxia del Grupo Local, que también incluye la Vía Láctea, la Galaxia del Triángulo y otras 44 galaxias menores.

3. Subid la lista de galaxias a *ESASky*. Para ello, haced clic en el botón con el dibujo de un pergamino, que se encuentra a la izquierda, y después pinchad en “Upload target list”. La lista de objetos se cargará como se muestra en la Figura 4.
4. Podéis moveros de un objeto a otro de la lista pinchando en su nombre. La aplicación cargará su imagen automáticamente, y aparecerá una ventana emergente con una breve descripción. La Tabla 2 muestra los nombres y descripciones de las galaxias. También podéis moveros por la lista usando los botones inferiores.

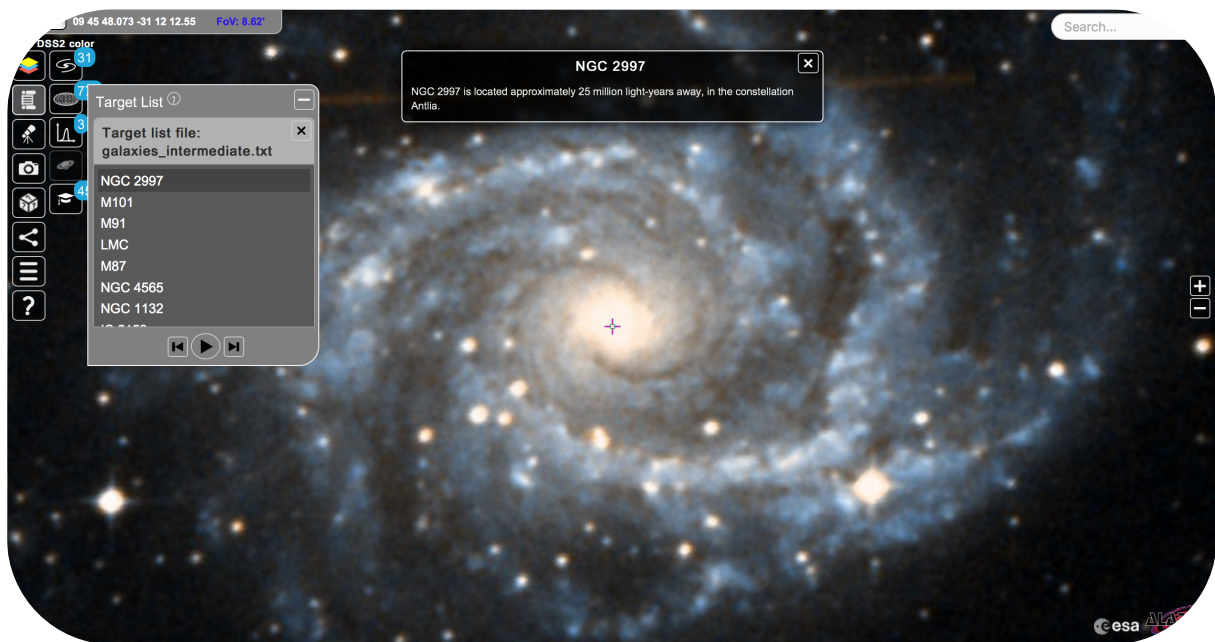


Figura 4: ESASky, con la lista de galaxias. El nombre de la galaxia mostrada aparece resaltado, y aparece una ventana emergente con una breve descripción de la misma. (Crédito: ESA/ESDC)

5. Examinad cada galaxia y clasificadlas según el diagrama de Hubble (Figura 1):

Tipo	Galaxias
Espirales	
Espirales barradas	
Elípticas	
Irregulares	

6. Comparad vuestra clasificación con las de otros grupos, y discutid las discrepancias.

Después de comparar vuestras clasificaciones, vuestro/a profesor/a os explicará cuál es la clasificación “oficial”; es decir, el tipo asignado a cada galaxia por los astrónomos en base a lo que conocen de ella. Necesitaréis esta información para continuar con la investigación.

Actividad 4: Los colores de las galaxias

Ahora que ya sabéis de qué tipo es cada galaxia, volved a examinar cada una de ellas fijándoos en sus propiedades. Comencemos con la propiedad más evidente después de su forma: sus colores (en luz visible).

El color de una galaxia depende del tipo de estrellas que contiene. Debido a su distancia, en la mayoría de los casos no podemos ver las estrellas que forman una galaxia; lo que vemos es la luz combinada de todas esas estrellas. Esencialmente, de las estrellas más grandes y brillantes, llamadas *gigantes* y *supergigantes*.

Todas las estrellas se forman en nubes de gas y polvo (nebulosas). Las estrellas gigantes azules son jóvenes y masivas, mientras que las gigantes y supergigantes rojas son estrellas viejas que están llegando al final de sus vidas. Dependiendo de su masa, estas estrellas se convertirán en enanas blancas o explotarán en forma de supernovas, dejando después una estrella de neutrones o un agujero negro (Figura 5). Las estrellas jóvenes y poco masivas, llamadas *enanas rojas* y *amarillas*, son muy débiles y apenas contribuyen a la emisión total de luz de la galaxia.

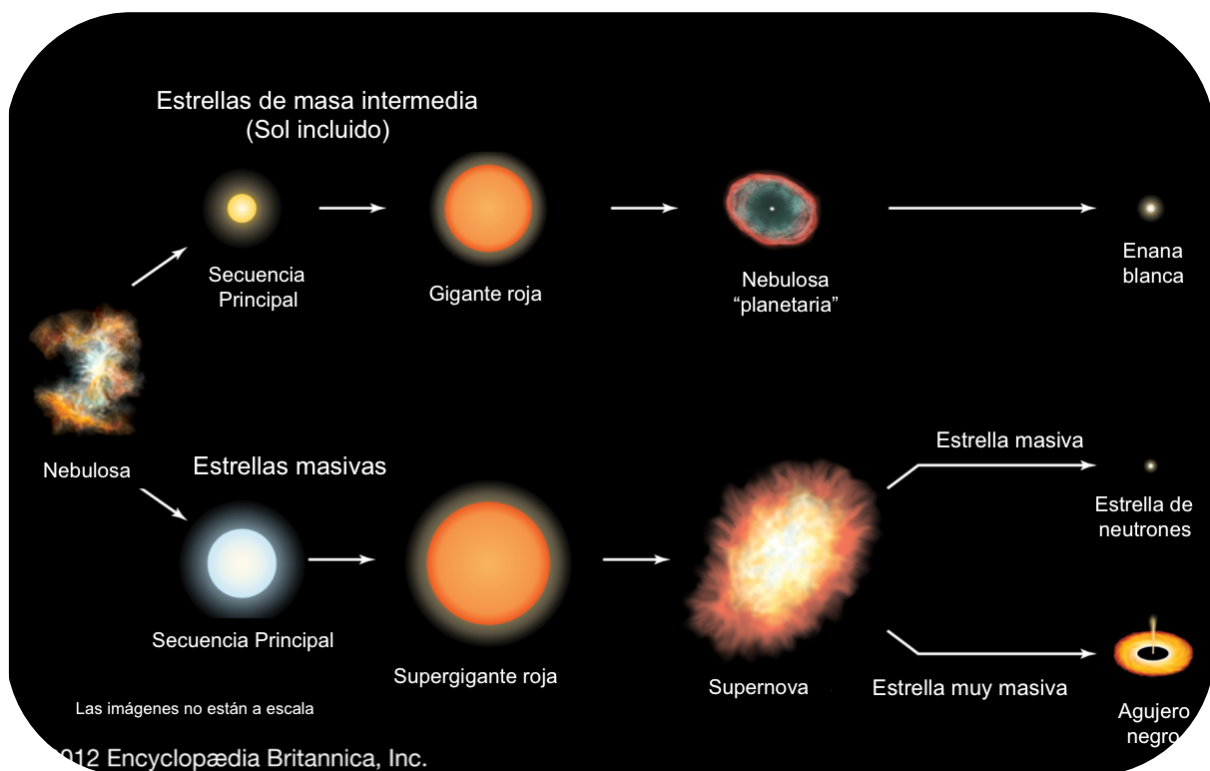


Figura 5: La evolución de una estrella depende de su masa. (Crédito: Encyclopædia Britannica)

1. Examinad de nuevo las galaxias en *ESASky*. ¿Vis alguna relación entre el color y la forma de las galaxias? Explicad cuál.

2. Fijaos en las galaxias espirales. ¿Por qué son tan diferentes los colores del bulbo (parte central) y de los brazos espirales? Sugerid una explicación. (Recordad que sólo las estrellas más brillantes son observables a grandes distancias.)

3. Comparad los bulbos de las galaxias espirales con las galaxias elípticas. ¿En qué se parecen?

Actividad 5: Las galaxias vistas con otra luz

Ahora que ya sabéis los tipos de estrellas que contienen los diferentes tipos de galaxias, vayamos un paso más allá para estudiar otras cosas que pueblan las galaxias.

Las galaxias no sólo contienen estrellas. Sin embargo, para estudiar otros tipos de objetos astronómicos en una galaxia, los astrónomos necesitan observarla en otros tipos de luz, invisible a nuestros ojos. La razón es que diferentes objetos en una galaxia emiten luz de longitudes de onda diferentes (colores diferentes) dependiendo de su temperatura y los fenómenos que tienen lugar en ellos. En la Tabla 3 podéis encontrar una lista de objetos dentro de una galaxia que emiten en un determinado color del espectro electromagnético, y el rango de temperatura en el que se encuentran.

Tabla 3: Ejemplos de objetos astronómicos que emiten en cada rango del espectro electromagnético.*

Tipo de radiación	Temperatura	Ejemplos
Rayos gamma	$>10^8$ K	Materia cayendo en un agujero negro
Rayos X	10^6 - 10^8 K	Remanentes de supernova Coronas estelares
Ultravioleta	10^4 - 10^6 K	Remanentes de supernova Estrellas muy calientes
Visible	10^3 - 10^4 K	Estrellas Planetas calientes
Infrarrojo	10 - 10^3 K	Estrellas muy frías Planetas Nubes frías de polvo
Radio	<10 K	Nubes frías de gas Electrones moviéndose en campos magnéticos

**Adaptado de: NASA/Imagine the Universe!*

1. Las estrellas se forman a partir de nubes frías de gas y polvo que colapsan bajo el efecto de su propia gravedad. Por este motivo, normalmente se observan estrellas jóvenes cerca de este tipo de nubes. Con lo que habéis deducido en la actividad anterior a partir de los colores de las galaxias, ¿creéis que las galaxias espirales tendrán mucho gas y polvo? ¿Y las galaxias elípticas? Justificad vuestras respuestas.

2. En base a la información de la Tabla 3, ¿qué tipo de luz usaríais para estudiar el gas y el polvo en una galaxia?

3. ¿Dónde pensáis que se encontrará la mayor parte del gas y el polvo dentro de una galaxia espiral? Escribid vuestra hipótesis:

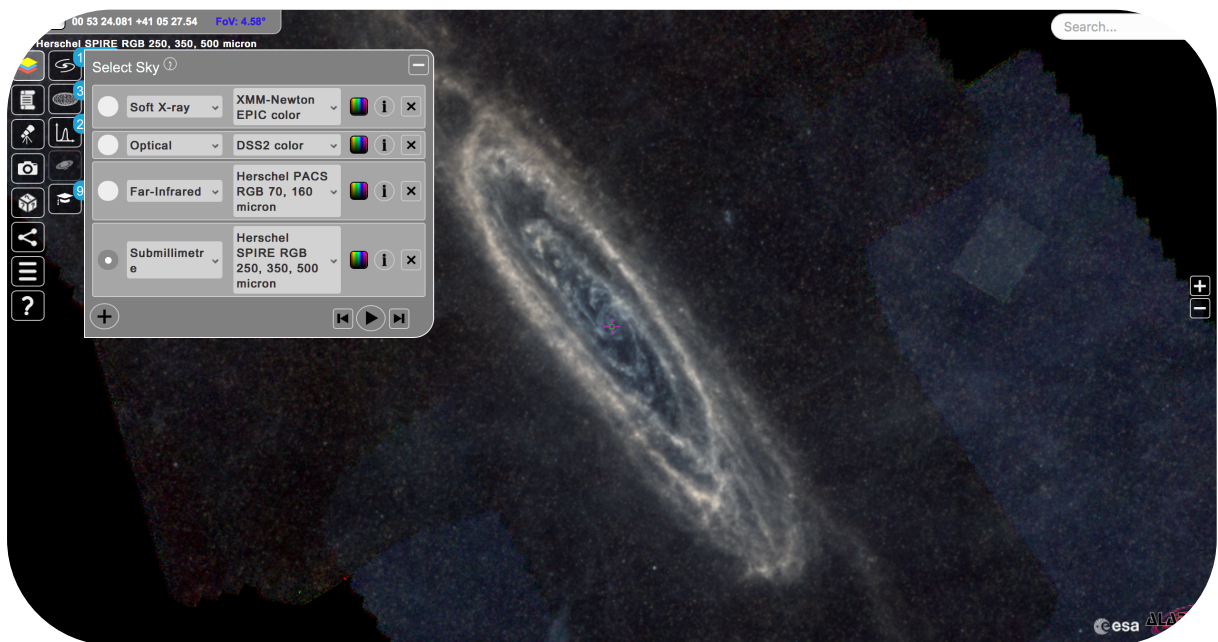


Figura 6: El menú de cielos de ESASky, mostrando una pila de mapas. (Crédito: ESA/ESDC)

4. Ahora podéis comprobar vuestra hipótesis comparando imágenes de galaxias a distintas longitudes de onda. Para hacerlo más fácil, podéis crear una pila de mapas como la que se muestra en la Figura 6: Pinchad en el signo “+” del menú de cielos y seleccionad los mapas siguientes en los menús desplegables:

- Soft X-ray: XMM-Newton EPIC color
- Optical: DSS2 color
- Far-infrared: Herschel PACS RGB 70, 160 micron
- Submillimetre: Herschel SPIRE RGB 250, 350, 500 micron

Podéis moveros de un mapa a otro de la pila manualmente, o mediante los botones de la parte inferior. Si pincháis en el botón “Play”, la aplicación cambiará automáticamente de mapa cada pocos segundos.

¿Sabías qué?

La atmósfera de la Tierra es opaca a la mayoría de tipos de luz; sólo alcanzan la superficie la luz visible y parte de la luz infrarroja y de radio procedente de fuentes astronómicas. Aunque esto es bueno para los humanos, ya que los rayos gamma, los rayos X y la luz ultravioleta son muy dañinos para nosotros, no es tan bueno para los astrónomos, porque se pierde mucha información acerca del universo.



La mayor parte de la luz invisible es bloqueada por la atmósfera (Crédito: NASA)

Para observar objetos astronómicos que emiten un tipo de luz que no es capaz de atravesar la atmósfera, es necesario enviar telescopios al espacio. En estas actividades, estáis trabajando con observaciones realizadas por dos telescopios de la Agencia Espacial Europea (ESA), los cuales observan diferentes regiones del espectro electromagnético: XMM-Newton (rayos X) y Herschel (infrarrojo). Estas observaciones complementan las observaciones en luz visible realizadas desde la superficie terrestre.

5. Cuando tengáis vuestra pila de mapas, comparad las imágenes de las galaxias M31 y M91 en el rango visible (óptico) con sus imágenes en el infrarrojo lejano (“far-infrared”) y el rango submilimétrico (ondas muy cortas de radio). ¿Qué aspecto tienen estas galaxias en estos otros tipos de luz? ¿Cuál es el motivo?

6. Comparad el aspecto de la galaxia M31 en rayos X blandos (“soft X-rays”) con sus imágenes en el óptico e infrarrojo lejano. ¿Por qué se ve tan diferente?

7. Comparad el aspecto de la galaxia M60 en rayos X, el rango óptico y el infrarrojo lejano. ¿Cuáles son las razones de las diferencias que veis?

8. NGC 4565 está clasificada como una galaxia espiral vista de canto. ¿Cuál es el aspecto de esta galaxia en el infrarrojo lejano? ¿Y en rayos X? ¿Cómo confirman estas observaciones que NGC 4565 es una galaxia espiral?

9. ¿Qué galaxias están formando estrellas, y qué galaxias no? Justificad vuestra respuesta.

Actividad complementaria: La evolución de las galaxias

Hubble pensaba que su diagrama mostraba una secuencia evolutiva para las galaxias. Según su hipótesis, las galaxias tendrían primero forma esférica, y se irían aplanando y desarrollando los brazos espirales con el tiempo, para terminar con una forma irregular.

Teniendo en cuenta todo lo que habéis aprendido acerca del contenido de los diferentes tipos de galaxias, creéis que esta hipótesis es plausible? Justificad vuestra respuesta.

Si queréis saber más, podéis investigar cómo evolucionan realmente las galaxias.