

Una Estrella en una Caja

Explorando el ciclo de vida de las estrellas



Guía de esta presentación

Las diapositivas blancas son cabeceras de sección y se ocultan en en la presentación. Muestra u oculta las diapositivas en cada sección en función del nivel apropiado y requerido.

Guía aproximada de niveles educativos:

Principiante: 6º Primaria, 1º y 2º ESO

Intermedio: 3º y 4º ESO

Avanzado: 1º y 2º Bachillerato

Introducción

Conocimientos básicos sobre lo que es una estrella y cómo se observan.

Nivel: Principiante

¿Qué es una estrella?

- Una nube de gas, fundamentalmente hidrógeno y helio.
- El núcleo es tan caliente y denso que hace posible la fusión nuclear.
- La fusión convierte elementos ligeros en elementos más pesados.

Cada estrella es diferente

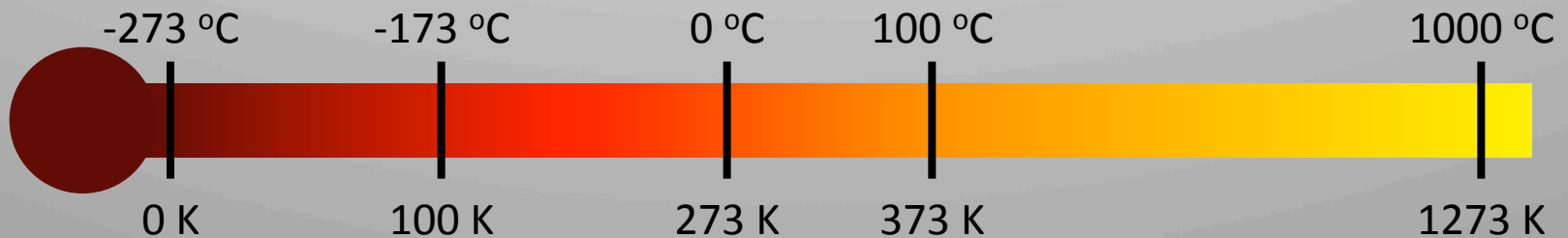
- Todas las estrellas que vemos en el cielo nocturno son diferentes
- **Brillo:**
 - ¿Cuán luminosa es una estrella? ¿Cuánta energía produce su núcleo?
- **Color:**
 - ¿Qué temperatura superficial tiene la estrella?

Unidades de luminosidad

- Medimos la luminosidad de los objetos cotidianos en Watts.
 - ¿Cuánto brilla una bombilla?
- En comparación, el Sol emite luz con un brillo de:
 - 380 000 000 000 000 000 000 000 000 Watts (¡380 millones de millones de millones de millones de Watts!)
 - Es más fácil escribirlo como 3.8×10^{26} Watts
- Por comodidad, medimos el brillo de las estrellas en relación al Sol.

Unidades de temperatura

- La temperatura se mide en Kelvin.
- La escala Kelvin de temperaturas es la misma que la de Celsius, pero empieza en -273° .
 - A esta temperatura se la conoce como el “*cero absoluto*”.

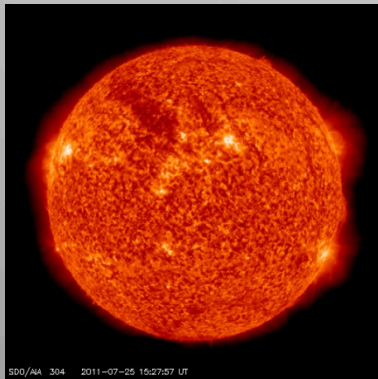


$$\text{Kelvin} = \text{Celsius} + 273$$

Midiendo la temperatura

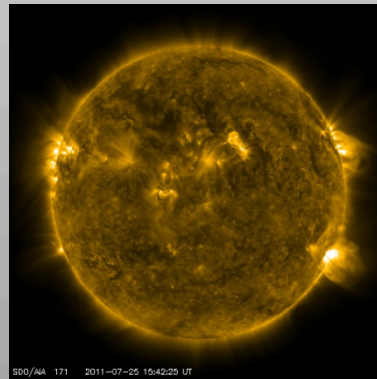
- La temperatura de una estrella viene indicada por su color.
- Las estrellas azules son calientes y las rojas, frías.

Estrella roja



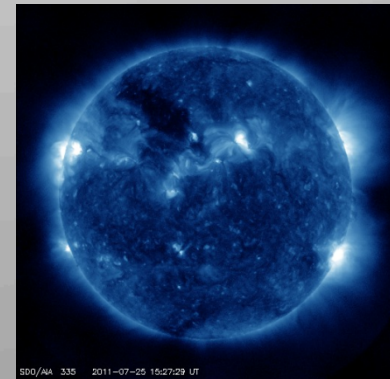
3000 K

Estrella amarilla



5000 K

Estrella azul



10000 K

Radiación de Cuerpo Negro

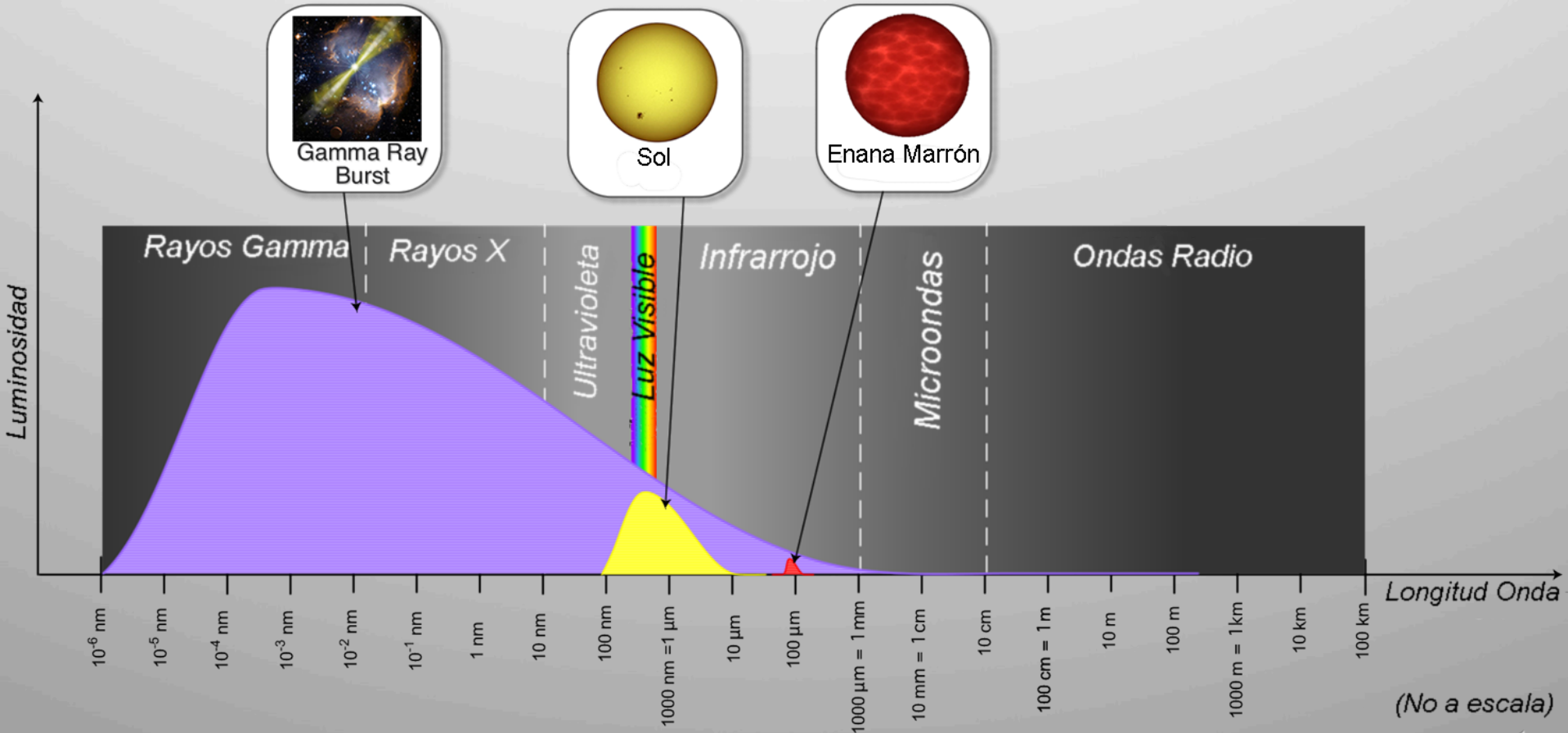
La Radiación de Cuerpo Negro nos da más detalles sobre el color y la temperatura de una estrella.

Nivel: Avanzado

Radiación de Cuerpo Negro

- Un “***Cuerpo Negro***” es un perfecto emisor y absorbente de luz.
- Emite luz en un rango de longitudes de onda que es función de su temperatura.

RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO



Ley de desplazamiento de Wien

- El máximo de la gráfica Intensidad-Longitud de onda está relacionado con la temperatura a la que se encuentra el cuerpo negro correspondiente:

Temperatura (K) = constante de Wien (K m) / long. onda
máxima(m)

$$T = \frac{b}{\lambda_{\text{máx}}}$$

(b = 0.002898 m K)

¿Cómo de caliente es el Sol?

- Gráfico de la energía emitida por el Sol.

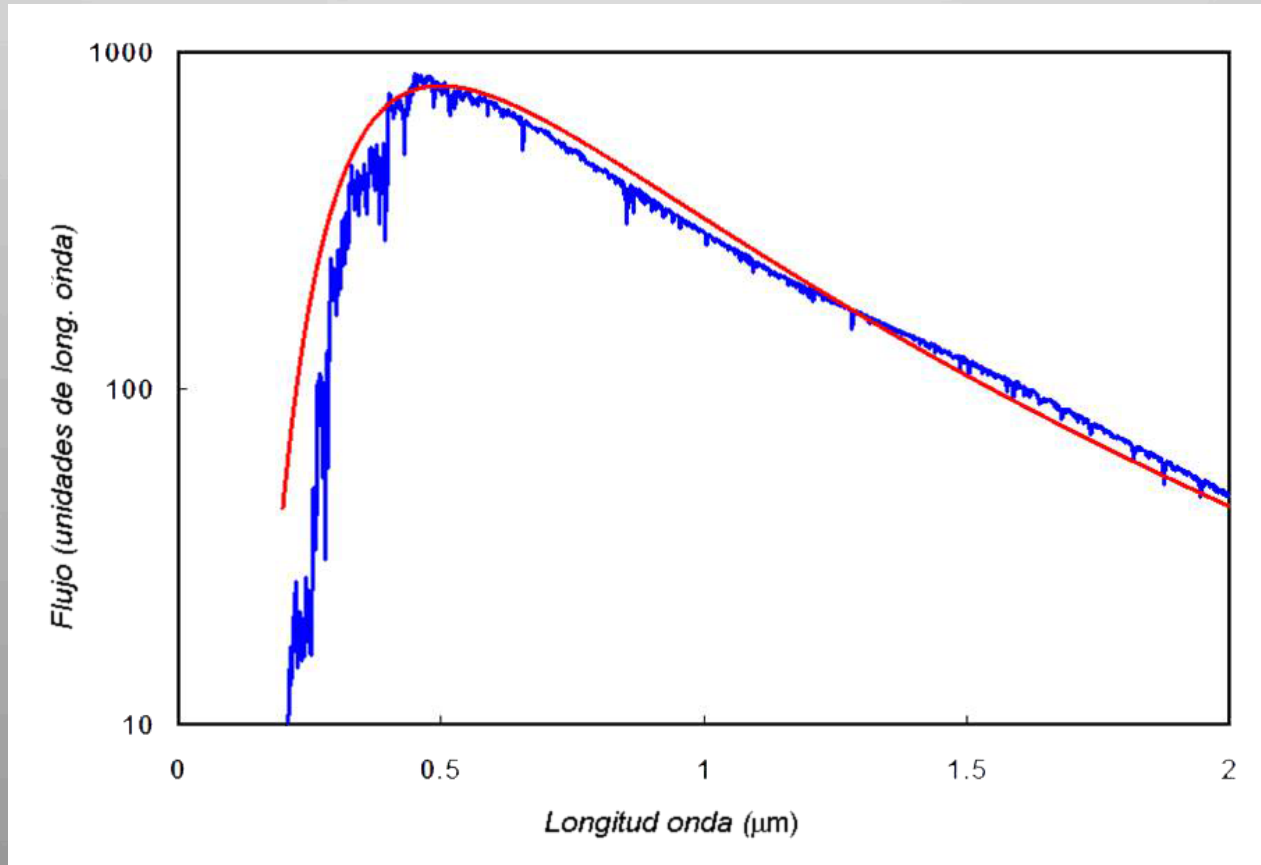


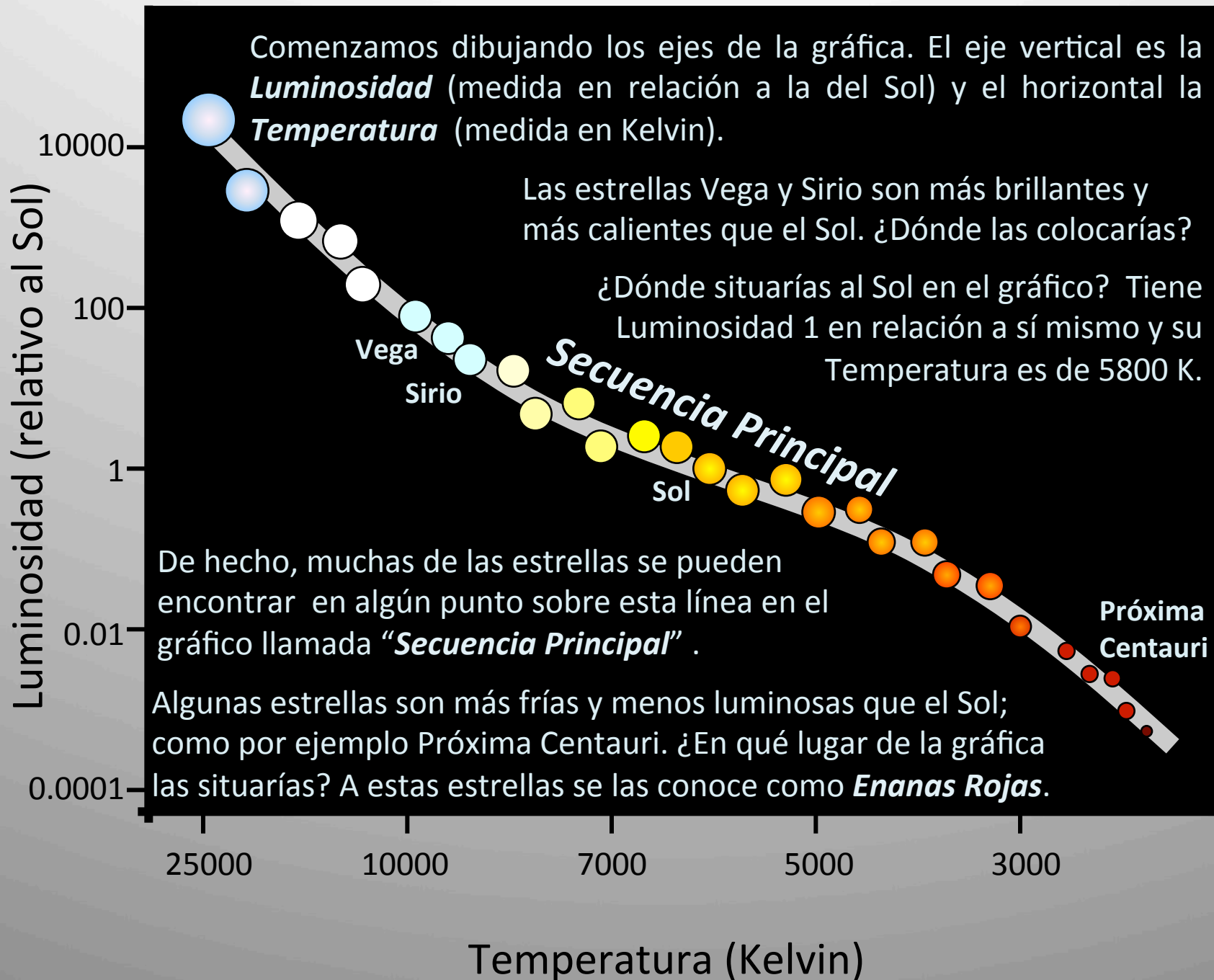
Diagrama de Hertzsprung-Russell

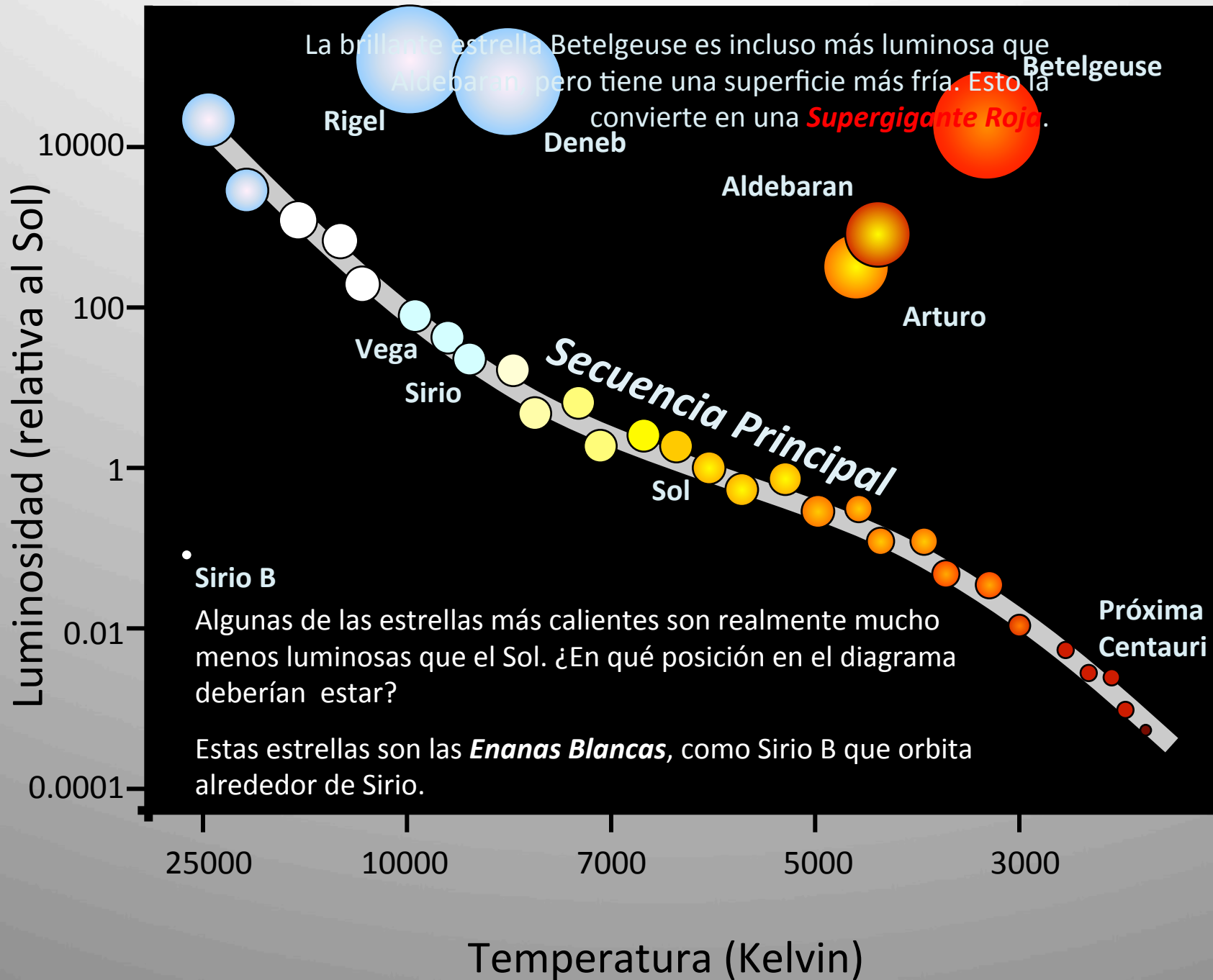
Una introducción al diagrama H-R, en el que se representan varias estrellas . Intenta que los estudiantes sugieran dónde deberían situarse las estrellas antes de visualizar el gráfico.

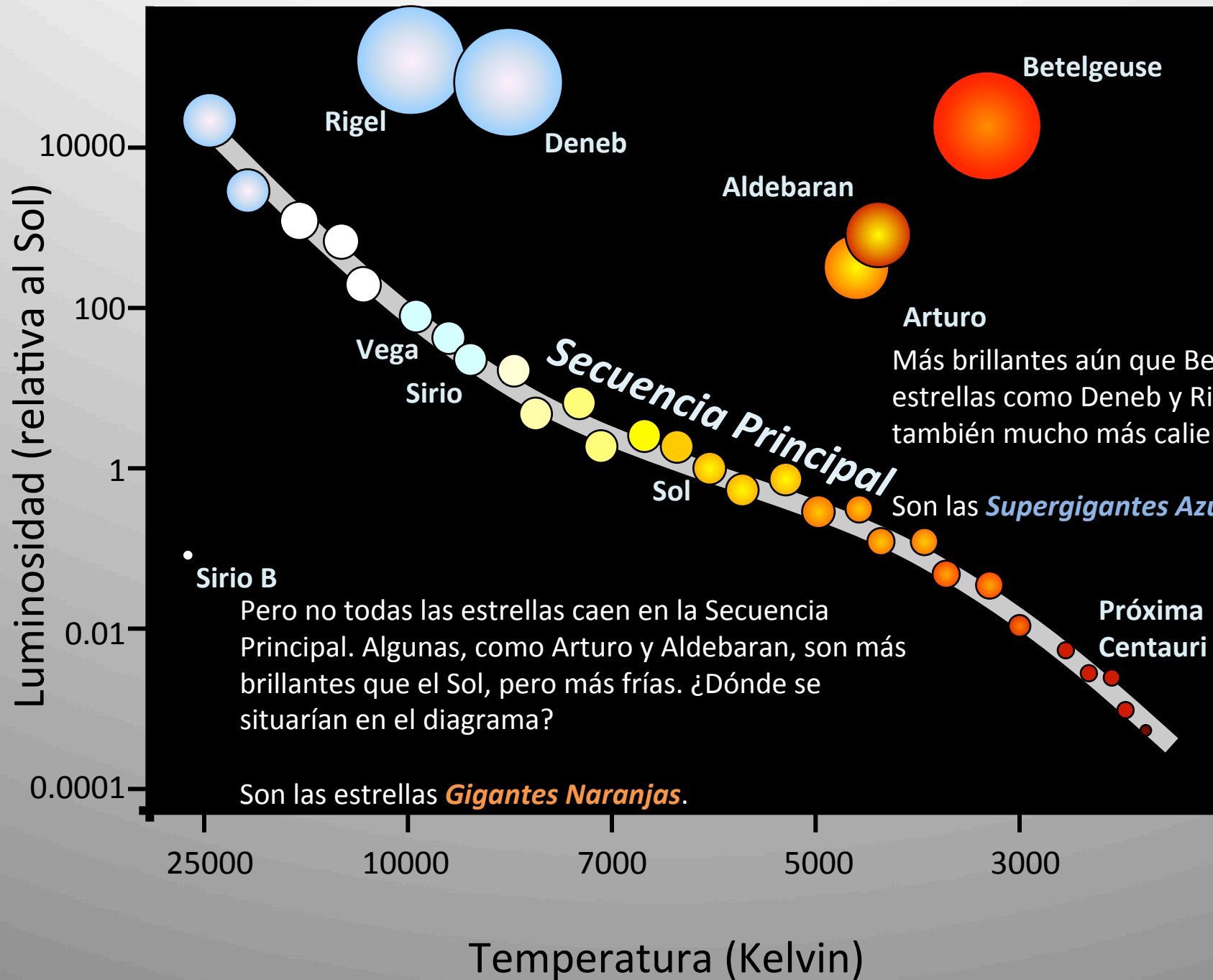
Nivel: Principiante

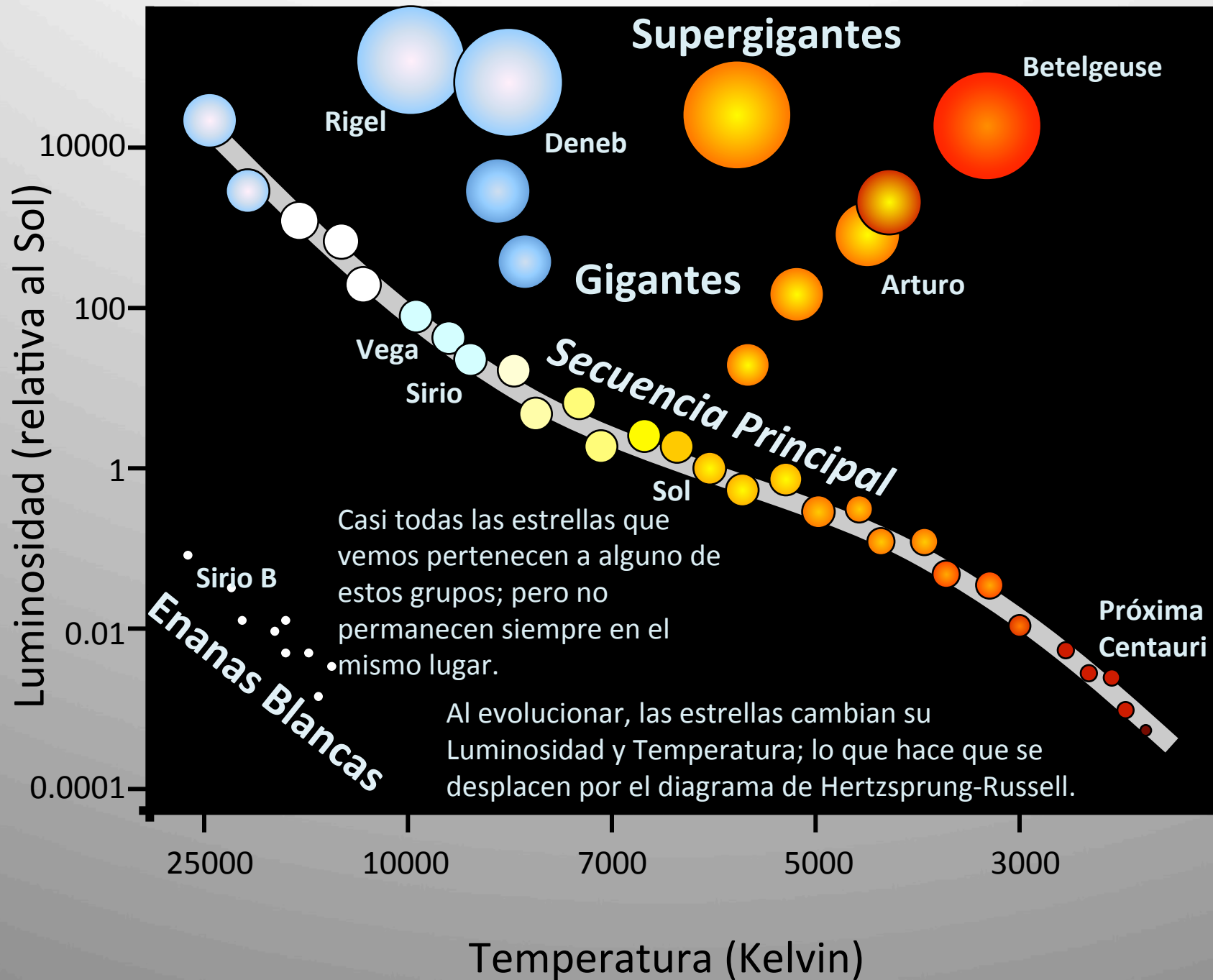
El diagrama de Hertzsprung-Russell

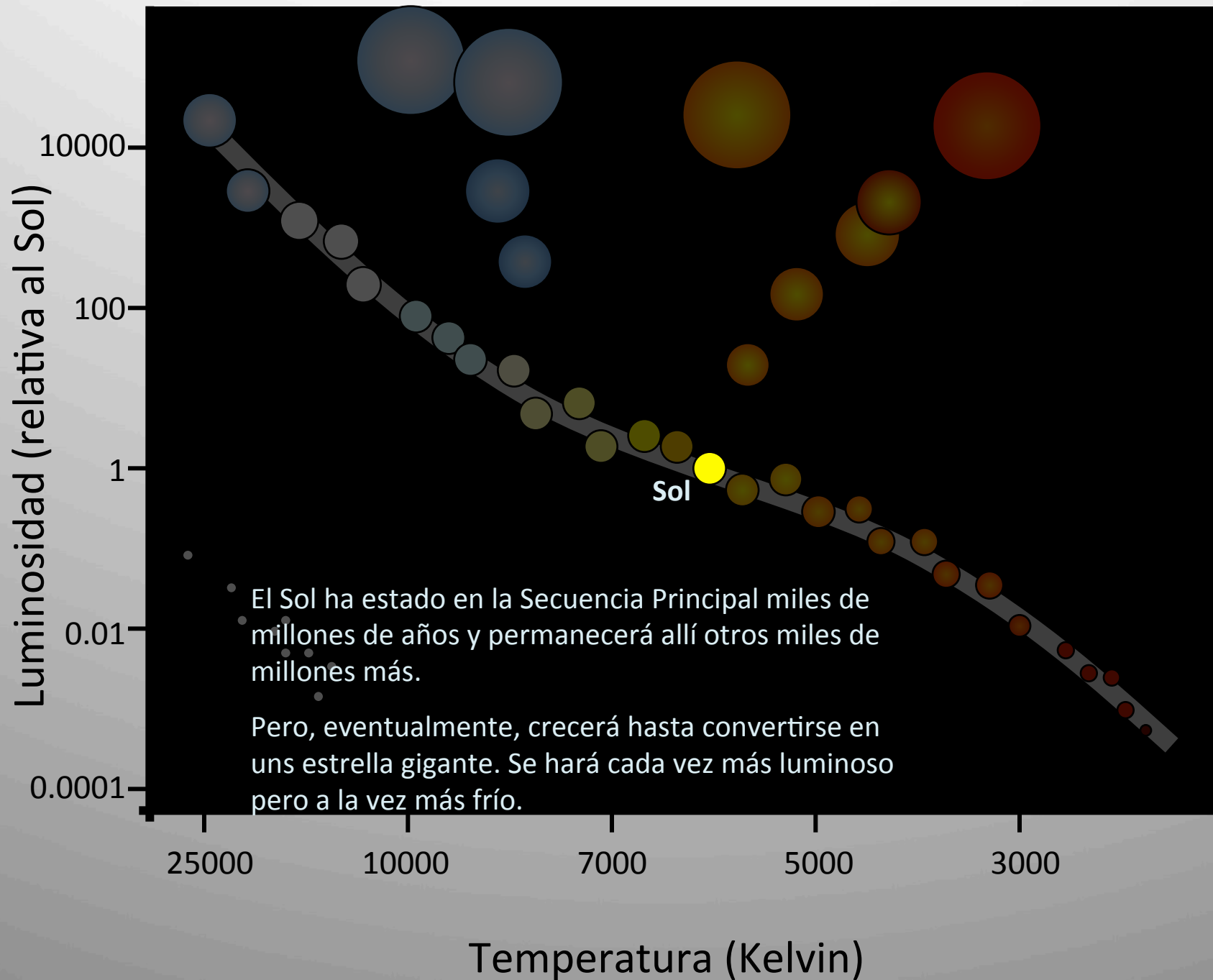
- Podemos comparar estrellas mostrando, en un gráfico, su temperatura y luminosidad.

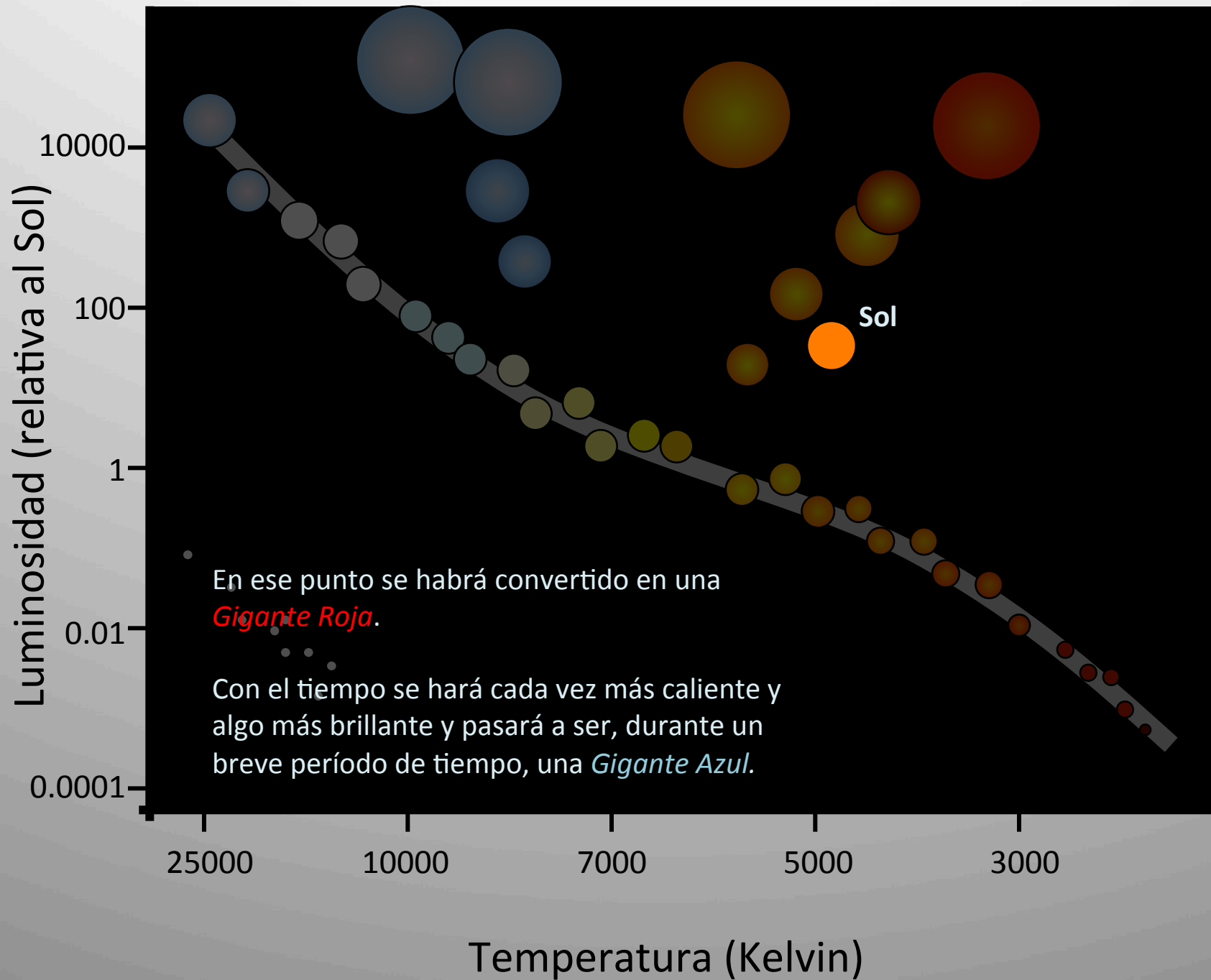


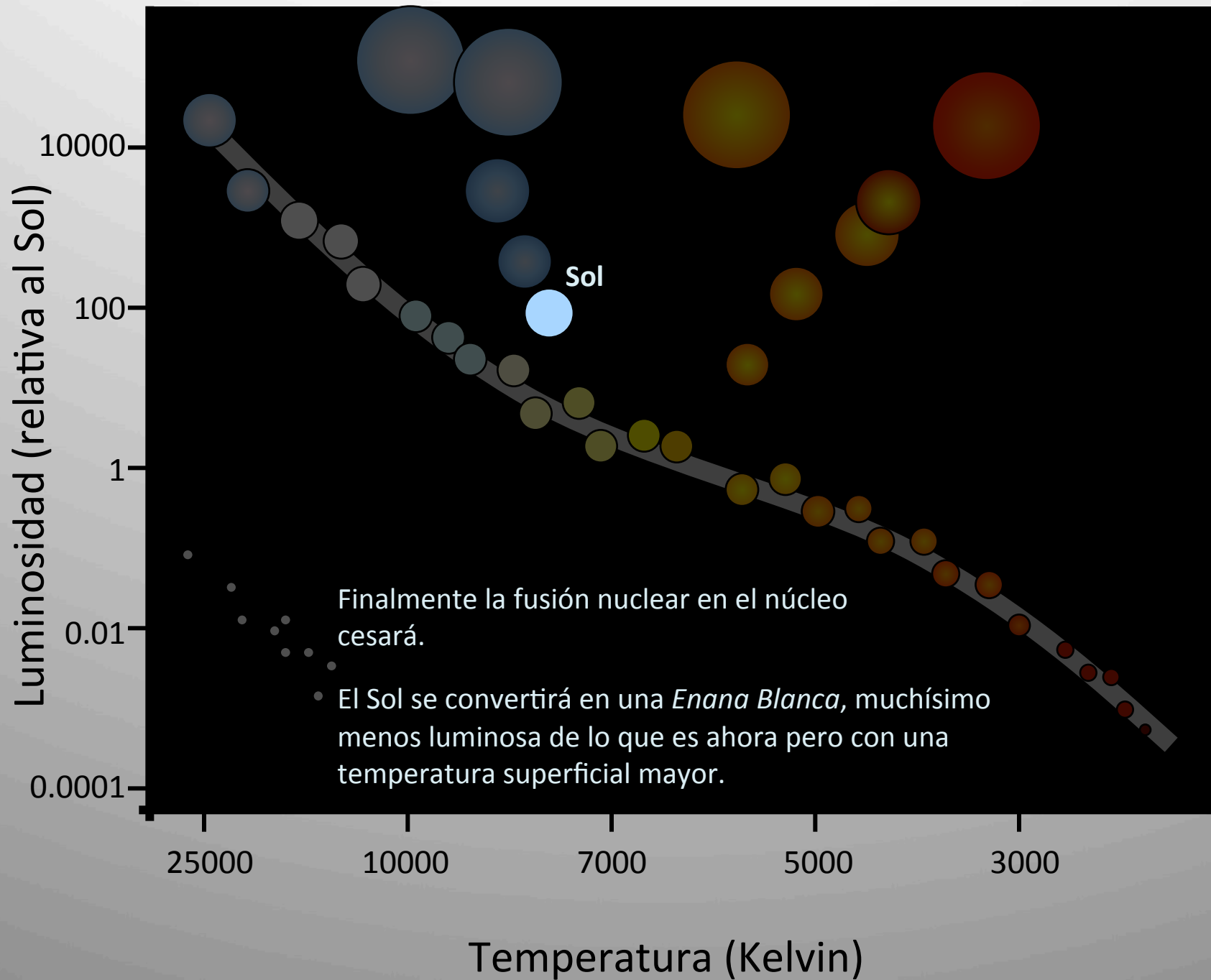












Una Estrella en Una Caja

Llegado a este punto, ejecuta el programa “*Una Estrella en Una Caja*” para estudiar el diagrama de Hertzsprung-Russell para estrellas con diferentes masas.

Nivel: Principiante

Fusión Nuclear

Este proceso se desarrolla en el centro de la estrella.

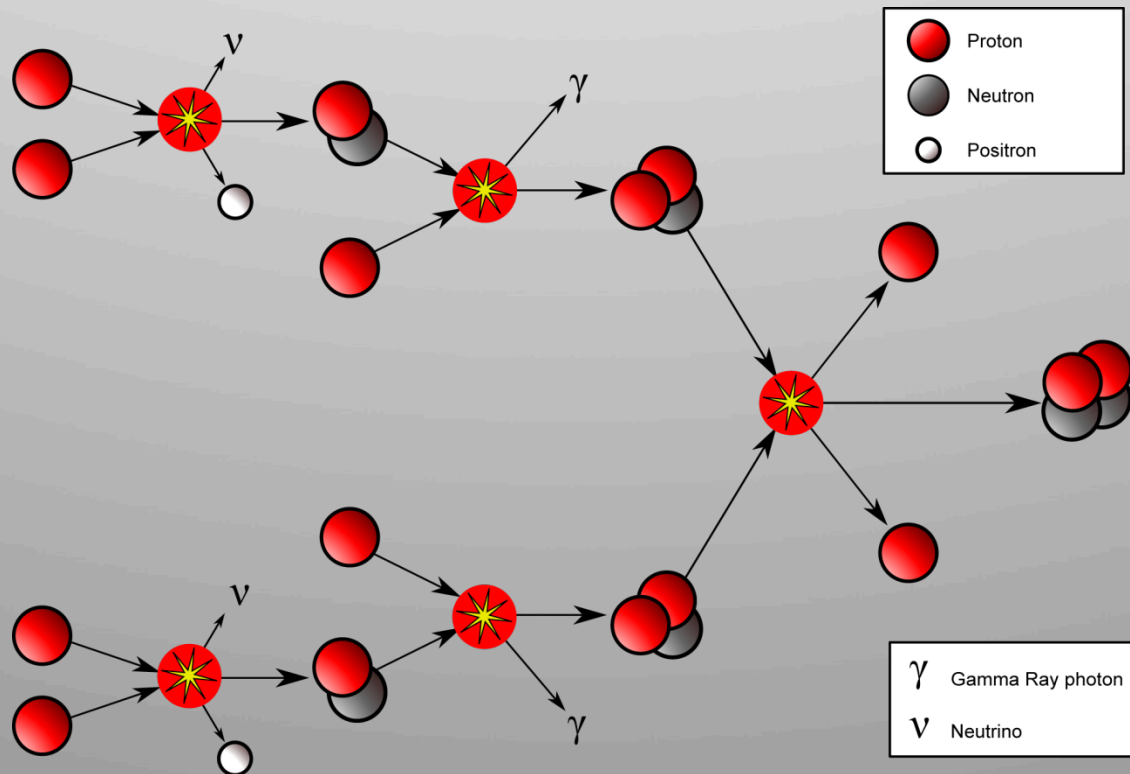
Nivel: Intermedio

Fusión Nuclear

- La Luminosidad de una estrella es alimentada por la fusión nuclear que tiene lugar en su núcleo.
 - La Temperatura y Densidad son suficientemente altas para permitir la fusión nuclear.
 - Las estrellas están compuestas principalmente de hidrógeno, con pequeñas cantidades de helio.
 - Están tan calientes que los electrones son arrancados de los núcleos atómicos.
 - Este gas ionizado se denomina *plasma*.

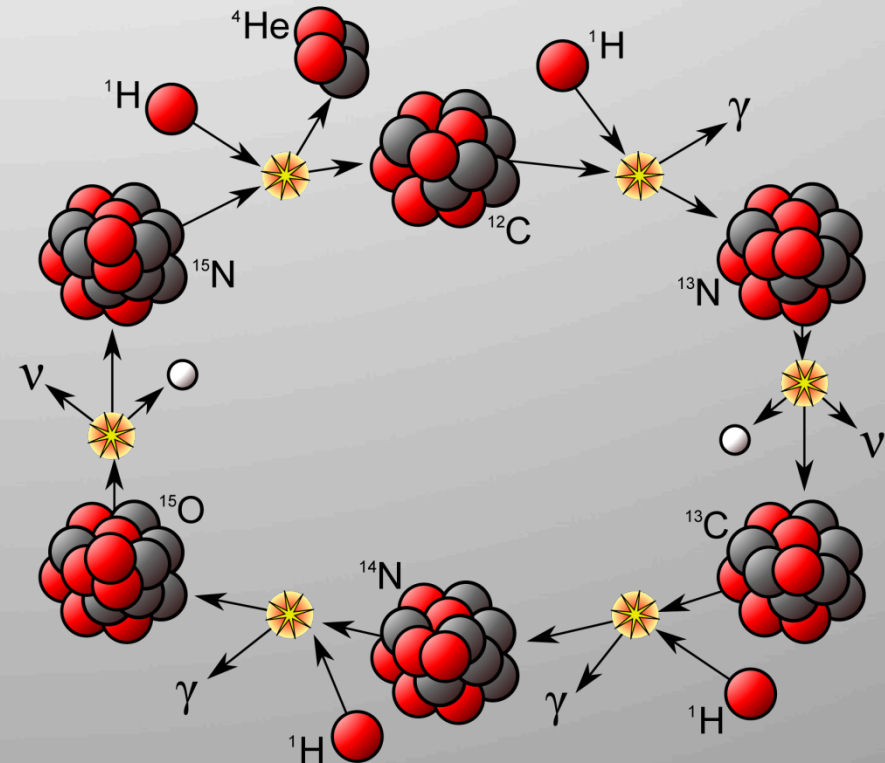
La cadena protón-protón




- A temperaturas por encima de 4 millones Kelvin, los núcleos de hidrógeno se fusionan en helio.



El ciclo CNO

- A temperaturas por encima de 17 millones Kelvin la estrella puede usar el carbono, nitrógeno y oxígeno para ayudar a convertir el hidrógeno en helio.



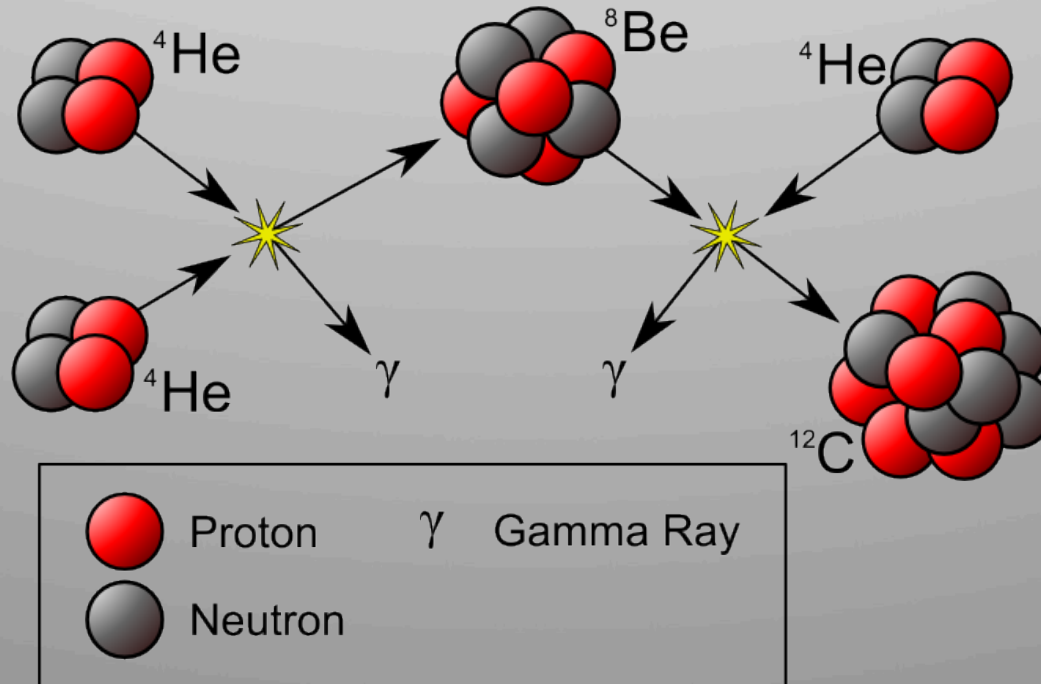
	Proton	γ	Gamma Ray photon
	Neutron	ν	Neutrino
	Positron		

Cuando el hidrógeno se agota...

- La estrella mantiene un delicado equilibrio entre la fuerza de gravedad, que trata de colapsarla y la radiación emitida por las reacciones nucleares que suceden en su interior y que la expanden.
- Al ir acabándose el hidrógeno, la energía desprendida por la fusión disminuye, y la gravedad hace que la estrella colapse.
- Si la estrella es lo suficientemente masiva, durante el colapso la temperatura de su núcleo se incrementará hasta que pueda darse la fusión del helio.

Combustión del helio

- A temperaturas por encima de los 100 millones Kelvin el helio se puede fusionar para convertirse en carbono. Esta reacción es conocida como “*El Proceso Triple-Alfa*”



Elementos más pesados

- El helio se fusiona con el carbono para crear elementos más pesados :
 - Oxígeno, neón, magnesio, silicio, azufre, argón, calcio, titanio, cromo y hierro.
- Es imposible crear elementos más pesados que éstos mediante fusión nuclear sin aportar más energía al proceso. El proceso de fusión se detiene.

Cuando el helio se agota...

- Eventualmente el helio acabará agotándose y la estrella colapsará otra vez.
- Si es lo suficientemente masiva, la temperatura subirá lo suficiente para permitir la fusión del carbono.
- El ciclo se repite. Cada vez se van fusionando elementos más pesados hasta que la temperatura del núcleo no puede elevarse más.
- En ese punto, la estrella muere.

Combustión de elementos pesados

- Los elementos más pesados se fusionan a temperaturas del núcleo incluso mayores .
 - Carbono: 500 millones Kelvin
 - Neón: 1.2 mil millones Kelvin
 - Oxígeno: 1.5 mil millones Kelvin
 - Silicio: 3 mil millones Kelvin

Eficiencia de la fusión

Nivel: Avanzado

Fusión del hidrógeno

- La cadena protón-protón convierte seis núcleos de hidrógeno en uno de helio, más dos protones y dos positrones (anti-electrones)
- La energía desprendida por cada una de estas reacciones es pequeña, y se mide en “*Mega electron-Voltios*”, o MeV.
 $1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ Julio}$
- Cada reacción de la cadena protón-protón desprende 26.73 MeV

Masas atómicas

- La suma de las masas de los productos de la reacción es menor que las masas de los reactivos; por lo que, en cada reacción, la estrella pierde masa.
- Al igual que en el caso de la energía, las masas involucradas son pequeñas, medidas en “*unidades de masa atómicas*” o “u”.

$$1 \text{ u} = 1.661 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Pérdida de masa

- Masa de un protón (p): 1.007276 u
- Masa de un positrón (e^+): 0.000549 u
- Masa de un núcleo de helio (He): 4.001505 u
- ¿Cuánta masa se pierde en cada reacción?
- $0.026501 \text{ u} = 4.4018 \times 10^{-29} \text{ kg}$

Combustión del helio

- La fusión del helio proporciona 7.275 MeV por reacción
- El Carbono-12 tiene una masa de, exactamente, 12 u. ¿Cuánta masa se ha perdido en la reacción Triple Alfa?

$$0.004515 \text{ u} = 7.499415 \times 10^{-30} \text{ kg}$$