



Reto Científico CESAR

# Revelando los misterios del Universo

(Observando la luz visible e invisible)

Guía del estudiante





## Tabla de Contenidos

<b>Tu Reto Científico.....</b>	<b>3</b>
<b>Fase 0.....</b>	<b>5</b>
<b>Fase 1.....</b>	<b>7</b>
<b>Actividad 1: Refresca conceptos.....</b>	<b>8</b>
<b>Actividad 2: Compara las ondas del sonido y la luz.....</b>	<b>8</b>
<b>Actividad 3: La luz del día a día.....</b>	<b>8</b>
<b>Actividad 4: El espectro electromagnético.....</b>	<b>9</b>
Actividad 4.1: Los colores de las estrellas.....	9
Actividad 4.2: La luz visible e invisible.....	11
<b>Actividad 5: El camino que recorre la luz para crear los datos astronómicos.....</b>	<b>15</b>
Actividad 5.1: Colectores Astronómicos.....	15
Actividad 5.2: Detectores Astronómicos.....	18
<b>Actividad 6: Objetos astronómicos.....</b>	<b>21</b>
Actividad 6.1: Estrellas.....	22
Actividad 6.2: El Medio Interestelar (ISM).....	29
Actividad 6.3: Galaxias.....	31
<b>Actividad 7: La exploración del Universo por la Agencia Espacial Europea.....</b>	<b>33</b>
<b>Actividad 9: ¿Qué has aprendido hasta ahora?.....</b>	<b>34</b>
<b>Comprueba lo que has aprendido hasta el momento con este cuestionario.....</b>	<b>34</b>
<b>Fase 2.....</b>	<b>35</b>
<b>Fase 3.....</b>	<b>37</b>
Actividad 10.1: Familiarízate con ESASky.....	38
Actividad 10.2: Contemplando las estrellas a través de ESASky.....	38
Actividad 10.3: Un recorrido por varios tipos de objetos astronómicos en ESASky (Listas de objetivos).....	42
Actividad 10.4: Estudios multifrecuencia usando ESASky.....	47
Actividad 10.5: Analizando los efectos del Medio Interestelar a través de ESASky.....	48
<b>Actividad 11: Revelando los secretos de nuestro objeto celeste favorito.....</b>	<b>50</b>
Actividad 11.1: Revelando los secretos de la Nebulosa del cangrejo.....	52
Actividad 11.2: Revelando los secretos del cúmulo NGC 3766.....	54
Actividad 11.3: Revelando los secretos de la Nebulosa de la cabeza de caballo.....	56
Actividad 11.4: Revelando los secretos de la galaxia del remolino.....	58
<b>Actividad 12: Analiza tu trozo de cielo favorito con ESASky.....</b>	<b>60</b>
Actividad 12.1: Accede a las imágenes de los archivos científicos ESA para tu trozo de cielo.....	60
Actividad 12.2: Accede a los espectros de los archivos científicos ESA para tu trozo de cielo.....	61
Actividad 12.3: Accede a catálogos y bases de datos astronómicas para tu trozo de cielo.....	63
Actividad 12.4: Analiza la constelación de Orion en ESASky como un/a científic@.....	64
Actividad 12.5: Descarga catálogos a través de ESASky y trabaja con ellos.....	68
<b>Actividad 13: Otros monográficos CESAR.....</b>	<b>68</b>
<b>Fase 4.....</b>	<b>69</b>
<b>Enlaces.....</b>	<b>71</b>
<b>Créditos:.....</b>	<b>72</b>



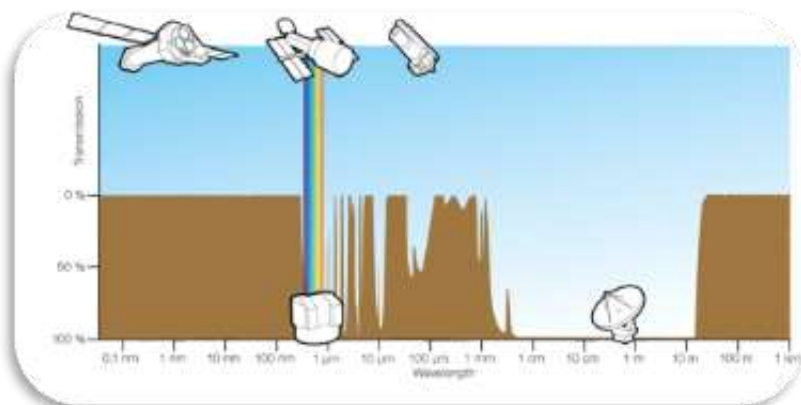
# Tu Reto Científico

## Revelando lo invisible

No solo los superhéroes son capaces de ver lo invisible, sino también la tecnología de última generación a bordo de las misiones científicas de la Agencia Espacial Europea, que vuelan sobre la atmósfera terrestre para revelar lo invisible y traer esta información de regreso a casa. ¿Estas preparad@ para descubrir los secretos del Universo?

¿Cuál es su súper poder?

¿Cuál es el nombre de esta misión ESA?










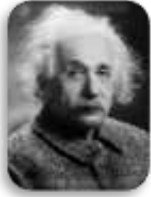


# Fase 0

Para poneros en contexto os recomendamos ver estos videos:

- [Esto es ESA](#) (10 min)
- [ESAC: Una ventana al Universo de ESA](#) (3 min)
- [Presentación de ESA/ESAC/CESAR by Dr. Javier Ventura](#) (15 min)
- Otros [videos](#) complementarios sobre el espacio.

Trabajareis en equipos de (4-6) personas, teniendo cada uno un papel específico. Rellena la Tabla 1 con el nombre del equipo y de los miembros del equipo asociados a varias profesiones Relacionadas con el espacio.

Identificador del Reto	Número del Equipo (1-6):			
Nombre de Miembros del Equipo				
Profesiones	Matemátic@/ Ingenier@ de software	Astrofísic@	Ingenier@	Químic@/Físic@
Roles	Lidera la correcta ejecución de los cálculos	Lidera el uso del telescopio virtual ESASky y el entendimiento de sus objetos celestiales.	Encargada de encontrar la mejora estrategia acordada entre los miembros del Equipo y de su correcta ejecución.	Encargada de liderar investigaciones más detalladas sobre los procesos energéticos y composición de los objetos celestes.
Referencia (femenina)	<a href="#">Katherine Johnson</a> 	<a href="#">Vera Rubin</a> 	<a href="#">Samantha Cristoforetti</a> 	<a href="#">Marie Curie</a> 
	<a href="#">Steve Wozniak</a> 	<a href="#">Matt Taylor</a> 	<a href="#">Pedro Duque</a> 	<a href="#">Albert Einstein</a> 
(masculina)				

*Tabla 0: Define el identificador de tu reto (un número único), el Número de tu Equipo (1-6) y el nombre de los miembros del Equipo, cada uno de ellos con unas tareas definidas dentro del Equipo.*

**Nota:** La documentación hace uso del [Sistema Internacional de Unidades de Medida](#).



# Fase 1



### Actividad 1: Refresca conceptos

Refresca algunos conceptos antes de comenzar el Reto Científico. Cada uno de los links a un video o web será información útil para ello. ¡Deseamos que los disfrutes!

<a href="#">Calor y temperatura</a>	<a href="#">La luz</a>	<a href="#">Dualidad onda-corpúsculo</a>
<a href="#">Ondas mecánicas y electromagnéticas</a>	<a href="#">Todo sobre ondas</a>	<a href="#">Life, Energy &amp; ATP [en inglés con subtítulos en castellano]</a>

*Tabla 1: Conceptos para refrescar antes de comenzar un Reto Científico.*

### Actividad 2: Compara las ondas del sonido y la luz

Rellena la tabla y compara las ondas de luz y de sonido:

Características	Sonido	Luz
<b>Onda</b>	Si	
<b>Partícula</b>	No	
<b>¿Necesita un medio para viajar?</b>		No
<b>Velocidad</b>		Dependiente de un medio En el vacío ~ 300 000 000 m/s
<b>Ejemplo</b>		

*Tabla 2: Comparación de ondas de sonido y luz*

### Actividad 3: La luz del día a día

En esta actividad, tienes que pensar sobre qué luces y tipos conoces

1. ¿Cómo explicarías qué es la luz?

2. ¿Qué tipos de luces conoces? ¿Puedes ver todas ellas? ¿Cómo? ¿Conoces sobre algún animal que pueda ver más colores (luces) que los humanos?





3. ¿Qué es la radiación? ¿Es toda la radiación dañina?

4. ¿Cómo empleamos la luz invisible (todos los tipos de luz menos la luz visible que se encuentran en la Tabla 4) en nuestra vida diaria?

<b>Tipos de Luz</b>	<b>Fuentes y dispositivos</b>	<b>Usos</b>
Rayos Gamma		
Rayos X		radiografía (medicina), para detectar contenido en equipaje
Ultravioleta		
Óptico (Visible)		
Infrarrojo	cosas/animales vivos, radiador, dispositivo de control remoto	
Microondas		cocinar, comunicaciones
Radio	estación de radio y televisión, radar	

*Tabla 3: Tipos de luz, fuentes, dispositivos y sus usos.*

## Actividad 4: El espectro electromagnético

### Actividad 4.1: Los colores de las estrellas

¿Has mirado alguna vez el cielo nocturno y visto los diferentes colores de las estrellas? Si no, te recomendamos que lo hagas.

1. Escribe en la caja: ¿Qué colores ves en las estrellas identificadas en la Figura 5? ¿Qué crees que significan los colores de las estrellas?

Las estrellas pueden compararse con bombillas, en las que los colores hacen referencia a las temperaturas superficiales de dichas estrellas (Figure 5).



*Figura 4: Colores de las bombillas en función de su temperatura. (Créditos: <https://rec-line.com/blog/como-elegir-la-tonalidad-de-luz-de-bombillas-led/>)*

- Echa un vistazo a la [constelación de Orión](#) y imagina la temperatura de sus estrellas, comparando sus colores con los de la Figura 4:



*Figura 5: constelación de Orión. (Créditos: ESA/CESAR)*

- Rellena la Tabla 5 con la información de cada una de las cinco estrellas de la constelación de Orión identificadas en la Figura 5:
  - Columna 1: Número de la Estrella tal y como se encuentra identificada en la Figura 5 (1-5).
  - Columna 2: Link a **Wikipedia** donde se describen cada una de las 5 estrellas.
  - Columna 3: Distancia a la Tierra (información de **Wikipedia**)
  - Columna 4: Color de la estrella (según nuestra percepción al mirar a la **Figura 5**)
  - Columna 5: Temperatura superficial (tu percepción tras comparar Figuras 4 y 5).

Número de la estrella [Figura 5]	Nombre de la estrella [Wikipedia]	Distancia (años luz, al) [Wikipedia]	Color de la estrella [Figure 5]	Temperatura de la estrella (en Kelvin, K) [comparando Figuras 4 y 5]
1	<b>Betelgeuse</b> (alpha Ori)			~ 3500 K
2	<b>Bellatrix</b> (gamma Ori)			
3	<b>Mintaka</b> (delta Ori)	915 al		
4	<b>Rigel</b> (beta Ori)		Blanquecina-azulada	
5	<b>Saiph</b> (kappa Orionis)			

*Tabla 4: Identification of the colour and temperature of the main stars in the Orion constellation*

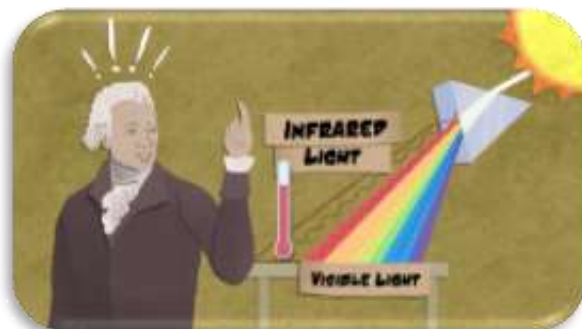
#### Actividad 4.2: La luz visible e invisible

Estamos familiarizados con los colores del arco iris, pero ¿cómo podemos medir los colores invisibles?



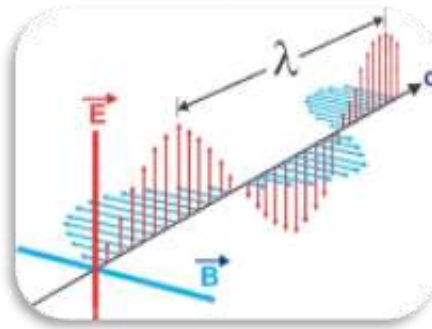
*Figura 6: Arco íris (Créditos: National Geographic)*

William Herschel lo hizo, y descubrió la luz infrarroja colocando un termómetro fuera del haz de luz roja de la luz visible, como se muestra en la Figura 7.



*Figure 7: Cómic del experimento de Herschel (Creditos: www.emaze.com)*

**Los físicos describen la luz como una onda electromagnética**, que es, la perturbación de un campo electromagnético (campo compuesto por un campo eléctrico,  $E$ , y un campo magnético,  $B$ ).

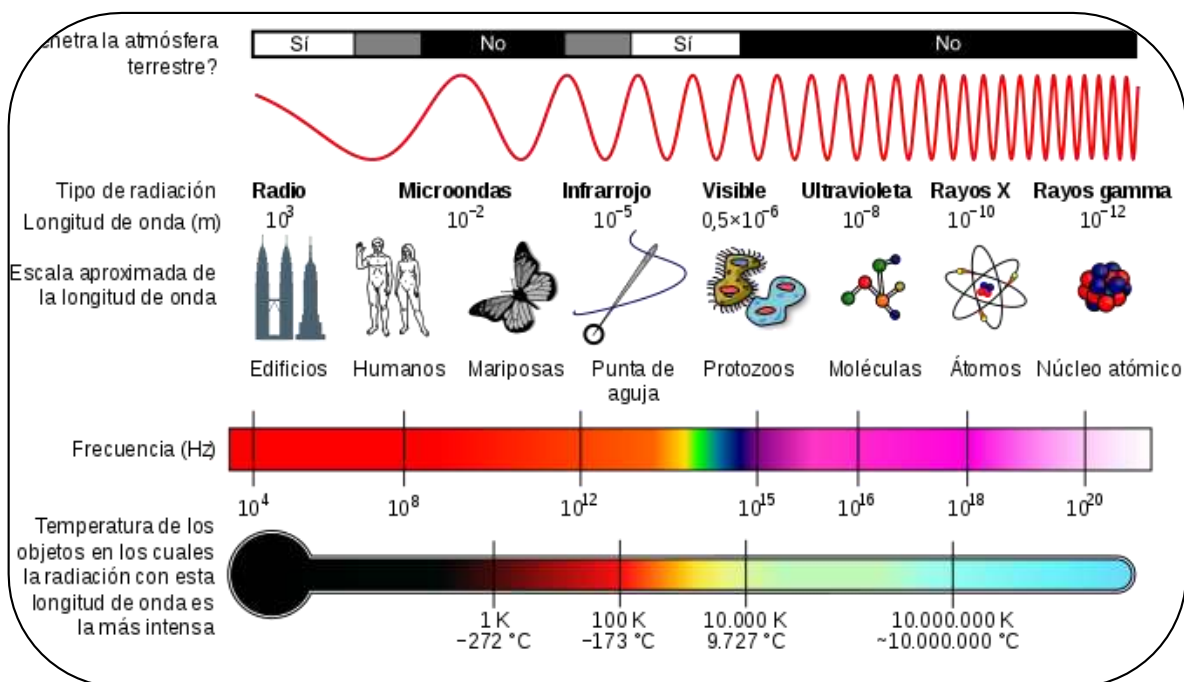


**Figura 8:** Representation of an electromagnetic field. Credits: <https://www.highfidelitycables.com/technology/>

La separación entre dos picos consecutivos de una onda (o la distancia entre dos puntos que se encuentran en el mismo estado) es llamada **longitud de onda ( $\lambda$ )**, y el número de veces que las ondas se repiten en un segundo se llama **frecuencia de la onda ( $\theta$ )**. Longitud y frecuencia son inversamente proporcionales, por lo que a mayor frecuencia, menor es la longitud de onda.

El espectro electromagnético representado en la Figura 9 como un conjunto de ondas de luz. También podemos representarlo por frecuencias, colores, temperaturas ó energías. La radiación electromagnética se divide en luz visible e invisible (radio, microondas, infrarrojo, ultravioleta, rayos X y rayos gamma).

Nuestros ojos están adaptados para detectar sólo una pequeña porción de este espectro, llamada **“luz visible”**. La única diferencia entre los colores de la luz visible e invisible es su longitud de onda (ó frecuencia). Los rayos gamma son los más cortos y las ondas radio las más largas.



**Figura 9:** Propiedades del [espectro electromagnético](#). (Créditos: Wikimedia Commons)

### Actividad 4.2.1: El concepto del cuerpo negro

**La longitud de onda (y la frecuencia) de la luz está relacionada con la temperatura y la energía de la fuente.** Todos los objetos emiten luz porque tienen una temperatura superior al cero absoluto. A esto es a lo que llamamos **emisión térmica o emisión de cuerpo negro**. De hecho, dependiendo de dicha temperatura, la mayoría de la luz será emitida en un rango de longitud de onda diferente.

**La distribución de cuerpo negro de una fuente** puede ser caracterizada por:

- **La intensidad del pico** de la distribución de energía emitida ( $E$ )
- El centro del pico (medido en longitud de onda o color).
- La emisión térmica del cuerpo negro<sup>1</sup>  $E = \sigma T^4 = \sigma \left(\frac{b}{\lambda_{peak}}\right)^4$  donde  $\sigma$  es la constante de Boltzmann's,  $T$  es la temperatura efectiva ( $T_{eff}$ ) y  $b$  es la constante del desplazamiento de Wien.

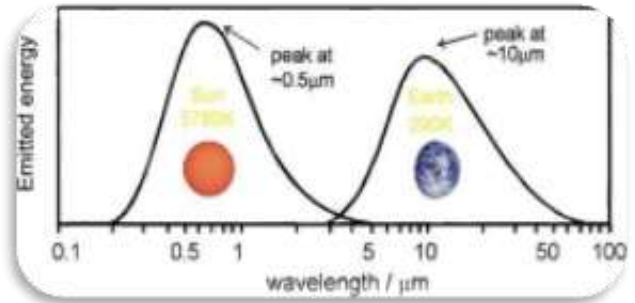


Figura 10: Ejemplos de cuerpo negro para el Sol y la Tierra. (Créditos: Wikimedia Commons)

Esta es la razón por la que la mayoría de los objetos (como mesas, gatos, cubitos de hielo) no parecen emitir luz, sin embargo sí lo hacen en un color que nuestros ojos no pueden ver. Vemos estos objetos gracias a la luz que reflejan, no a la que emiten.

### Actividad 4.2.2: Simulador de distribución de Cuerpo Negro

Para entender la relación entre la distribución de cuerpo negro y la temperatura de una estrella, juega con el simulador de cuerpo negro y completa la Tabla 6.

1. Pincha en este link: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>
2. La Figura 11, muestra un termómetro en la parte derecha del simulador con unas marcas que indican la temperatura para una serie de objetos (a) la Tierra b) una bombilla de luz visible, c) el Sol (el disco del Sol), d) la estrella Sirio A).
3. Rellena la información solicitada en la Tabla 6 (que extraerás de este simulador)

Fuente	Sirio A	El Sol	Bombilla de luz	La Tierra
<b>Máxima intensidad (pico) de la distribución de cuerpo negro</b> (MW/m <sup>2</sup> /microns)				
<b>Posición del pico (máxima intensidad) del cuerpo negro</b> (caracteriza el color del objeto)				
<b>Temperatura del cuerpo negro</b>				

Tabla 5: Intensidad máxima (pico), posición del pico (en longitud de onda y color) y temperatura de la distribución de cuerpo negro para las fuentes del simulador (Sirio A, El Sol, bombilla, La Tierra).

<sup>1</sup> combinando [la ley de Stefan-Boltzmann](#) y [la ley de Wien](#),

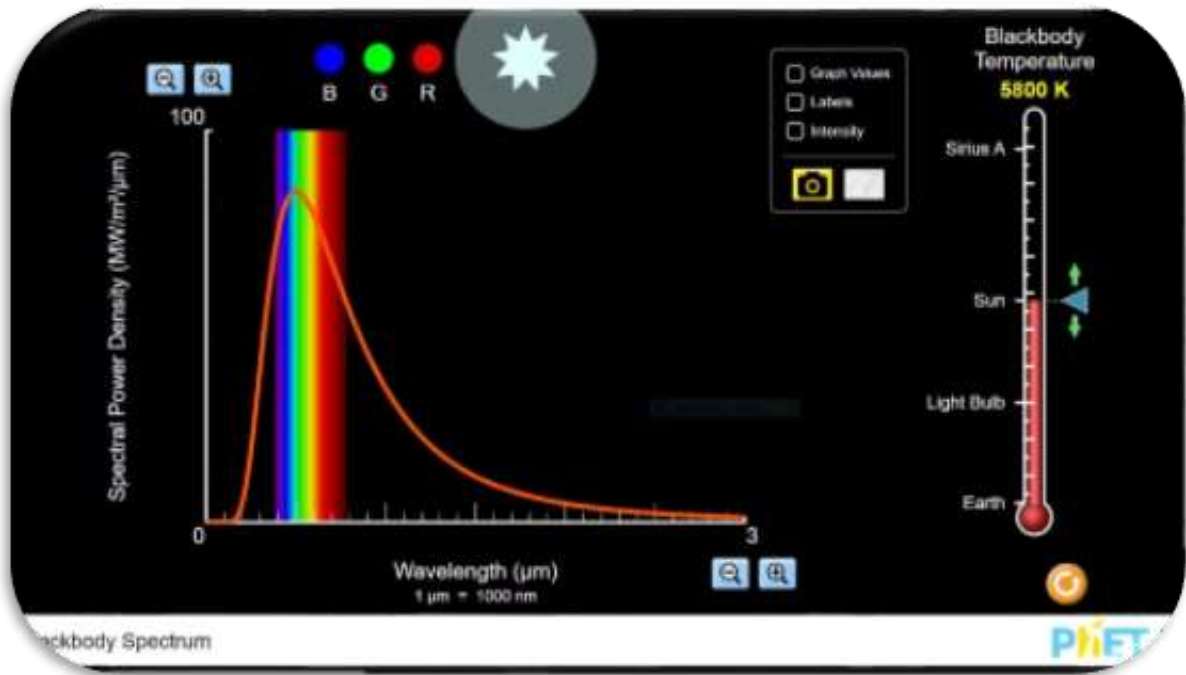
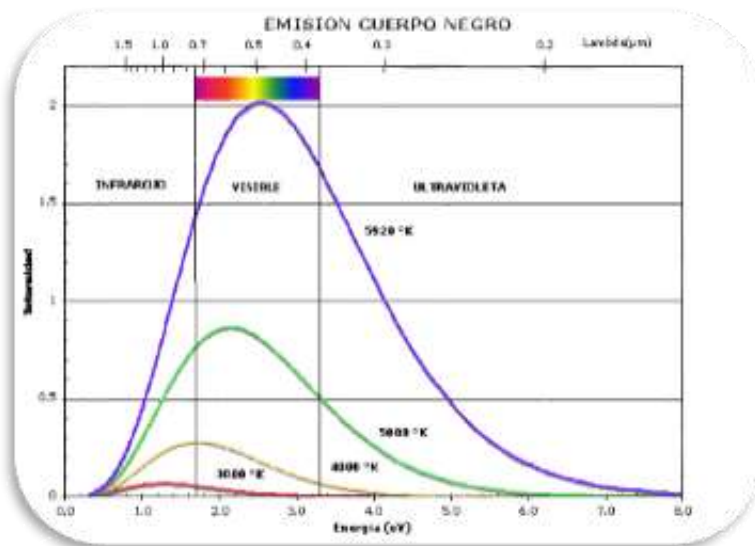


Figura 11: Simulador de cuerpo negro. (Créditos: <https://phet.colorado.edu>)



La Figura 12 muestra que la luz visible abarca un rango de longitud de onda entre (0.7, 0.4) micrómetros, con diferentes posiciones para el pico del cuerpo negro en los colores del violeta al rojo

Figura 12: Distribución de cuerpo negro (Créditos: <https://losmundosdebrana.com/>)

**Nota:** La temperatura no es el único fenómeno que puede producir luz. Así por ejemplo, **electrones moviéndose en un campo magnético emitirán emisión no-térmica** (ver Figura 13).

- Si los electrones se mueven a velocidades mucho menores a la velocidad de la luz (no-relativistas) emitirán **radiación ciclotrón**.
- Si los electrones se mueven a velocidades comparables con la velocidad de la luz (relativistas<sup>2</sup>) emitirán **radiación sincrotrón**.

La radiación sincrotrón es muy común en astrofísica cuando el material es eyectado a velocidades relativistas entorno a agujeros negros, púlsares y galaxias activas.

<sup>2</sup> [Velocidad relativista](#)



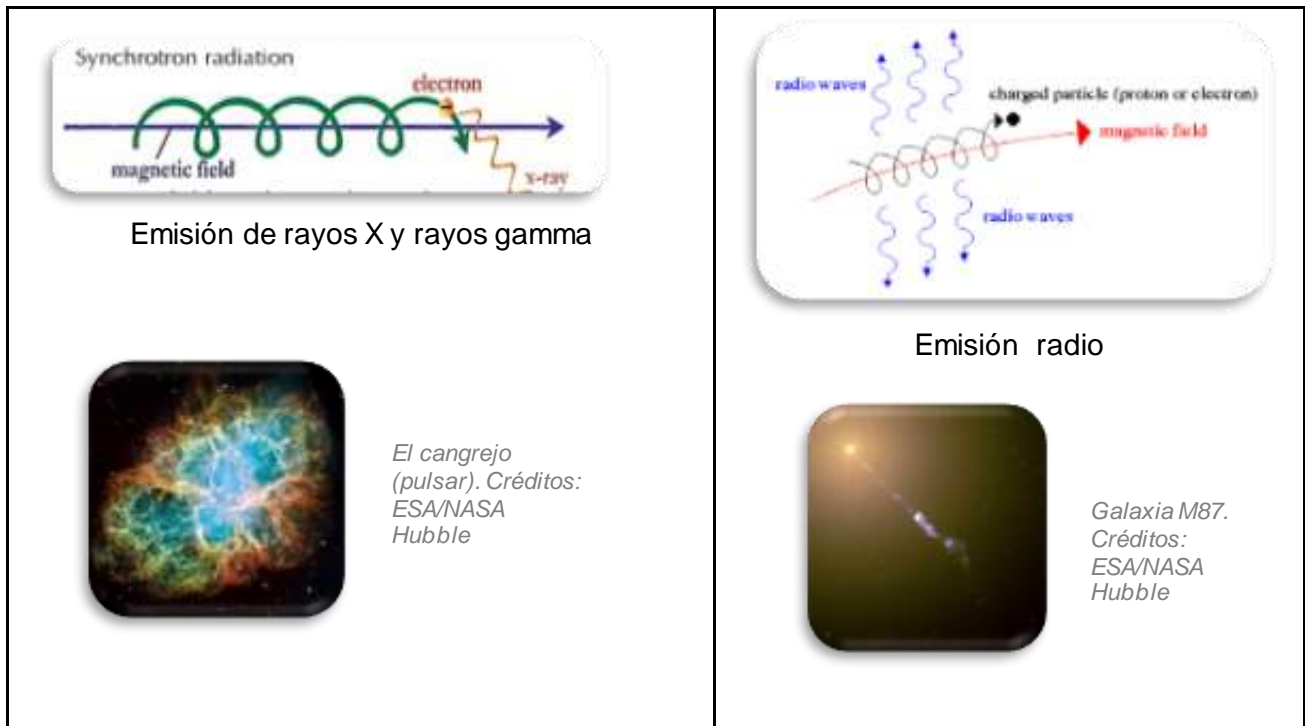


Figura 13: Ejemplos de emisión no-térmica. Créditos: ESA/NASA Hubble

### Actividad 5: El camino que recorre la luz para crear los datos astronómicos.

Los datos astronómicos son el producto final de la luz procedente de los objetos celestiales recogida por colectores (telescopios), tras pasar por varios instrumentos (elegidos en función del objetivo científico que se pretenda) colocados en el plano focal (del telescopio).

Los fotones (partículas de la luz) de los objetos celestes impactan al final de su viaje en los detectores ([semiconductores](#)) de los instrumentos creando fotoelectrones. Estos fotoelectrones son movidos hacia una zona de almacenamiento y volcados en lo que llamamos datos astronómicos (imágenes, espectros) que se almacenan en gigantescos archivos científicos (por ejemplo los de la Agencia Espacial Europea, ESASky).

#### Actividad 5.1: Colectores Astronómicos

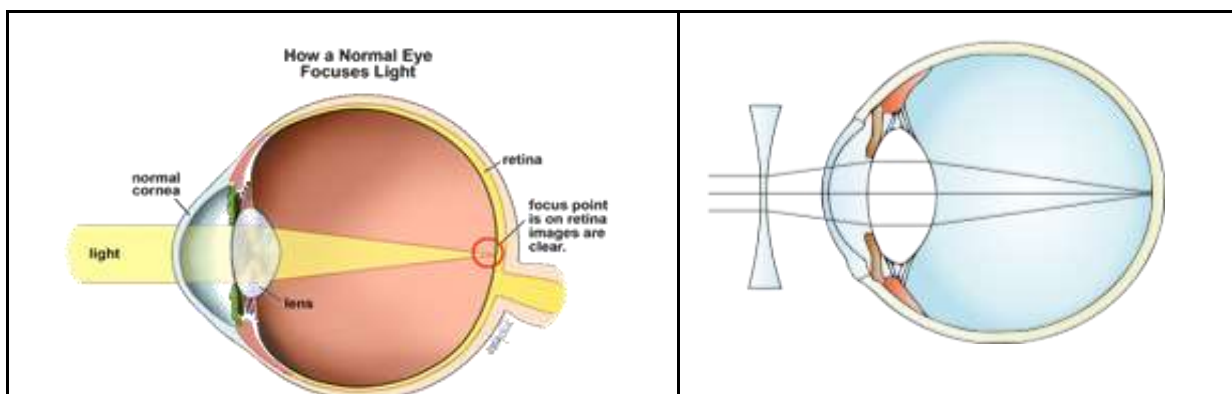
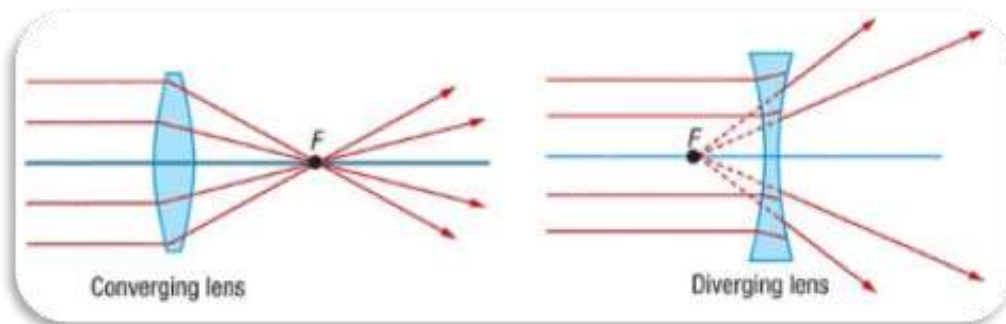


Figura 14: Representación del camino de la luz dentro del ojo desnudo (a la izquierda) y con una lente delante del ojo (a la derecha). Créditos: Wikipedia

La óptica y las lentes son esenciales en nuestra vida diaria para poder ver.

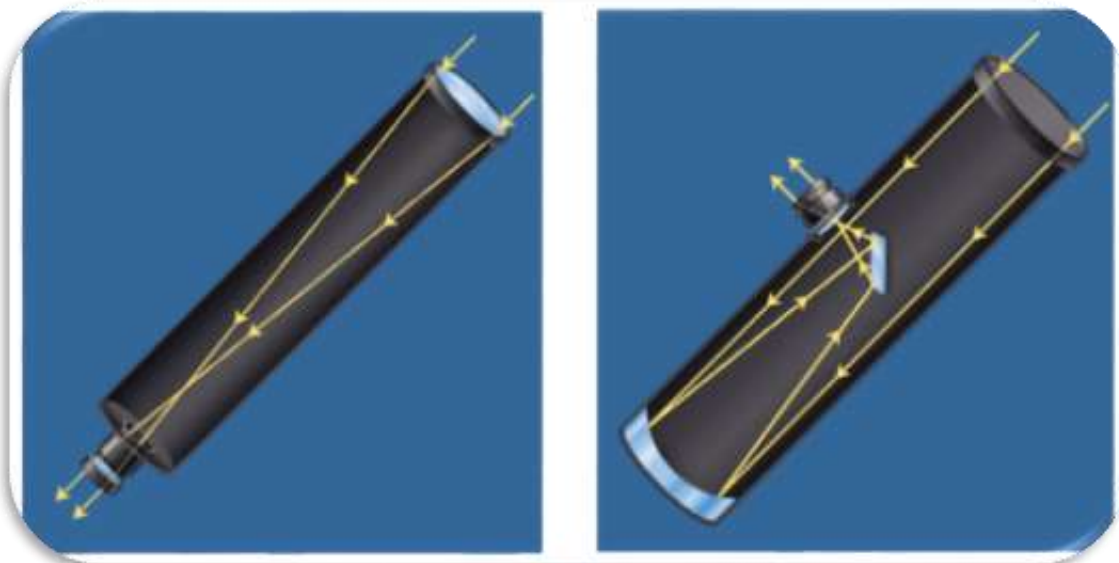
**Las lentes son instrumentos ópticos que cambian la dirección de la luz, por refracción.** Es el hecho de que la luz atraviesa un medio curvado, o inclinado, lo que hace que el foco de la luz cambie. Como muestra la Figura 15, podemos diferenciar entre:

- **Lentes convergentes:** Los rayos de luz convergen, focalizándose en un punto.
- **Lentes divergentes:** bifurcan la luz y dispersan los rayos.



*Figura 15: Diagrama de camino de la luz en lentes convergentes y divergentes. (Créditos: pinterest.com)*

Algunos telescopios (tipo refractor) usa un sistema de lentes y el camino de la luz a través de este opera del mismo modo que tus ojos, gafas y microscopios. **Los telescopios profesionales y misiones espaciales ([las misiones ESA](#)) usan un sistema de espejos (tipo reflector)** permitiéndoles ser mucho más ligeros (y no tener que corregir de [aberraciones cromáticas](#)). La Figura 16 nos muestra los distintos caminos de la luz en un telescopio refractor y uno reflector.



*Figure 16: Camino que recorre la luz en un telescopio refractor (izquierda) y en uno reflector (derecha). (Créditos: <https://www.chegg.com>)*



**Nuestros ojos están adaptados a la luz visible** porque esta es la luz del Sol que llega a la superficie terrestre. La mayoría de la luz del espectro electromagnético, fuera de la luz visible la llamaremos **luz invisible**, parte de la cual es bloqueada por la atmósfera, afortunadamente pues podría ser perjudicial para nosotros.

La Figura 17 proporciona información sobre ventanas en las que la atmósfera es transparente, dejando que la luz la atraviese para ese color (longitud de onda) y las zonas para las que la atmósfera hace de barrera (marcadas en la Figura 17 en marrón) impidiendo completamente o de manera parcial la entrada de la luz a ese color (longitud de onda).

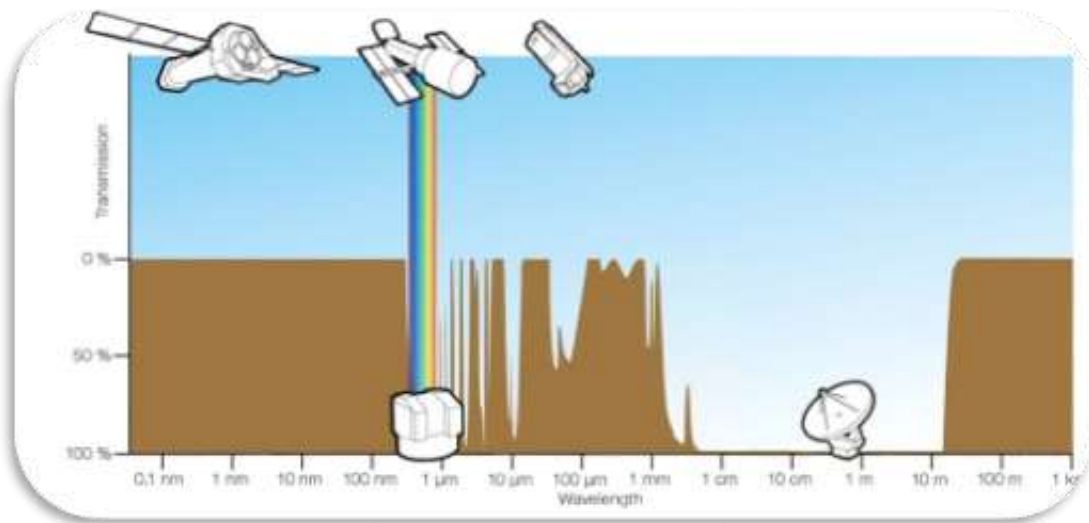


Figura 17: Ventanas de transmisión de la atmósfera (Créditos: <https://gisgeography.com/atmospheric-window/>)

Por este motivo, los astrofísicos necesitamos observar y estudiar el Universo (para esas longitudes de onda en particular) con telescopios a bordo de misiones espaciales. Además, la luz visible que observamos desde la Tierra puede ser vista desde el espacio sin las distorsiones causadas por la atmósfera, aumentando así la calidad y detalle de los datos astronómicos.

- Escribe aquí qué has aprendido de los colectores (tipos)

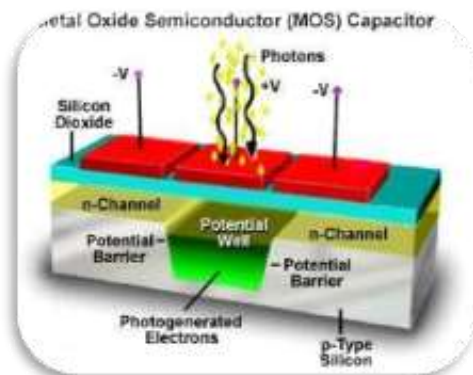
## Actividad 5.2: Detectores Astronómicos

Aparte del ojo, también usamos cámaras, como la de nuestro móvil, que guardan en memoria los datos registrados en sus detectores. Los detectores trabajan siguiendo las bases del [efecto fotoeléctrico](#) (imagen de la izquierda de la Figura 18), que consiste en la activación de un electrón de un material cuando un fotón (la partícula de la luz), impacta en su superficie. Este efecto tiene lugar en cada [pixel](#) de la cámara ó elemento de resolución.



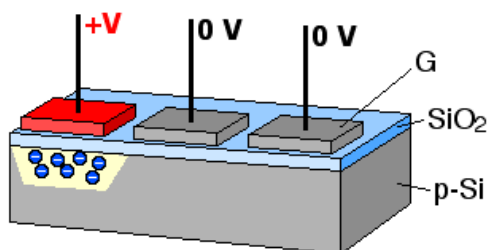
**Figura 18:** (izq) efecto fotoeléctrico, (dera) Cámara de teléfono. (Créditos: Wikipedia, CreativeCommons)

Los detectores usados en astronomía profesional y en toma de imágenes, basados en el efecto fotoeléctrico, reciben el nombre de [Dispositivos de Carga aCoplada](#) (CCDs).



**Figura 19:** Version simplificada 3D de un CCD. (Créditos: <https://www.pinterest.ph/pin/414401603183351217/>)

Las cámaras CCD convierten la señal digital en eléctrica cuando un fotón incide en la cámara (cubierta con un material conductor, como silicio) y transfiere su energía a un electrón (que recibe el nombre de fotoelectrón). Esta energía cedida es la que hará que el electrón supere el salto energético (de Si *n* a Si *p*).



**Figura 20:** Transferencia en un CCD de los paquetes cargados a la zona de lectura. (Créditos: Wikipedia)

Los fotoelectrones (partículas cargadas en el extremo Si *p* edge) son recogidos en paquetes y trasladados, por corriente eléctrica a un extremo del detector llamados *área de lectura*.

Un conversor de analógico a digital (ADC) transforma el valor de cada pixel en un digital (en formato binario).

Los detectores más modernos [CMOS type](#), son versiones mejoradas de los CCDs (emplean varios transistores para amplificar cada píxel, emplean filtros de colores y mueven la carga empleado conectores más tradicionales).

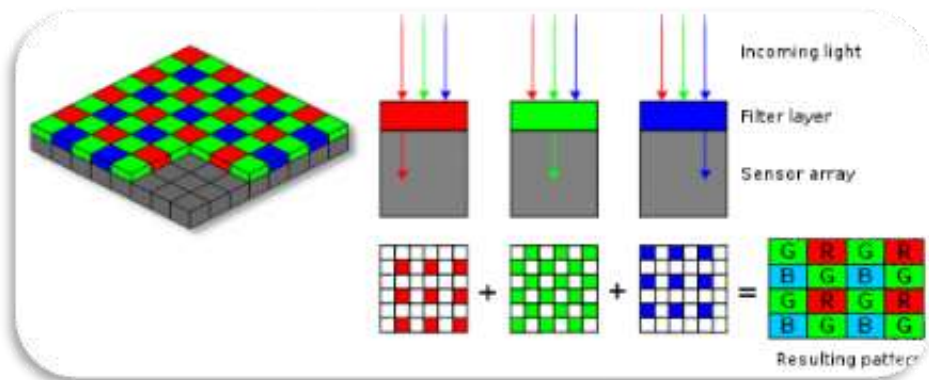


Figura 21: Detectores tipo CMOS. (Créditos: <https://www.einfochips.com>)

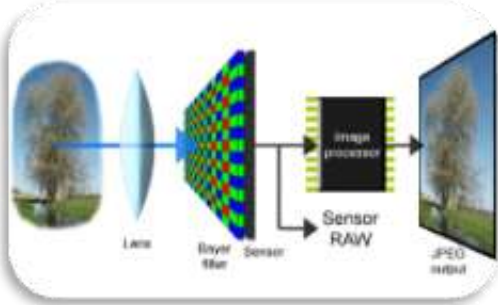
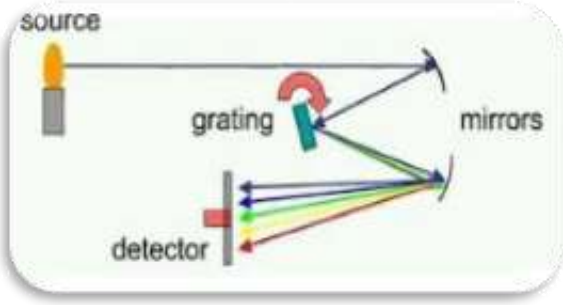
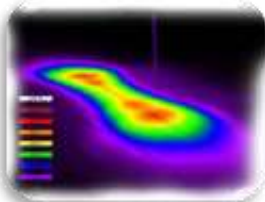
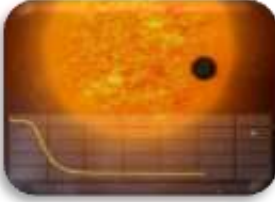
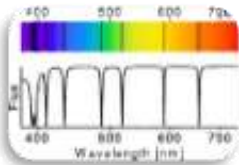
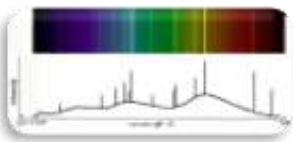
Si quieres saber más de las diferencias entre ambas tecnologías mira este [video](#).

Algunas misiones, como la misión de la Agencia, Herschel llevaba a bordo bolómetros (Figura 22), en vez de cámaras CCDs.

<p><b>Bolómetros:</b></p> <p>Dispositivos capaces de medir el poder de la luz incidente que registran el calor del material a través de una resistencia eléctrica dependiente de la temperatura.</p>	<p><b>Rueda de filtros.</b></p> <p>Una rueda con varios filtros ópticos en ella. El filtro óptico es el dispositivo que transmite la luz en un rango de longitudes específico. Estos filtros pueden tener un área de funcionamiento (eficiente) ancho o estrecho.</p>
<p>Figura 22a: Esquema del concepto de bolómetro. (Créditos: Wikipedia)</p>	<p>Figura 22 b: Filtros de banda ancha y estrecha. (Créditos: World J Gastroenterol)</p>

- ¿Qué has aprendido de los detectores?

Llamamos **datos astronómicos** a la luz de un objeto astronómico, recogida por un detector especial tras haber recorrido el camino de un telescopio y haberla hecho pasar por un instrumento en su plano focal. En términos generales, los astrónomos usan dos tipos principales de datos astronómicos: imágenes (salida de las **cámaras**) y espectros (salida de los **espectrómetros**).

<p><b>Fotometría:</b></p> <p>La técnica de medir la cantidad de fotones (brillo) y su distribución espacial (líneas de flujo) de objetos astronómicos, en imágenes.</p> <p>Esta medida puede realizarse en una única medida o varias, permitiéndonos este último modo detectar variaciones en el tiempo (si existen) en la cantidad de luz recibida usando de una gráfica que llamamos <i>curva de luz</i>.</p> <p>Para la <i>detección de planetas extrasolares</i> podemos hacer una curva de luz e intentar detectar <i>tránsitos</i>. Si el planeta extrasolar es lo suficiente grande, y su órbita se encuentra en la línea de visión del observador, se pueden detectar variaciones en la cantidad de luz recibida si el planeta se encuentra delante, al lado o detrás de su estrella (Figura 23c).</p>	<p><b>Espectroscopia:</b></p> <p>La técnica de identificar los diferentes elementos químicos en una fuente (objeto celeste) a través del código de barras que sus transiciones generan en el espectro electromagnético.</p> <p>Rendijas y prismas son elementos empleados en separar (dispersar) la luz de los objetos celestes en colores (longitudes de onda ó frecuencias).</p> <p>Si en el espectro de una fuente encontramos líneas oscuras (de absorción) es porque la luz de la fuente es absorbida por un elemento más frío en su camino y nos indica cuál es ese elemento (Figura 23e).</p> <p>Si detectamos líneas brillantes podemos ver lo contrario, que el gas fue excitado y la emisión de fotones al volver a estados de energía más estables (Figura 23f)</p>		
 <p>Figura 23a: Representación de modo de funcionamiento de una cámara (Créditos: <a href="#">WordPress</a>)</p>	 <p>Figura 23d: Representación de modo de funcionamiento de un espectrómetro (Créditos: <a href="http://www.quimicaorganica.net/esquema-espectrofot%C3%B3metro.html">http://www.quimicaorganica.net/esquema-espectrofot%C3%B3metro.html</a>)</p>		
 <p>Figura 23b: Curvas de nivel de intensidad (o de flujo). (Créditos: <a href="#">wikipedia</a>)</p>	 <p>Figura 23c: Curva de luz para la detección de planetas extrasolares por el satélite CHEOPS. (Créditos: <a href="#">ESA</a>)</p>	 <p>Figura 23e: Espectro atómico con líneas de absorción (Créditos: <a href="#">UCLA</a>)</p>	 <p>Figura 23f: Espectro atómico on líneas de emisión. (Créditos: <a href="#">Universe today</a>)</p>

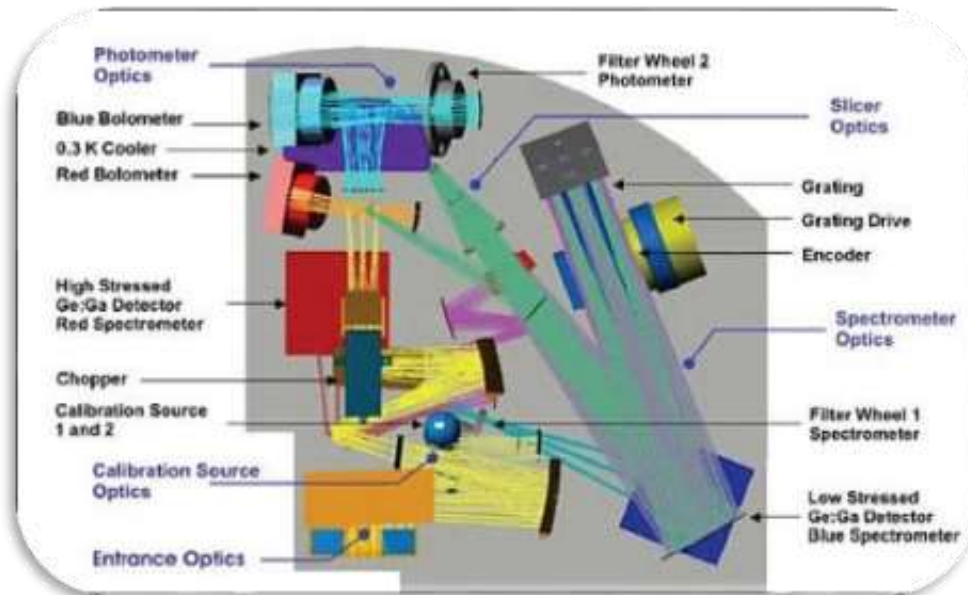


Figura 24: Camino de la luz para la misión de la Agencia Espacial Europea, Herschel, en particular para el instrumento PACS. (Créditos: ESA/MPE)

Los datos astronómicos tomados por el instrumento son calibrados, usando objetos astronómicos conocidos y/o fuentes de emisión interna de referencia para ello, para transformarlos a valores con unidades físicas entendibles (i.e, del Sistema de Unidades Internacionales). Estos datos astronómicos se suelen guardar en formato de tablas, llamado [FITS](#) (que en inglés son las siglas de Flexible Image Transport System).

### Actividad 6: Objetos astronómicos

En esta sección vamos a hacer **un tour sencillito desde las estrellas, como nuestro Sol, a los cúmulos (agrupaciones unidas gravitacionalmente) de galaxias** (Figura 25)

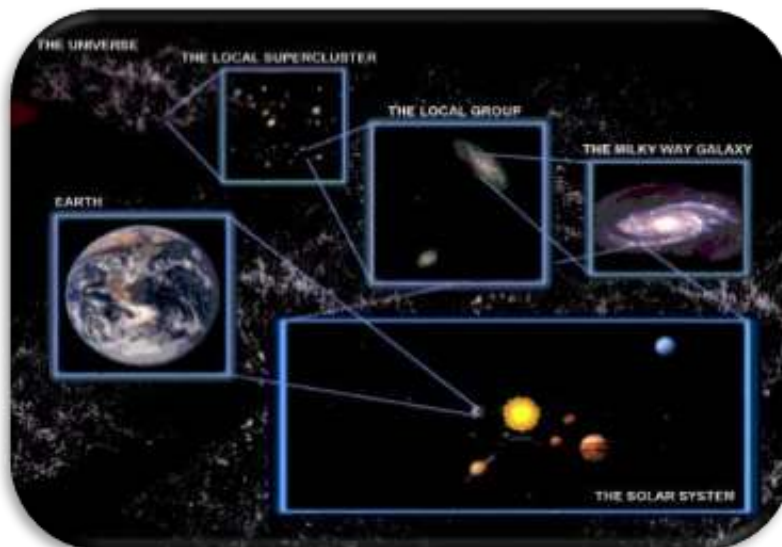
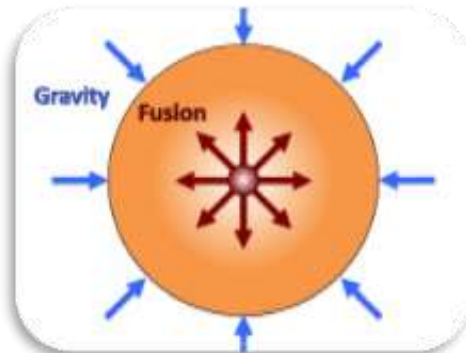


Figura 25: Escala del Universo. (Créditos: National Geographic)



### Actividad 6.1: Estrellas

Las estrellas, como nuestro Sol, son grandes bolas de gas en estado de plasma. Se mantienen unidas por fuerzas gravitacionales, llegando a alcanzar en su centro (núcleo) temperaturas tan elevadas (de millones de grados Kelvin) que permiten que tengan lugar reacciones nucleares. De este modo las fuerzas de contracción (gravedad) y las de expansión (presión del gas) se equilibran.



*Figura 26: Balance de fuerzas en el comienzo en el que nace una estrella. (Créditos: <http://large.stanford.edu>)*

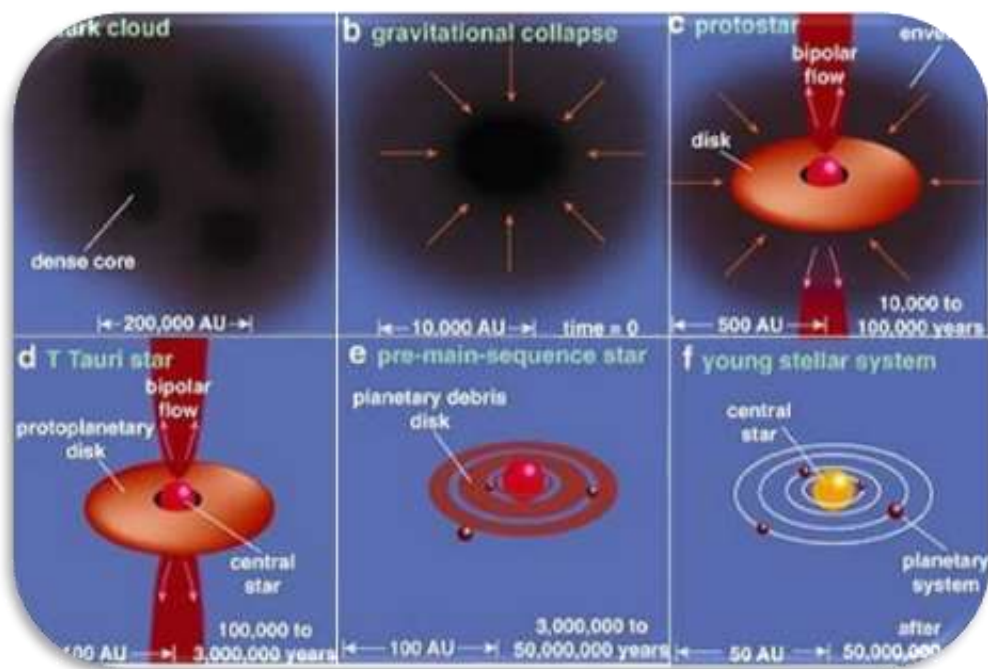
Al principio comienzan a quemar deuterio, pero no diremos que **ha nacido una estrella** hasta que en su núcleo no comience a convertirse el hidrógeno en helio.

La [Actividad 6.1.1](#) explica un poco más en detalle el proceso de formación estelar y la [Actividad 6.1.2](#) los procesos en la evolución estelar

Para familiarizaros con los diversos tamaños de las estrellas os animamos a ver este rápido [video](#).

#### Actividad 6.1.1: De nubes moleculares a estrellas

La Figura 27 muestra el proceso de formación estelar:



*Figura 27: El proceso de la formación estelar. (Créditos: SPITZER)*

**La teoría de formación estelar de Sir James Jeans** proponía que nubes moleculares frías y densas, en equilibrio hidrostático, podrían colapsar por fuerzas gravitacionales, rompiéndose en fragmentos más pequeños (“*conglomerados*”) con masa similar a la de las estrellas (Figura 27a).

Cada uno de esos “*conglomerados*” continuará colapsando y se convertirá en un núcleo más denso y más caliente, llamado **protoestrella** (Figuras 27b a 27c). Por conservación del momento angular, la materia acreta comienza a girar hacia la protoestrella formando un disco, perpendicular a su dirección de giro.

La Figura 27c muestra que el material acreta cae de la envoltura al disco y desde aquí es acreta por la protoestrella. Parte de dicho material es expulsado en forma de chorros bipolares que se pueden detectar en rayos X (cerca de la protoestrella) y a longitudes de onda de radio (a mayores distancias).

Cuando la temperatura en el centro del sistema es suficientemente caliente comienzan las reacciones nucleares. Es la presión de radiación la que detiene la acreción de la protoestrella y dispersa el material entorno a ella (Figura 27d). Como hemos comentado, una protoestrella se convierte en estrella cuando comienza a quemar hidrógeno en su núcleo.

Los planetas son parte del proceso de formación estelar (Figura 27e y 27f), como un producto final de la evolución del disco protoplanetario en un sistema planetario.

**El satélite ESA/NASA Herschel** detectó estructuras filamentosas en nubes moleculares (Figura 28), que corresponden con zonas densas de gas y polvo que pueden extenderse a escalas pequeñas y grandes. Se cree que se forman estas estructuras por una combinación de choques de compresión (colisiones en el material, tal vez causadas por la explosión de una supernova cercana) y la propia gravedad. Las zonas brillantes de la Figura 28 muestran las regiones de formación estelar, donde el material es más denso y más caliente.



**Figura 28:** La nebulosa del Águila observada por Herschel. (Créditos: Proyecto ESA/Herschel/PACS, SPIRE/Hi\_CAL. Agradecimientos: G.Li Causi, IAPS/INAF)

Actividad 6.1.2: La evolución de las estrellas

Las estrellas, como los humanos, pasan por varias fases durante su vida (Figura 29).

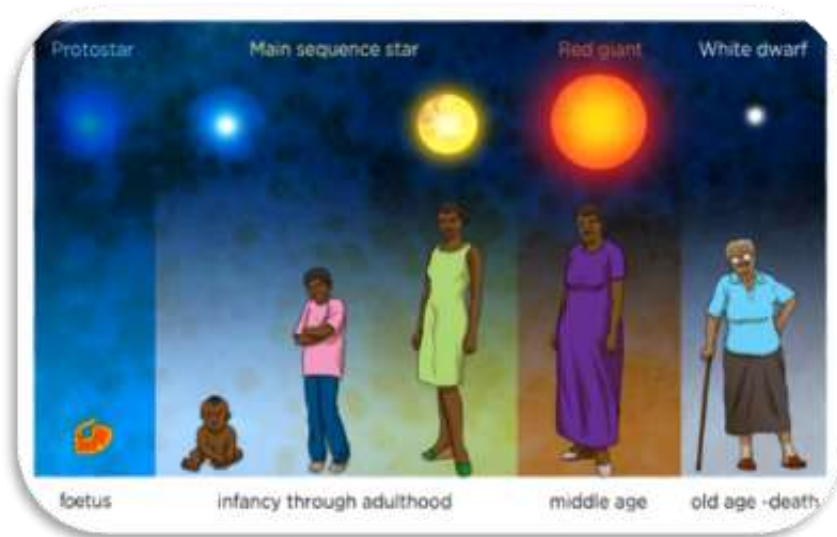


Figura 29: Ciclo de vida las estrellas de baja masa (Créditos <https://www.siyavula.com/>)

El tipo de fases y su duración depende principalmente de la masa de la estrella cuando se formó (o **masa inicial**). Las estrellas quemarán hidrógeno en su núcleo (obteniendo helio) durante su fase de **secuencia principal**. Cuando el hidrógeno del núcleo se agota, la presión de radiación no es capaz de compensar el efecto de colapso gravitacional y las capas externas de la estrella que caen hacia las capas más internas rebotan y se expanden. Es en este momento en el que la estrella abandonará la fase de secuencia principal para encontrarse en la fase de **gigante roja**. El colapso del núcleo aumenta la temperatura, iniciando reacciones nucleares.



Figura 30: Ciclo de vida las estrellas en función de su masa (Créditos <http://estrellario.com/>)

Las estrellas de baja masa continúan teniendo reacciones nucleares hasta que todo el núcleo se transforma en carbono (no tienen suficiente masa para aumentar la temperatura de su centro y comenzar la combustión del carbono). Las capas externas de la estrella escapan al medio y formarán, lo que se llama, **una nebulosa planetaria**, al tiempo que su núcleo se hace más denso y frío, convirtiéndose en una **enana blanca** y posteriormente una enana negra.



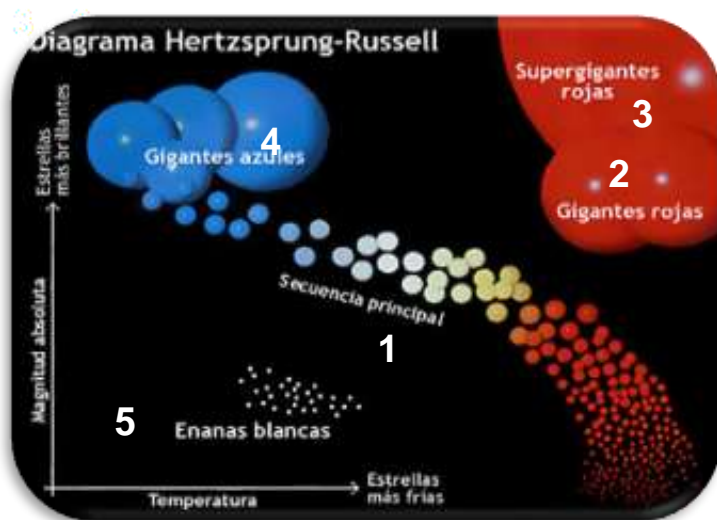
Las estrellas de masa intermedia y alta masa son capaces de aumentar la temperatura de su núcleo y continuar con las reacciones nucleares más allá del carbono. Estas estrellas también se expanden y evolucionan a **supergigantes rojas o azules**, en función de su masa. Terminarán su vida con procesos muy violentos, llamados **supernovas**, convirtiéndose sus núcleos en una **estrella de neutrones** o un **agujero negro**, dependiendo también de la masa residual de su centro.

En general, se dice que cuando una estrella no es capaz de continuar con las reacciones nucleares en su núcleo, es **la muerte de una estrella**. Cuanto mayor sea la masa inicial de una estrella más rápido consume el combustible en su núcleo, viviendo estrellas masivas unos ~100 000 años frente a los ~1000 000 000 años de vida de estrellas menos masivas. **Clasificamos las estrellas por Poblaciones**. Las más jóvenes son *Población I* y las más viejas *Población III* (en línea con la tercera edad que empleamos para ancianos).

### Diagrama Hertzsprung-Russel:

Los astrónomos usan el **diagrama de Hertzsprung-Russel (H-R)** para identificar los ciclos de vida de las estrellas. La representación standard de este diagrama compara la cantidad de luz emitida por un objeto (luminosidad<sup>3</sup>) frente a la temperatura de la estrella (en Kelvins).

De un modo sencillo, podemos identificar que las estrellas pasan por cinco estados evolutivos principales, que se pueden identificar en el diagrama H-R (Figura 31). Aquí los mencionamos, escribiendo entre paréntesis su nombre en inglés tal y como se muestra en la Figura 31.



*Figura 31: Diagrama Hertzsprung-Russel. (Créditos: <https://www.blogodisea.com/diagrama-h-r-hertzsprung-russell.html>)*

1. **Secuencia Principal (Main-sequence):** Fase más estable en la vida de la estrella
2. **Gigantes rojas (Red giants):** estrellas evolucionadas de baja-masa
3. **Supergigantes rojas (Super red giants):** estrellas evolucionadas de masa-intermedia
4. **Gigantes azules (blue giants):** estrellas masivas
5. **Enanas blancas (White dwarfs):** estrellas muertas tamaño Tierra

<sup>3</sup> ([Glosario SEA para luminosidad](#))

Actividad 6.1.2.1:

Vamos a jugar con el simulador [star in a box](#) (una estrella en una caja) para entender mejor la vida de las estrellas.

1. Mira este [video tutorial](#) para ver cómo usar el simulador y la información que muestra.
2. Introduce el valor de la **masa inicial** en la región 1 de la Figura 32. (**Recuerda que el parámetro fundamental en la evolución de una estrella es su la masa inicial**).
3. **Observa la variación de los siguientes parámetros** durante la vida de la estrella (a la que le has dado una masa inicial) en la Figura 32:
  - **Edad** (indicada en la región 2).
  - **Fase de la estrella** (indicada en la región 3)
  - **Tamaño, Temperatura, Brillo, Tiempo en la secuencia principal, Masa restante** (indicado en la región 4)
4. Comprueba la variación de algunas propiedades de la estrella durante su vida (región 5)



Figure 32: Aplicación una estrella en una caja. (Créditos: Observatorio de Las Cumbres)

5. Rellena en la Tabla 7.1 los resultados obtenidos con el simulador para las distintas fases de una estrella de 1 masa solar.

Fase de la estrella	Radio (en radios solares)	Temperatura (K)	Edad (miles de millones de años)
Secuencia principal (Main Sequence)	1.7		
Gigante roja (Red giant)		~ 5 600	
Enana blanca (White dwarf)		Enfriando	Mucho tiempo

Tabla 7.1 Propiedades de las fases evolutivas para una estrella de 1 masa solar.



6. Rellena en la Tabla 7.2 los resultados obtenidos con el simulador para las distintas fases de una estrella de 20 masas solar.

Fase de la estrella	Radio (en radios solares)	Temperatura (K)	Edad (millones de años)
Secuencia principal (Main Sequence)	15.6		
Supergigante roja (Super red giant)		~ 27 000	
Estrella de neutrones (Neutron star)	< 0.01	Enfriándose desde una temperatura de 2 000 000	

*Tabla 7.2 Propiedades de las fases evolutivas para una estrella de 20 masas solares.*

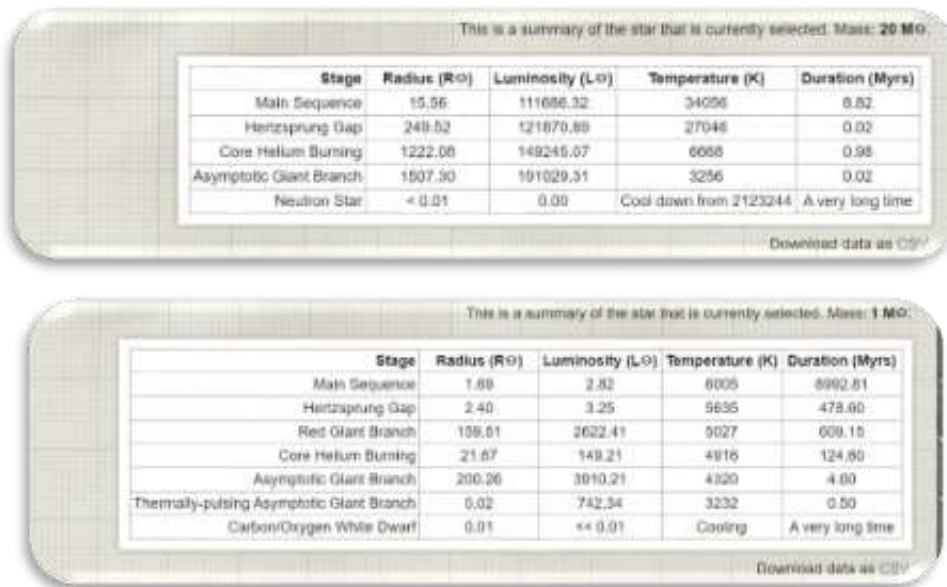
7. Rellena la Tabla 7.3 para una estrella con una masa inicial de 30 masa solares. **Pista:** Lee la información de la Tabla de Datos (región 5) eligiendo la opción “Normal”

Fase de la estrella	Tamaño (radios solares)	Temperatura (K)	Edad (millones de años)
Secuencia principal (Main sequence)			5.95
Gigante roja (Red giant)	114.88		
Gigante azul (Blue giant)			0.18
Agujero negro (Black hole)		<< 1	Mucho tiempo

*Tabla 7.3: Propiedades de las principales fases de la vida de una estrella con masa (inicial) de 30 masas solares*

8. **(Opcional para Fase 4)** Graba un video sencillito explicando cómo evoluciona una estrella de 30 masas solares. **Nota:** Hay extensiones como [Screencastify](#), [Windows cast](#), [OBS Project](#) o [YouTube video](#), que puedes usar.

Si hubiéramos elegido en la aplicación “Estrella en una caja” la opción Avanzada, la información en las Tablas 7.1 and 7.2 sería la mostrada en la Figura 33. En ella vemos que las estrellas pasan por varios estados intermedios desde la Secuencia Principal a la fase de gigante roja, como salto de Hertzsprung, rama de las gigantes rojas, quemado de núcleo de helio, rama asintótica de las gigantes, rama asintótica de las gigantes térmicamente pulsantes, como se ve en la Figura 33.



**Figura 33:** Resultado de las Tablas de Datos al elegir el modo avanzado en la aplicación “una estrella en una caja” para las estrellas de 1 y 20 masas solares. (Créditos: Observatorio de las Cumbres).

### Actividad 6.1.3: Cúmulos de estrellas:

Estrellas unidas gravitacionalmente reciben el nombre de **cúmulos estelares**. Llamamos **cúmulos abiertos** a los agrupamientos de estrellas jóvenes (~ 100 mega-años), mientras que los **cúmulos globulares** son agrupamientos, más densos, de estrellas rojizas más viejas (~ 10 giga-años). La Figura 37 muestra la distribución de las estrellas jóvenes (Población I) y viejas (Población III) en nuestra galaxia.

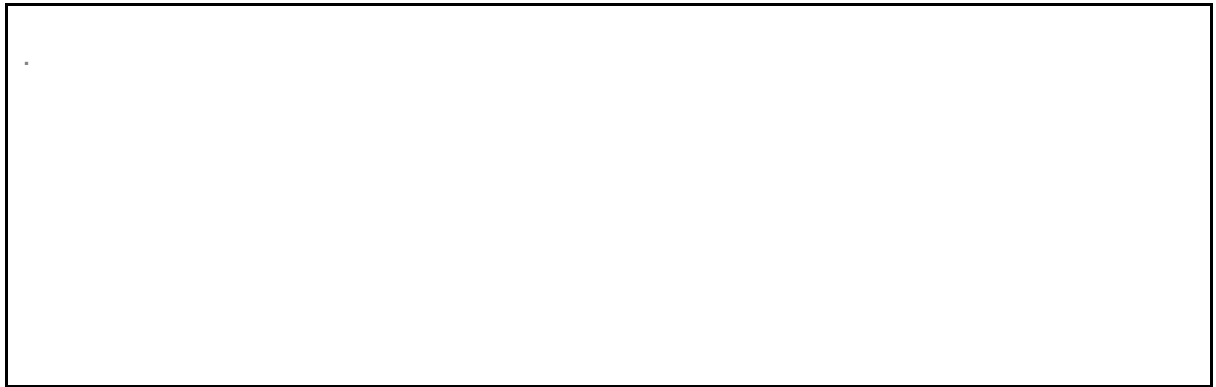
Los cúmulos de estrellas (Figura 34) **se forman de una misma nube molecular**, teniendo por ello sus estrellas un rango parecido de edades, composición química y distancia a nosotros. Son por ello excelentes lugares donde estudiar la formación estelar, siendo la masa inicial de las estrellas la principal diferencia entre ellas.



**Figura 34:** Cúmulo de estrellas Westerlund 2. (Créditos: NASA/ESA, el Equipo de Hubble Heritage (STScI/AURA), A. Nota (ESA/STScI), y el Equipo científico Westerlund 2).



Mira [este video de ESA de Gaia](#) y cuéntanos cómo encuentras un cúmulo?



- Ejecuta la [Actividad 9.2](#) para inspeccionar datos científicos reales de estrellas en los archivos de las misiones espaciales ESA (ESASky).
- Para más detalle, recomendamos leer el monográfico CESAR “[la evolución de las estrellas](#)”.

### Actividad 6.2: El Medio Interestelar (ISM)

Entre las estrellas se encuentra material difuso, llamado **Materia Interestelar (ISM)**. Ésta consiste en **gas (99%) y polvo (1%)**, principalmente en la forma de nubes o nebulosas.

**Entorno al 75% del gas interestelar se encuentra en forma de hidrógeno, y del 25% restante la mayoría como helio.** Este gas es extremadamente frío ( $\sim 10$  K)<sup>4</sup> y diluido, en torno a 1 átomo por centímetro cúbico (mientras que el aire que respiramos tiene una densidad de unas 30 000 000 000 moléculas por centímetro cúbico). Sin embargo, a pesar de la densidad tan baja, la cantidad de materia no es tan baja cuando tenemos en cuenta las grandes distancias entre dos estrellas.

**El polvo interestelar** no es como el polvo que podrías encontrarte bajo tu cama. Contiene principalmente silicatos, hierro, carbón y hielo sucio. Las partículas de polvo tienen formas irregulares y muy pequeñas, entorno a una fracción de micrómetro (que coincide con el tamaño de la longitud de onda de la luz azul), y tiene una temperatura de en torno a 100 K.

#### Actividad 6.2.1: Los efectos del material interestelar

El medio interestelar puede ser estudiado en el visible debido a su interacción con la luz de las estrellas. El motivo es que el tamaño típico de los granos de polvo (del orden de una fracción de micrómetros) es muy parecido a la longitud de onda en el visible, en particular en la luz azul y violeta. **Los granos de polvo son capaces de absorber y dispersar la luz visible haciendo que una región del espacio aparezca vacía.** Si la misma región es observada en luz de infrarrojo cercano, al ser longitudes de onda mayores que el tamaño de los granos de polvo, todas las estrellas de dentro de las nubes y detrás de ellas que eran ocultas en el visible, son ahora reveladas.

---

<sup>4</sup> El medio interestelar contiene hidrógeno en estado atómico, molecular e ionizado en función de los procesos que tienen lugar en las nubes moleculares, que tienen en cuenta la combinación de fuerzas gravitacionales, campos magnéticos, turbulencias, termodinámica y contribución estelar. En función de estos procesos la temperatura de una región a otra puede oscilar entre 10 K -10<sup>8</sup> K. ([Glosario SEA para medio interestelar](#))



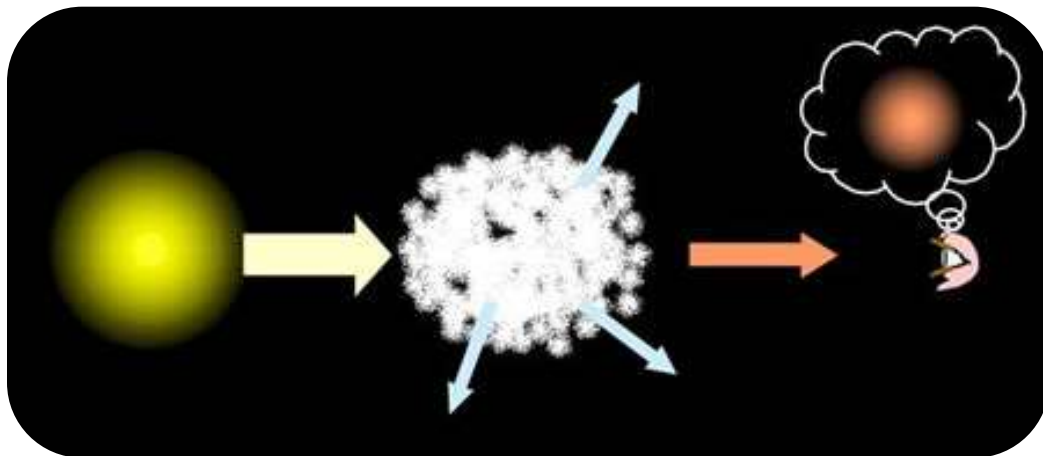


Figura 35: Efectos del medio interestelar: Una estrella detrás de este medio aparecerá más rojiza y débil de lo que en realidad es. (Créditos: COSMOS, la Enciclopedia SAO de Astronomía)

A menudo esta absorción y dispersión no es total, y algunas estrellas son aún visibles en las imágenes ópticas. Sin embargo, como la luz azul es más propensa de sufrir estos efectos que la luz rojiza, las **estrellas aparecen más rojizas y débiles de lo que en realidad son**, al ser la luz azul absorbida y re-emitida también a longitudes de onda más largas (rojizas).

Estos dos fenómenos, que se muestran en la Figura 35, son conocidos como **enrojecimiento interestelar y extinción óptica**, respectivamente, y tienen consecuencias importantes en las medidas que los astrónomos, conduciéndoles a estimaciones erróneas de las propiedades y distancias de las estrellas

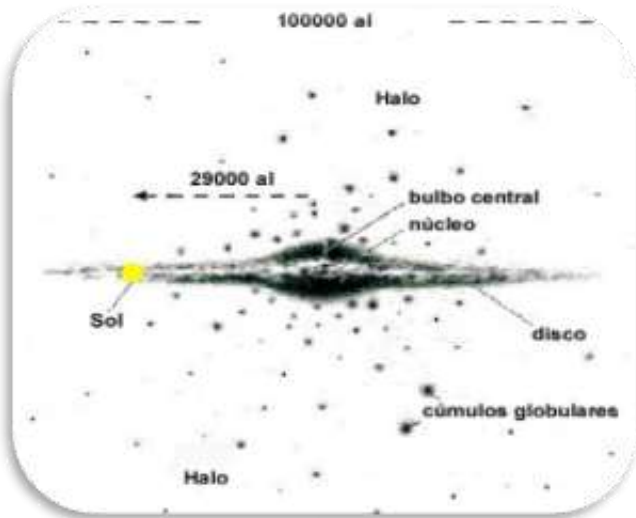
- Comprueba si has entendido lo leído en esta sección

#### El medio interestelar:

- Es un 99 % de gas, estando compuesto por un 75% de ..... y un 25% .....
- Es un 1 % es polvo, con una temperatura entorno a .....
- Los granos de polvo están hechos de .....y .....
- El tamaño de los granos de polvo que afectan a la luz (Pista: Figura 7 como ayuda):
  - .....cuando bloquean la luz visible
  - .....cuando bloquean a la luz ultravioleta.
- El efecto del medio interestelar en las imagines puede ser:
  - .....
  - .....
  - .....
  - .....

- Ejecuta la [Actividad 9.5](#) para ver estos efectos en datos científicos reales de los archivos de las misiones espaciales ESA (ESASky).
- Para más detalle, recomendamos leer el monográfico CESAR sobre [“el medio interestelar”](#)

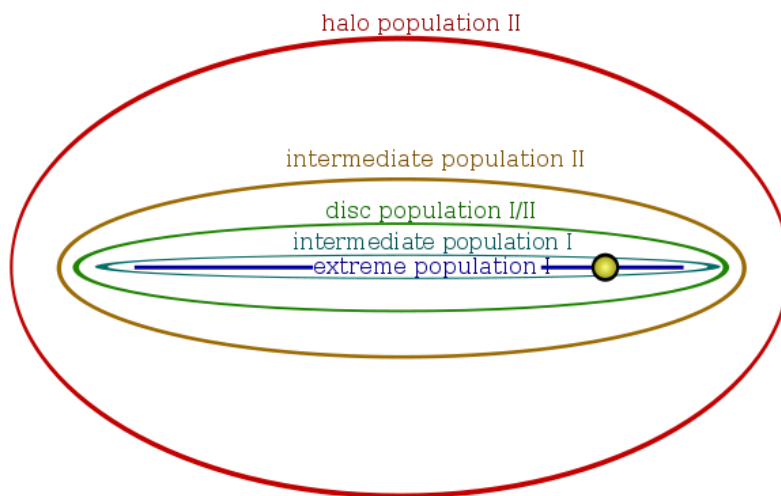
### Actividad 6.3: Galaxias



**Figura 36:** Anatomía de la Vía Láctea. (Créditos: <http://www.astronomia.net/cosmologia/galaxias.htm>)

Estrellas y nubes unidas gravitacionalmente forman las **galaxias**. La Figura 36 muestra la anatomía de nuestra galaxia, la Vía Láctea, que es una galaxia espiral. Nuestra galaxia contiene una parte central, llamada **bulbo**, un **disco** y una región menos densa llamada **halo**. También tienen una estructura en forma de barra en el disco (**galaxia espiral barrada**). No todas las galaxias tienen todas estas zonas. Para ampliar información sobre las galaxias os recomendamos visitéis el [Cuadernillo de CESAR sobre galaxias](#).

La Figura 37 muestra un ejemplo de cómo se distribuyen las estrellas en nuestra galaxia, por edad, siendo la Población III la de las estrellas más antiguas y la Población I la de las estrellas más jóvenes.



**Distribution of Star Populations in Milky Way**

**Figura 37:** Distribución de las estrellas por edad (o Población) en nuestra. (Créditos: [www.quora.com](http://www.quora.com))

Las estrellas azules son jóvenes y masivas mientras que las estrellas rojas pueden ser (tal como vimos en la [Actividad 6.1.2](#)) estrellas jóvenes o viejas de baja masa.

Debido a que sólo las estrellas más masivas y luminosas contribuyen significativamente a la luminosidad de una galaxia, podemos decir que en las zonas más rojizas de una galaxia se encuentran las estrellas más viejas y en las zonas más azules el gas caliente de las estrellas jóvenes. **En términos generales, encontramos que las estrellas más jóvenes se encuentran entorno al disco y las más viejas en los halos.** Los bulbos de las galaxias espirales son de color blanquecino-amarillo, pues contienen estrellas de edades diferentes.

En los años 20, Edwin Hubble clasificó las galaxias en función de su forma en elípticas, lenticulares y espirales. Actualmente (Figura 38), los astrónomos clasifican las **galaxias en elípticas, espirales (con barra – barradas ó sin barra) e irregulares.**



*Figura 38: Tipos de galaxias en función de su forma en luz visible: elípticas, espirales, irregulares. (Créditos: ESA/NASA Hubble)*

**Nota 1:** Las galaxias suelen contener un agujero negro supermasivo en su centro, en la mayoría de los casos en estado activo.

**Nota 2:** La primera evidencia de **materia oscura fue encontrada por Vera Rubin** a finales de los años 70, al detectar que la velocidad de las estrellas en los extremos de la galaxia Andromeda no disminuía respecto a la de estas en otras partes de la galaxia, sino que se mantenía constante, lo cual iba en contra de las leyes de Newton. Por este motivo, se llegó a la conclusión de que el tamaño de los halos puede ser hasta 10 veces mayor de lo detectado por luz, **conteniendo los halos grandes cantidades de materia oscura. Este [video](#) es muy interesante para ver cómo tuvo lugar el descubrimiento de Vera Rubin.**

- Ejecuta la [Actividad 10.4](#) para analizar los datos científicos de galaxias tomados por las misiones espaciales de ESA (con ESASKy).



## Actividad 7: La exploración del Universo por la Agencia Espacial Europea

La Agencia Espacial Europea tiene una flota de misiones científicas observando el Universo. Estos satélites llevan a bordo instrumentos como los mencionados en la [Actividad 5](#).

1. Echa un vistazo a la flota de misiones científicas de la Agencia Espacial Europea que observan el cosmos (Figura 39) y completa la Tabla 8 con el nombre de la misión espacial que es capaz de observar la luz a ese tipo de color o de longitud de onda.



Figura 39: [Flota de observadores del cosmos de la Agencia Espacial Europea](#). (Créditos: ESA)

Tipo de luz	Misiones ESA
rayos X (blandos)	
Ultravioleta	
óptico (visible)	Gaia, Hubble, Cheops
Infrarrojo cercanos	
Infrarrojo lejano	
Submilimétricas (microondas cortas)	

Tabla 8: Tipos de luz observada por varias misiones de ESA



Los datos astronómicos recogidos por las misiones de la Agencia Espacial Europea son limpiados y calibrados por sus “pipelines” listo para su uso y análisis científico en los archivos de ESA en ESAC (Centro Europeo de Astronomía Espacial, en Villanueva de la Cañada, Madrid, España), Figure 40.

A través de [ESASky](#) no sólo los datos astronómicos de las misiones de la Agencia son proporcionados, sino que también aquellos de telescopios de tierra y otras agencias espaciales que colaboran con ESA, así como acceso a catálogos y bases de datos astronómicas frecuentemente empleadas por los astrónomos.



*Figura 40: ESAC. Créditos: ESA*

El [Equipo de ESASky](#) que pertenece al [Equipo ESDC](#), con sede en ESAC, ha diseñado este portal no sólo como un acceso consistente y riguroso para astrónom@s sino también como una espectacular ventana para todos aquellos educadores que quieren conocer de un modo sencillo y atractivo el Universo, tal y como explicaremos en las siguientes fases.

### Actividad 9: ¿Qué has aprendido hasta ahora?

Comprueba lo que has aprendido hasta el momento con este [cuestionario](#)



# Fase 2



 This NASA/ESA [@HUBBLE\\_space](#) Telescope image shows 'peculiar' galaxy NGC 34. Its odd appearance is caused by its collision with another galaxy millions of years ago 🖱️  
[spacetelescope.org/images/potw204...](https://spacetelescope.org/images/potw204...)

[Traducir Tweet](#)



*Figura 41: Imagen de la galaxia NGC 34. Créditos: ESA*  
<https://twitter.com/esa/status/1320655527525888001>



# Fase 3



ESASky es un portal de descubrimiento científico que te permite un acceso sencillo a todo el cielo como fue observado por las misiones científicas de la Agencia Espacial Europea. Las distintas funcionalidades disponibles en ESASky están explicadas a través de su ayuda en este [link](#).

### Actividad 10.1: Familiarízate con ESASky.

1. En tu navegador, pincha en ese link para ir a [ESASky](#). Elige la opción “**Explorador**” (que es la más sencilla para familiarizarte con ESASky).



Figura 42a: Portal de ESASky y cómo seleccionar el “modo Explorador” (Créditos: ESASky)

2. Si quieres **buscar un objeto específico** (i.e., la Nebulosa del Cangrejo) escribe su nombre en la caja de búsqueda que se encuentra en parte superior derecha del portal, como indica la Figura 42b. (Nota: Es necesario escribirlo en inglés o en un determinado formato, para ser reconocido por las bases de datos astronómicas).



Figura 42b: Resultados de buscar la Nebulosa del Cangrejo (Créditos: ESA)

### Actividad 10.2: Contemplando las estrellas a través de ESASky.

En la [Actividad 4.1](#), rellenasteis la Tabla 5 con información de cinco estrellas de la constelación de Orión, identificadas en la Figura 5. Comparando los colores de las estrellas con los de bombillas de temperatura bien conocida fueron capaz de deducir la temperatura de estas. Si no has ejecutado aun esta actividad, te recomendamos que lo hagas antes de continuar.

¿Qué tipos de estrellas eran más rojizas y cuáles más azuladas? *Nota: Chequea la Figura 43 para explicar tu respuesta.*

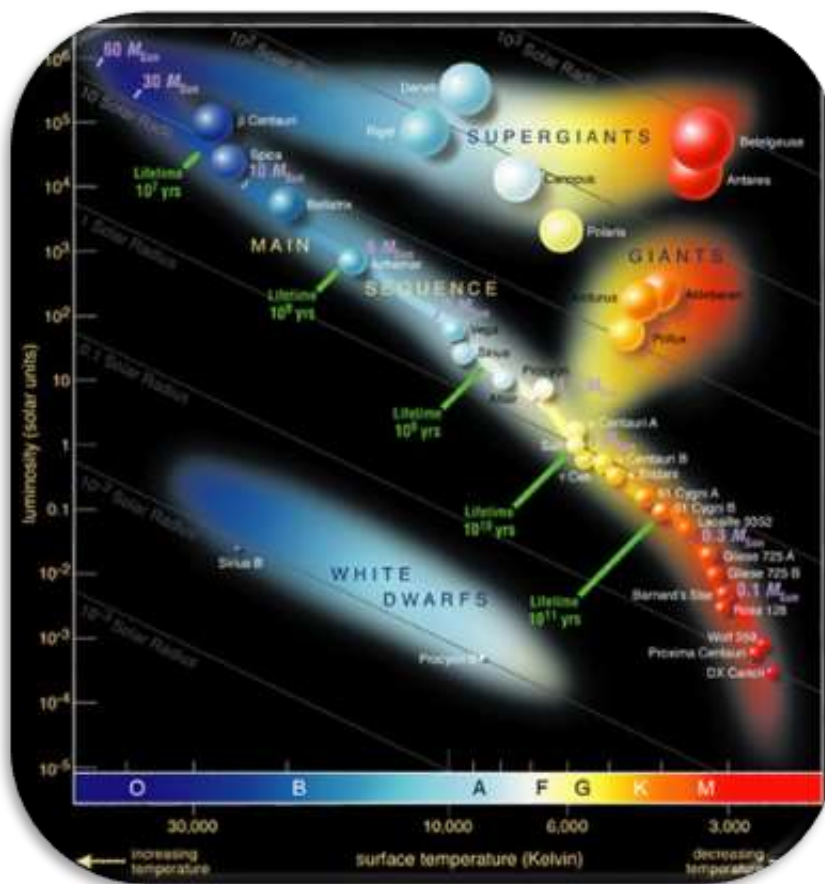


Figure 43: Diagrama H-R. (Créditos: ESO)



### Actividad 10.2.1: Familiarízate con un diagrama H-R

- Obtén la información, para una muestra de estrellas, a partir del diagrama H-R de la Figura 43 y rellena la Tabla 9.

Estrellas de la secuencia principal	Estrellas supergigantes
Estrella: <b>Altair</b> Color: Temperatura: Luminosidad: Tipo Espectral <sup>5</sup> :	Estrella: <b>Arcturus</b> Color: Temperatura: Luminosidad: Tipo Espectral:
Estrella: <b>Bellatrix</b> Color: Temperatura: Luminosidad: Tipo Espectral:	Estrella: <b>Betelgeuse</b> Color: Temperatura: Luminosidad: Tipo Espectral:
Estrella: <b>Spica</b> Color: Temperatura: Luminosidad: Tipo Espectral:	Estrella: <b>Rigel</b> Color: Temperatura: Luminosidad: Tipo Espectral:

*Tabla 9: Selección de estrellas indicadas en la Figura 43*

1. ¿Por qué crees que Arturo puede tener mayor luminosidad si su temperatura es menor que la de Altair?

<sup>5</sup> Clasificación de una estrella basada en sus características espectrales ([Glosario SEA para tipo espectral](#))





Actividad 10.2.1: Contemplando las estrellas de un diagrama H-R a través de ESASky

- **Busca en ESASky la selección de objetos** de la Tabla 9 y añade en la Tabla 10 un pantallazo (y el link a ESASky) de su aspecto en el rango de luz visible, mostrado por ESASky.

Estrellas de la secuencia principal	Estrellas supergigantes
<a href="#">Altair</a>	<a href="#">Arcturus</a>
<a href="#">Bellatrix</a>	<a href="#">Betelgeuse</a>
<a href="#">Spica (Alfa Virginis)</a>	<a href="#">Rigel (beta Orionis)</a>

**Tabla 10:** Imágenes de ESASky en el visible de una selección de estrellas en distintos estados evolutivos.

Actividad 10.3: Un recorrido por varios tipos de objetos astronómicos en ESASky (Listas de objetivos)

El Equipo de ESASky ha creado listas de objetos (llamadas **target lists**), a las cuales se puede acceder a partir del icono del pergamino (ver Figura 44). Estas son listas de objetos del mismo tipo de objetos astronómicos.

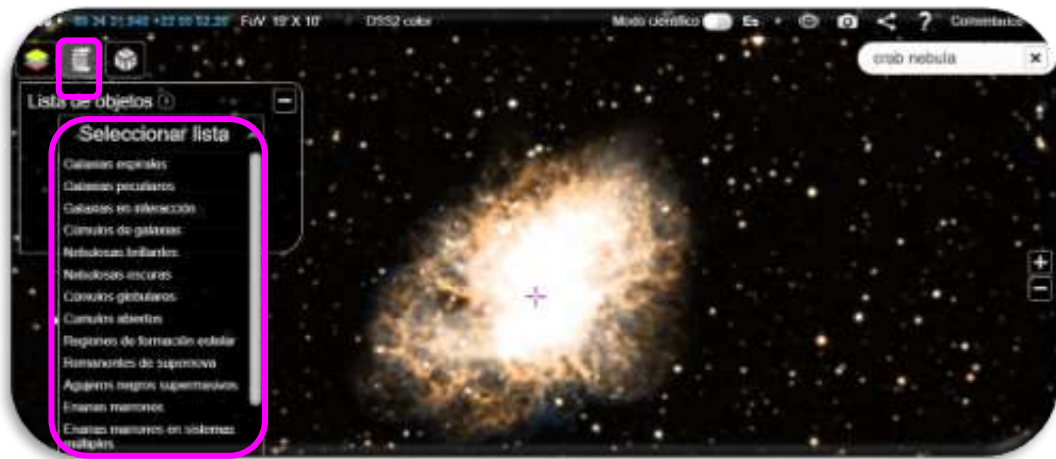


Figura 44: Listas de objetos en ESASky. (Créditos: ESASky)

1. Completa la Tabla 11 para un candidato (**target**) seleccionado de cada lista (**target list**):

1. Escribe una descripción del objeto (**Pista 1: dada by ESASky**)
2. Añade un pantallazo y/o la url a la imagen del objeto en el visible en ESASky

Pista 2: pincha en el icono (  ) para hacer una foto del campo que ves en ESASky.

Pista 3: Pincha en el icono (  ) para obtener la url del campo que ves en ESASky.

Descripción del objeto	Imagen visible en ESASky
<p><b>Lista de objetos: Regiones de formación estelar</b></p> <p><b>Objeto:</b> Nebulosa de Orión</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>



<p><b>Lista de objetos: Nebulosas brillantes</b></p> <p><b>Objeto:</b> Nebulosa del Águila</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>
<p><b>Lista de objetos: Nebulosas oscuras</b></p> <p><b>Objeto:</b> La nebulosa del capullo</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>
<p><b>Lista de objetos: Remanente de supernovas</b></p> <p><b>Objeto:</b> Blucle del cisne</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>



<p><b>Lista de objetos: Agujeros negros supermasivos</b></p> <p><b>Objeto:</b> Galaxia del Sombrero</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>
<p><b>Lista de objetos: Enanas marrones</b></p> <p><b>Objeto:</b> Teide 1</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>
<p><b>Listas de objetos: Enanas marrones en sistemas múltiples</b></p> <p><b>Objeto:</b> Gliese 229</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>
<p><b>Listas de objetos: Sistemas exoplanetarios más cercanos</b></p> <p><b>Objeto:</b> Próxima Centauri b</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>

<p><b>Listas de objetos: Cúmulos abiertos</b></p> <p><b>Objeto:</b> Las Pleyades.</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>
<p><b>Listas de objetos: Cúmulo globular</b></p> <p><b>Objeto:</b> Messier 13</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>
<p><b>Listas de objetos: Galaxias espirales</b></p> <p><b>Objeto:</b> M31</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>



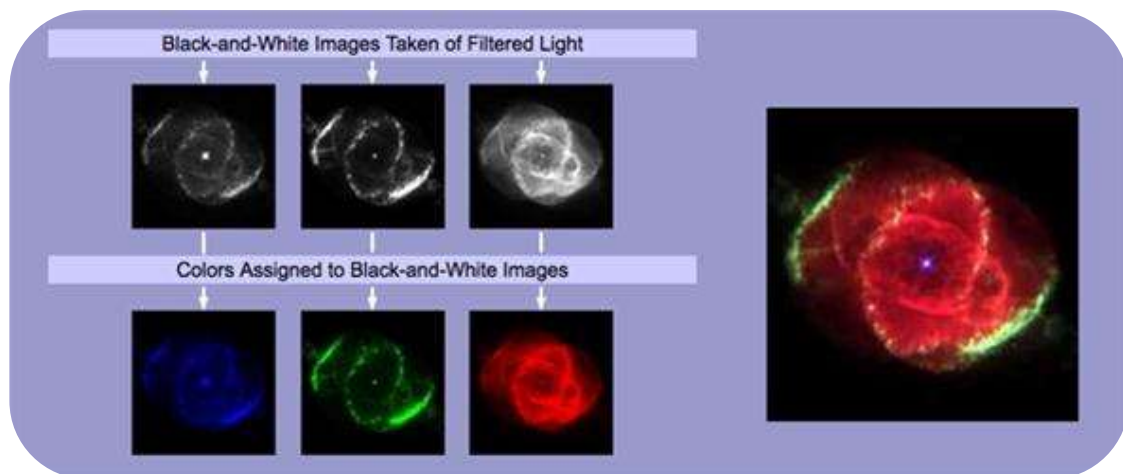
<p><b>Listas de objetos: Galaxias peculiares</b></p> <p><b>Objeto:</b> NGC 523</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>
<p><b>Listas de objetos: Galaxias en interacción</b></p> <p><b>Objeto:</b> Arp 240</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>
<p><b>Listas de objetos: Cúmulos de galaxias</b></p> <p><b>Objeto:</b> Abell 2218</p> <p><b>Descripción:</b></p>	<p><a href="#">Imagen en ESASky</a></p>

*Tabla 11: Lista de objetos disponibles en ESASky. (Créditos: ESASky)*

## Actividad 10.4: Estudios multifrecuencia usando ESASky

**Los colores de las imágenes astronómicas como los mostrados en ESASky no son reales.** ¡Recuerda que nuestros ojos no pueden ver colores como el infrarrojo y el ultravioleta! De hecho, **los telescopios registran imágenes sólo en blanco y negro.**

Esas imágenes pueden ser coloreadas artificialmente y combinadas para crear las imágenes de colores tan bonitas que hemos visto en internet. A menudo, las imágenes observadas a longitudes de onda corta son coloreadas en azul y en rojo las de longitudes más largas. Aquellas que pertenecen a un rango intermedio se suelen colorear en verde. Un ejemplo se ve en la Figura 45.



*Figura 45: Cómo crear imágenes multicolores. (Créditos: astronomy.wonderhowto.com)*

En ESASky, las imágenes se asocian a filtros o longitudes de onda. Para estudiar un objeto en un amplio espectro de longitudes de onda cargaremos un conjunto de imágenes (tomadas por diferentes instrumentos y/o colectores/telescopios) y las inspeccionaremos. Mira este [video tutorial](#) para aprender cómo puedes cargar 'cielos' en ESASky.

1. **Para abrir varias imágenes**, pincha en el botón coloreado de la esquina superior izquierda con el nombre "Administra cielos".
2. **Para elegir un mapa de colores**, elige la región de la longitud de onda en el menú desplegable de la izquierda y navega entre los cielos disponibles en el segundo menú.
3. **Pincha en el signo "+"** tantas veces como necesites y selecciona los diferentes rangos de longitud de onda.

**Nota 1:** Incluso cuando la mayoría de los objetos fueron observados por varias misiones, y ESASky te los proporciona, no todos han sido observados en todas las bandas del espectro electromagnético.




**Nota 2:** La resolución (elemento mínimo capaz de diferenciarse (resolverse) en una imagen/espectro) depende de la misión (colector/telescopio), del instrumento y detector, así como de la longitud de onda en que los datos astronómicos fueron tomados.



Actividad 10.5: Analizando los efectos del Medio Interestelar a través de ESASky

Actividad 10.5.1: Efectos del Medio Interestelar en nebulosas brillante


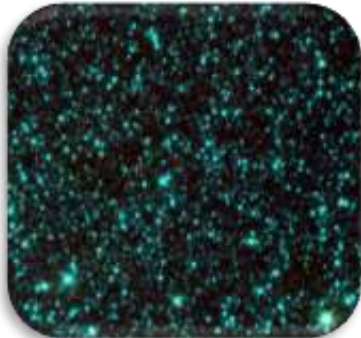

1. Selecciona en ESASky las listas de objetos de “Nebulosas brillantes”. (Si no recuerdas cómo se seleccionaban listas de objetos repasa la [Actividad 10.3](#)).
2. Dentro de ésta, busca el objeto “**Nebulosa de la burbuja**”.
3. Carga un conjunto de cielos (tal y como se explica en la [Actividad 10.4](#)) para analizar dicha región para las longitudes de onda indicadas.
4. Rellena la Tabla 12 con tus descubrimientos al observar este objeto en el **infrarrojo cercano, visible y rayos X** con:
  - un pantallazo del objeto en cada uno de los rangos
  - una descripción de lo que ves.

Infrarrojo cercano	Visible	Rayos X
		

*Tabla 12: Inspección de la Nebulosa de la burbuja en varios filtros usando ESASky.*

**Actividad 10.5.2: Efectos de la materia interestelar en nubes oscuras**

1. Selecciona en ESASky las listas de objetos de “Nebulosas oscuras”. (Si no recuerdas cómo se seleccionaban listas de objetos repasa la [Actividad 10.3](#)).
2. Dentro de ésta, busca el objeto “**Nebulosa de la serpiente**”.
3. Carga un conjunto de cielos (tal y como se explica en la [Actividad 10.4](#)) para analizar dicha región para aquellas longitudes de onda.
4. Rellena la Tabla 13 con tus descubrimientos al observar este objeto el **infrarrojo lejano**, **infrarrojo medio** y **visible** con:
  - un pantallazo del objeto en cada uno de los rangos
  - una descripción de lo que ves.

Infrarrojo lejano	Infrarrojo medio	Visible
		

*Tabla 13: Inspección de la nebulosa de la serpiente en varias longitudes de onda usando ESASky*

## Actividad 11: Revelando los secretos de nuestro objeto celeste favorito

Para esta actividad, selecciona uno de los siguientes objetos para comenzar tu investigación siguiendo los pasos del [procedimiento](#). En función del objeto seleccionado realizaras la Actividad 10.1 (Nebulosa del Cangrejo), la Actividad 10.2 (NGC 3766), la Actividad 10.3 (Nebulosa de la cabeza del caballo) o la Actividad 10.4 (Galaxia del remolino).

Objeto	Descripción	Actividad
Nebulosa del Cangrejo (M1) 	Es una nube formada por los restos de una Estrella vieja que explotó hace unos 2 000 años. Leer más <a href="#">aquí</a>	<a href="#">Actividad 11.1</a>
NGC 3766 	<b>NGC 3766</b> es un cúmulo abierto de estrellas en la constelación del sur de Centaurus. Contiene más de 100 estrellas relativamente jóvenes (azules) y dos estrellas supergigantes (rojas). Leer más <a href="#">aquí</a> .	<a href="#">Actividad 11.2</a>
La Nebulosa de la cabeza del caballo 	Es una nebulosa oscura en la constelación de Orión. Es una de las nebulosas más identificables por su parecido con la cabeza de un caballo. Leer más <a href="#">aquí</a> .	<a href="#">Actividad 11.3</a>
La galaxia del remolino 	Es una galaxia espiral en interacción con un núcleo activo galáctico. Fue la primera galaxia en ser clasificada en tipo espiral. Leer más <a href="#">aquí</a> .	<a href="#">Actividad 11.4</a>

**Tabla 14:** Tipos de objetos que pueden ser seleccionados para la investigación en la Actividad 10. (Créditos: ESASky).



Procedimiento:



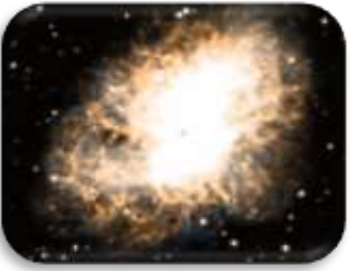
1. Escribe el nombre de *tu objeto* en la caja de búsqueda, como se muestra en la Figura 42 (en [Activity 10.2](#)).
2. Juega con el ratón para acercarte y ampliar el campo o alejarte y ver mayor campo.
3. Crea un conjunto de mapas de imágenes, usando la opción “Administración de cielos”, como se muestra en la Figura 45, cubriendo el espectro electromagnético desde las longitudes de onda de rayos X blandos (bajas frecuencia de rayos X) a su milimétricas (microondas muy cortas).
4. Ahora observa *tu objeto* en todos los rangos de longitud de onda y responde:




¿Cómo cambian las imágenes a medida que te mueves por el espectro?

5. Toma un pantallazo de cada imagen pinchando en el icono de la cámara en ESASky. Copia las imágenes en las tablas correspondientes a cada Actividad 10.X.
6. Describe lo que ves. Presta atención a la forma y tamaño de cada objeto en cada imagen y contesta: ¿Dónde se encuentra la fuente brillante en la imagen de rayos-X y dónde en las demás imágenes?

7. Discute tu hipótesis con los otros grupos. ¿Estáis de acuerdo con las diferencias entre las imágenes?

Actividad 11.1: Revelando los secretos de la Nebulosa del cangrejo

Objeto: Nebulosa del Cangrejo (M1)			
Tipo de luz	Imagen	Descripción	Explicación
<p>rayos-X (blandos)  (color de las cámaras EPIC de XMM- Newton)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Ultravioleta  (color UV de XMM-Newton)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Óptico (Visible)*  (color DSS2)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		

<p>Infrarrojo-cercano* (2MASS color JHK)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Infrarrojo lejano (Herschel/PACS RGB 70, 160 micras)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Submilimétricas (Microondas cortas) (Herschel/SPIRE RGX 250, 360, 500 micras)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		


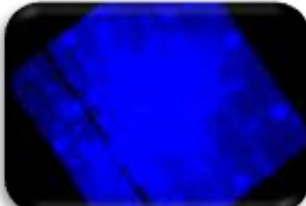

*Tabla 15: Análisis de varios cielos para el cangrejo. (Créditos: ESASky)*

**Comentarios:**




En el centro de la Nebulosa, se encuentra una estrella de neutrones<sup>6</sup>, que fue el núcleo de una estrella, ya muerta, que explotó como supernova. Es un objeto muy pequeño y masivo (denso) y caliente, con un campo magnético fuerte. Este objeto gira muy rápido, emitiendo un pulso regular de luz que se asemeja al de un faro.

<sup>6</sup> [Glosario SEA para estrella de neutrones](#)

Actividad 11.2: Revelando los secretos del cúmulo NGC 3766

Objeto: Cúmulo de la perla (NGC 3766)			
Tipo de luz	Imagen	Descripción	Explicación
<p>rayos-X (blandos)  (color de las cámaras EPIC de XMM- Newton)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Ultravioleta  (color UV de XMM-Newton)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Óptico (Visible)*  (color DSS2)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		






<p>Infrarrojo-cercano* (2MASS color JHK)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Infrarrojo lejano (Herschel/PACS RGB 70, 160 micras)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Submilimétricas (Microondas cortas) (Herschel/SPIR E RGX 250, 360, 500 micras)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		

*Table 14: Analysis of various skies for NGC 3766 (Credits: ESA)*

**Recomendaciones:**

1. Podéis comparar el cúmulo de la perla con NGC 4372 y comentar las diferencias en el contenido estelar de ambos tipos de cúmulos.
2. También podéis comparar ambos cúmulos con el de Iris y la Nebulosa de la Burbuja y comentar las diferencias en las estrellas que contienen, así como su gas y polvo. Si se desea, esta comparación ayudará a introducir el tema de evolución estelar.
3. No hemos añadido los datos en rayos gamma ni rayos X porque la resolución de las imágenes es baja.

Actividad 11.3: Revelando los secretos de la Nebulosa de la cabeza de caballo

Objeto: Nebulosa de la Cabeza del Caballo			
Tipo de luz	Imagen	Descripción	Explicación
<p>rayos-X (blandos) (color de las cámaras EPIC de XMM- Newton)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Ultravioleta (color UV de XMM-Newton)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Óptico (Visible)* (color DSS2)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		




<p>Infrarrojo-cercano* (2MASS color JHK)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Infrarrojo lejano (Herschel/PACS RGB 70, 160 micras)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Submilimétricas (Microondas cortas) (Herschel/SPIRE RGX 250, 360, 500 micras)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		




*Tabla 15: Análisis de varios cielos para la Nebulosa de la Cabeza del Caballo. (Créditos: ESA)*

### Recomendaciones:

- Debéis tener en cuenta que los rangos de longitud de onda en los que las estrellas se detectan principalmente (ultravioleta, visible e infrarrojo cercano); la luz de estrellas brillantes y masivas domina la emisión, a pesar de que aquellas estrellas no pueden ser resueltas individualmente.
- A pesar de que no es estrictamente necesario hablar de estados de evolución de las diversas poblaciones estelares, podéis ser motivados hacer la conexión entre los colores ópticos de las estrellas y sus edades, a partir de su localización en la galaxia.
- No hemos añadido los datos en rayos gamma ni rayos X porque la resolución de las imágenes es baja.

Actividad 11.4: Revelando los secretos de la galaxia del remolino

Objeto: Galaxia del remolino (M51a o NGC 5194)			
Tipo de luz	Imagen	Descripción	Explicación
rayos-X (blandos) (color de las cámaras EPIC de XMM-Newton)	 <a href="#">ESASky imagen</a>		
Ultravioleta (color UV de XMM-Newton)	 <a href="#">ESASky imagen</a>		
Óptico (Visible)* (color DSS2)	 <a href="#">ESASky imagen</a>		

<p>Infrarrojo-cercano* (2MASS color JHK)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Infrarrojo lejano (Herschel/PACS RGB 70, 160 micras)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		
<p>Submilimétricas (Microondas cortas) (Herschel/SPIRE RGX 250, 360, 500 micras)</p>	 <p><a href="#">ESASky imagen</a></p>		

*Tabla 16: Análisis de varios cielos para la galaxia Whirlpool. (Créditos: ESA)*

#### Comentarios:

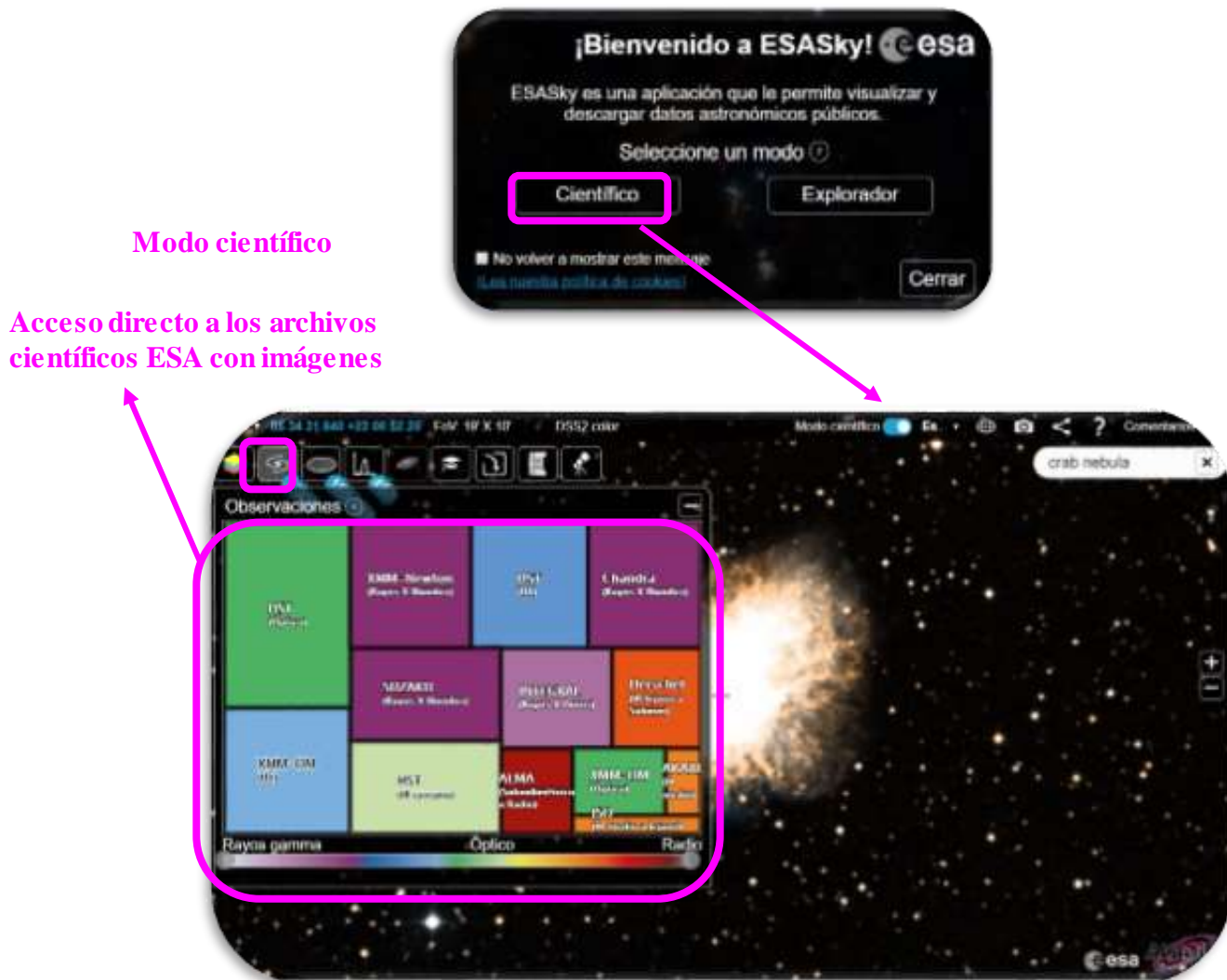
- Como sólo las estrellas más masivas y luminosas contribuyen significativamente a la luminosidad de una galaxia, podemos decir que las zonas más rojizas de una galaxia corresponden a estrellas más viejas y las zonas más azules a zonas de gas calentadas por estrellas jóvenes.
- Los centros de las galaxias espirales son más amarillosos o blanquecinos, que rojizos por contener estrellas de muchas edades diferentes.
- Las estrellas jóvenes se forman en los brazos espirales, entorno al disco, y las más viejas se suelen encontrar en el halo.



## Actividad 12: Analiza tu trozo de cielo favorito con ESASky

### Actividad 12.1: Accede a las imágenes de los archivos científicos ESA para tu trozo de cielo

Selecciona en ESASky el " **Modo Científico**" (ver Figura 46) y accede a los diferentes archivos científicos que contienen imágenes astronómicas (principalmente de las diversas misiones de la Agencia Espacial Europea). **Estas imágenes pueden ser descargadas y analizadas con diversos programas posteriormente.**



**Figura 46:** Acceso a los archivos científicos ESA con imágenes, para la constelación de Orión. (Créditos: ESA/CESAR)

- El modo de cómo descargar los datos y cómo tratarlos para abrirlos en SalsaJ se muestra en [este video](#).



## Actividad 12.2: Accede a los espectros de los archivos científicos ESA para tu trozo de cielo

Selecciona en ESASky el “**Modo Científico**” (ver la Figura 47).

**Modo científico**  
**Acceso directo a los archivos científicos ESA con espectros**

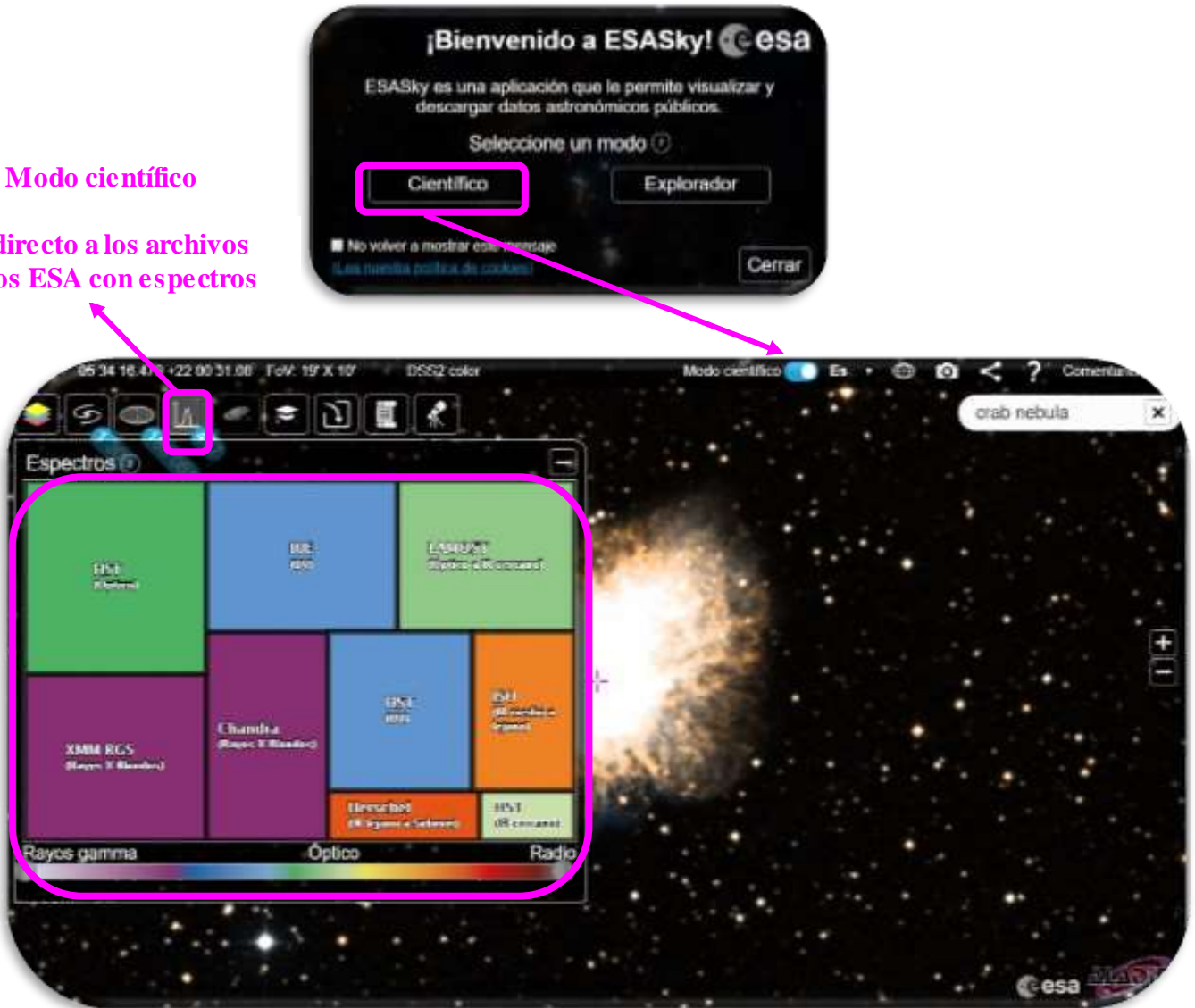


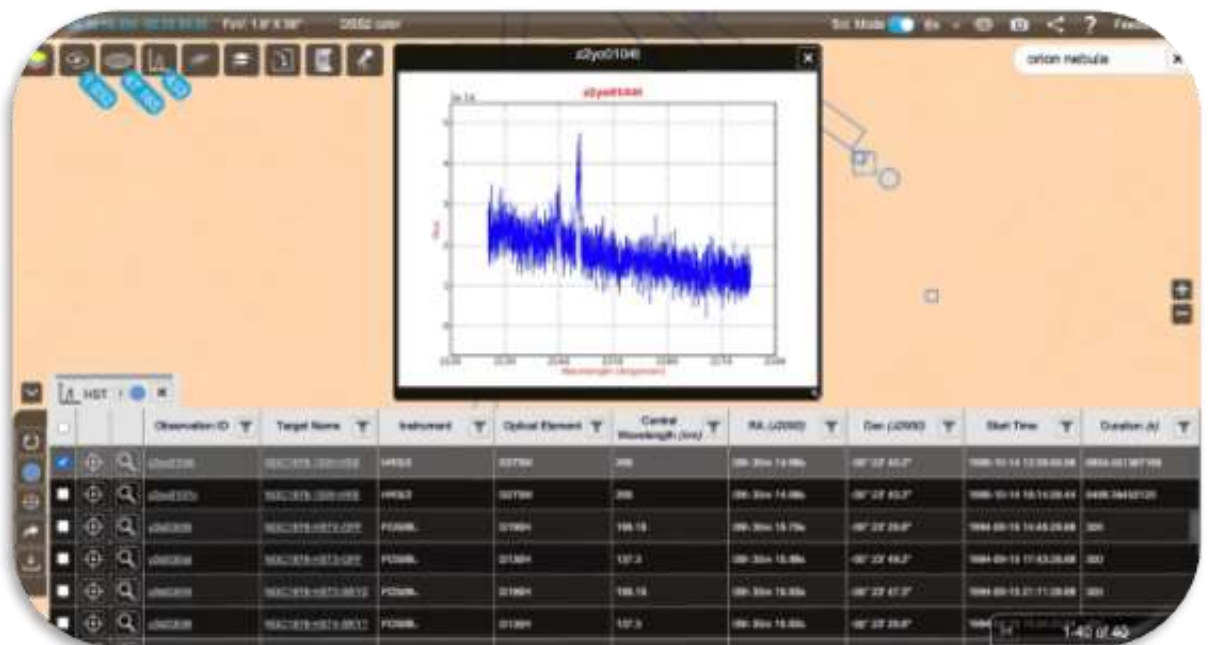
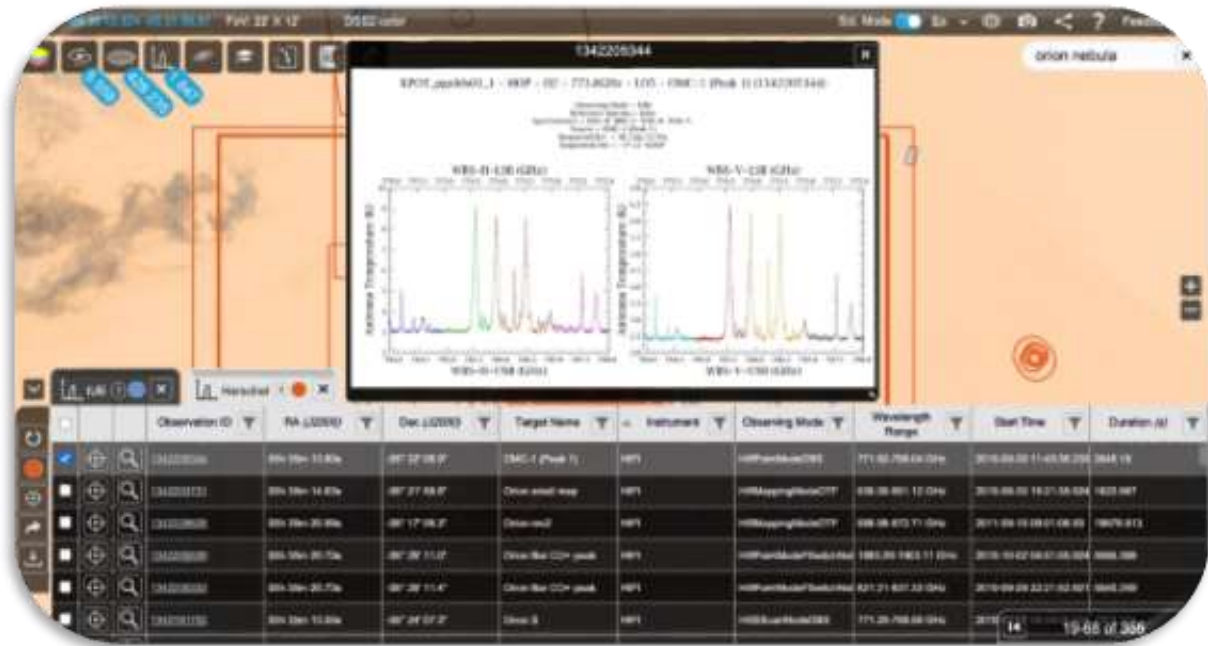
Figura 47: Acceso a los archivos científicos ESA con espectros, para la constelación de Orión. (Créditos: ESA/CESAR)

La Figura 48 muestra observaciones de la constelación de Orion, tomadas por el [satélite Herschel de la Agencia Espacial Europea](#), que observó el Universo en el infrarrojo lejano. Estos datos fueron recogidos en particular por el espectrógrafo de alta resolución [HIFI](#) y se encuentran disponibles en el archivo de ESA/Herschel (y accesibles a través de ESASky) limpios de artefactos y con unidades físicas entendibles (lo que llamamos “datos calibrados”). Este tratamiento de datos lo realizó el código experto (pipeline<sup>7</sup>) ejecutado en máquinas potentes (en configuración de red de máquinas trabajado en paralelo) en ESAC. El control de calidad de los datos lo realizó un equipo de científicos en ESAC,

<sup>7</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Pipeline\\_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Pipeline_(computing))



días después de ser recibidos, para asesorar posibles anomalías que pudieran afectar su análisis y publicación científica.



**Figura 48:** Acceso a los datos espectroscópicos de ESASky para observaciones en la constelación de Orión, la imagen superior muestra datos tomados por el satélite Herschel y la inferior los datos tomados por el satélite HST, ambas misiones espaciales de ESA/NASA. (Créditos: ESA/CESAR).

Actividad 12.3: Accede a catálogos y bases de datos astronómicas para tu trozo de cielo

**ESASky** no sólo contiene datos científicos sino también el acceso a los catálogos y bases de datos astronómicas para los objetos mostrados en las imágenes por ESASky. Para ello es necesario elegir el “Modo Científico” (ver Figura 49).

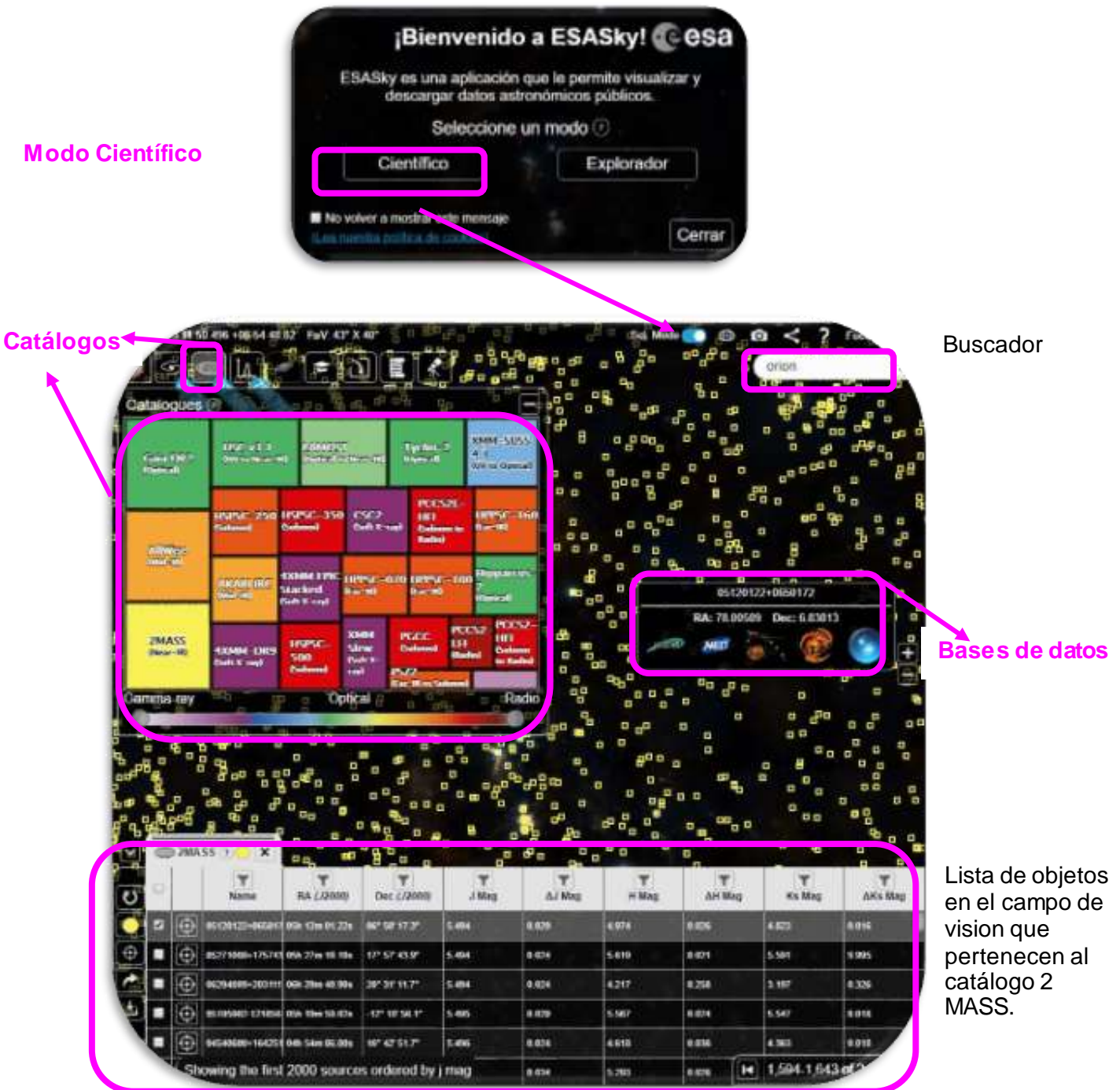
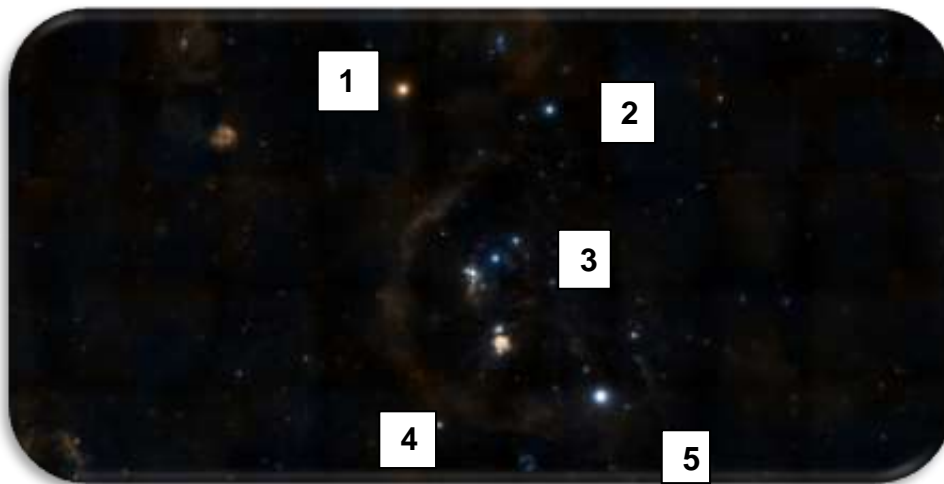


Figura 49: Acceso a los catálogos y bases de datos astronómicas para M51 a través de ESASky. (Créditos: ESA/ESDC)

- **Bases de datos** es un término muy amplio que considera compilaciones de datos básicos, atlas, identificaciones cruzadas, bibliografía y medidas de objetos astronómicos entre otras. Ejemplos de bases de datos astronómicas ampliamente empleadas son [Aladin](#), [Simbad](#), [Vizier](#), [NED](#) y [CDS](#).
- **Catálogos** son compilaciones de listas de objetos, identificados y publicados en Bases de Datos. Por cada objeto hay al menos una entrada en una tabla, con las propiedades derivadas a partir de los datos, como coordenadas, magnitudes, temperatura, tipo de objeto, composición química entre otras. Ejemplos de catálogos son [2MASS](#) ó [Herschel-PACS-pointsource](#), generado a partir de las fuentes detectadas en sus datos. (Nota: [Vizier](#) es una base de datos de catálogos individuales publicados)


#### Actividad 12.4: Analiza la constelación de Orion en ESASky como un/a científic@

Vamos a analizar en ESASky las cinco estrellas de la constelación de Orion que identificamos en la [Actividad 4.1](#). Esta vez accederás como un/a científic@ (seleccionando el Modo Científico en ESASky) a los catálogos [Two Micron All Sky Survey \(2MASS\)](#) y [Vizier](#) y a las base de datos de [Simbad](#) y [Aladin Lite](#).



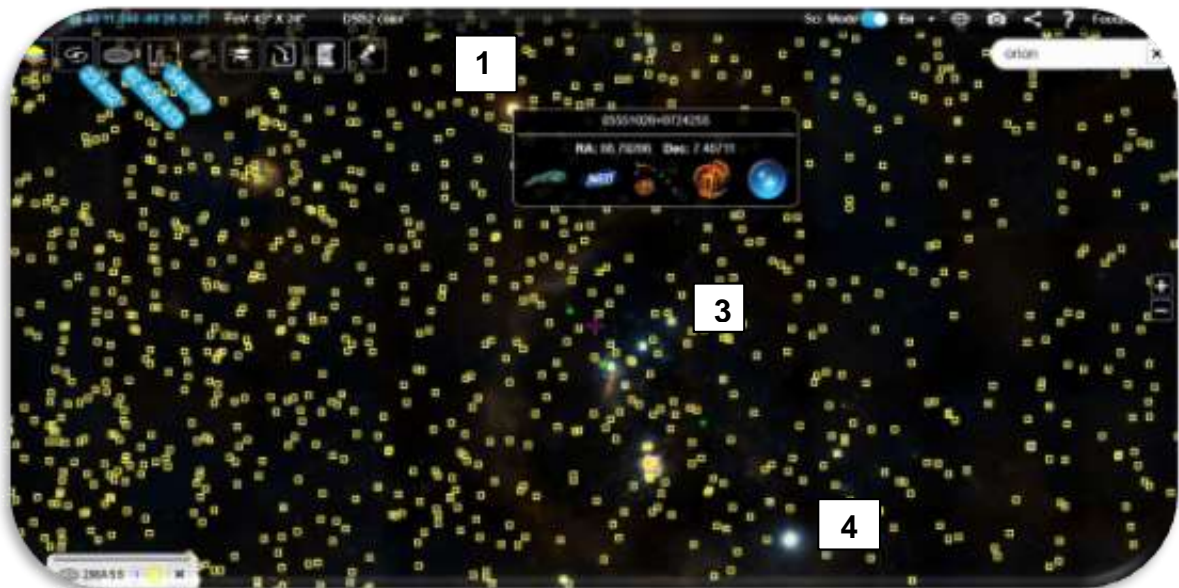
*Figura 50: Repetición de la Figura 5, de la constelación de Orion. (Créditos: ESASky)*

Rellena la Tabla 19 con la información de ESASky para cada una de las 5 estrellas identificadas en la Figura 50 (una entrada por fila) siguiendo este procedimiento:

1. Accede a ESASky en este [link](#)
2. Escribe en el **buscador** “Orion” o “M42”
3. Pincha en este icono  para aumentar tu campo de visión (haciendo lo que en inglés se llama “zoom-out”) y así poder ver las cinco estrellas de la constelación de Orion, como se indica en la Figura 50. (Nota: Puedes acceder directamente a esta configuración en ESASky en este [link](#)).



4. Asegúrate que has elegido en **ESASky el Modo científico**, de lo contrario, actívalo. (Nota: en caso de estar viendo la información en inglés, puedes
5. **Los valores en la primera columna en la Tabla 19**, corresponden a los números asignado a las estrellas en la Figura 50.
6. **Queremos acceder al catálogo de objetos 2 MASS y superponer la lista de objetos identificados en él de nuestro trozo de cielo sobre nuestra imagen.** Para ello tenemos que accede al icono de catálogos que aparece en el panel superior izquierdo y pinchar en el cuadradito amarillo que indica **2MASS (Near-IR)**, como muestra la Figura 49.
7. **Para completar los valores de las columnas 2 a 6 en la Tabla 19, necesitamos identificar qué objetos del catálogo 2MASS (cuadraditos amarillos en las Figuras 49-51) corresponden con la posición de las estrellas 1 a 5 de la Figura 50.**



*Figura 51: Lista de objetos del catálogo 2MASS superpuestos a la imagen en visible de ESASky del mapa de [Sloan Digital Sky Survey \(DSS9\)](#), de la constelación de Orión. (Créditos: ESA/CESAR)*

8. **Para cada una de ellas, de una en una, coloca el ratón encima de tu estrella (cuadradito amarillo) y pincha con el ratón derecho.** Esto mostrará un menú de acceso a los catálogos y bases de datos en ESASky, (Simbad, Vizier and Aladin Lite), como muestran las Figuras 51 y 52.



*Figura 52: Acceso directo a las bases de datos (Simbad, Vizier and Aladin Lite) para el objeto 05120122+0650172. (Créditos: ESASky).*



9. Mira este [video](#) que muestra cómo rellenar las columnas de la Tabla 19. También lo explicamos en los puntos 9.1 a 9.4.

**9.1. Para rellenar la columna “Nombre de la estrella”, accederemos a la base de datos de Simbad y copiaremos el nombre dado a la estrella en ésta.**

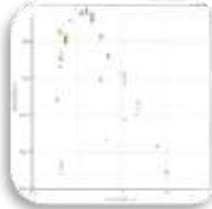

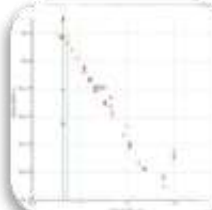

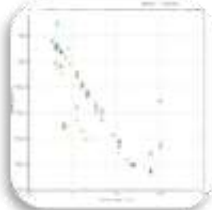
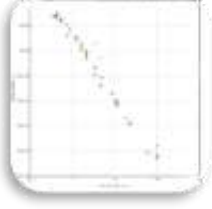
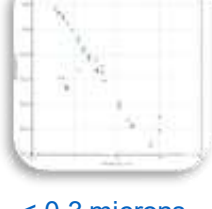
**9.2. Para rellenar la columna de “Distribución de cuerpo negro”** (Figuras 10, 11 y 12) accederemos a la base de datos Vizier y seleccionaremos un campo de visión de a field of dos segundos de arco desde mi objeto (2”) para minimizar la contaminación por objetos cercano en la distribución de flujo de mi estrella.

Nota: La distribución de cuerpo negro es generada a partir del conjunto de medidas de flujo realizada por diversos telescopios/instrumentos/filtros de un objeto o región en el cielo. Sus valores han sido obtenidos de los catálogos individuales que se encuentran dentro de la base de datos de catálogos (Vizier).

**9.3. Para rellenar la columna de “temperatura efectiva”,** ya derivada en Vizier a partir de la distribución de flujo de la columna 2, buscaremos la información en Vizier. (Nota: no siempre está disponible)

En este [video](#) se muestra un ejemplo, para nuestras estrellas de Orion, en el que la temperatura efectiva no está disponible. El motive es que la estrella está clasificada como una estrella variable o doble, por lo que su flujo no es constante para una determinado filtro y no tiene sentido crear su curva de distribución de flujo.

**9.4. Para rellenar la columna de “imagen”,** se pide un pantallazo y la url para un campo de visión de la imagen para un campo de visión de  $2 \times 2^\circ$ . **Esta columna puede rellenarse a partir de Aladin Lite o de ESASky.**

Número de Estrella	Nombre de la estrella [Simbad DB]	Descripción básica [Simbad DB]	Distribución de cuerpo negro [VizieR DB]	Teff [VizieR DB]	Imagen [Aladin DB]
1	<a href="#">* alf Ori</a>	Estrella roja supergigante	 <a href="#">1.26 micras</a>	<a href="#">3540 K</a>	 <a href="#">1.85° x 1.85° FoV</a>
2	<a href="#">*gam Ori</a>	<a href="#">Estrella variable</a>	 <a href="#">&lt; 0.3 micras</a>	<a href="#">21 700 K</a>	 <a href="#">1.85° x 1.85° FoV</a>
3	<a href="#">* del Ori</a>		 <a href="#">&lt; 0.3 micras</a>		
4	<a href="#">Beta Ori</a>		 <a href="#">&lt; 0.3 micras</a>		
5	<a href="#">Kap Ori</a>		 <a href="#">&lt; 0.3 microns</a>		

**Tabla 19:** Análisis de 5 estrellas de la constelación de Orion en ESASky. (Créditos: ESASky)





### Comentarios:

- [Delta Ori](#) es una estrella múltiple, por lo tanto, su temperatura efectiva, derivada de la distribución de cuerpo negro, no tiene sentido.
- Kapa Ori parece un poco rojiza en la imagen, sin embargo al comprobar su distribución de flujo en el catálogo de 2MASS el pico de cuerpo negro se encuentra a bajas longitudes de onda o altas frecuencias (rango de energía). La temperatura efectiva derivada de la distribución de cuerpo negro es de 23 000 K.

### Actividad 12.5: Descarga catálogos a través de ESASky y trabaja con ellos

#### En este video mostramos

1. Cómo descargar un catálogo (con las propiedades de los objetos en él) de una región del cielo que están explorando en una imagen de ESASky. Este quedará descargado en formato tabla (.csv) pudiendo abrirse con Excel o similares.
2. Cómo guardar el fichero anterior en un drive de google.
3. Cómo abrir dicho fichero como una “hojas de cálculo” de google.
4. Cómo realizar operaciones con las diversas columnas, entre ellas, pintar

### Actividad 13: Otros monográficos CESAR

- [La evolución de las estrellas](#)
- [Galaxies](#)
- [The ISM](#)
- [El espectro electromagnético](#)



# Fase 4



¡ Enhorabuena!  
¡ Has completado tu Reto Científico!  
¡ Cuéntanos tu historia!

Párate a pensar en la Experiencia con tu Equipo y profes y completa estas Actividades.

#### Actividad 14: Auto y co-evaluación

- **En Equipos:** Rellenad este [cuestionario](#) para que comprobéis lo aprendido en el Reto.
- **Con vuestro@ profe:** Dadnos vuestro feedback

#### Actividad 15: Cuéntanos tu Aventura

Los estudiantes deberán crear un producto final (un poster A0 en formato pdf, usando power point, por ejemplo) mostrando lo que han aprendido en las distintas fases del Reto Científico.

**Este poster es el billete para participar en el concurso internacional de *Aventuras CESAR*.**



# Enlaces



- Stellar processes and evolution:  
<http://sci.esa.int/education/36828-stellar-processes-and-evolution/>
- Galaxies and the expanding universe:  
<http://sci.esa.int/education/36827-galaxies-and-the-expanding-universe/>
- *A brief history of infrared astronomy*:  
<http://sci.esa.int/herschel/59550-a-brief-history-of-infrared-astronomy/>
- Science@ESA: *The full spectrum* (video)  
<http://sci.esa.int/education/44685-science-esa-episode-1-the-full-spectrum/>
- Science@ESA: *The untamed, violent universe* (video)  
<http://sci.esa.int/education/45421-science-esa-episode-5-the-untamed-violent-universe/>
- Science@ESA: *Exploring the infrared universe* (video)  
<http://sci.esa.int/education/44698-science-esa-episode-3-exploring-the-infrared-universe/>
- Blackbody radiation: <http://sci.esa.int/education/48986-blackbody-radiation/>
- Science in School: *More than meets the eye: the electromagnetic spectrum*  
<http://www.scienceinschool.org/2011/issue20/em>
- Science in School: *More than meets the eye: the exotic, high-energy Universe*  
<http://www.scienceinschool.org/2012/issue24/em>
- Science in School: *More than meets the eye: unravelling the cosmos at the highest energies*  
<http://www.scienceinschool.org/2011/issue21/em>
- Science in School: *More than meets the eye: the cold and the distant Universe*  
<http://www.scienceinschool.org/content/more-meets-eye-cold-and-distant-universe>
- General documentation: <https://www.cosmos.esa.int/web/esdc/esasky-how-to>
- *How to upload a target list* (video): <https://www.youtube.com/watch?v=M-aJn5TTd50>
- *How to explore multi-wavelength skies* (video):  
<https://www.youtube.com/watch?v=zkJhSDr0nQ>

## Créditos:

Material preparado para ejecutarlo on-line, a partir de varias actividades preparadas en colaboración con el Equipo ESASky y Planeta Ciencias, bajo la iniciativa y coordinación de [la Agencia Espacial Europea](#) en el marco del [programa CESAR](#). El Equipo CESAR ha contado con el apoyo de [Young Graduate Trainee \(YGT\) Programme](#). Agradecimientos al Dr. Benjamín Montesinos-Comino.

## Versiones iniciales:

[http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE\\_The\\_Color\\_of\\_the\\_Stars](http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_The_Color_of_the_Stars)  
[http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE\\_The\\_Secrets\\_of\\_the\\_galaxies](http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_The_Secrets_of_the_galaxies)  
[http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE\\_Estudio\\_a\\_traves\\_del\\_espectro\\_portada](http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_Estudio_a_traves_del_espectro_portada)  
[http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE\\_The\\_Hertzsprung\\_Russel\\_Diagram](http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_The_Hertzsprung_Russel_Diagram)  
[http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE\\_Composicion\\_de\\_las\\_estrellas\\_portada](http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_Composicion_de_las_estrellas_portada)  
[http://cesar.esa.int/index.php?Section=The\\_colours\\_of\\_the\\_astronomy](http://cesar.esa.int/index.php?Section=The_colours_of_the_astronomy)  
[http://cesar.esa.int/index.php?Section=The\\_Secrets\\_of\\_Galaxies](http://cesar.esa.int/index.php?Section=The_Secrets_of_Galaxies)