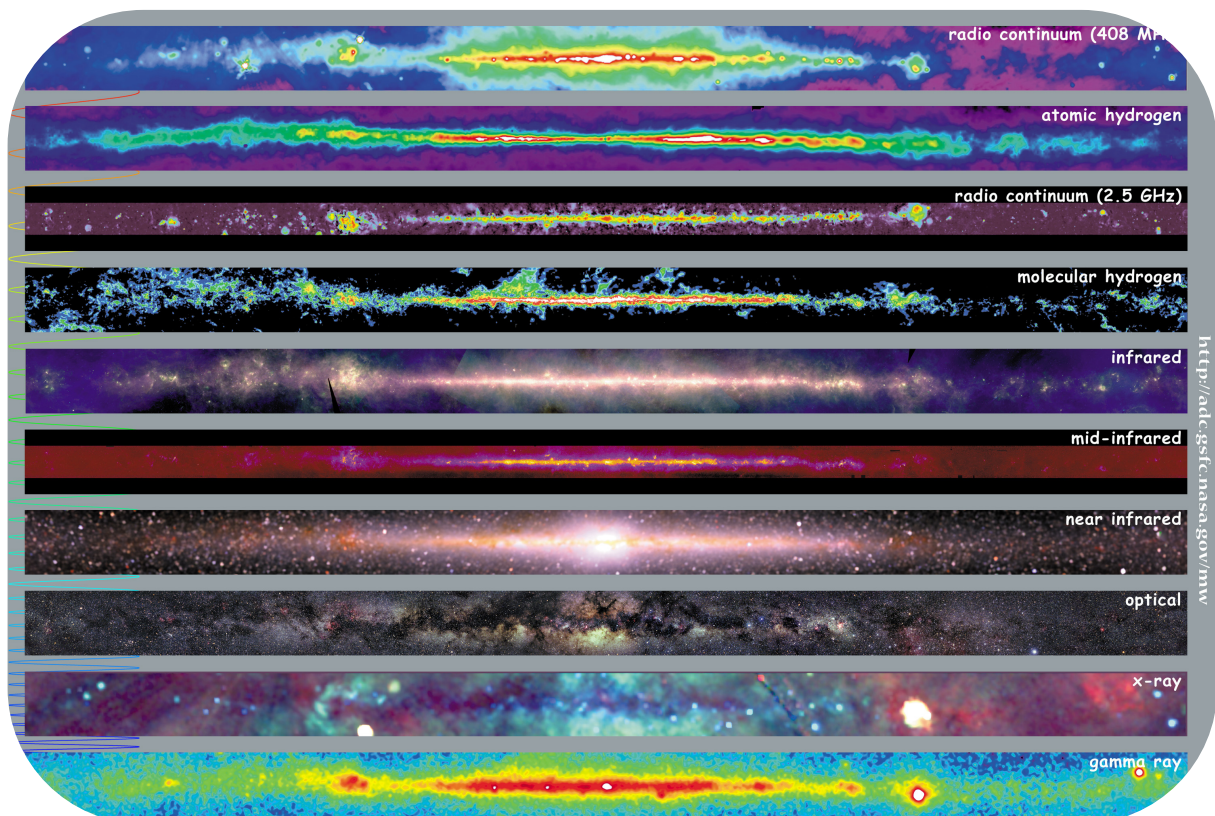


Caso Científico CESAR

Los colores de la Astronomía

Observando el universo visible e invisible

Guía del Estudiante



Índice

Introducción	5
Luz visible e invisible	5
Observando la luz invisible	5
El universo a todo color	7
Actividad 1: La luz en la vida cotidiana.....	7
Actividad 2: Conociendo ESASky (opcional)	9
Actividad 3: Observando todos los tipos de luz	10
Actividad 4: El universo multicolor	14
Actividad 5: A todo color	17

Introducción

Luz visible e invisible

Todos conocemos los colores del arco iris, pero la luz tiene muchos más colores, aunque nuestros ojos no puedan verlos. Entonces, ¿cómo sabemos de ellos?

Los físicos describen la luz como algo llamado *una onda electromagnética*, esto es, la perturbación de un campo electromagnético que se propaga en el espacio, transportando energía desde una *fente* (el objeto que emite luz) a un *observador*. El número de veces que se repite la onda en un segundo se denomina *frecuencia* de la onda, y es inversamente proporcional a la *longitud de onda*, o distancia entre dos puntos que se encuentran en el mismo estado. En otras palabras: cuanto mayor es la frecuencia, menor es la longitud de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda (o frecuencias) de luz posibles forma el llamado *espectro electromagnético* (Figura 1). Los rayos gamma tienen las longitudes de onda más cortas (frecuencias más altas), y las ondas de radio, las más largas (frecuencias más bajas).

Nuestros ojos están adaptados para detectar sólo una parte de este espectro; a este rango lo denominamos “luz visible”, y las diferentes longitudes de onda (frecuencias) de la luz visible son percibidas por nuestros ojos como diferentes colores. Así pues, la única diferencia entre los colores de la luz visible y la luz invisible es su longitud de onda (o frecuencia).

La longitud de onda (y la frecuencia) de la luz está relacionada con la temperatura y la energía de la fuente. De hecho, todos los objetos emiten luz... porque todos tienen una temperatura por encima del cero absoluto. Esta emisión se conoce como *emisión térmica* o *emisión de cuerpo negro*. Sin embargo, dependiendo del valor de esa temperatura, la mayor parte de la luz se emitirá en un rango de longitud de onda diferente. Por este motivo, objetos cotidianos (como mesas, gatos o cubitos de hielo) no parecen emitir luz... En realidad sí lo hacen, pero luz de un color que nuestros ojos no pueden detectar. Vemos esos objetos gracias a la luz que reflejan, no la que emiten.

Pero la temperatura no es el único fenómeno que puede producir luz. Por ejemplo, los electrones que se mueven en el seno de un campo magnético emiten luz en frecuencias de radio; esta emisión se denomina *radiación sincrotrón*, y es un ejemplo de *emisión no térmica*.

Observando la luz invisible

Nuestros ojos están adaptados a la luz visible porque ésta es la luz del Sol que llega hasta la superficie terrestre. La atmósfera bloquea mayor parte de la luz en el resto del espectro electromagnético, por suerte para nosotros, ya que puede ser muy dañina. La barra en la parte superior de la Figura 1 indica si la atmósfera es transparente (en color blanco), opaca (en negro) o parcialmente opaca (en gris) a la luz en una longitud de onda dada.

La mayoría de las estrellas son relativamente brillantes en el rango visible, pero otros objetos y fenómenos del cosmos emiten luz en otras longitudes de onda (la Tabla 1 proporciona algunos ejemplos). Para estudiarlos, los astrónomos usan telescopios que pueden detectar esos tipos de luz que nuestros ojos no ven. De esta manera, los objetos astronómicos se pueden observar a lo largo de todo el espectro, y podemos tener una imagen completa de lo que sucede en ellos.

Otro motivo para enviar telescopios al espacio, incluso cuando detectan un tipo de luz observable desde la Tierra, es que la atmósfera causa distorsiones en las imágenes. Por encima de la atmósfera, mejoran tanto la calidad de las imágenes como la cantidad de detalles que vemos en ellas.

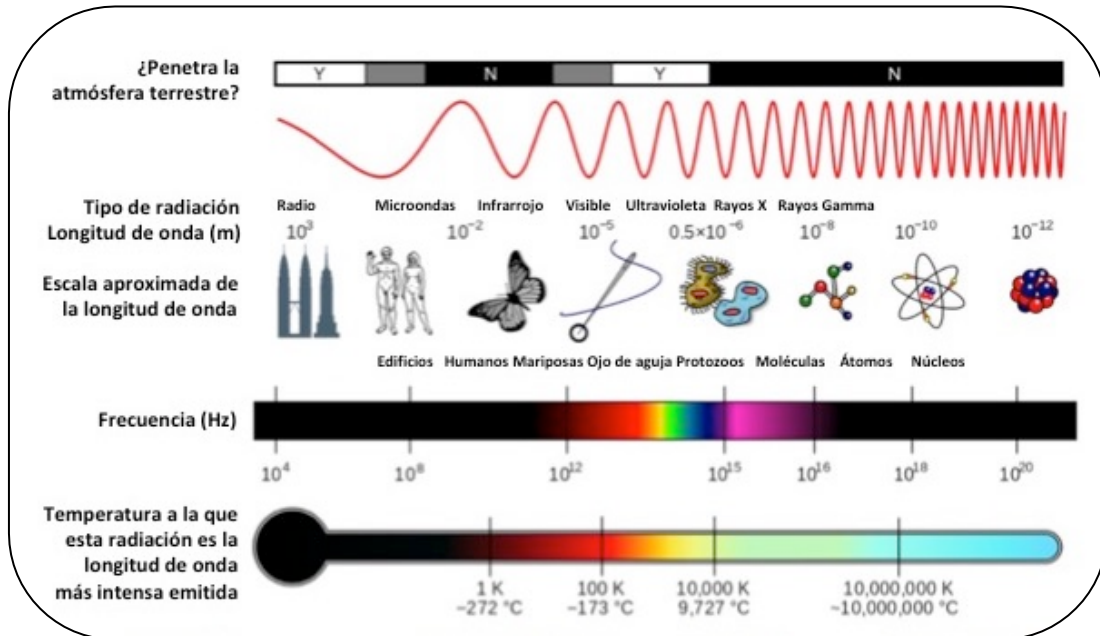


Figura 1: Propiedades del espectro electromagnético. (Crédito: Wikimedia Commons)

Tabla 1: 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	Gas caliente en remanentes de supernova Coronas estelares Estrellas de neutrones
Ultravioleta	10^4 - 10^6 K	Gas caliente en remanentes de supernova Estrellas muy calientes
Visible	10^3 - 10^4 K	Estrellas Planetas calientes
Infrarrojo cercano y medio	100 - 10^3 K	Estrellas muy frías Planetas
Infrarrojo lejano	15 - 100 K	Nubes frías de polvo
Microondas y radio	<15 K	Nubes frías de gas Electrones moviéndose en campos magnéticos

*Adaptado de: NASA/Imagine the Universe!

El universo a todo color

Actividad 1: La luz en la vida cotidiana

Antes de comenzar con vuestra investigación, dedicad un poco de tiempo a reflexionar acerca de lo que sabéis de la luz, y sobre la diferencia entre luz visible e invisible.

1. ¿Se os ocurren nombres de cosas cotidianas que emiten luz visible e invisible? ¿Qué nos está contando la luz sobre estos objetos? ¿Conocéis aparatos que usen distintos tipos de luz? ¿Para qué se utiliza la luz en cada caso? Escribid algunos ejemplos en la tabla siguiente:

Tabla A

Tipo de luz	Fuentes	Usos
Rayos gamma		
Rayos X		
Ultravioleta		
Óptico (Visible)		
Infrarrojo		
Microondas		
Radio		

2. ¿Qué tipos de luz son especialmente dañinos para los humanos y otros seres vivos en la Tierra? ¿Por qué motivo? (Pista: Mirad la Tabla 1 y la Figura 1)

3. ¿Qué tipo de luz emiten una máquina de radiografías, un teléfono móvil y un control remoto de televisión? Si no los teníais ya, anotadlos en la tabla anterior.

4. Estudiad la Tabla 1 y anotad la relación entre el tipo de luz y la longitud de onda, la frecuencia y la energía transportada por la onda electromagnética en cada caso. ¿Qué aparato emite la radiación menos energética: la máquina de radiografías, el teléfono móvil o el control remoto? Justificad vuestra respuesta.

Actividad 2: Conociendo ESASky (opcional)

En ésta y las actividades siguientes, usaréis *ESASky*, una aplicación web que permite examinar imágenes reales del espacio y del medio interestelar. 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. Selecciona el modo “Explorador”.
3. 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.
4. Para visualizar un objeto astronómico concreto, introducíd su nombre en el campo de búsqueda, que se encuentra en la esquina superior derecha. Como sugerencia, la Tabla 2 contiene algunos de los objetos favoritos del equipo de *ESASky*. ¡Que los disfrutéis!
5. Podéis ver cómo las diferentes misiones observaron un mismo objeto usando distintos tipos de luz abriendo el menú “Administrar cielos”. Para ello, haced clic en el botón de colores en la parte superior izquierda de la ventana (Figura 4). Para cambiar el mapa de cielo, seleccionad primero la región del espectro en el menú despegable de la izquierda, y luego elegid entre los diferentes cielos en el menú de la derecha.

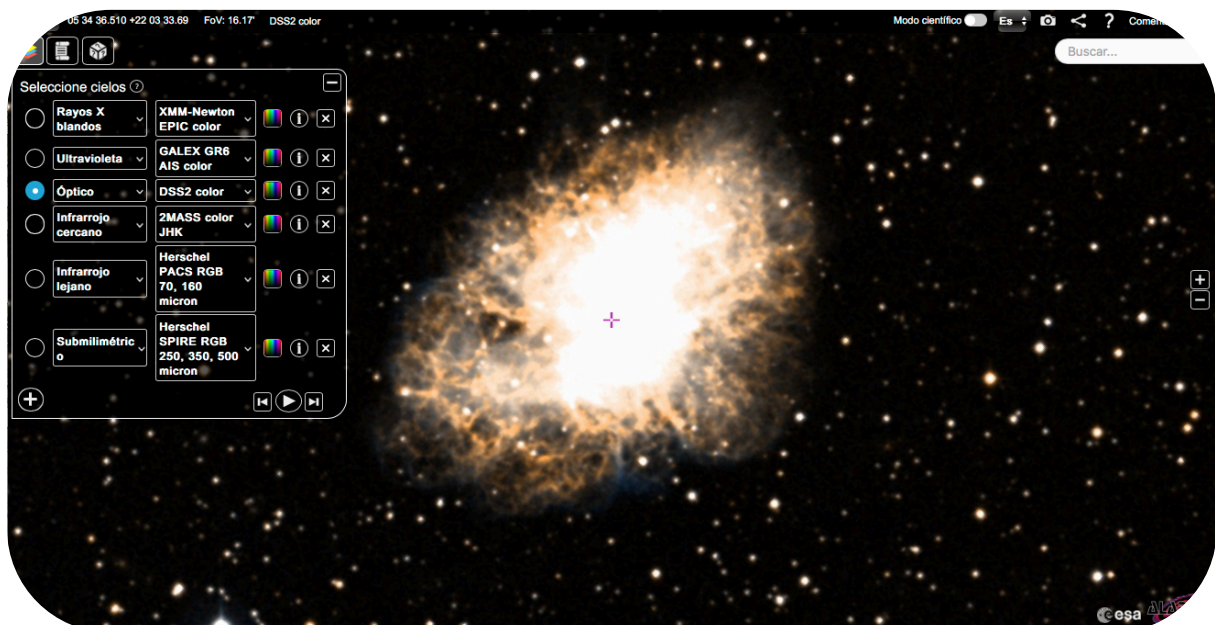


Figura 2: La interfaz de *ESASky*, mostrando la *Nebulosa del Cangrejo* en luz visible y el menú de cielos con una pila de mapas. (Crédito: ESA/ESDC)

6. 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.

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

Tabla 2: 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.
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. ¡Echadle un vistazo en distintos rangos de longitud de onda!
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.

Actividad 3: Observando todos los tipos de luz

Comenzaremos el estudio aprendiendo sobre los telescopios que han observado el cielo en diferentes tipos de luz (en diferentes frecuencias o longitudes de onda). En esta actividad, vuestro estudio se centrará en un solo objeto: la Nebulosa del Cangrejo (M1), una nube formada por los restos de una estrella anciana que explotó en forma de supernova hace casi 2.000 años.

1. En *ESASky*, aseguraos de que se muestra el mapa óptico (en luz visible) “DSS2 color”. El nombre del mapa visualizado se indica en la esquina superior izquierda de la ventana. En caso necesario, abrid el menú de cielos y seleccionarlo en el menú desplegable.
2. Introducid “M1”, el nombre de la Nebulosa del Cangrejo, en el campo de búsqueda, y ajustad el tamaño de la región visualizada hasta que veáis la imagen completa (Figura 2).
3. Para ver cómo observaron la Nebulosa del Cangrejo diferentes telescopios, cread una pila de mapas similar a la mostrada en la Figura 2, que cubre el espectro electromagnético desde los rayos X blandos (de baja frecuencia/energía) hasta el rango submilimétrico (microondas de onda muy corta). Para ello, pinchad en el signo “+” las veces necesarias y seleccionad los distintos rangos de longitud de onda en los menús desplegables.
4. Para cada rango, seleccionad un mapa que contenga observaciones de la Nebulosa del Cangrejo en el menú desplegable de la derecha (en la mayoría de los casos, bastará el mapa seleccionado por defecto, pero podéis escoger otro si lo preferís).
5. Completad la tabla siguiente con información acerca de vuestra pila de mapas. Podéis encontrar el nombre del telescopio que realizó las observaciones pinchando en el icono “i” a la derecha de cada menú (el nombre aparece tras la palabra “Misión”). Con la información de la parte superior de la Figura 1, decidid si los telescopios deben de estar situados en el espacio o en tierra.

Tabla B

Tipo de luz	Telescopios	¿Tierra o espacio?
Rayos X blandos (rayos X de baja energía)		
Ultravioleta		
Óptico (visible)		
Infrarrojo cercano (ondas infrarrojas cortas)		
Infrarrojo lejano (ondas infrarrojas largas)		
Submilimétrico (microondas muy cortas)		

6. Explicad cómo habéis decidido si un telescopio debe de estar en tierra o en el espacio:

7. Ahora observad la Nebulosa del Cangrejo en todos los rangos de longitud de onda. ¿Cómo cambian las imágenes a medida que os movéis por el espectro?

- a. Tomad una captura de cada imagen usando el botón con la imagen de una cámara fotográfica. Podéis pegar las imágenes en la tabla de la página siguiente.
- b. Junto a cada imagen de la tabla, describid lo que veis, prestando atención a la forma y tamaño del objeto. ¿Dónde está la fuente brillante que se ve en rayos X en las otras imágenes?
- c. En el centro de la Nebulosa del Cangrejo, los astrónomos han descubierto una estrella de neutrones que una vez fue el núcleo de una estrella fallecida en una explosión de supernova. Se trata de un objeto muy pequeño, masivo y caliente, con un campo magnético muy intenso. También gira sobre sí misma muy rápidamente, emitiendo regularmente pulsos de luz, igual que un faro. Teniendo esto en cuenta, y usando la información de la Tabla 1, ¿podéis encontrar una explicación para los cambios que veis en las imágenes? Escribid vuestras hipótesis en la tabla, junto a cada imagen. Tened en cuenta que la longitud de onda de la imagen puede relacionarse tanto con la temperatura como con la energía de la fuente.

8. Comparad vuestras hipótesis con otros grupos. ¿Estáis de acuerdo con las razones de las diferencias entre las imágenes?

Tabla C

Objeto: Nebulosa del Cangrejo (M1)			
Tipo de luz	Imagen	Descripción	Explicación
Rayos X blandos (rayos X de baja energía)			
Ultravioleta			
Óptico (visible)			
Infrarrojo cercano (ondas infrarrojas cortas)			
Infrarrojo lejano (ondas infrarrojas largas)			
Submilimétrico (microondas muy cortas)			

¿Sabías qué?

Los colores de las imágenes astronómicas como las que usaréis en estas actividades no son reales. ¡Recordad que nuestros ojos no pueden ver colores infrarrojos ni ultravioletas! En realidad, los telescopios sólo registran imágenes en blanco y negro, las cuales se pueden colorear artificialmente y combinar para crear las hermosas imágenes a todo color que todos admiramos. Normalmente, la imagen observada en la longitud de onda más corta se colorea de azul, y la imagen en la longitud de onda más larga, de rojo. En caso de disponer de una tercera imagen, en una longitud de onda intermedia, se la colorea de verde. Combinando estos tres colores pueden producirse todos los demás.



Cómo crear una imagen astronómica a todo color. (Crédito: astronomy.wonderhowto.com)

Actividad 4: El universo multicolor

Ahora repetiréis la investigación con distintos tipos de objetos astronómicos. Para ello, deberéis subir la lista a *ESASky*:

1. Aseguraos de que se muestra el mapa “DSS2 color”. El nombre está indicado en la barra superior. En caso contrario, seleccionadlo en el menú.
2. Cargad la lista de objetos en *ESASky*. Para ello, haced clic en el botón con el dibujo de un pergamino, que se encuentra a la izquierda, y después pinchad en “Seleccionar lista”. Buscad la lista llamada “CESAR Colores”. Pinchando en el nombre, la lista se cargará como se muestra en la Figura 3. Veréis que el primer objeto es precisamente la Nebulosa del Cangrejo.

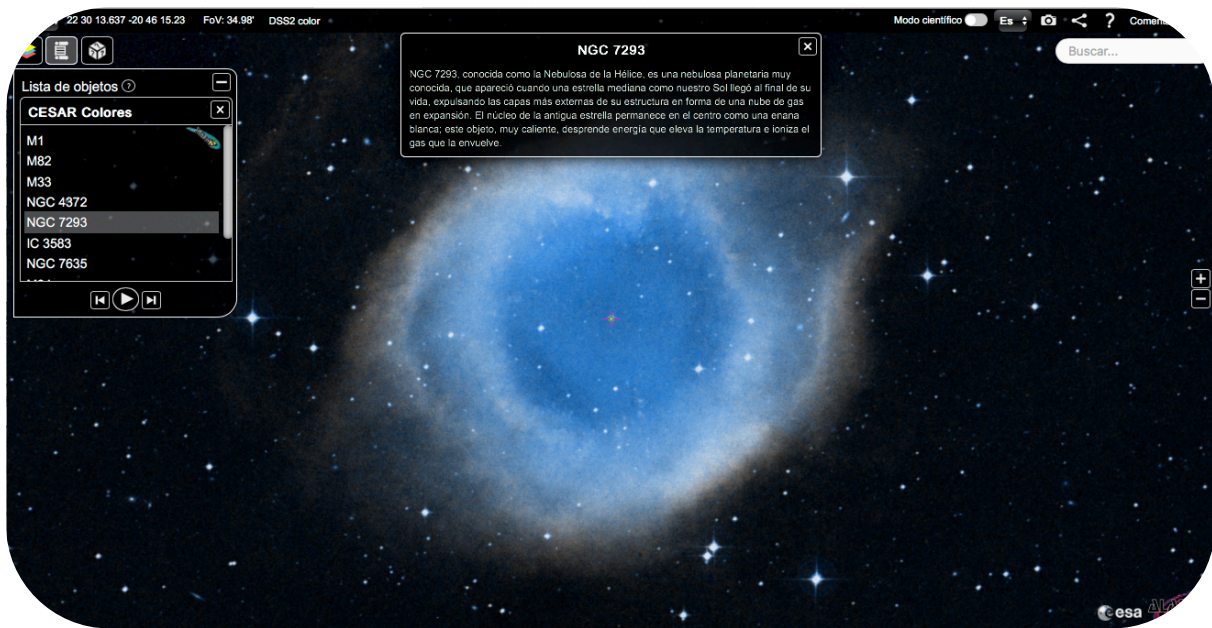


Figura 3: ESASky, mostrando la lista de objetos estudiados en estas actividades (Crédito: ESA/ESDC)

3. Podéis moveros de un objeto a otro de la lista pinchando en su nombre, o usando los botones inferiores. La aplicación cargará su imagen automáticamente, y aparecerá una ventana emergente con una breve descripción. La Tabla 3 muestra los nombres y descripciones de las distintas regiones.
4. Examinad los objetos en la lista. ¿Cuál (o cuáles) tiene un aspecto similar en todas las imágenes a lo largo del espectro? ¿Cuál (o cuáles) muestra las mayores diferencias? Seleccionad un objeto de la lista. En base a la descripción que aparece en pantalla (y en la Tabla 3), y con la ayuda de la Tabla 1, completad la tabla de la página siguiente igual que hicisteis con la Nebulosa del Cangrejo. (Puede que algún objeto no haya sido observado por todos los telescopios. Si no ha sido observado en un tipo de luz, dejad la fila correspondiente en blanco)

--	--

5. Si tenéis tiempo, repetid el proceso con más objetos de la lista. Podéis imprimir (o copiar) la tabla de la página siguiente todas las veces que lo necesitéis.

Tabla 3: *Objetos astronómicos a estudiar.*

Objeto	Descripción
M1	La Nebulosa del Cangrejo es la remanente de una supernova observada por astrónomos chinos en 1054. Una estrella mucho más masiva que nuestro Sol explotó al final de su vida, creando una nube de polvo y gas caliente que se expande en el espacio. En el centro de la nube, los astrónomos han descubierto una estrella de neutrones, que una vez fue el núcleo de la estrella original. Se trata de un objeto muy caliente, pequeño y masivo, con un campo magnético muy intenso, que gira sobre sí mismo muy rápidamente, emitiendo pulsos regulares de luz igual que un faro.
M82	Messier 82, también conocida como la Galaxia del Cigarro, es una galaxia con brote estelar. Este tipo de galaxias están formando estrellas a un ritmo mucho más alto que las galaxias normales; los astrónomos piensan que esto es consecuencia de la interacción con otra galaxia (en el caso de M82, la vecina M81). La región de brote estelar de M82, situada en su centro, es 100 veces más brillante que el centro de nuestra Galaxia, la Vía Láctea, gracias al elevado número de estrellas jóvenes, brillantes y masivas que contiene. Puesto que dichas estrellas viven rápido y terminan sus vidas como supernovas, en M82 tiene lugar una explosión de este tipo cada diez años.
M33	M33, la Galaxia del Triángulo, es la tercera galaxia más grande del Grupo Local, por detrás de la Vía Láctea y la Galaxia de Andrómeda. Tiene un diámetro de unos 60.000 años luz, aproximadamente el 40% del de la Vía Láctea. M33 es una galaxia espiral, lo que significa que la región esférica central está rodeada por un disco de polvo y gas frío, el cual se mueve alrededor del centro galáctico formando los brazos espirales. M33 contiene dos poblaciones diferentes de estrellas: Las estrellas de la región central, o bulbo, son relativamente viejas, mientras que las estrellas de los brazos espirales son bastante jóvenes, y nuevas estrellas se están formando continuamente en esa parte de la galaxia.
NGC 4372	NGC 4372 es un cúmulo globular, esto es, una conjunto de estrellas unidas por la gravedad para formar una estructura esférica; la densidad de estrellas aumenta a medida que nos movemos hacia el centro del cúmulo. NGC 4372 es parte del halo de nuestra Galaxia, orbitando el centro galáctico. Los cúmulos globulares como éste contienen muchas más estrellas, y mucho más viejas (y más frías y brillantes) que los cúmulos abiertos, mucho menos densos, que se encuentran en el disco de la Vía Láctea, y son muy pobres en gas y polvo interestelar.
NGC 7293	NGC 7293, conocida como la Nebulosa de la Hélice, es una nebulosa planetaria muy conocida, que apareció cuando una estrella mediana como nuestro Sol llegó al final de su vida, expulsando las capas más externas de su estructura en forma de una nube de gas en expansión. El núcleo de la antigua estrella permanece en el centro como una enana blanca; este objeto, muy caliente, desprende energía que eleva la temperatura e ioniza el gas que la envuelve.
IC 3583	IC 3583 es una galaxia irregular, esto es, una galaxia sin forma determinada. Tiene una barra de estrellas que atraviesa la parte central, lo que sugiere que una vez fue una galaxia espiral que quedó distorsionada tras una colisión, probablemente con su vecina, la galaxia Messier 90.
NGC 7635	NGC 7635, la Nebulosa Burbuja, es lo que se conoce como una nebulosa de emisión, una nube de gas que está siendo calentado por una estrella caliente y masiva, lo que lo hace brillar y expandirse.
M84	Messier 84 es una galaxia elíptica perteneciente al Cúmulo de Galaxias de Virgo. Este tipo de galaxia contiene ante todo estrellas viejas, algunas de las cuales terminan su vida como supernovas, y muy poco polvo y gas.

Tabla 3: *Objetos astronómicos a estudiar.*

Objeto	Descripción
NGC 7023	La Nebulosa Iris, NGC 7023, es una brillante nebulosa de reflexión, es decir, una nube de polvo interestelar que refleja la luz de una estrella próxima. Al contrario que una nebulosa de emisión, en este caso la estrella no es lo bastante caliente para hacer que la nube brille con luz propia en luz visible.
NGC 3766	El Cúmulo de la Perla, NGC 3766, es un cúmulo abierto, esto es, un grupo de estrellas que se formaron a partir de la misma nube interestelar y que por tanto tienen la misma edad. Este tipo de cúmulo estelar no tiene forma definida, y la atracción gravitatoria entre sus miembros no es demasiado fuerte, por lo que con el tiempo terminan dispersándose por la Galaxia. NGC 3766 contiene más de 130 estrellas conocidas, la mayoría calientes y azules, aunque también forman parte del cúmulo dos supergigantes rojas (frías y rojizas).

Actividad 5: A todo color

Una vez estudiados los objetos de la lista, escoged vuestro favorito y realizad una investigación para comprobar si vuestras teorías son correctas y aprender más sobre él. Por ejemplo: ¿Cómo se formó? ¿Cómo terminará? ¿Cómo saben esto los astrónomos a partir de sus propiedades? ¿Qué preguntas sobre este objeto no tienen respuesta todavía?

Más tarde podéis presentar vuestros descubrimientos al resto de la clase.

Tabla D

Objeto:			
Tipo de luz	Imagen	Descripción	Explicación
Rayos X blandos (rayos X de baja energía)			
Ultravioleta			
Óptico (visible)			
Infrarrojo cercano (ondas infrarrojas cortas)			
Infrarrojo lejano (ondas infrarrojas largas)			
Submilimétrico (microondas muy cortas)			