

# La Vida de las Estrellas

**Alexandre Costa, Beatriz García,  
Ricardo Moreno, Rosa M Ros**

*International Astronomical Union  
Escola Secundária de Loulé, Portugal  
ITeDA y Universidad Tecnológica Nacional, Argentina  
Colegio Retamar de Madrid, España  
Universidad Politécnica de Cataluña, España*



# Objetivos

- Comprender la diferencia entre magnitud aparente y magnitud absoluta.
- Comprender el diagrama Hertzsprung-Russell confeccionando un diagrama color/magnitud.
- Comprender conceptos como supernova, estrella de neutrones, pulsar y agujero negro.

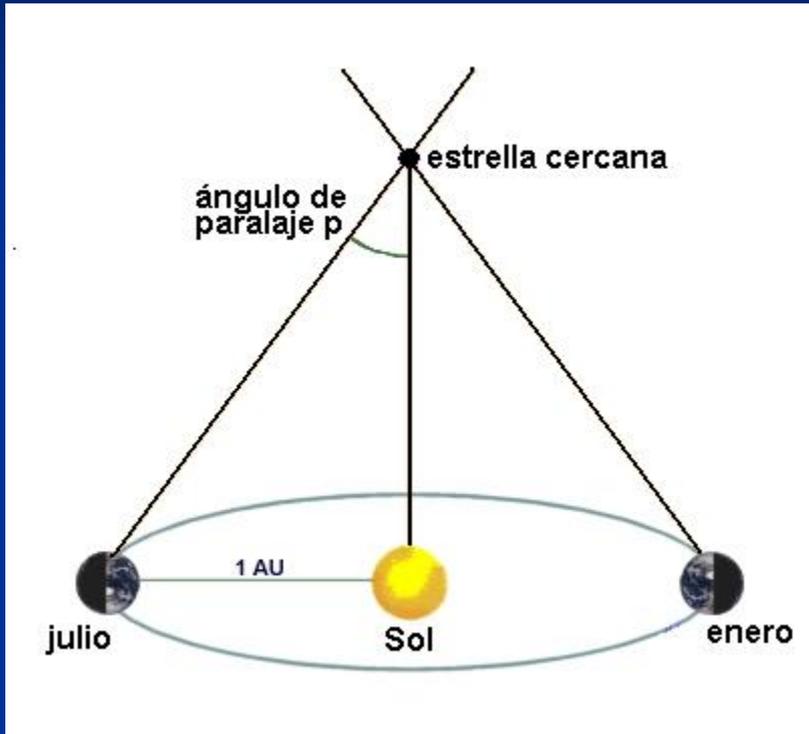


# Actividad 1: Simulación de Paralaje



- Mantén tu dedo pulgar apuntando hacia arriba, a la distancia de tu propio brazo.
- Primero míralo sólo con tu ojo izquierdo abierto, luego sólo con el ojo derecho abierto. ¿Qué observas?
- Mueve ahora tu dedo hasta mitad de camino hacia tu nariz y repite la observación. ¿Qué observas?

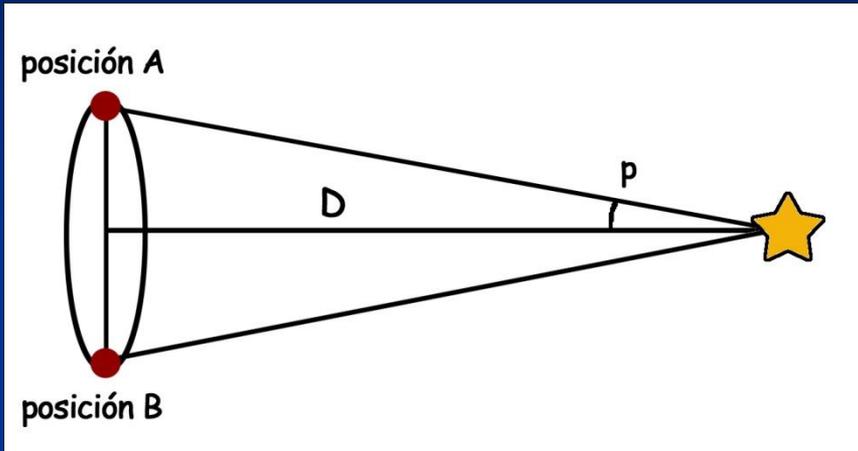
# Paralaje



Fuente: Columbia University.

- Paralaje es el cambio aparente en la posición de un objeto, cuando se mira desde diferentes lugares.
- La posición de la estrella cercana sobre el fondo parece cambiar cuando es vista desde dos ubicaciones en la órbita terrestre separadas 6 meses.
- Así podemos saber la distancia a las estrellas cercanas.

# Paralaje



$$D = \frac{AB/2}{\tan p} = \frac{AB/2}{p}$$

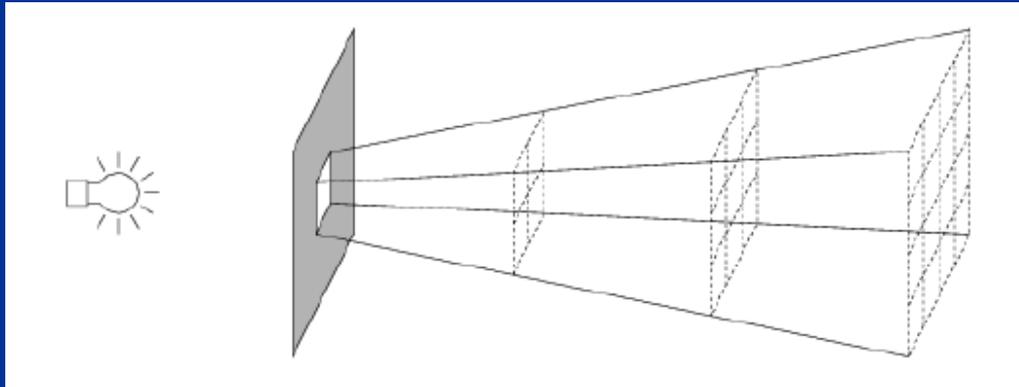
$$D \cong \frac{150\,000\,000}{2\pi/(360^\circ \times 60 \times 60)} = 30\,939\,720\,937\,064 \text{ km} = 3,26 \text{ a.l.}$$

$$1 \text{ pc} = 3.26 \text{ a.l.}$$

$$d = 1/p$$

# Actividad 2: Ley de la inversa del cuadrado

Una estrella emite radiación en todas direcciones. La intensidad que llega a una distancia  $D$  será la luminosidad  $L$  (=potencia) repartida entre el área de una esfera con centro en la estrella.



$$I = \frac{L}{4\pi D^2}$$

# Actividad 2: Ley de la inversa del cuadrado

Cuando la distancia pasa a ser el doble, el área sobre la que incide la luz será cuatro veces mayor, luego la intensidad luminosa (la luz que llega por unidad de área) pasará a ser un cuarto.

La intensidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente.



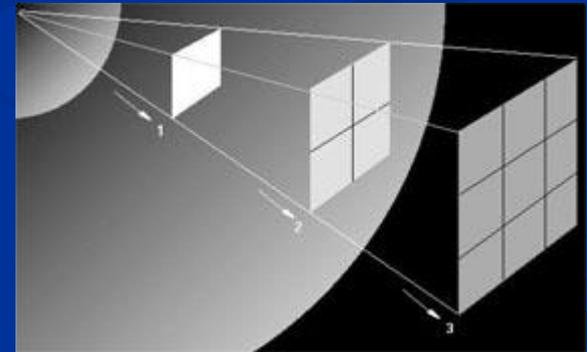
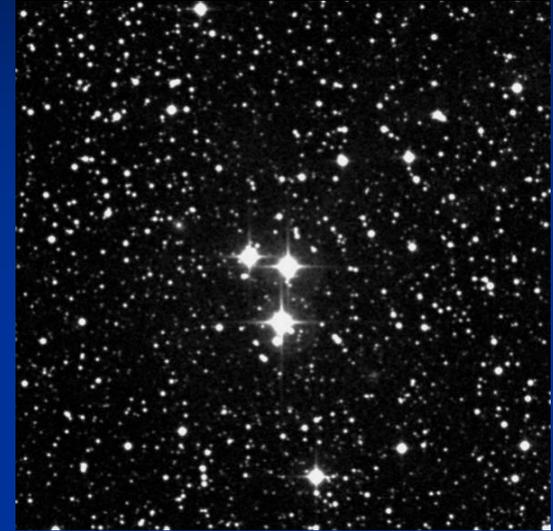
# Sistema de magnitudes

Las estrellas nos muestran  
varios brillos.

Las más brillantes pueden ser  
pequeñas y cercanas, o  
grandes y lejanas.

El brillo podríamos definirlo  
como:

$$B = F = \frac{L}{4\pi D^2}$$



# Sistema de magnitudes

Hiparco nació en Nicea, (conocida hoy como Iznik, Turquía) en 190 a. C. Se cree que murió en Rodas, Grecia, en 120 a. C.

Unos 125 años antes de Cristo definió el sistema de magnitudes.



# Sistema de magnitudes

Hiparco llamó estrellas de 1<sup>a</sup> magnitud a las más brillantes, de 2<sup>a</sup> al grupo siguiente, y así siguió hasta las más débiles, que llamó de 6<sup>a</sup> magnitud.

Ese sistema, un poco adaptado, sigue hoy: cuanto más grande es la magnitud, la estrella es más débil.

Los astrónomos se refieren al brillo de una estrella al hablar de su magnitud.



# Sistema de magnitudes

En 1850, Robert Pogson propuso que una diferencia de 5 magnitudes debía ser equivalente, exactamente, a una relación de brillos de 100/1.

Esta constituye la definición formal de la escala de magnitudes que utilizan los astrónomos en la actualidad.



# Ley de Pogson

Desde el punto de vista de la computación, es útil escribir esta relación tomando logaritmos:

$$2.5 \log (B_1/B_2) = m_2 - m_1$$

Por ejemplo:

- Sirio, la estrella más brillante del cielo, presenta una magnitud de -1.5
  - la magnitud de Venus es -4,
  - la de la Luna -13 y
  - la del Sol -26.8



# Magnitud aparente y absoluta

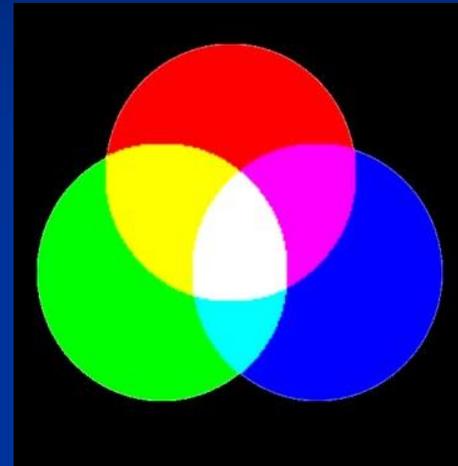
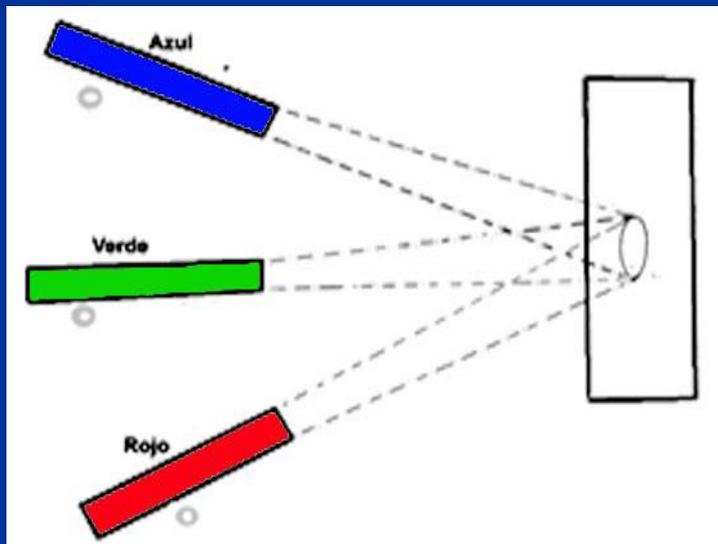
- Pero una estrella muy potente y muy lejana podemos verla de la misma magnitud aparente  $m$  que otra estrella más débil, pero cercana.
- Los astrónomos han establecido el concepto de Magnitud Absoluta  $M$  como la que tendría esa estrella a una distancia de 10 parsecs (32 a.l.) de nosotros.
- Con la Magnitud Absoluta podemos comparar los “brillos reales” de dos estrellas o lo que es equivalente, su potencia o Luminosidad.
- La relación matemática entre  $m$  y  $M$  es:

$$M = m + 5 - 5 \log d$$

donde “ $d$ ” es la distancia real a la que está la estrella en pc

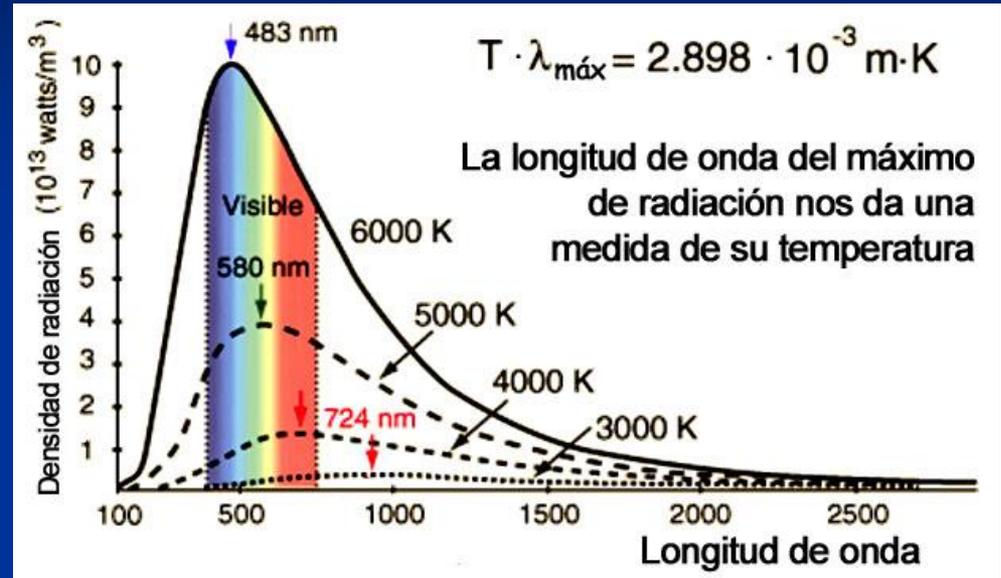
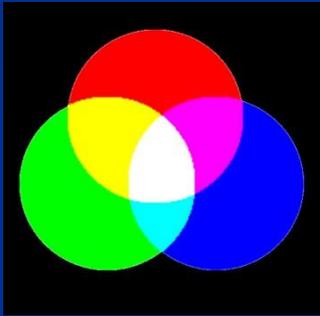
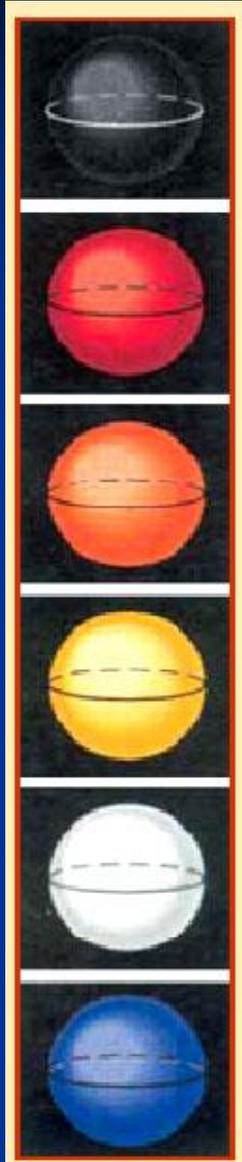


# Actividad 3: Colores de las estrellas



# Actividad 3: Colores de las estrellas

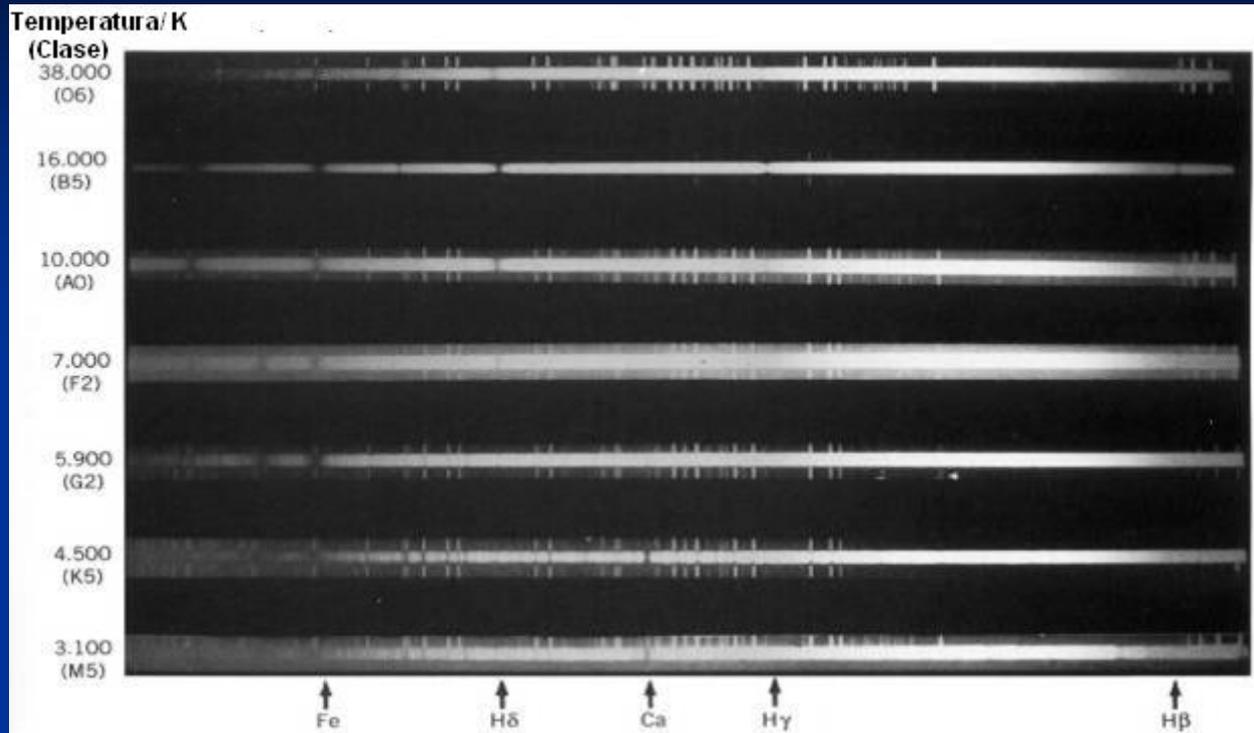
Las estrellas se ven de determinado color según su temperatura.



Las estrellas de temperatura intermedia presentan emisión máxima en luz verde, pero también emiten mucha luz roja y azul, el resultado es un promedio de las longitudes de onda visibles y la suma de todos los colores del espectro es el blanco.

Por eso no hay estrellas verdes!

# Clases Espectrales



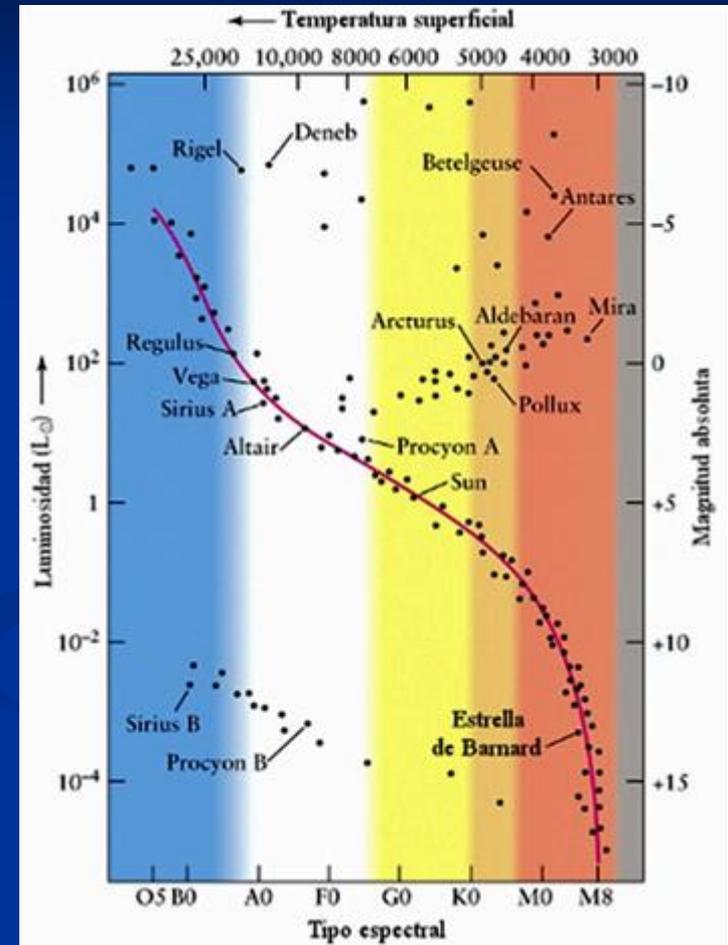
Relación entre clasificación espectral,  
temperatura y color de las estrellas

# Diagrama de Hertzsprung-Russell

Las estrellas pueden organizarse en un diagrama empírico, a partir de la temperatura superficial (o tipo espectral) y luminosidad (o magnitud absoluta).

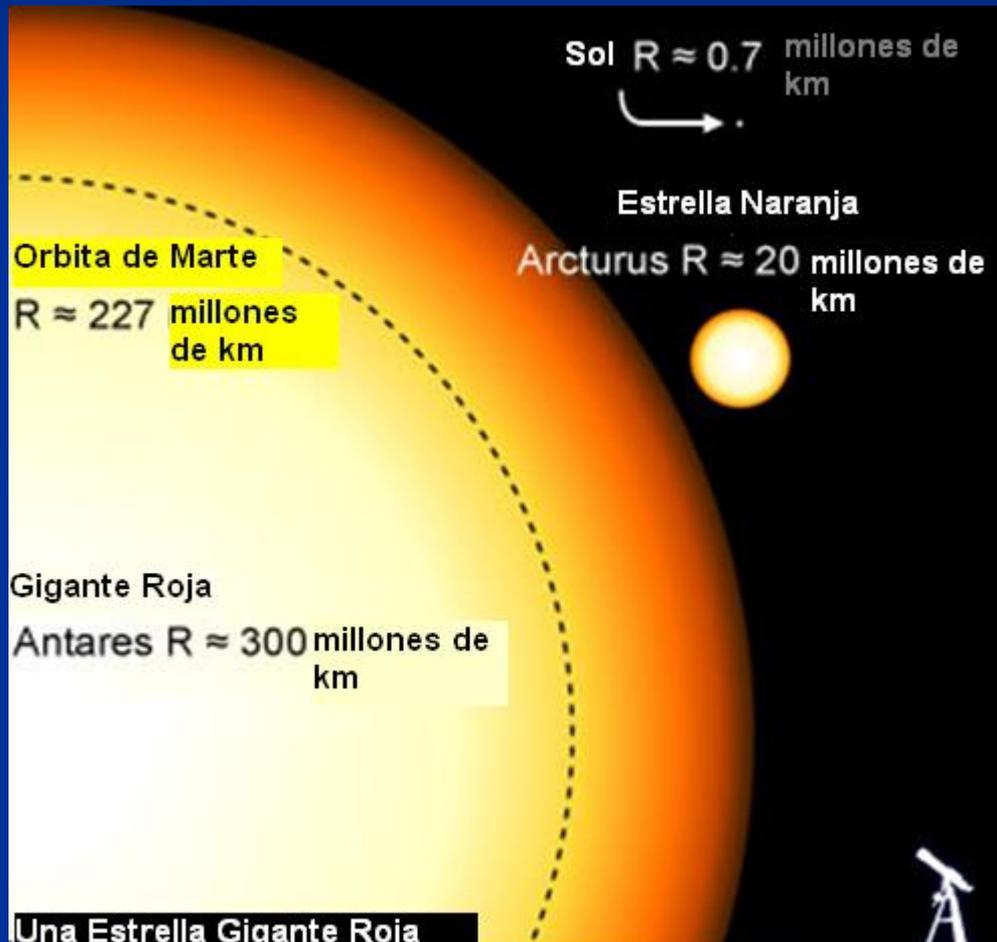
En general, las estrellas se ubican en determinadas regiones del diagrama.

Se puede saber de qué tipo es una estrella y cuál es su estado evolutivo.



# Evolución Estelar

## Formación de una Gigante Roja



Las estrellas evolucionan a distintos estadios que dependen de la masa con la cual nacen.

# Evolución Estelar

## Formación de la Enana Blanca



Una estrella de masa intermedia o baja, como el Sol, evoluciona a una enana blanca, una forma de muerte estelar no catastrófica.



# Nebulosa de la Hélice



El objeto central, pequeño y blanco es una enana blanca, la estrella muerta, que ya no produce energía por fusión y es sólo visible porque está a muy alta temperatura.



# Nebulosa del Ojo de Gato



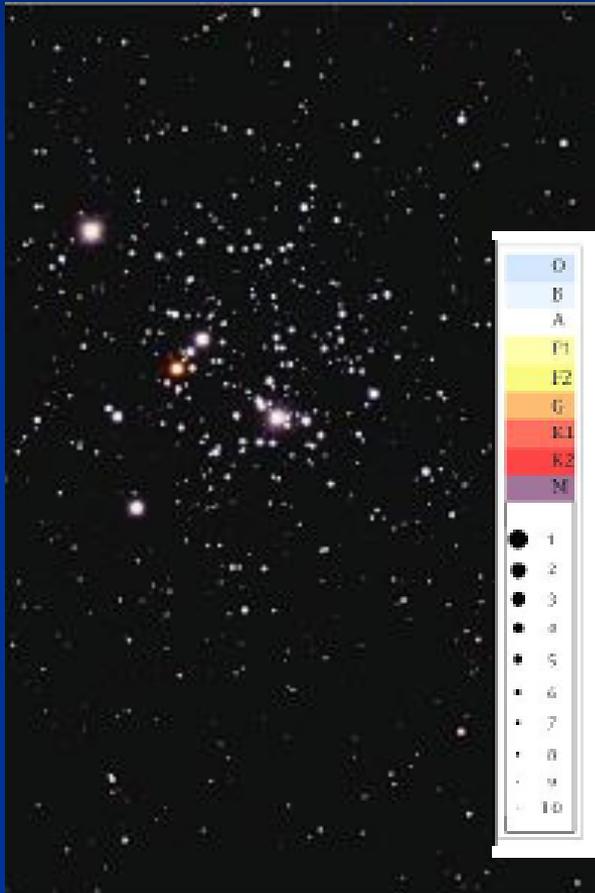
La nebulosa Ojo de Gato es una nebulosa planetaria de gran belleza. Aquí se ve la foto en la región visible (HST) y en Rayos X (Chandra).

# Actividad 4: La edad de los cúmulos abiertos

Es posible determinar la edad de un cúmulo comparando el diagrama HR del mismo con los diagramas de otros cúmulos, cuyas edades son conocidas.



# Actividad 4: La edad de los cúmulos abiertos

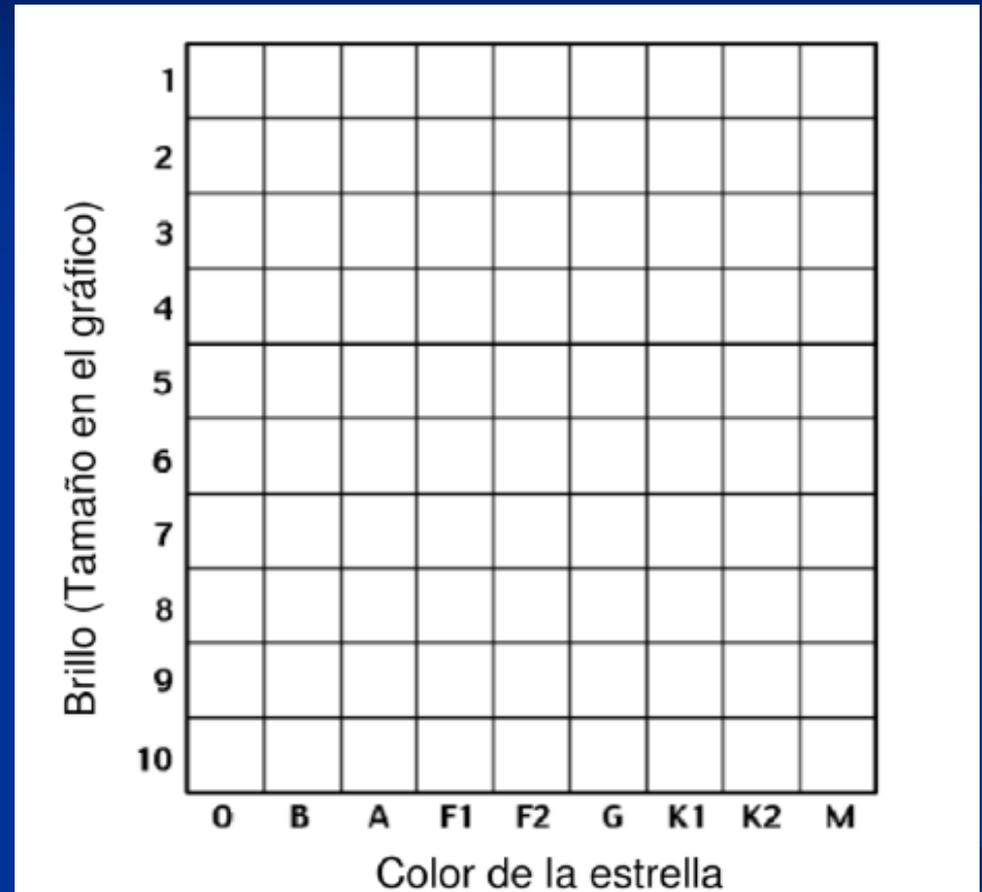


La Caja de Joyas (kappa Crucis)

- Dibuja un cuadrado de 4 cm de lado centrado en el cúmulo.
- Mide el brillo de la estrella elegida comparándola con los puntos en la guía.
- Estima el color de la estrella elegida con ayuda de la guía de colores de comparación.

# Actividad 4: La edad de los cúmulos abiertos

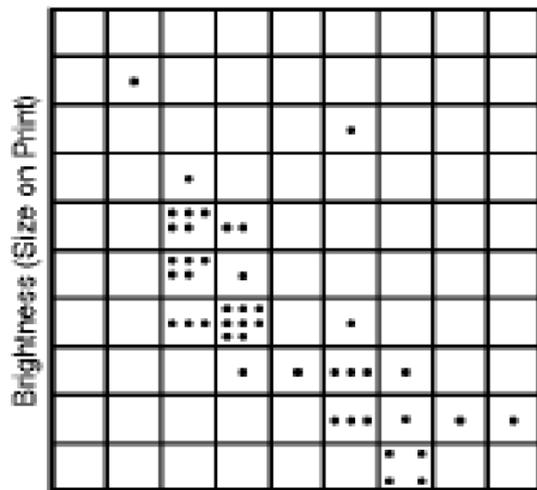
- Ubica esa estrella en la cuadrícula de la derecha.
- Repite el proceso con otras estrellas.



# Actividad 4: La edad de los cúmulos abiertos

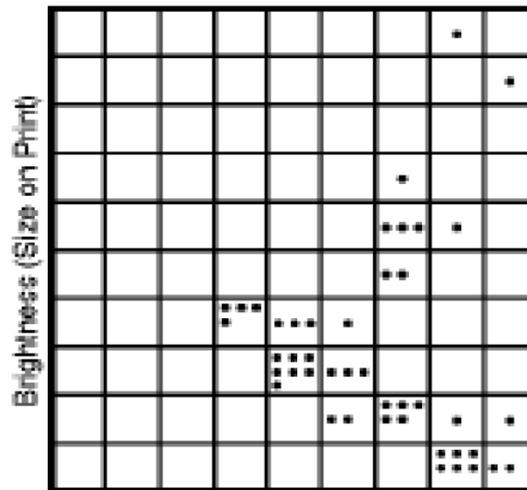
Compara el diagrama obtenido con estos otros.  
¿Qué edad le estimas?

Cumulo Joven (<100 M. de años)



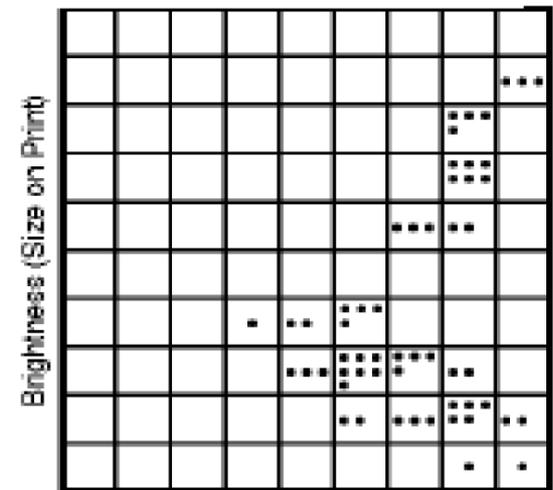
Color de la estrella

Cumulo edad intermedia (100-3000 M. de años)



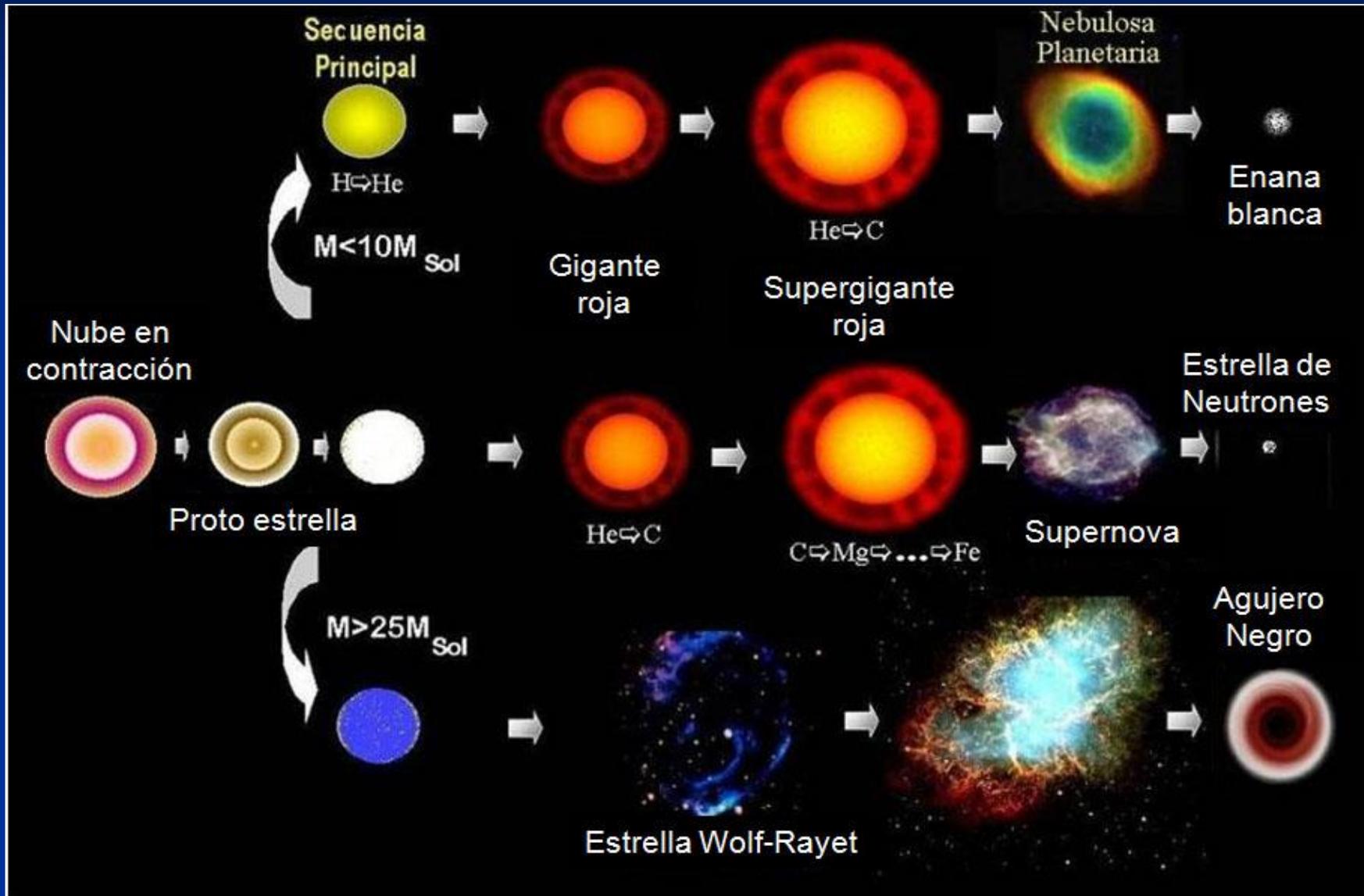
Color de la estrella

Cumulo Viejo (> 3000 M. de años)

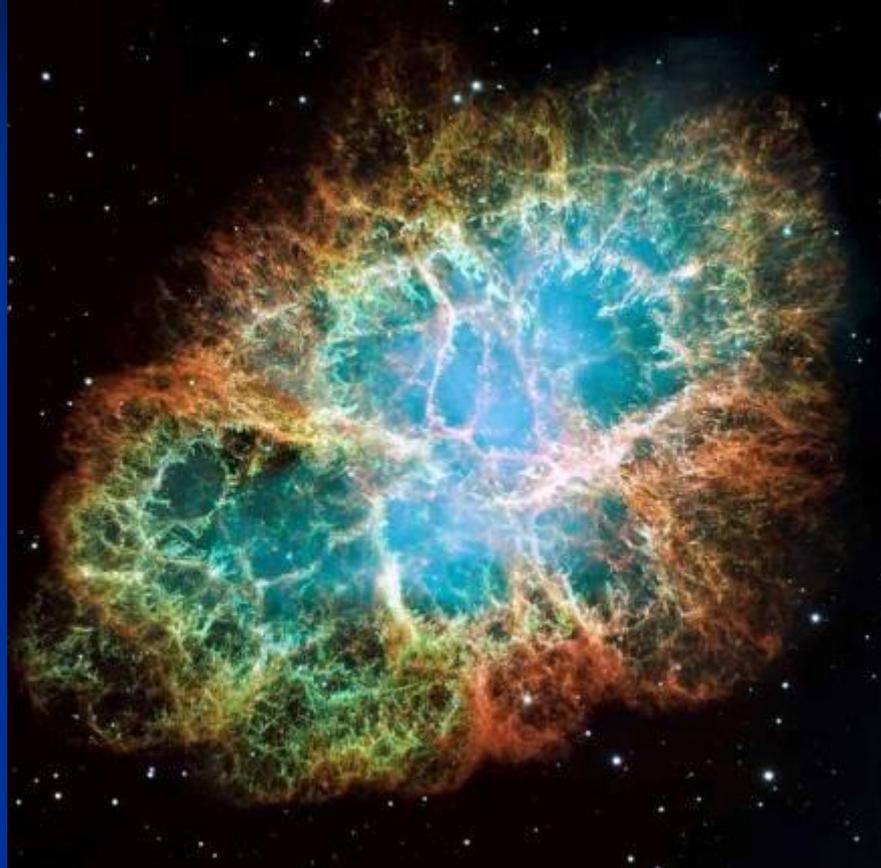


Color de la estrella

# Relación entre la masa y la muerte de las estrellas



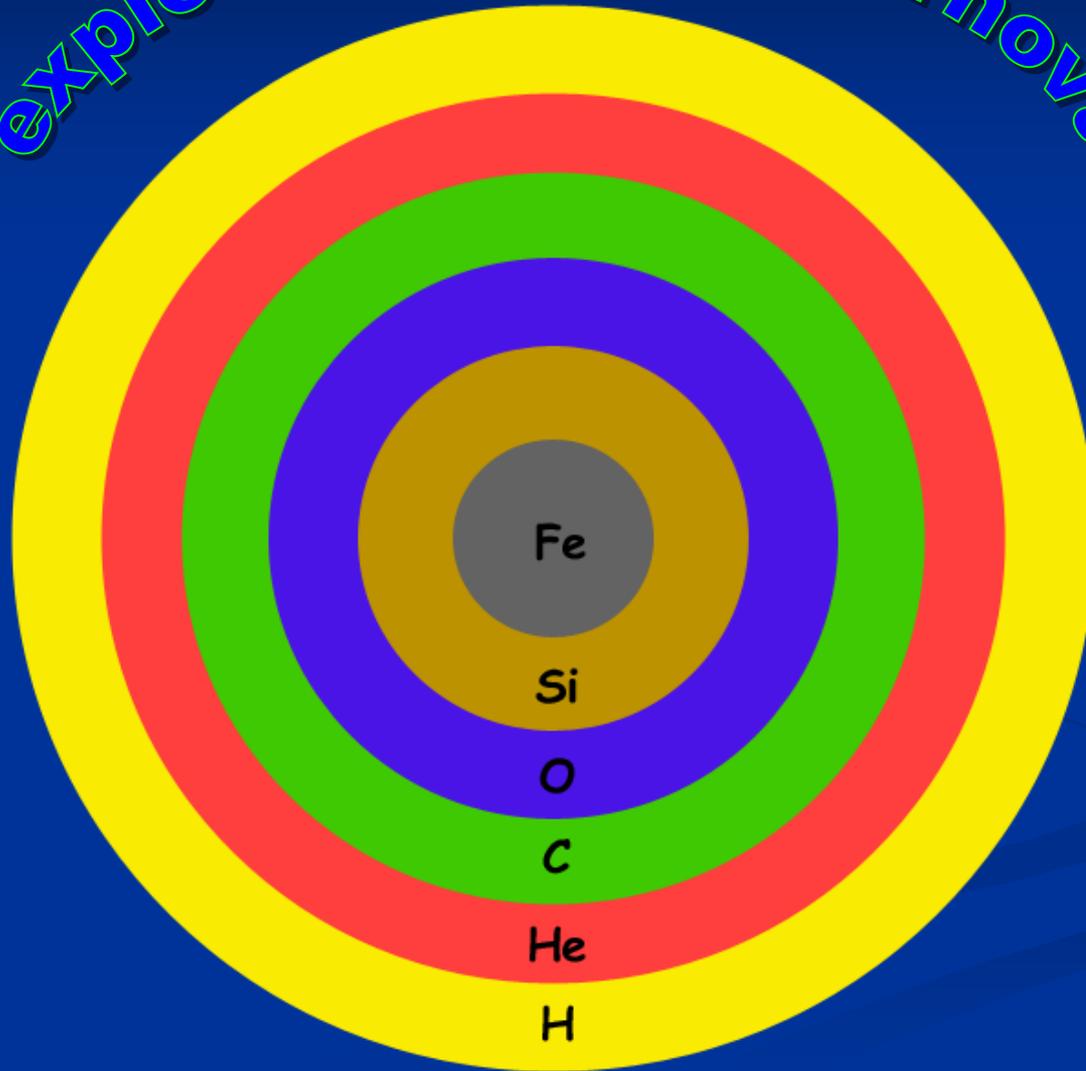
# La muerte de estrellas masivas

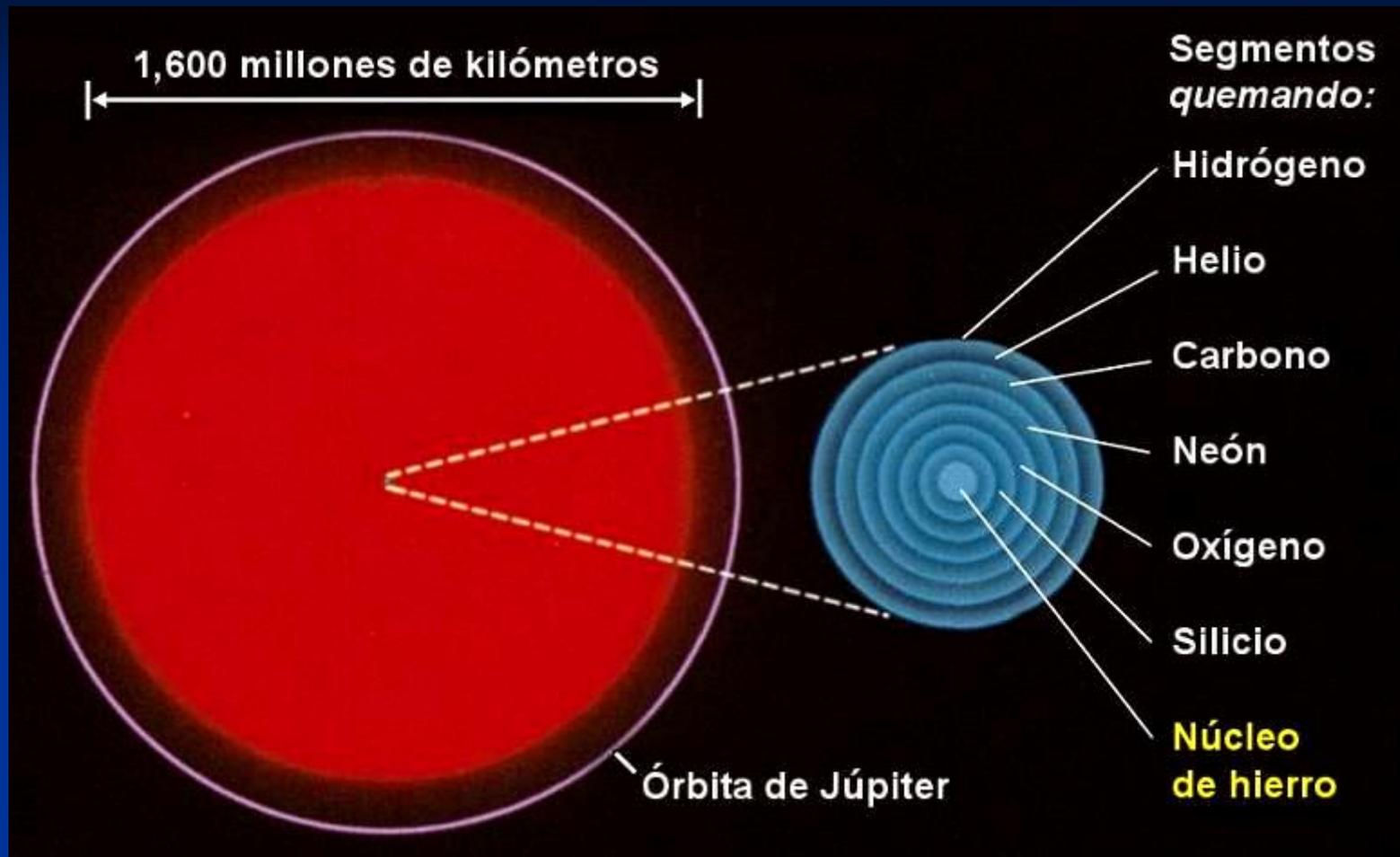


**M1: La Nebulosa del Cangrejo, en Tauro, es el remanente de supernova vista en el año 1054.**



# Estrella lista para explotar como supernova





Características de una estrella lista para explotar como supernova.

# Una estrella de 20 masas solares dura:

- 10 millones de años transformando hidrógeno en su núcleo (secuencia principal).
- 1 millón de años transformando el helio.
- 300 años el carbono.
- 200 días el oxígeno.
- 2 días en consumir el silicio: la explosión de la supernova es inminente.



# Supernova 1987 A



La supernova 1987 A fue vista en 1987 en la Nube Mayor de Magallanes. La nube está a 168.000 a. l.: la luz tardó ese tiempo en llegar a la Tierra.



# Supernova 1987 A 10 años después



El material expulsado tras la explosión se aleja a grandes velocidades de la estrella.

Esta foto de la 1987 A fue tomada por el Telescopio Espacial Hubble en 1997.





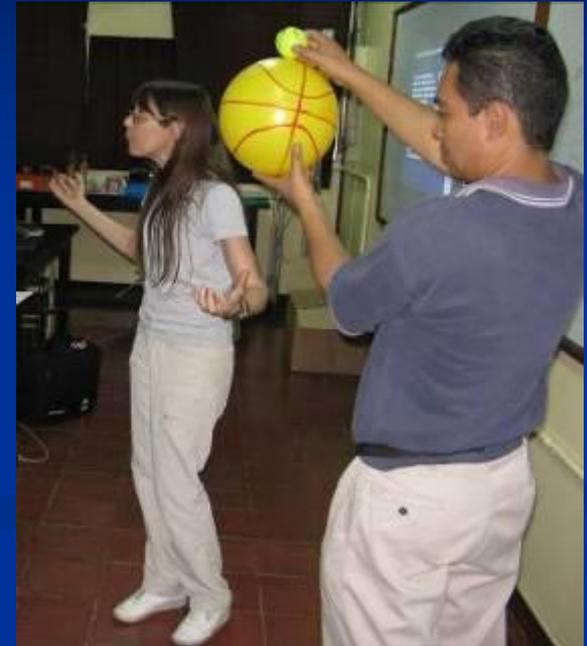
Ejemplo de supernova en una galaxia alejada. En cada galaxia hay de media una supernova cada siglo.

En la Vía Láctea, hace 400 años que no se observa una supernova.



# Actividad 5: Simulación de la explosión de una supernova

Cuando una estrella estalla como supernova, los átomos ligeros de las capas externas caen sobre átomos más pesados del interior, y estos rebotan en el macizo núcleo central.

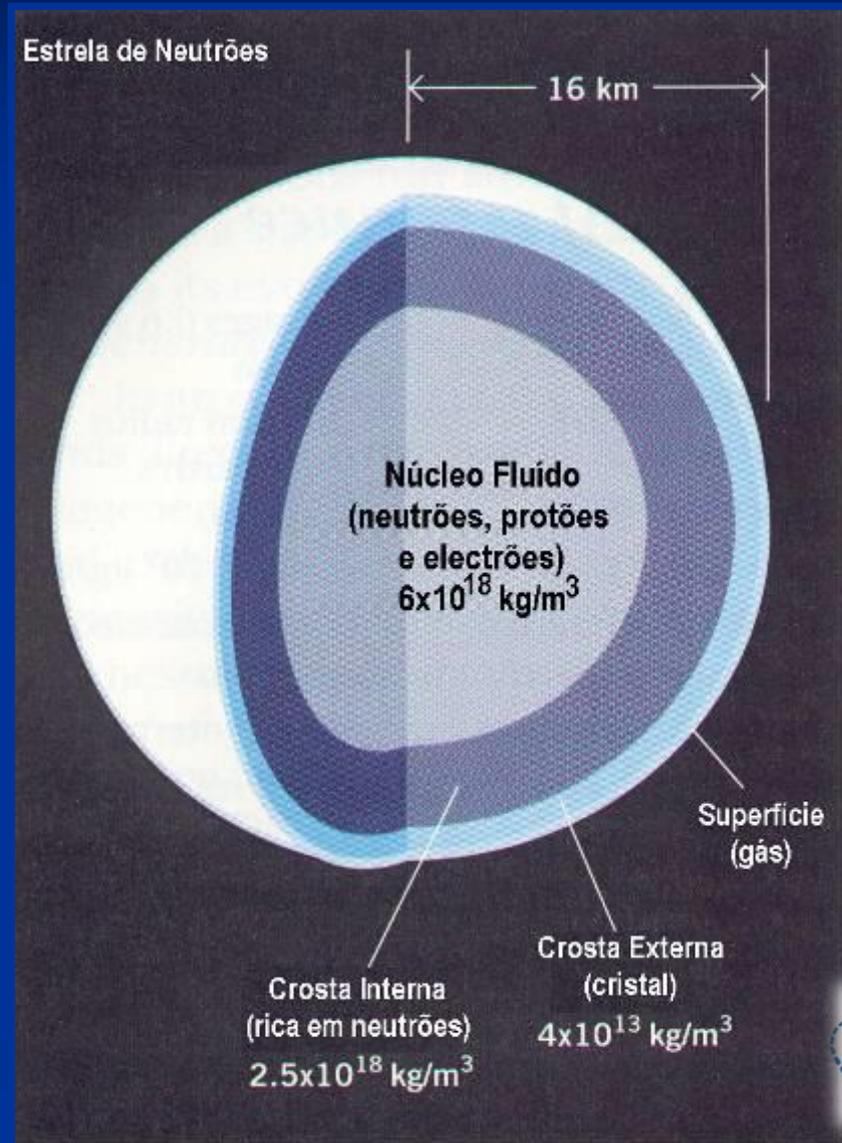


En este modelo, el suelo representa el núcleo macizo de la estrella de neutrones, la pelota de baloncesto sería un átomo pesado que rebota, y a su vez empuja al átomo ligero que viene detrás de él, representado por la pelota de tenis.

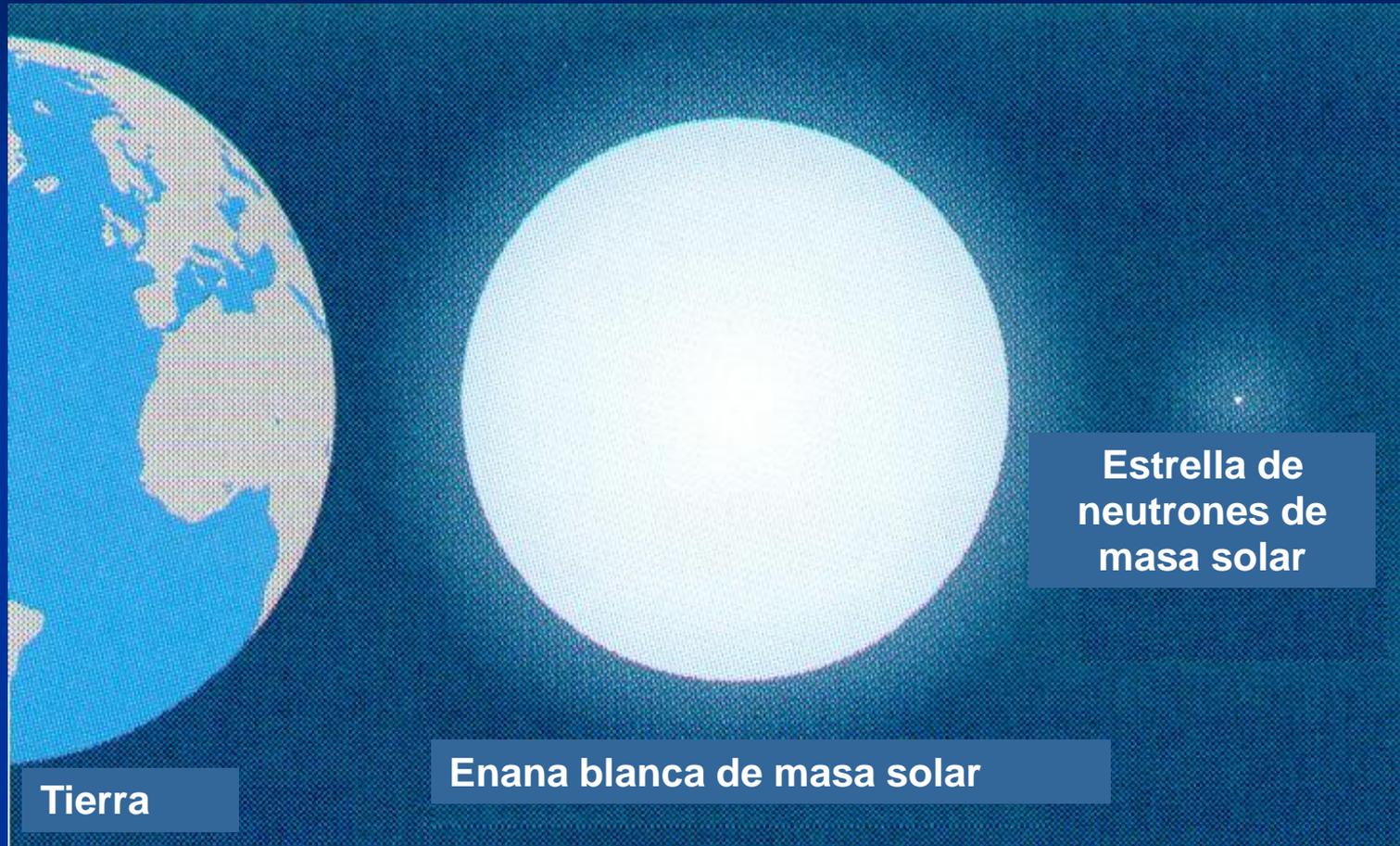


# Estrellas de Neutrones

Otra forma de muerte estelar la constituyen las estrellas de neutrones o púlsares.



# Estrellas de Neutrones



Tierra

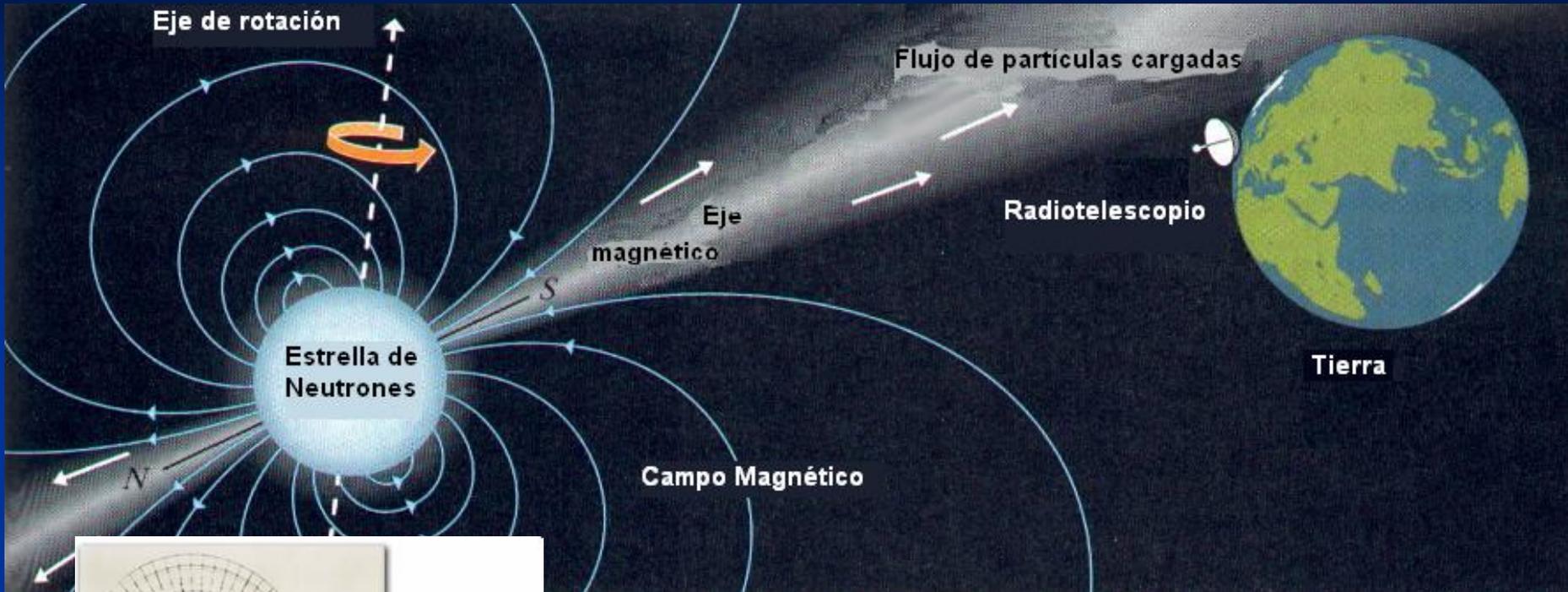
Enana blanca de masa solar

Estrella de neutrones de masa solar

Comparación de tamaños



# Púlsares



Cómo se ve la radiación emitida por un pulsar desde Tierra.

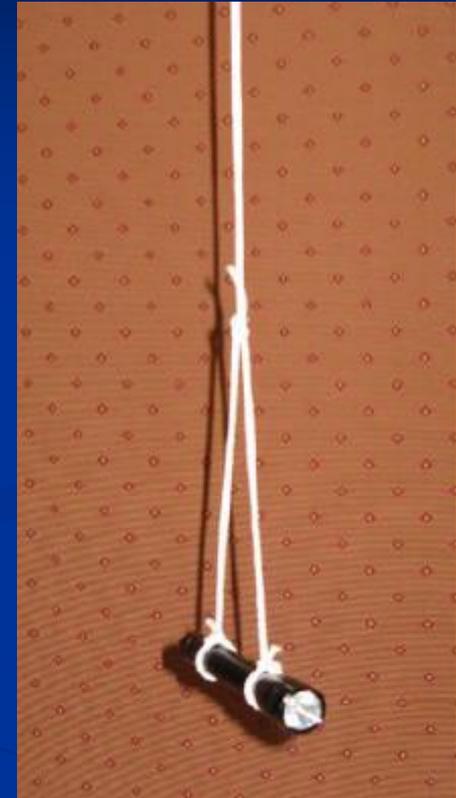
Jocelyn Bell, la descubridora de los pulsares.



# Actividad 6: Simulación de un pulsar

Un pulsar es una estrella de neutrones, muy maciza, que gira muy rápidamente. Emite radiación, pero la fuente no está totalmente alineada con el eje de giro, por lo que la emisión da vueltas como un faro.

Si está orientado hacia la Tierra, lo que vemos es una radiación que pulsa varias veces por segundo.



Montaje



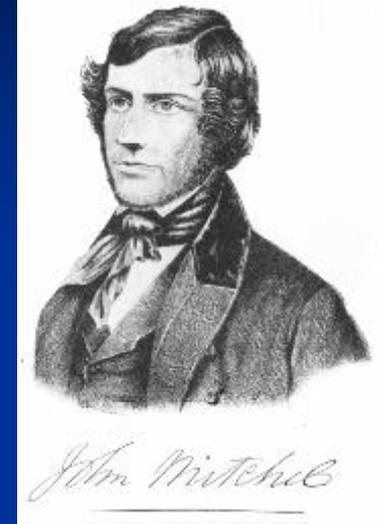
Giro



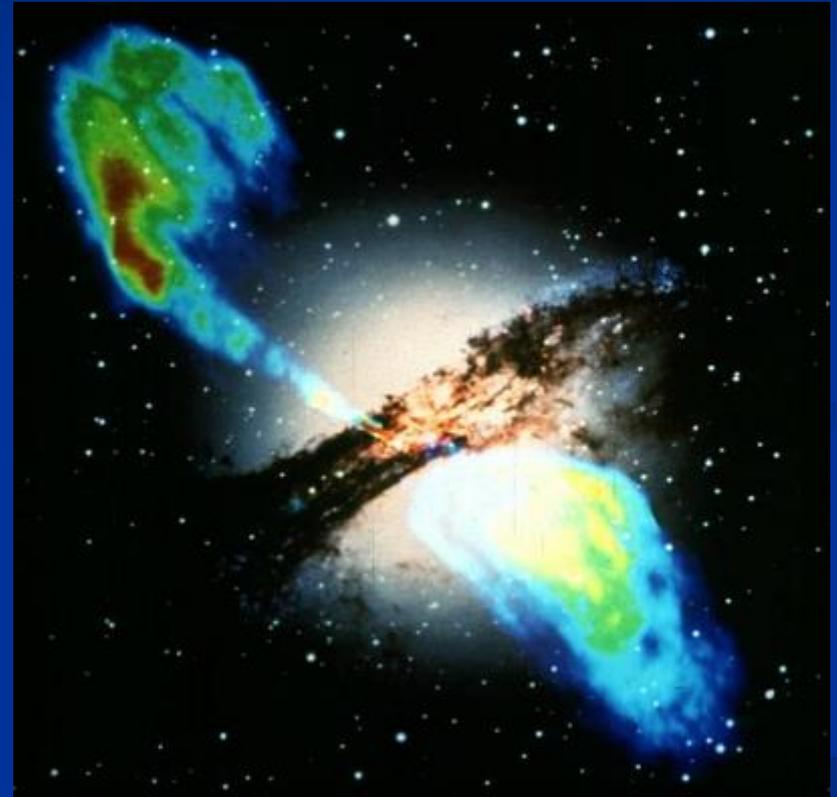
# 3ª forma de muerte estelar: Agujeros Negros

John Mitchell y Simon Laplace propusieron la posibilidad de objetos supermasivos colapsados gravitacionalmente en el final de su vida.

Los denominaron agujeros negros, debido a que sería imposible detectarlos ópticamente, pues su gravedad sería tal, que nada escaparía de ellos, ni siquiera la luz.



# Evolución Estelar: Agujeros Negros



Existen agujeros negros supermasivos en los núcleos de las galaxias.



# Actividad 7: Simulación de la curvatura del espacio y de un agujero negro

Es posible simular la curvatura del espacio determinada por un agujero negro usando un pedazo de tejido elástico (lycra) y un globo lleno de agua.



La trayectoria de la pelota de tenis no es una línea recta sino una curva.

# Actividad 7: Simulación de la curvatura del espacio y de un agujero negro

También sirve una red elástica de venta en farmacias.

Si destensamos un poco la tela, el pozo es mayor y simulamos un agujero negro.



**¡Muchas gracias  
por su atención!**