

# Cómo se agrupan y evolucionan las estrellas?

PhD Joel Sánchez Bermúdez

# Cómo se clasifican las estrellas?

Caliente  $\longrightarrow$  Frio

O



Clase O.  $\geq 30000$  K  
Masas solares  $\geq 16$   
Radios solares  $\geq 6,6$   
Luminosidad  $\geq 30000$

B



Clase B. 10000-30000 K  
Masas solares 2,1-16  
Radios solares 1,8-6,6  
Luminosidad 25-30000

A



Clase A. 7500-10000 K  
Masas solares 1,4-2,1  
Radios solares 1,4-1,8  
Luminosidad 5-25

F



Clase F. 6000-7500 K  
Masas solares 1,04-1,4  
Radios solares 1,15-1,4  
Luminosidad 1,5-5

G



Clase G 5200-6000 K  
Masas solares 0,8-1,04  
Radios solares 0,96-1,15  
Luminosidad 0,6-1,5

K



Clase K. 3200-5200 K  
Masas solares 0,45-0,8  
Radios solares 0,7-0,96  
Luminosidad 0,08-0,6

M



Clase M. 2400-3700 K  
Masas solares 0,08-0,45  
Radios solares  $\leq 0,7$   
Luminosidad solar  $\leq 0,08$

\* Estrellas en secuencia principal

# Qué es la magnitud de una estrella?

Magnitud estelar, o simplemente magnitud, término que se utiliza en astronomía para designar el brillo, real o aparente, de un objeto celeste.

Para medir el brillo de una estrella utilizamos telescopios con cámaras CCD en las que grabamos imágenes de las estrellas

**Qué dificultades hay al medir el brillo de una estrella?**



# Qué es la magnitud de una estrella?

Magnitud estelar, o simplemente magnitud, término que se utiliza en astronomía para designar el brillo, real o aparente, de un objeto celeste.

Para medir el brillo de una estrella utilizamos telescopios con cámaras CCD en las que grabamos imágenes de las estrellas

## Qué dificultades hay al medir el brillo de una estrella?

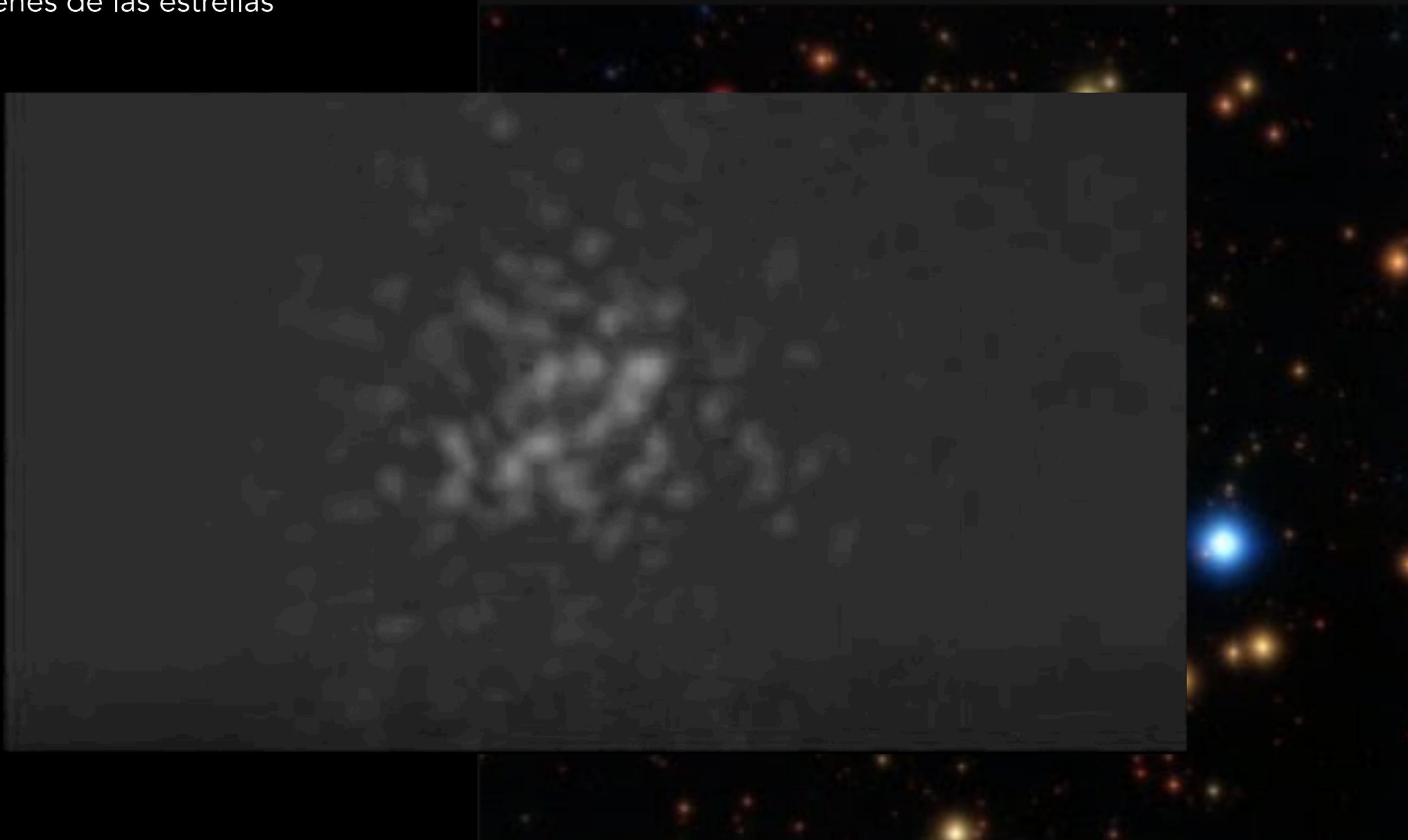
- Poca resolución angular
- Efecto de la atmósfera en las observaciones
- Campos muy densos



# Qué es la magnitud de una estrella?

Magnitud estelar, o simplemente magnitud, término que se utiliza en astronomía para designar el brillo, real o aparente, de un objeto celeste.

Para medir el brillo de una estrella utilizamos telescopios con cámaras CCD en las que grabamos imágenes de las estrellas



# Qué es la magnitud de una estrella?

La magnitud es una cantidad logarítmica  
El calibrador de magnitud 0 es Vega

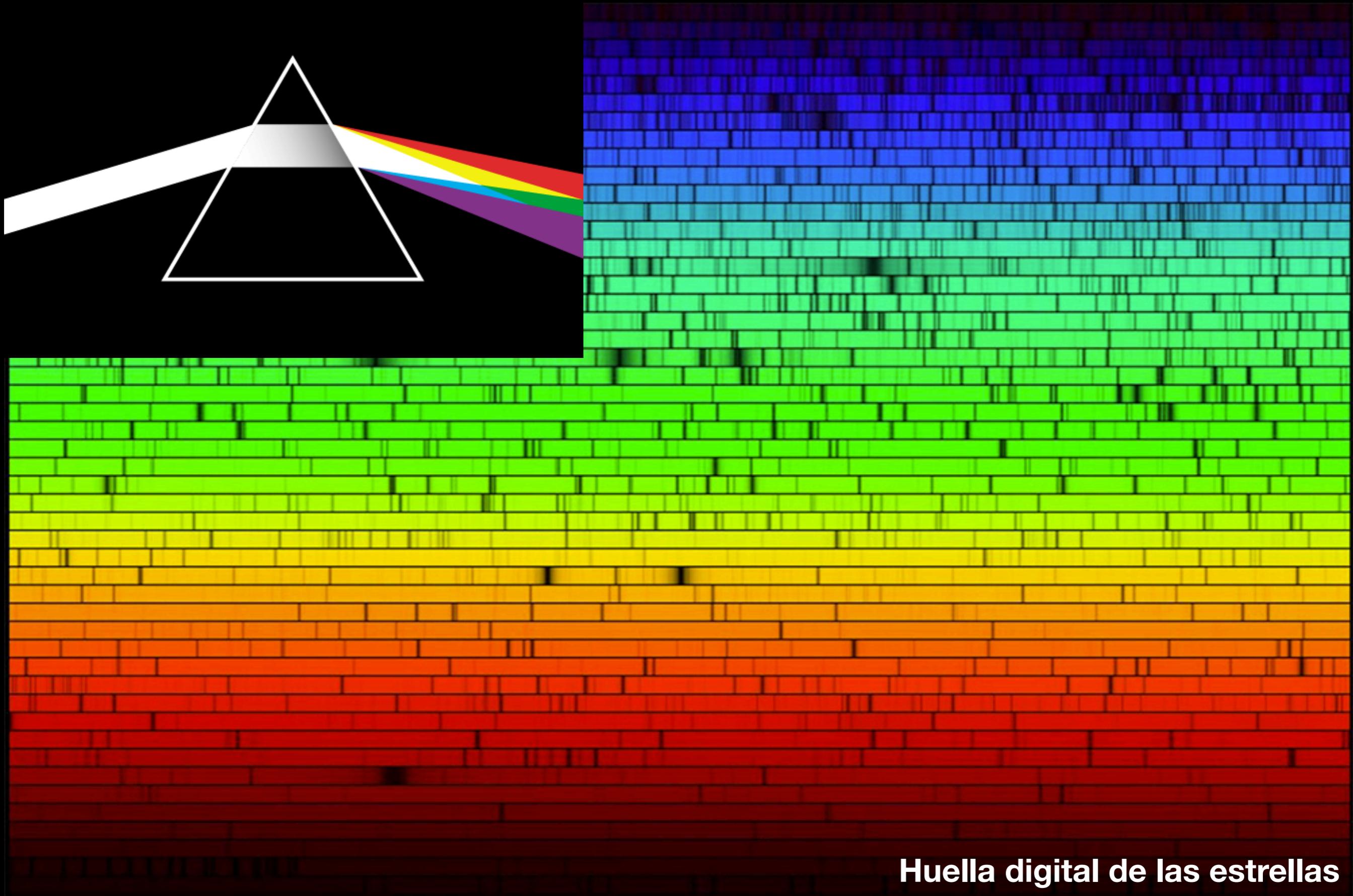
$$m_2 - m_1 = -2.5 \log(F_2/F_1)$$

Objeto	Magnitud	Brillo (con respecto a una estrella de mag 1)
Sol	-26,7	120 mil millones de veces mas brillante
Luna Llena	-12	159 mil veces mas brillante
Venus	-4,3	132 veces mas brillante
Sirio	-1,6	11 veces mas brillante
Estrella mas debil a simple vista	6	100 veces mas debil
Con binoculares	8	631 veces mas debil
Telescopio 200mm	13	63 mil veces mas debil
Telescopio Hubble	30	399 mil millones de veces mas debil

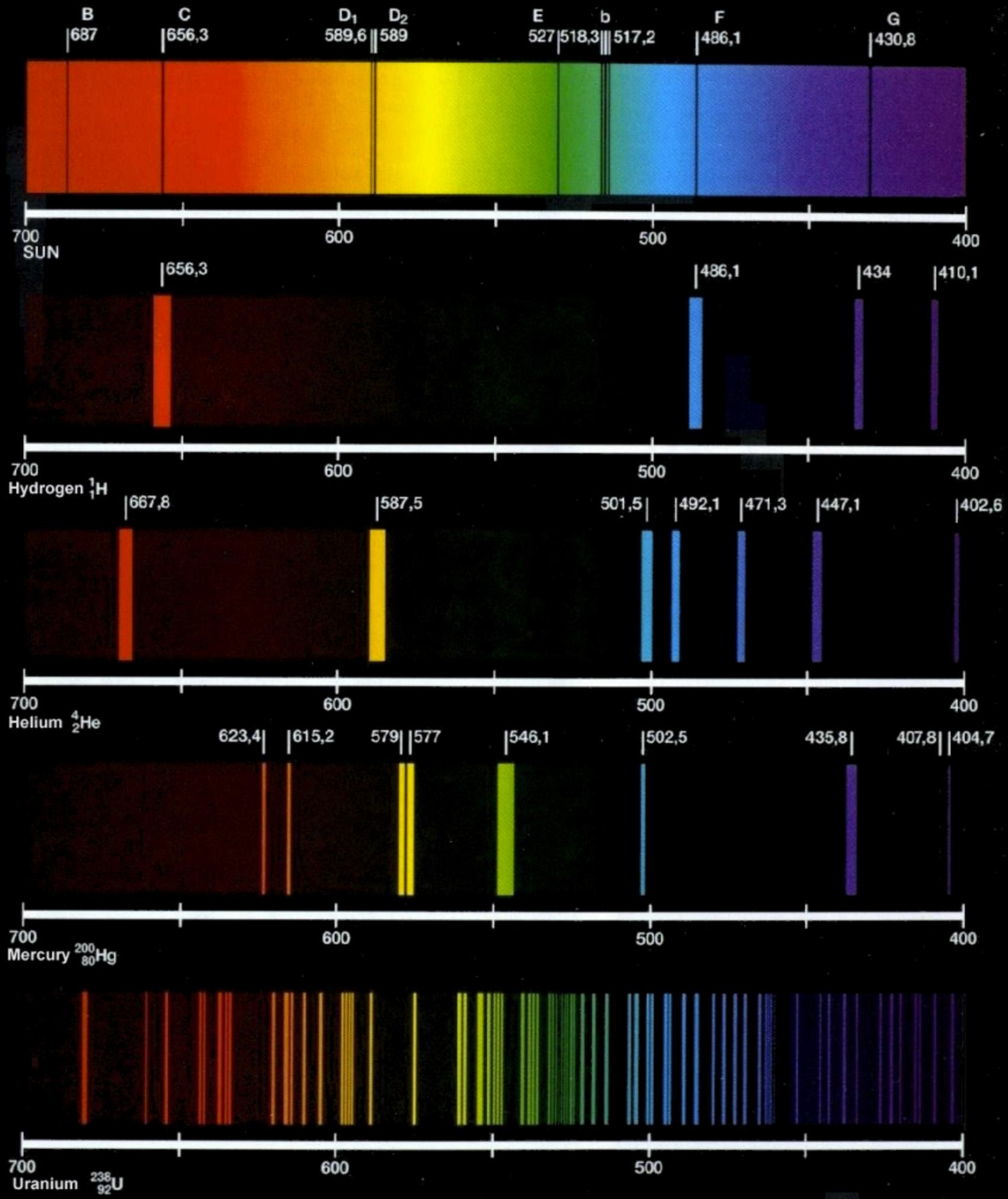
# Para recordar ...

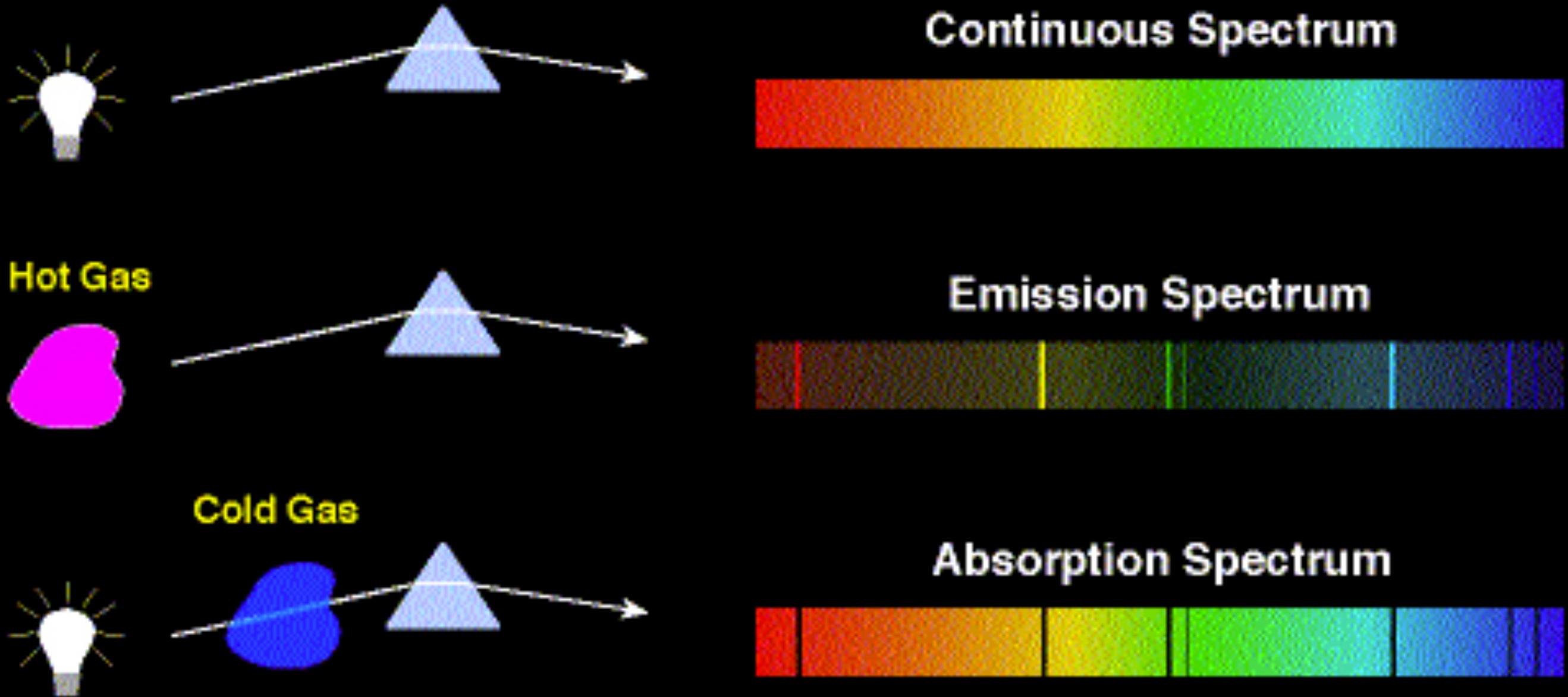
- a) Las estrellas se clasifican de acuerdo a su **luminosidad y temperatura**
- b) Para medir la luminosidad, es necesario observar con cámaras CCD **cada una de las estrellas** a estudiar
- c) La luminosidad es una escala logarítmica, **los objetos más luminosos tienen valores negativos** y los más débiles valores positivos

# Qué es el tipo espectral de una estrella?

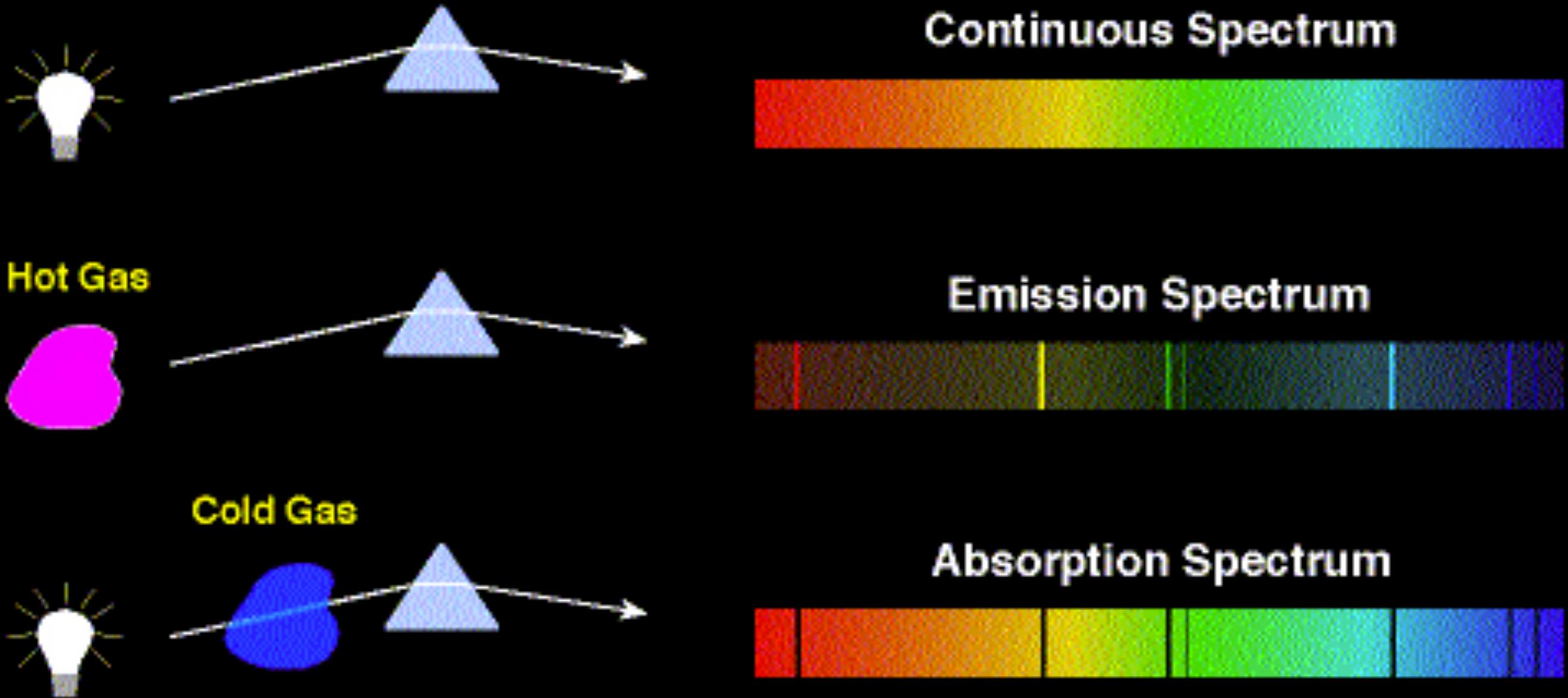


Huella digital de las estrellas



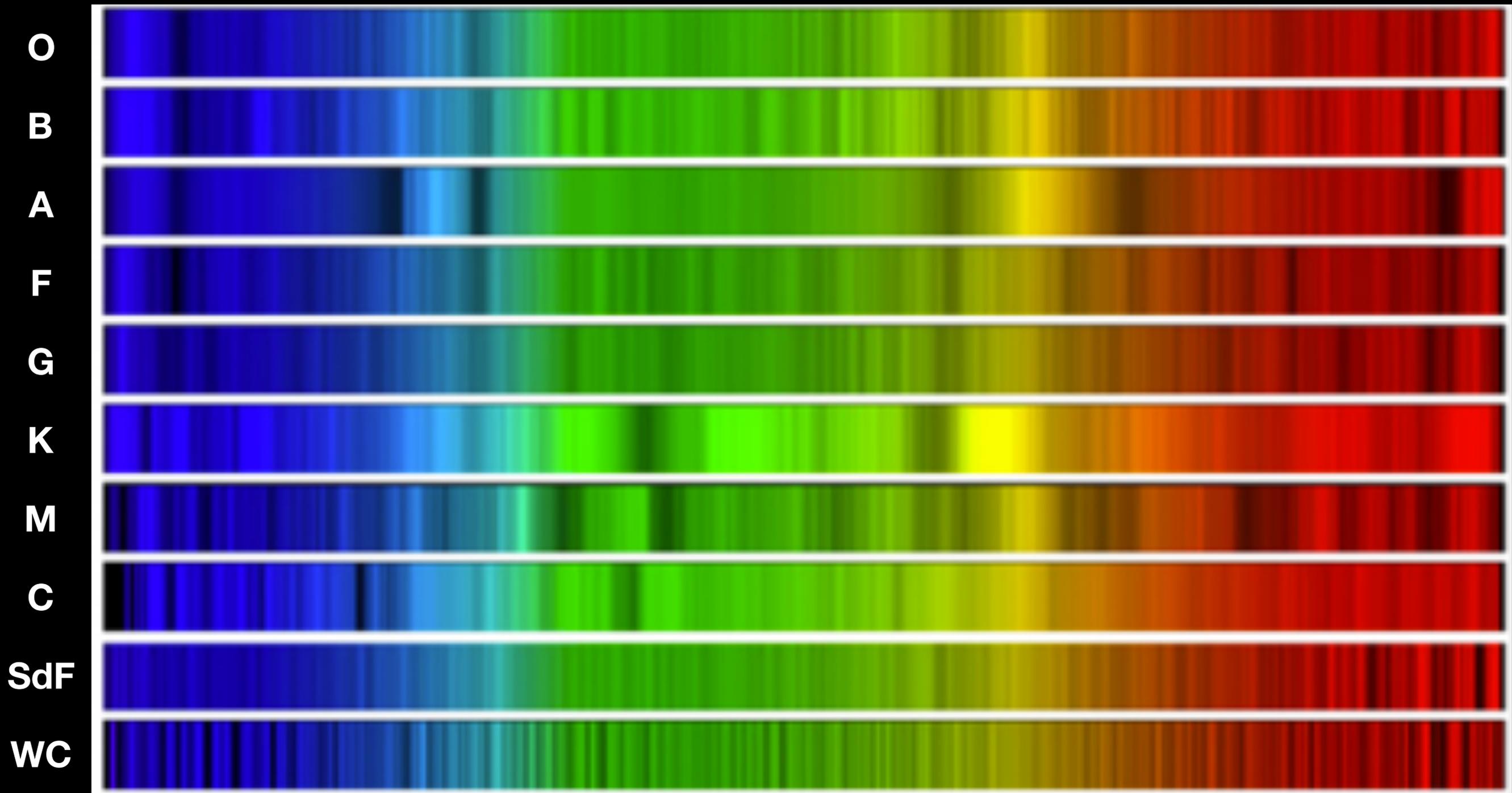


En qué tipo de situaciones podemos encontrar cada uno de los casos anteriores?



En qué tipo de situaciones podemos encontrar cada uno de los casos anteriores?

- Espectro continuo: Cuando vemos la estrella directamente
- Líneas de emisión: Medio circumstelar calentado por la radiación de una estrella
- Líneas de absorción: Luz reflejada por una estrella que pasa por una nube de gas fría



El espectro de la estrella depende de su masa y composición

Caliente  $\longrightarrow$  Frio

O



Clase O.  $\geq 30000$  K  
Masas solares  $\geq 16$   
Radios solares  $\geq 6,6$   
Luminosidad  $\geq 30000$

B



Clase B. 10000-30000 K  
Masas solares 2,1-16  
Radios solares 1,8-6,6  
Luminosidad 25-30000

A



Clase A. 7500-10000 K  
Masas solares 1,4-2,1  
Radios solares 1,4-1,8  
Luminosidad 5-25

F



Clase F. 6000-7500 K  
Masas solares 1,04-1,4  
Radios solares 1,15-1,4  
Luminosidad 1,5-5

G



Clase G 5200-6000 K  
Masas solares 0,8-1,04  
Radios solares 0,96-1,15  
Luminosidad 0,6-1,5

K



Clase K. 3200-5200 K  
Masas solares 0,45-0,8  
Radios solares 0,7-0,96  
Luminosidad 0,08-0,6

M



Clase M. 2400-3700 K  
Masas solares 0,08-0,45  
Radios solares  $\leq 0,7$   
Luminosidad solar  $\leq 0,08$

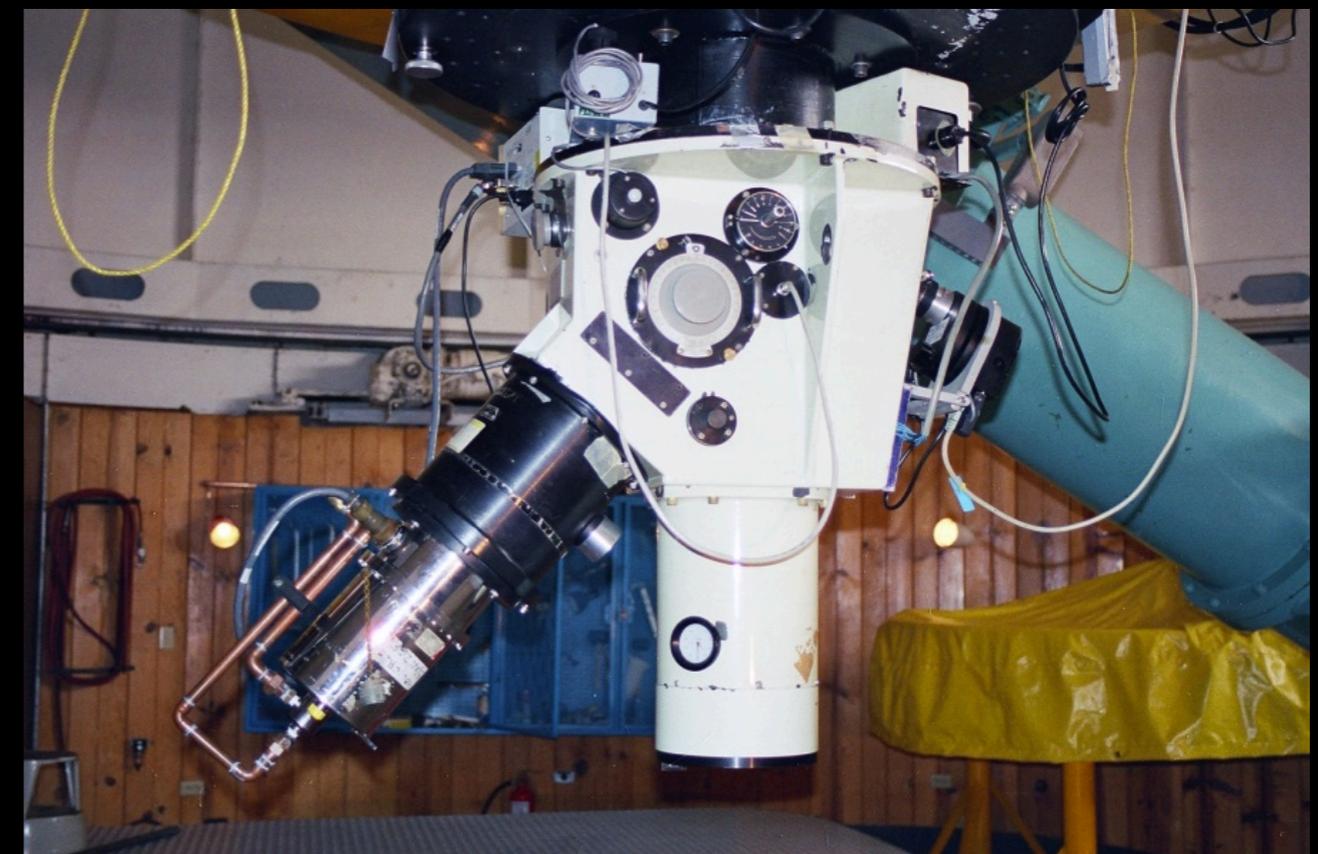
\* Estrellas en secuencia principal

# Para recordar ...

- a) Los **espectros** de la luz de las estrellas nos dan información sobre los **elementos** que las componen
  
- b) Para medir un **espectro** es necesario observar con instrumentos que incluyan **prismas o rejillas de difracción**
  
- c) Los **elementos** en los espectros tienen localizaciones muy exactas, y suelen observarse mediante **líneas de emisión y absorción**

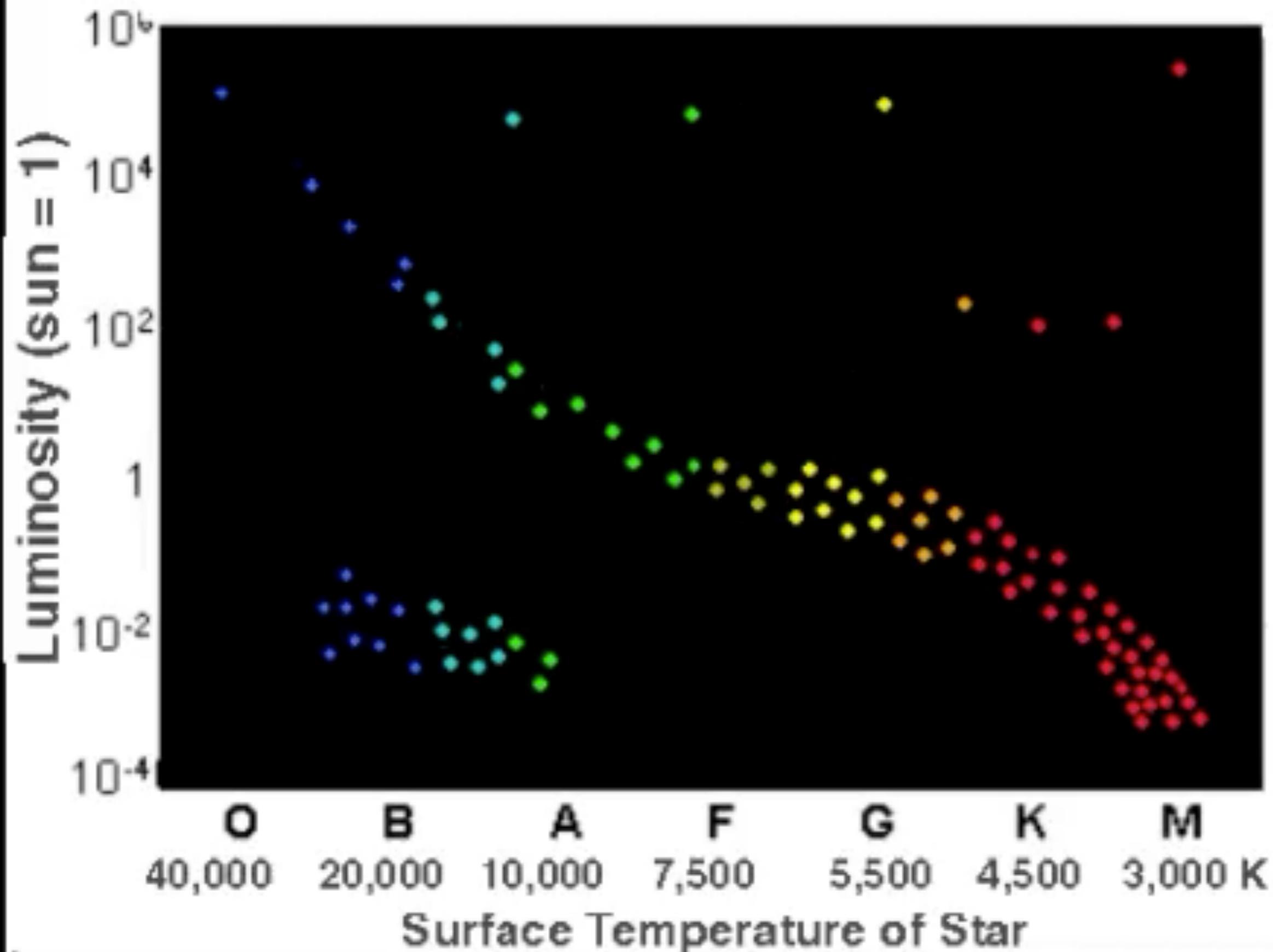


Fotómetro Strömgen

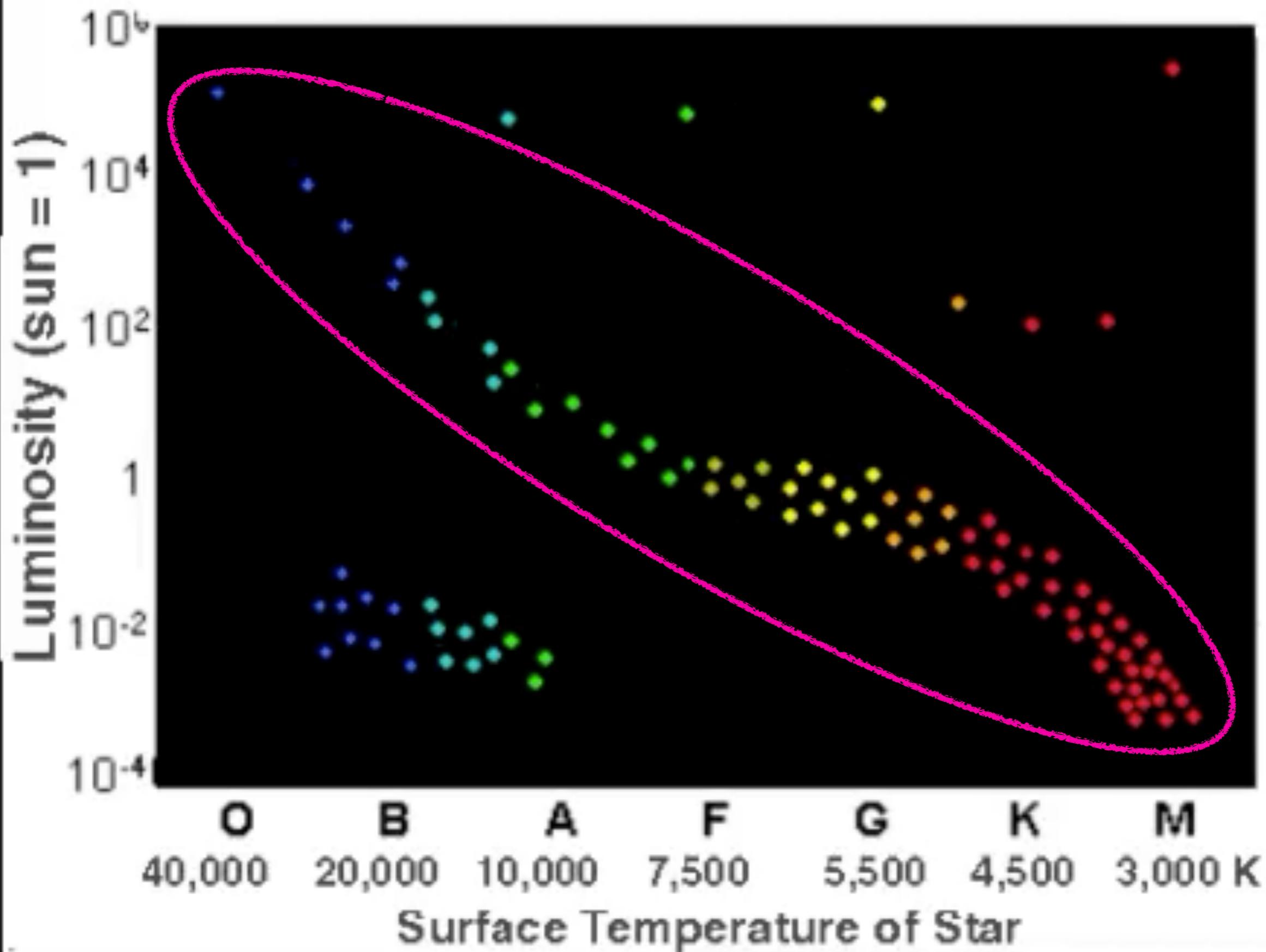


Espectrógrafo Boller y Chivens

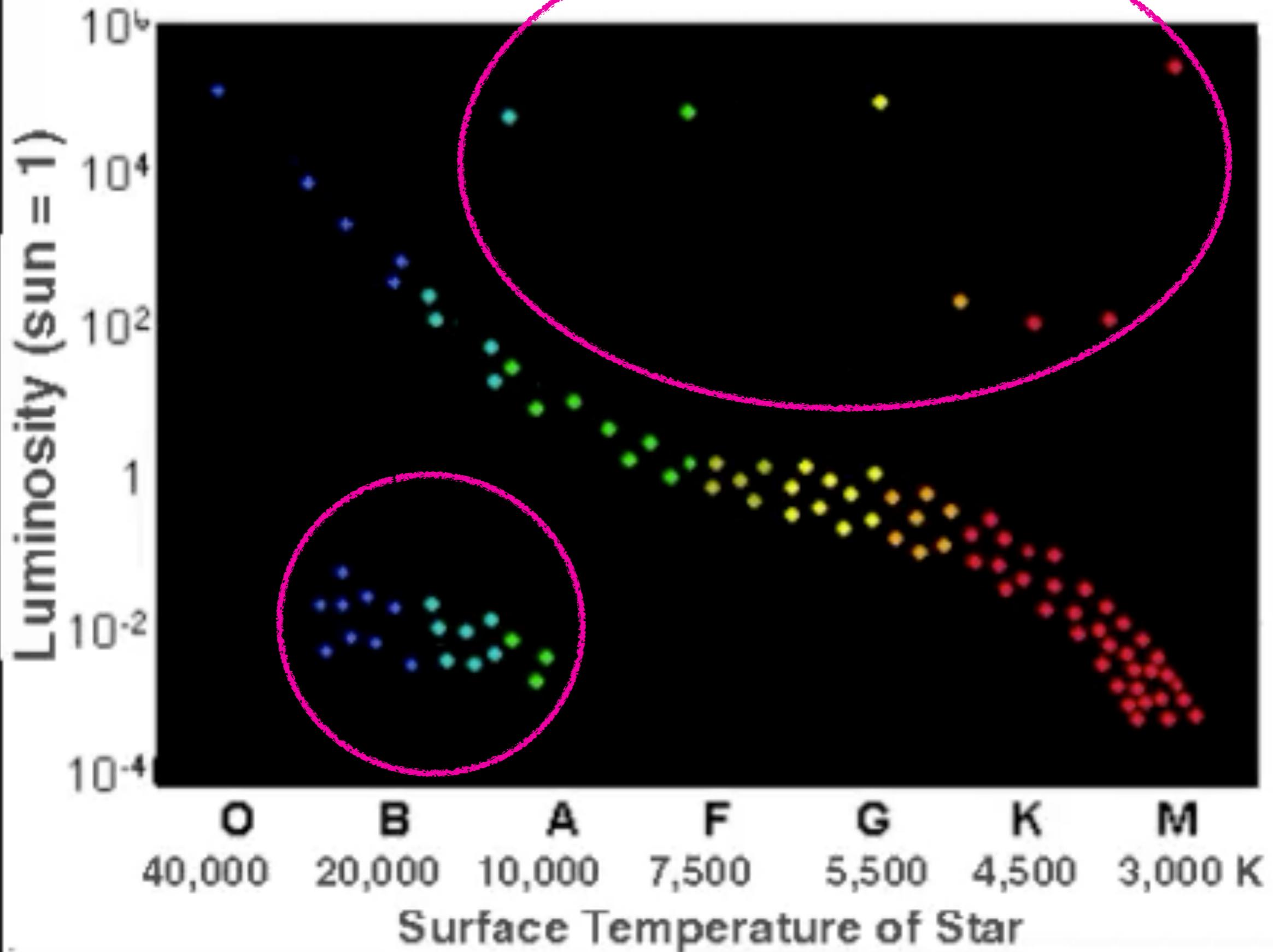
# Hertzsprung-Russell Diagram

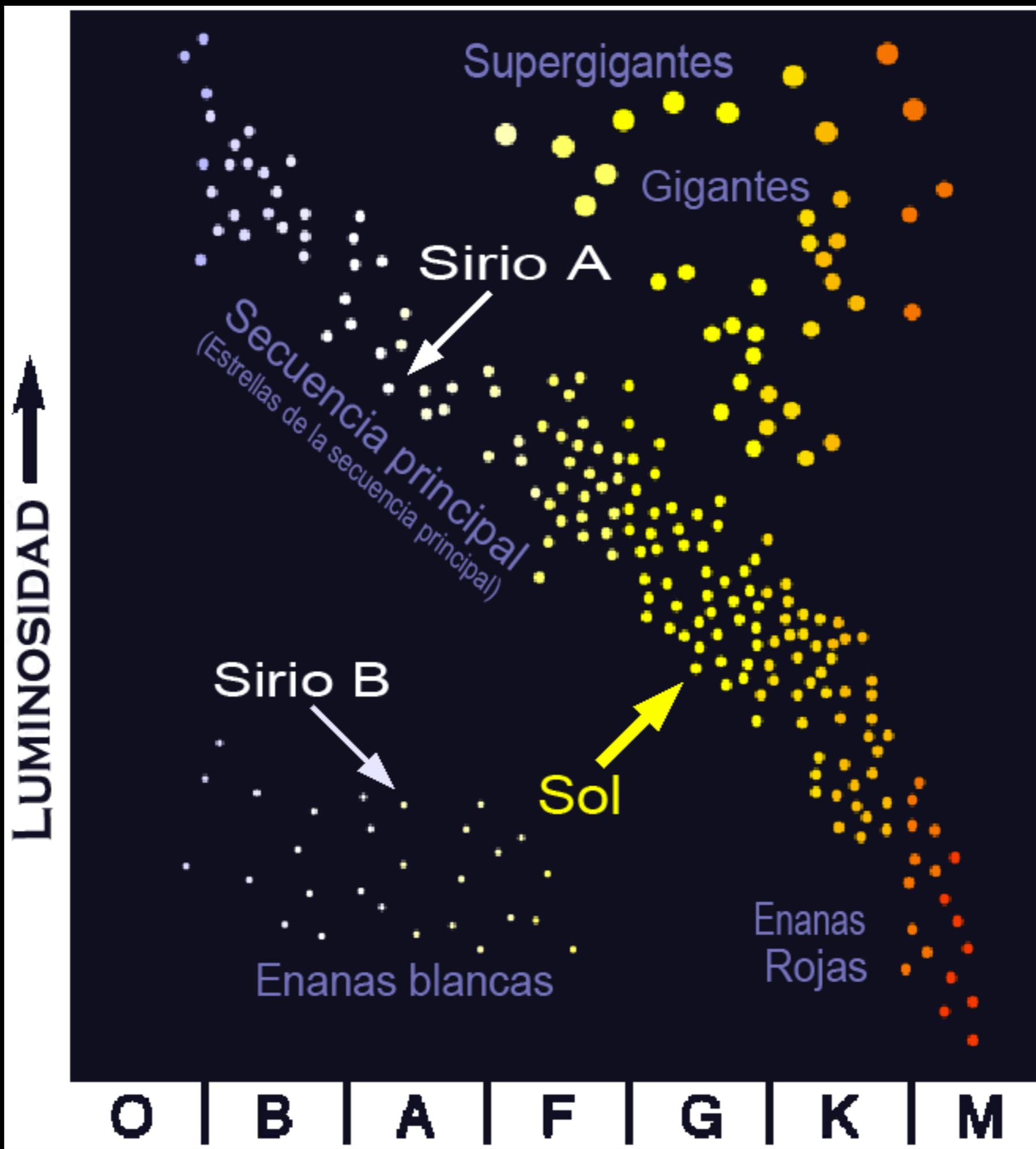


# Hertzsprung-Russell Diagram

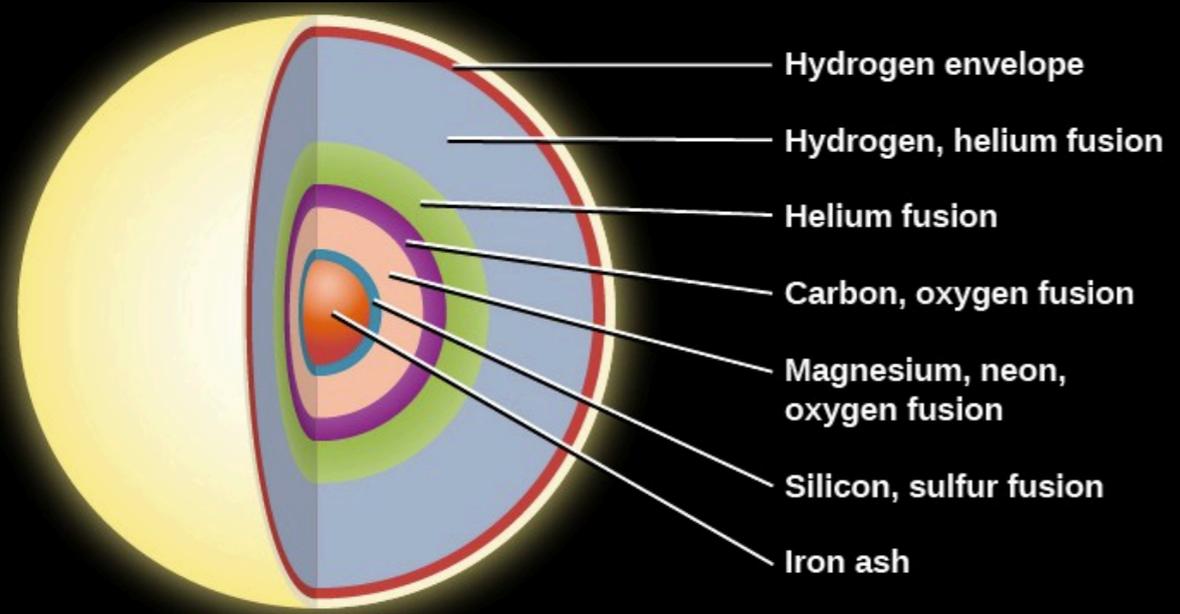
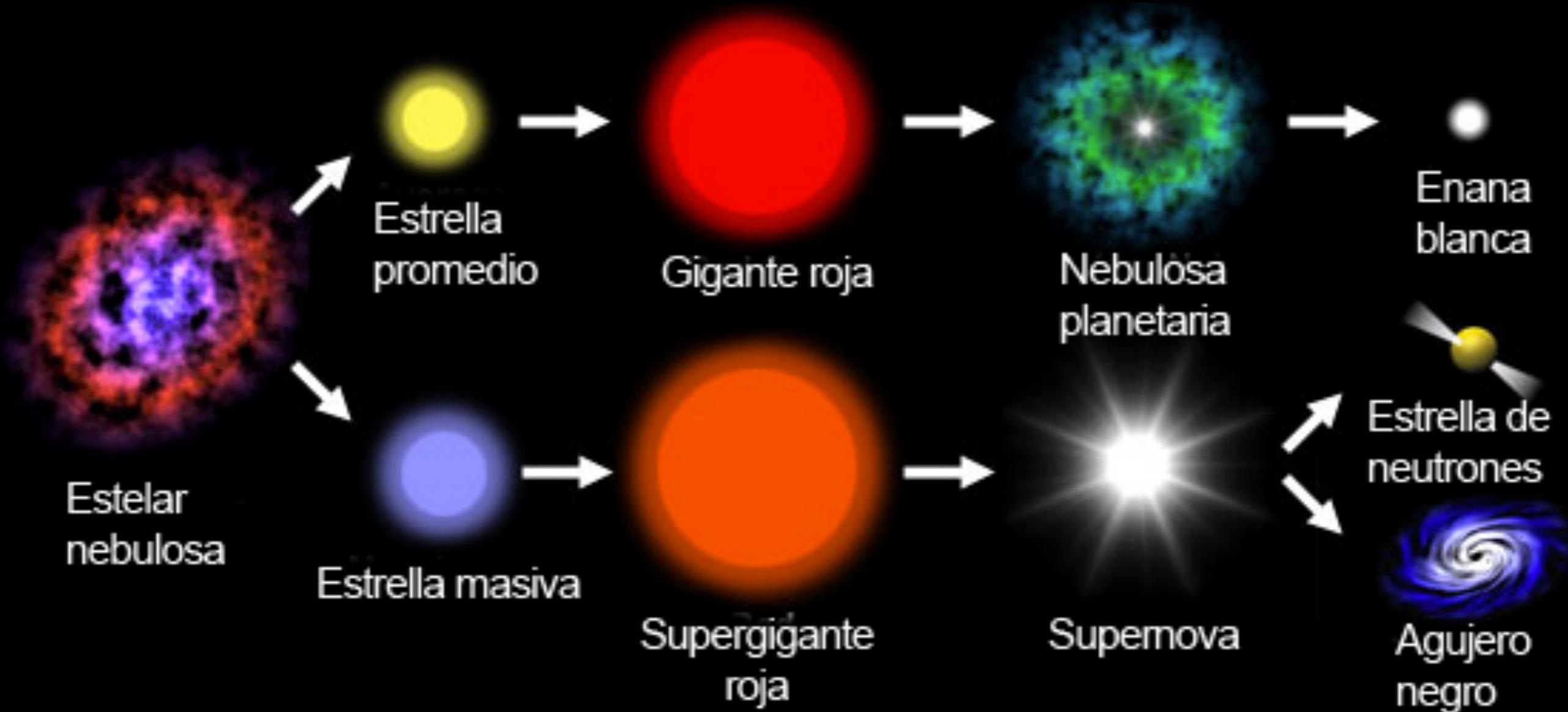


# Hertzsprung-Russell Diagram





# Cómo evolucionan las estrellas?



# Estrellas y la tabla periodica

1 H	big bang fusion 										cosmic ray fission 					2 He										
3 Li	4 Be	merging neutron stars 										exploding massive stars 					5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne				
11 Na	12 Mg	dying low mass stars 										exploding white dwarfs 					13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar				
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr									
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe									
55 Cs	56 Ba											72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra																									
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu										
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U																					

# Para recordar ...

- a) El diagrama **Hertzprung-Russell** nos permite observar la **distribución** de las estrellas conforme a su **temperatura y luminosidad**
- b) La mayor parte de su vida, las estrellas viven en la llamada **secuencia principal**
- c) Cuando las estrellas **evolucionan**, se mueven hacia la **rama de las gigantes** o de las **enanas blancas**
- d) Estrellas con **diferentes masas** evolucionan creando **elementos químicos diferentes**

# Qué es un cúmulo estelar?

Un **cúmulo estelar** es un grupo de estrellas atraídas entre sí por su gravedad mutua

Los **cúmulos globulares** son agrupaciones densas de centenares de miles o millones de estrellas viejas (más de mil millones de años)



Los **cúmulos abiertos** contienen generalmente centenares o millares de estrellas jóvenes (menos de cien millones de años) o de edad intermedia (entre cien millones y mil millones de años)



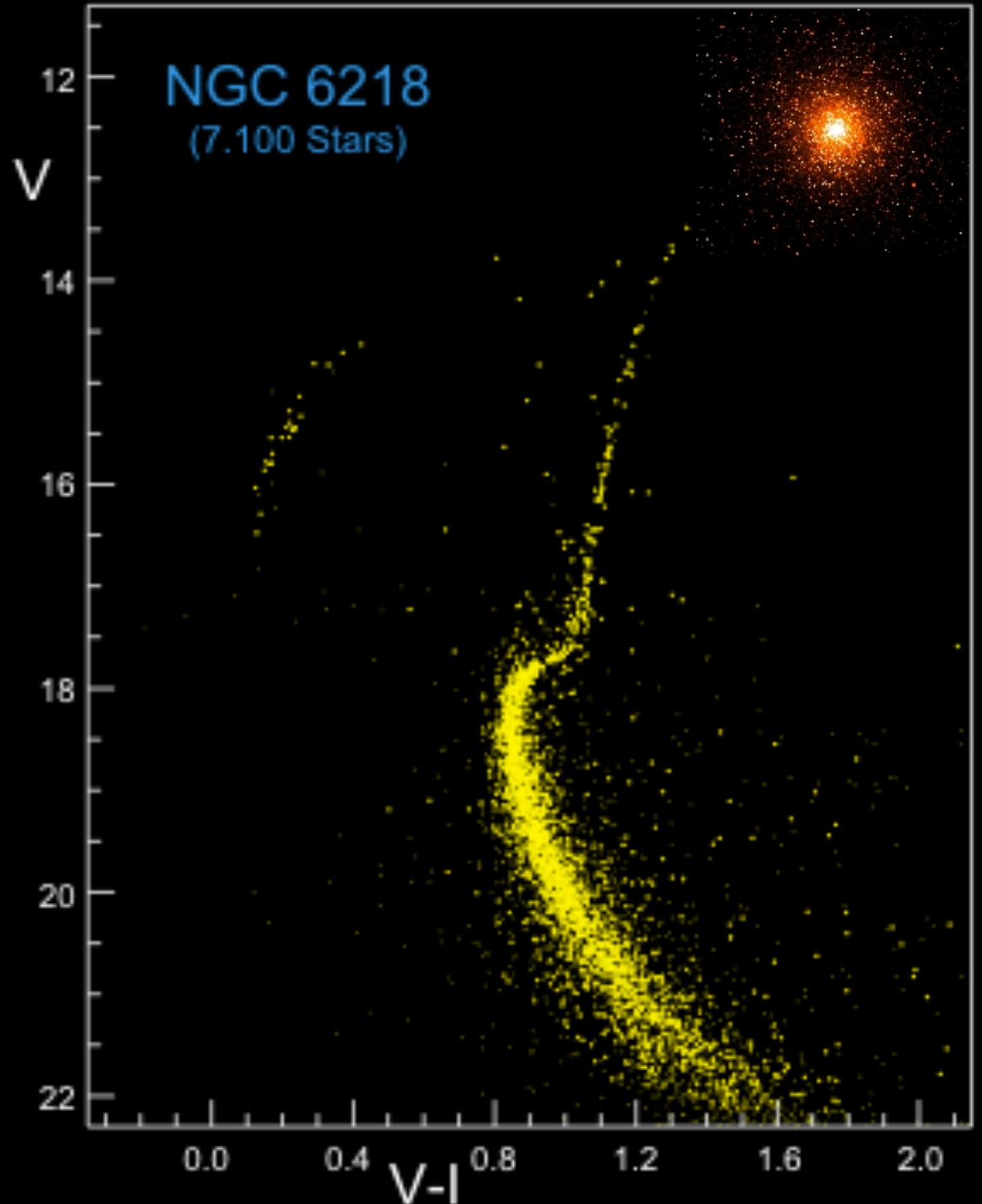
**Pleyades**

# Cómo sabemos las edades de los cúmulos?

-Observamos las estrellas del cúmulo

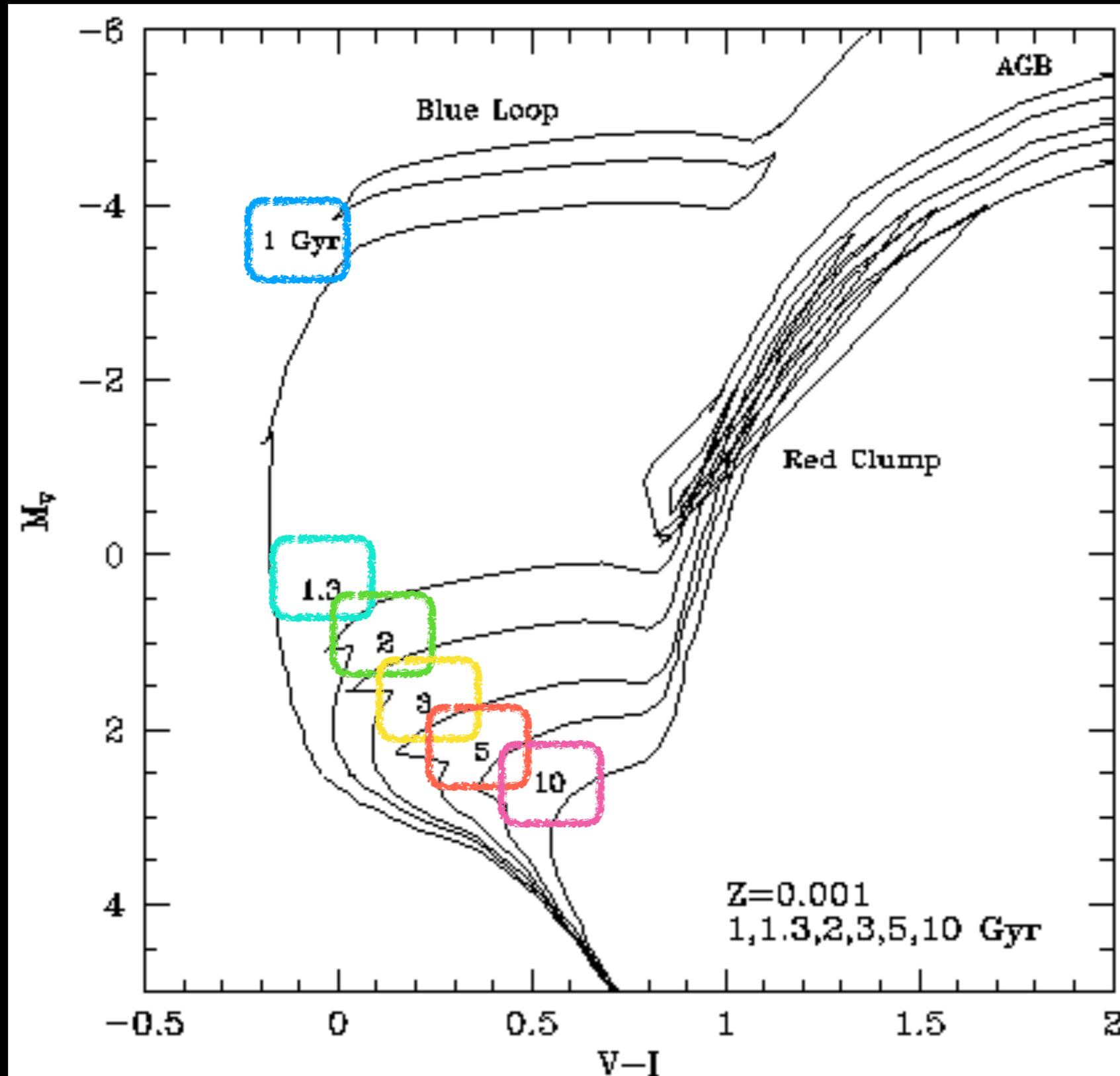
-Las posicionamos en el diagrama Hertzsprung-Russell

-Comparamos las posiciones con modelos de evolución química



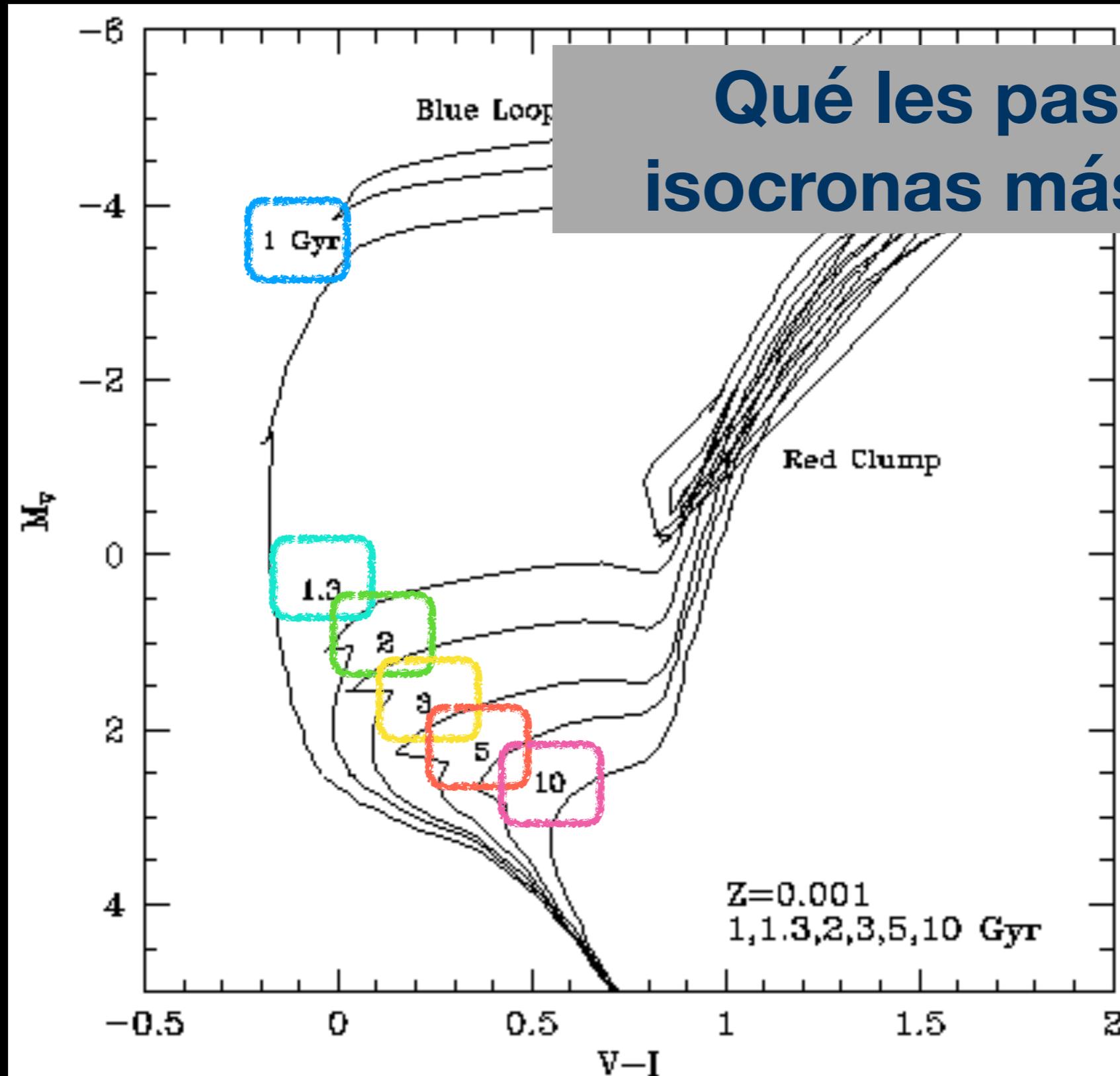
# Qué es una isocrona?

**Isocrona** es curva definida como el lugar de los puntos en que una comunidad estelar forma sobre el diagrama H-R cuando las estrellas que la componen tiene las misma cantidad de su edad .



# Qué es una isocrona?

**Isocrona** es curva definida como el lugar de los puntos en que una comunidad estelar forma sobre el diagrama H-R cuando las estrellas que la componen tiene las misma cantidad de su edad .

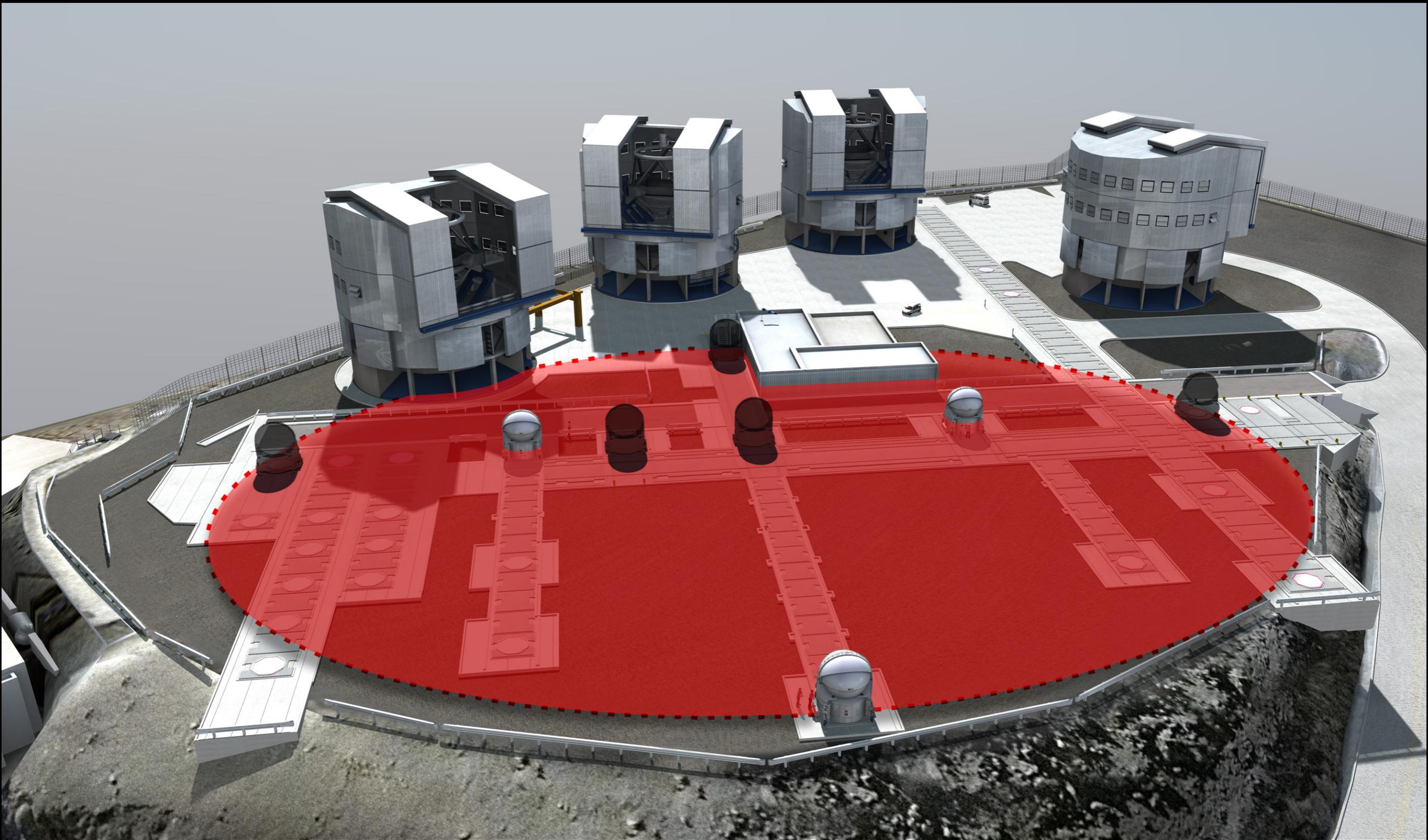


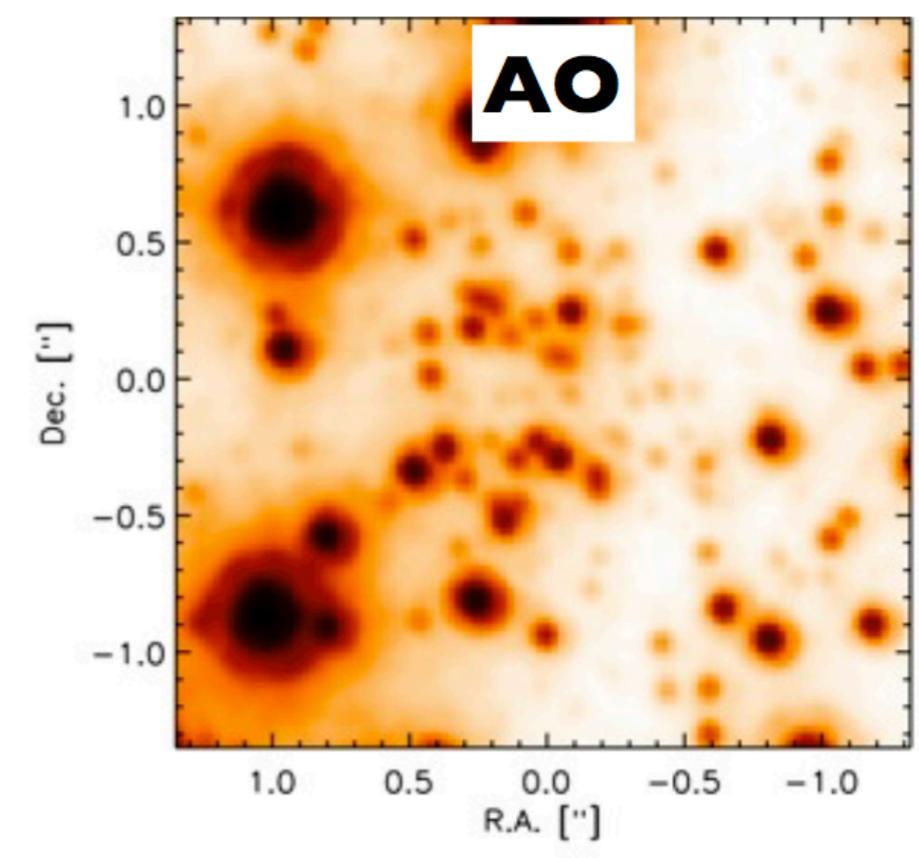
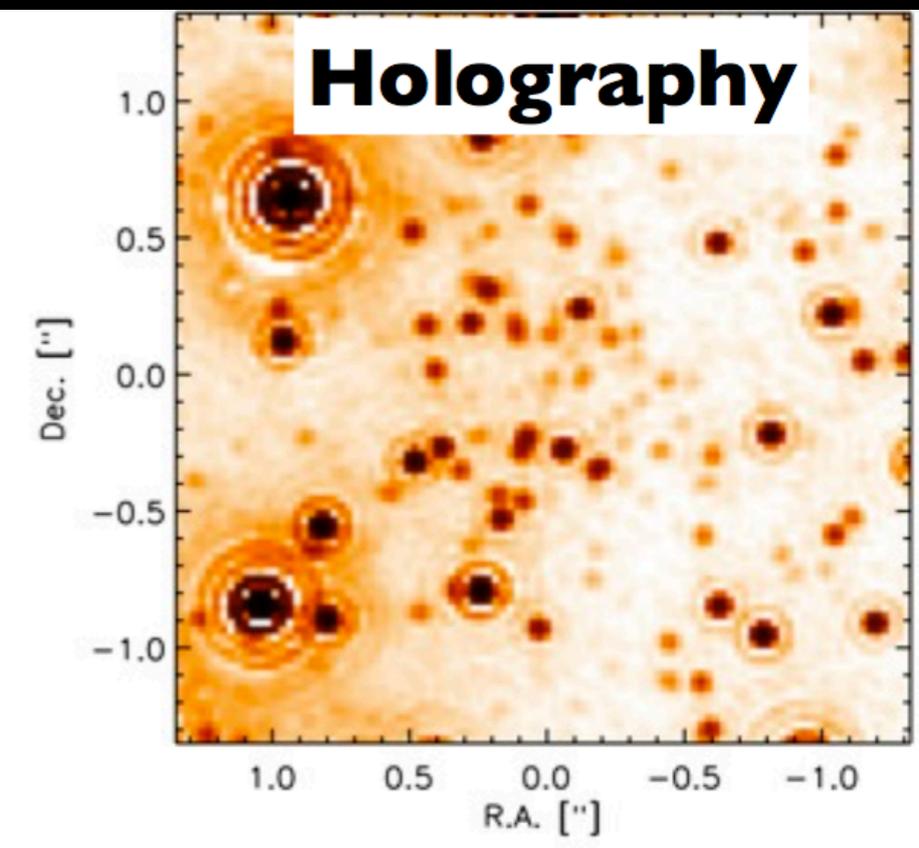
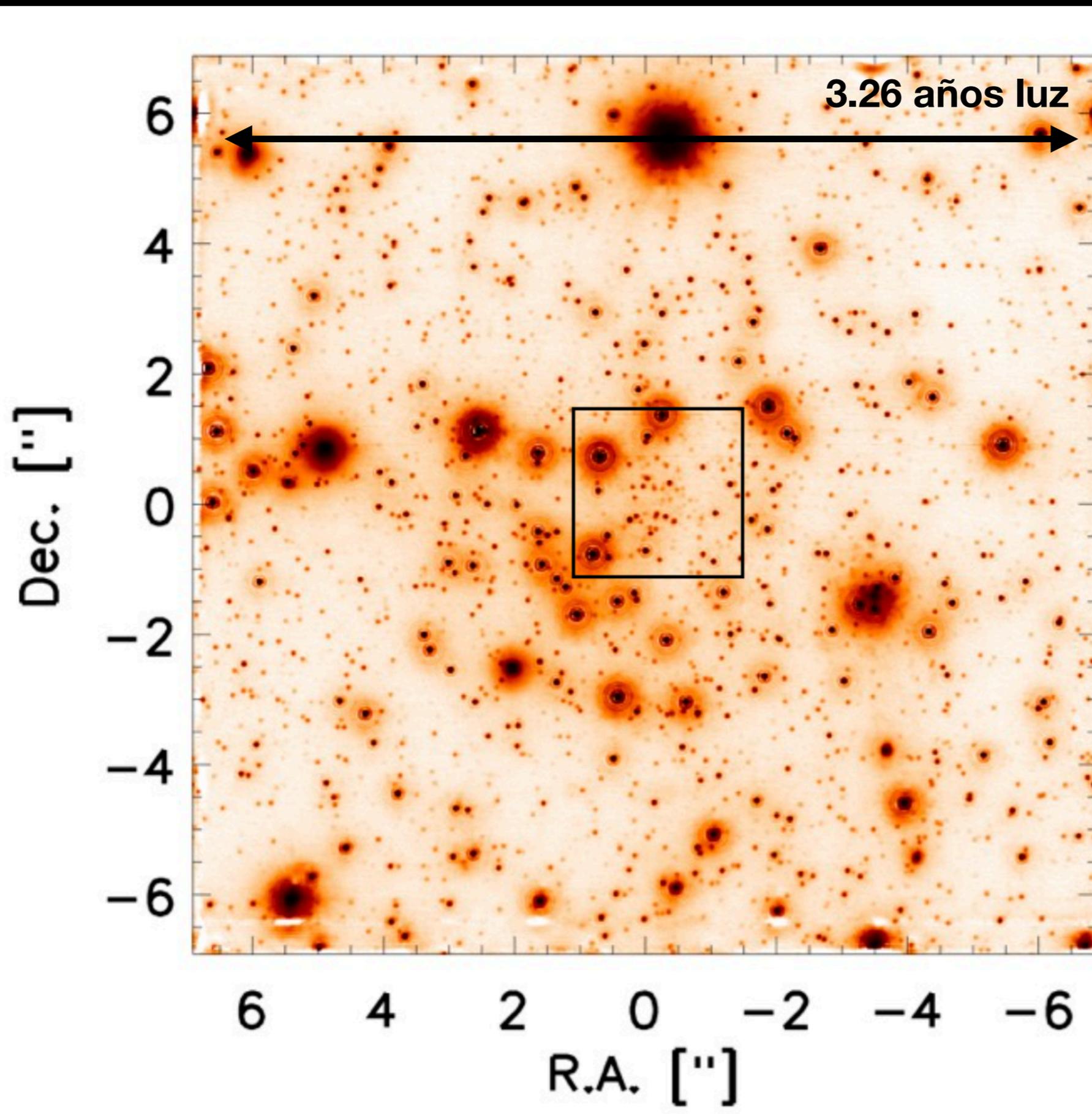
Qué les pasa a las isocronas más viejas?

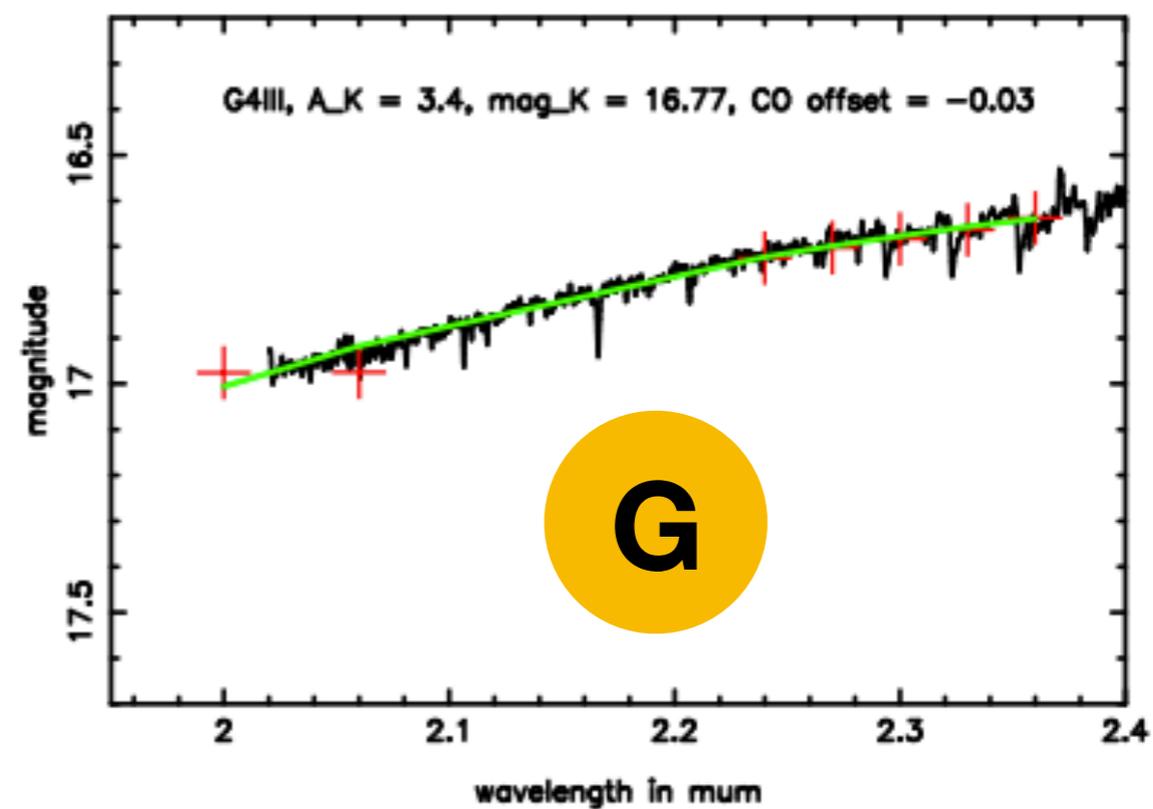
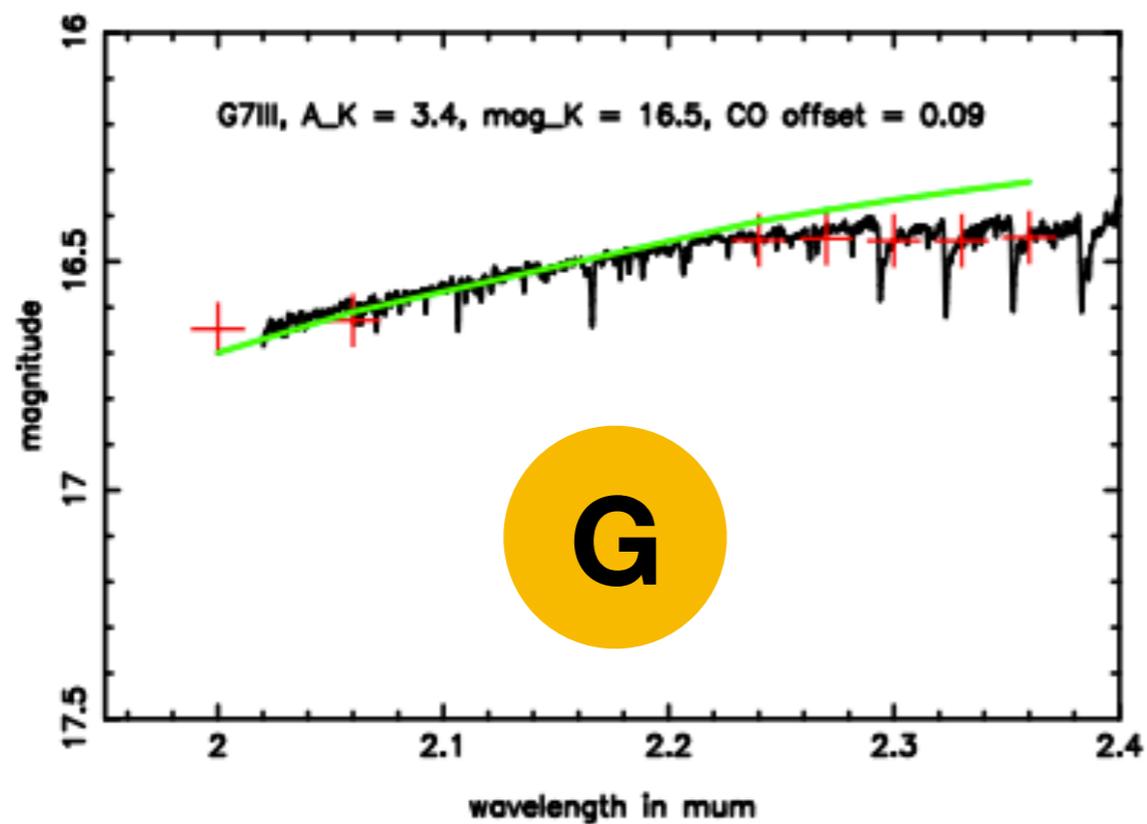
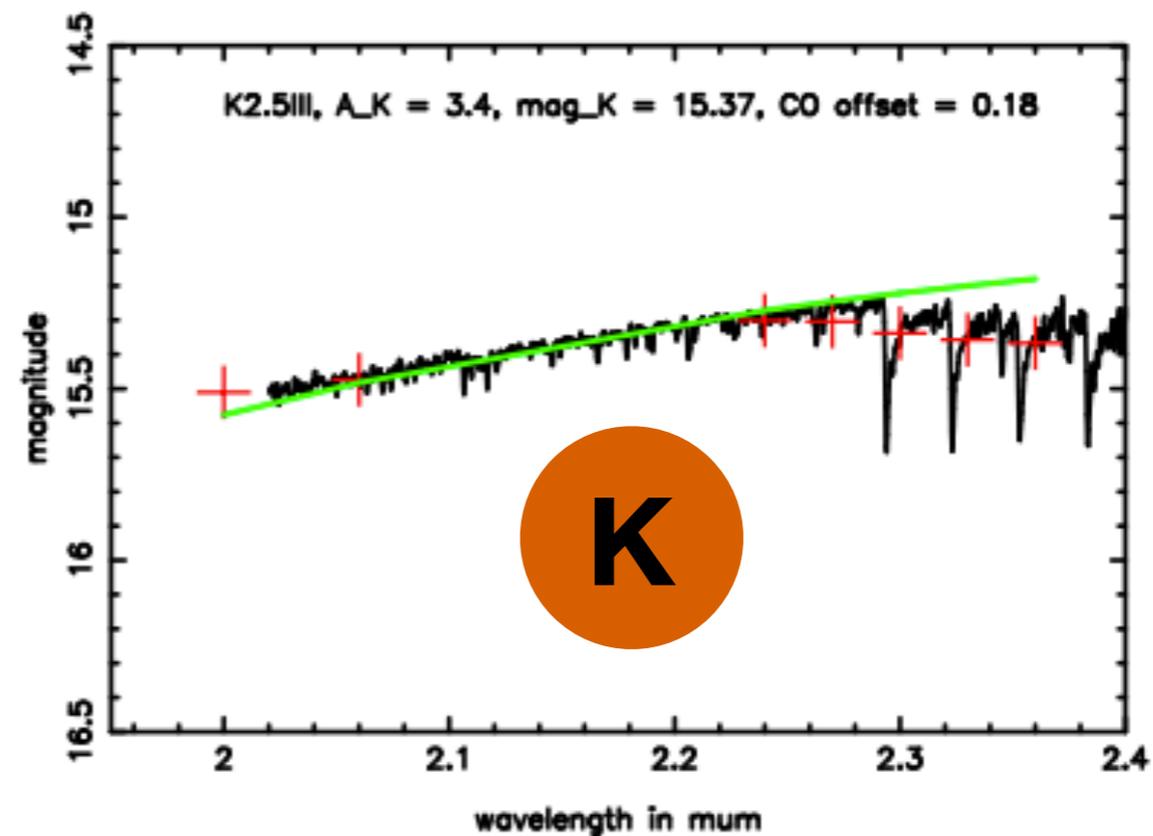
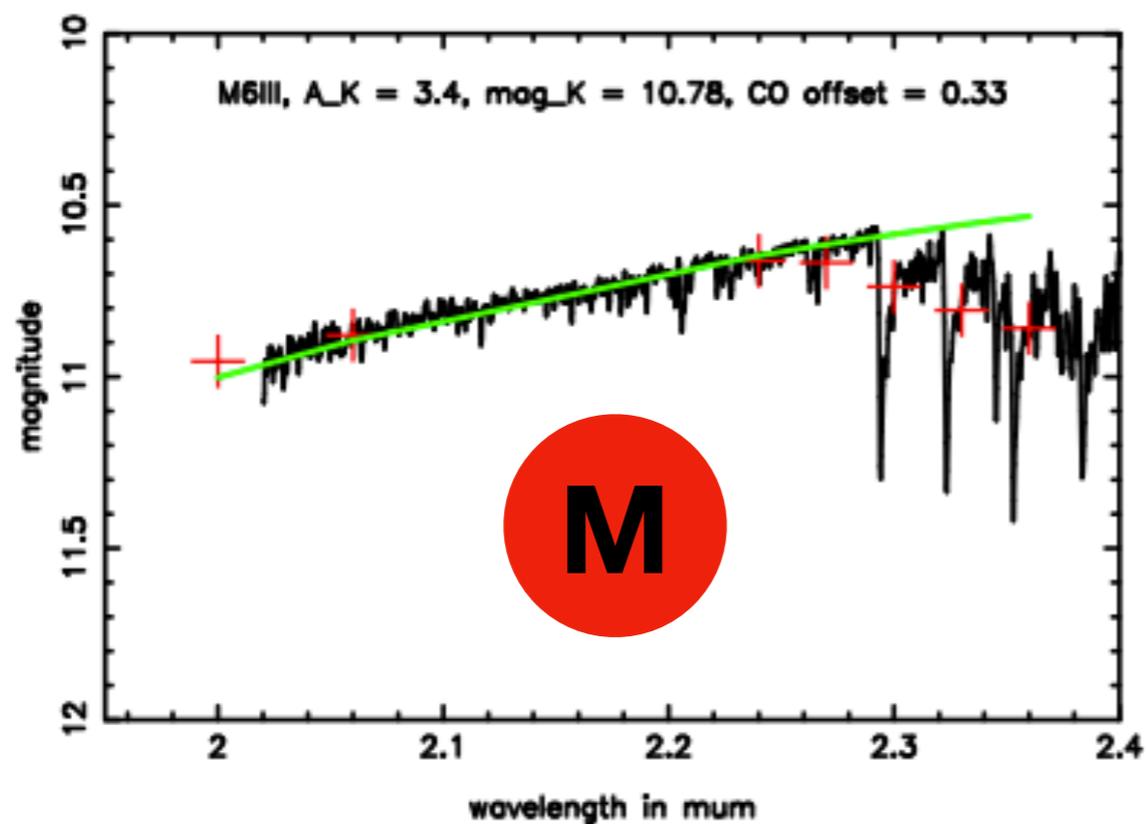
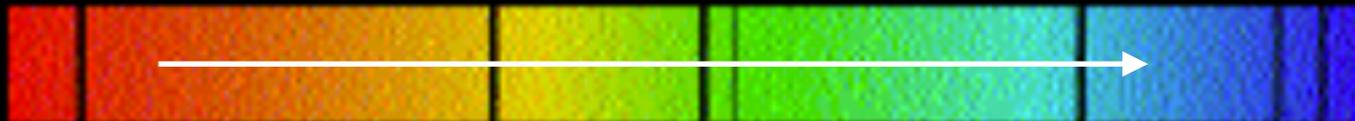
# Para recordar ...

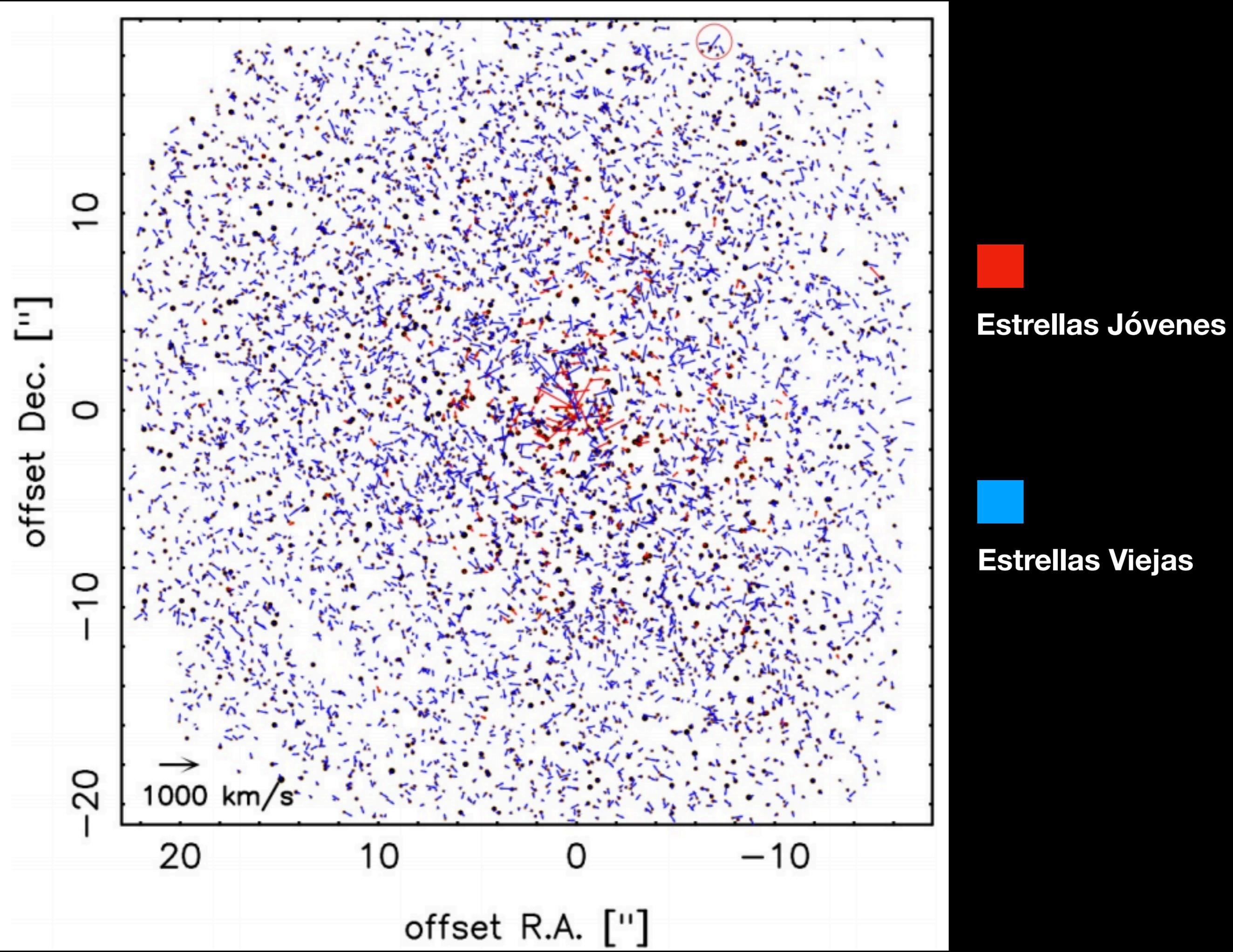
- a) Las estrellas se **agrupan en cúmulos** de diferentes tipos (globulares y abiertos)
- b) Estudiando las estrellas de los **cúmulos** podemos inferir sus **edades y poblaciones**
- c) Las **isocronas** nos ayudan a modelar las **edades** de las diferentes poblaciones estelares



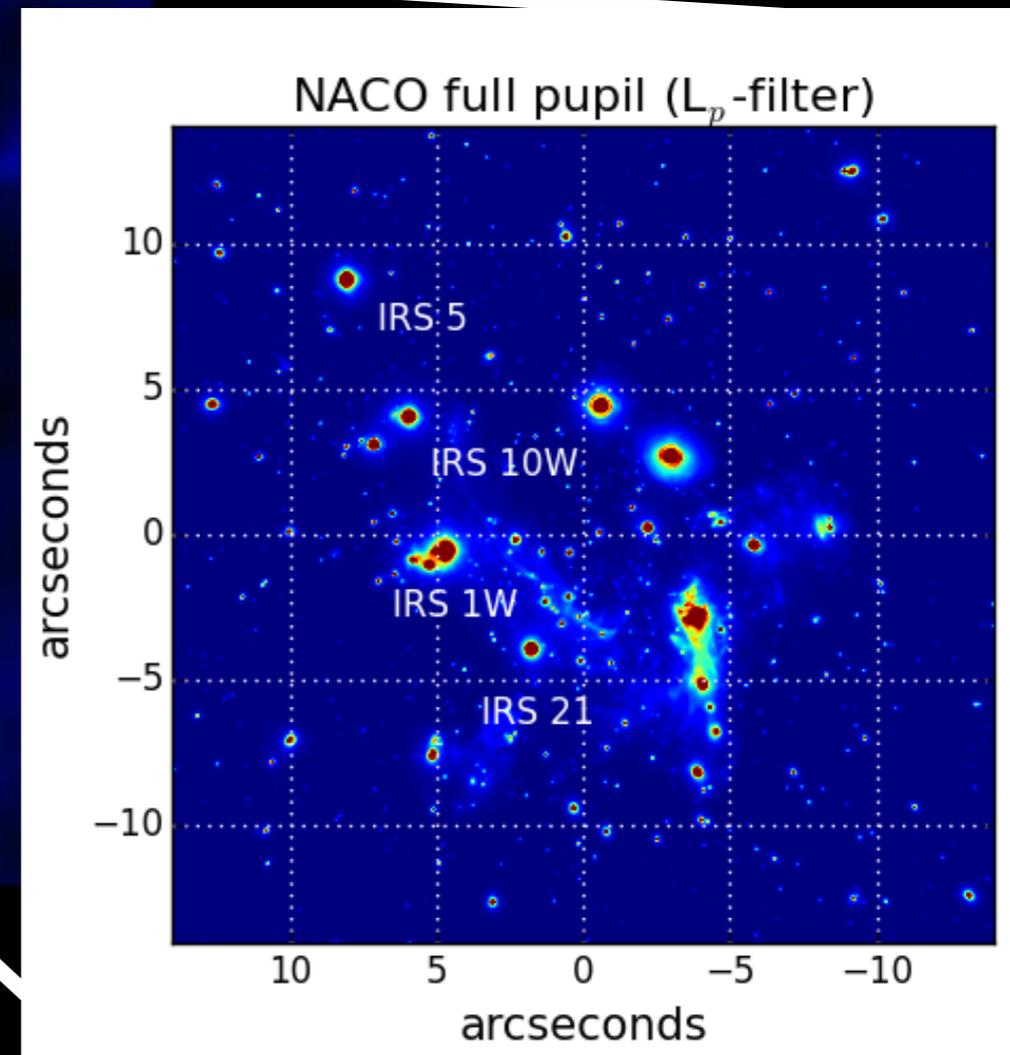
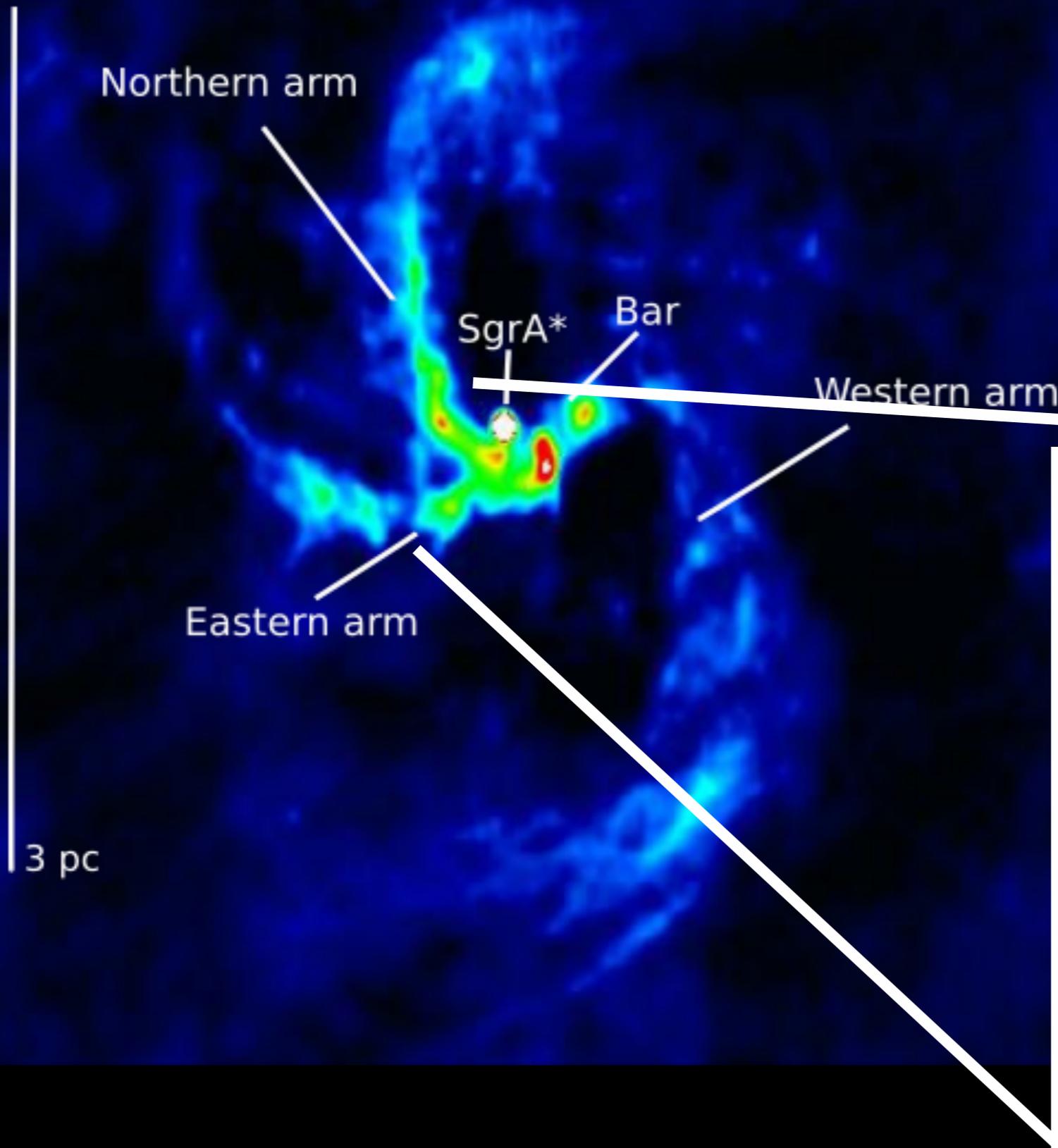








# Cómo se formaron las estrellas masivas en el CG?



# Cómo se formaron las estrellas masivas en el CG?



Keck/UCLA Galactic Center Group

# Extremely Large Telescope

140 M

120 M

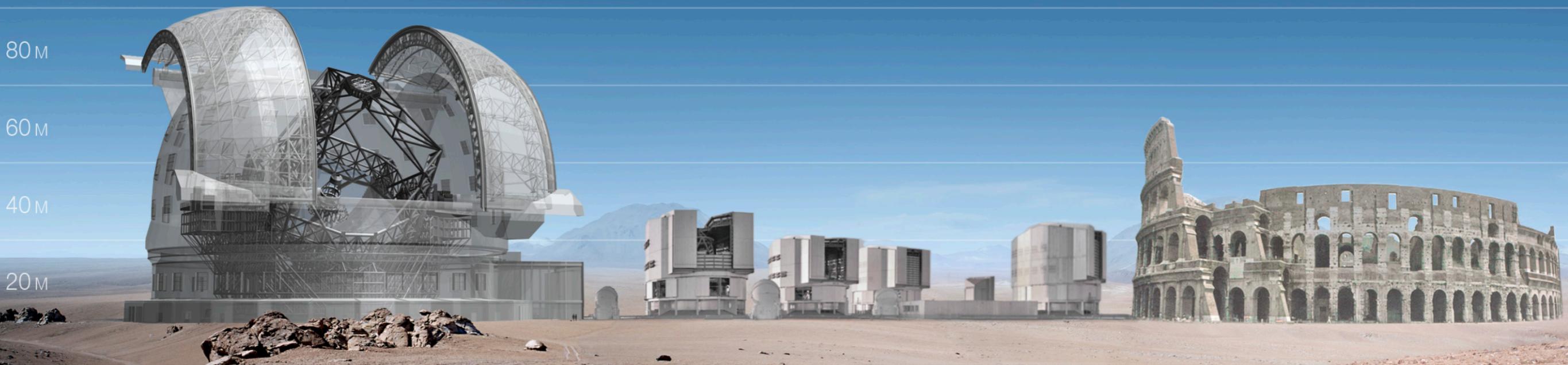
100 M

80 M

60 M

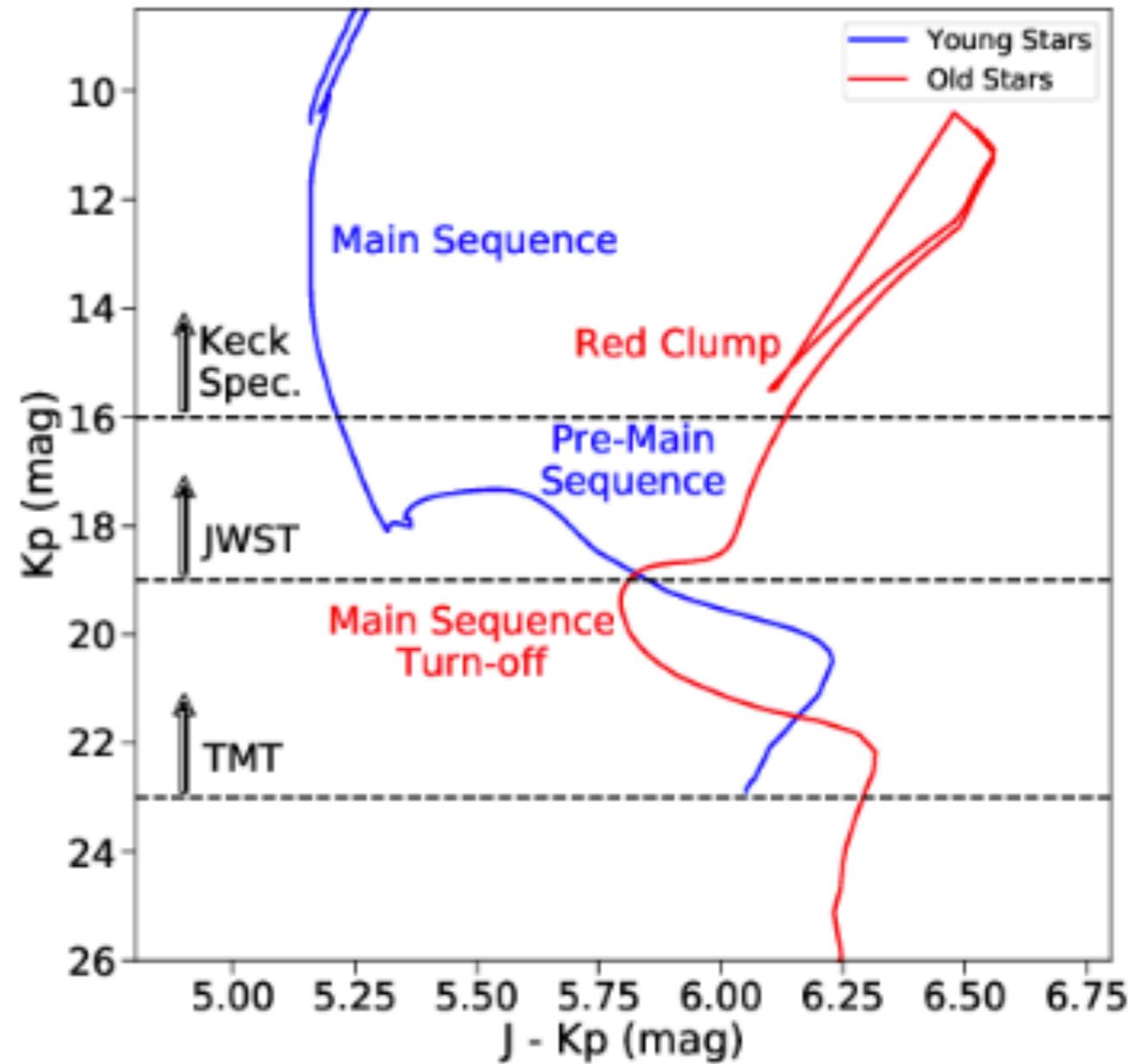
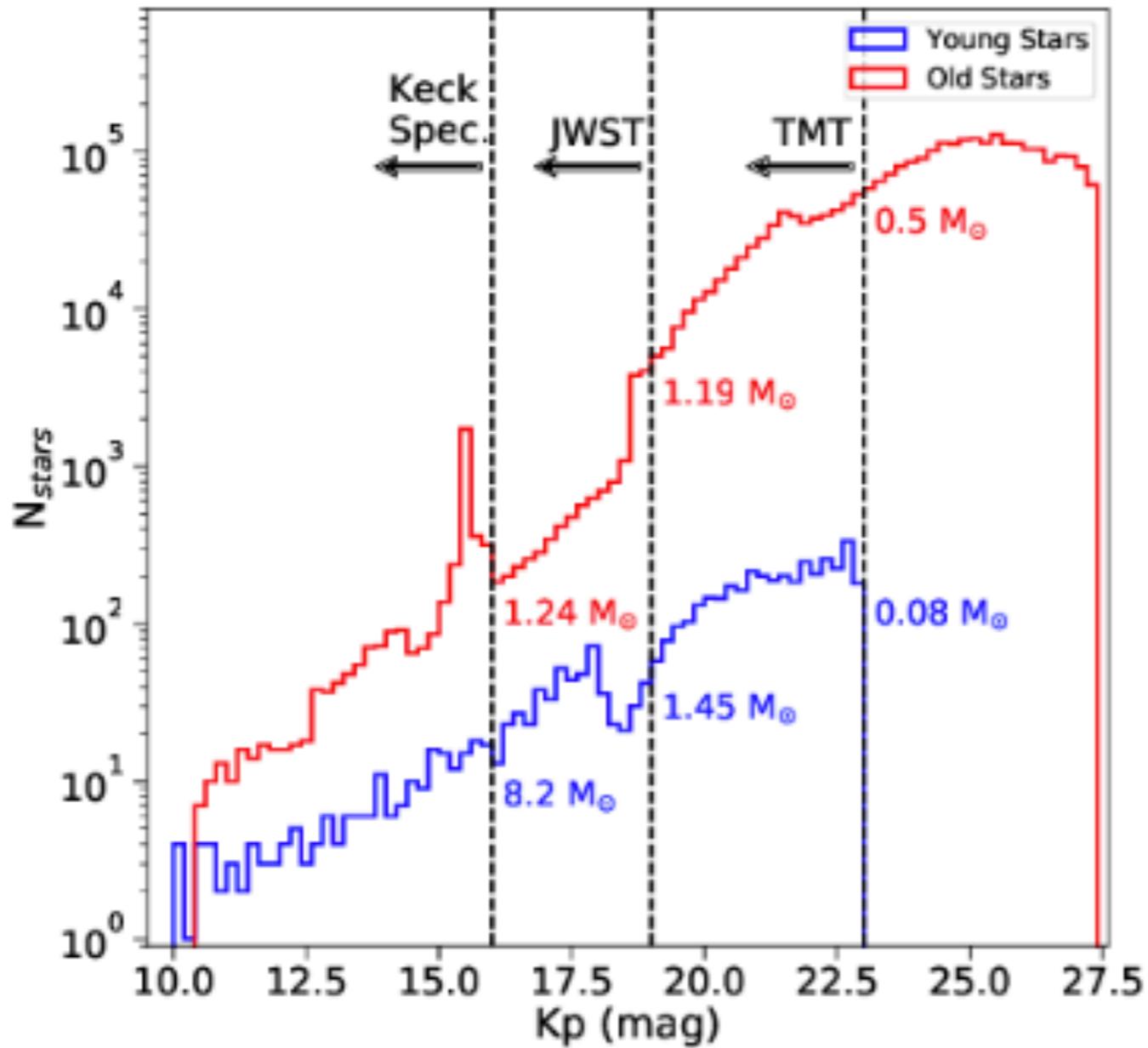
40 M

20 M



# James Webb Space Telescope

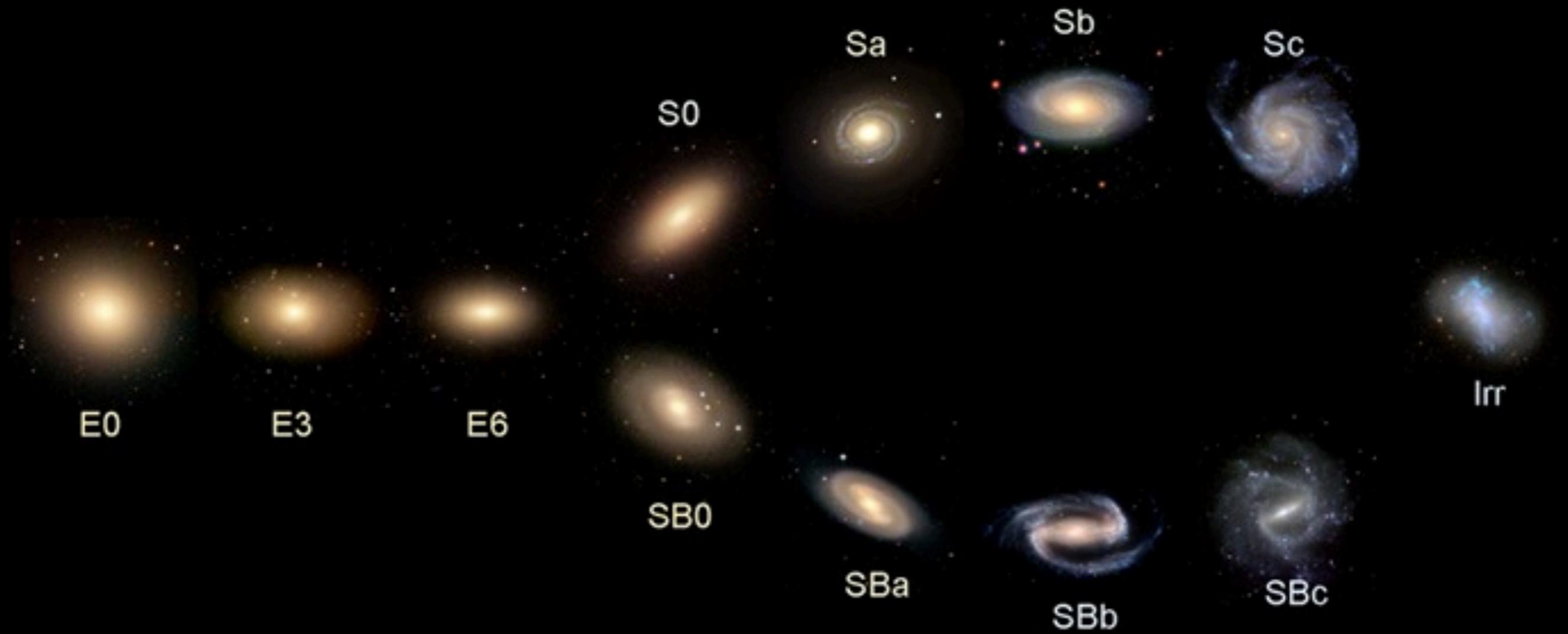
# El futuro...



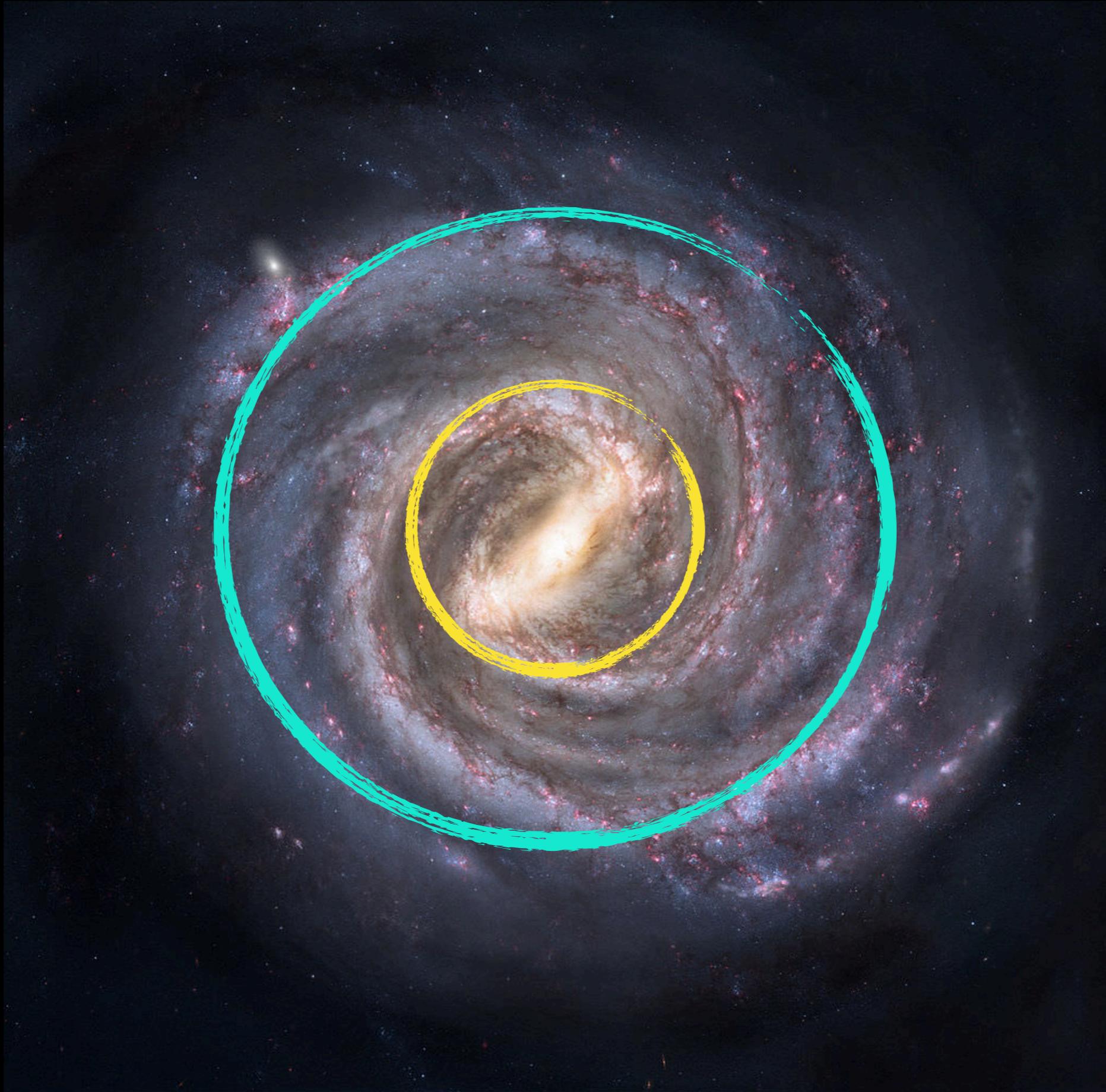
# Para recordar ...

- a) El **centro de la Galaxia** es parte del **cúmulo nuclear**
- b) El centro de la Galaxia cuenta con al menos **dos poblaciones estelares**, una de estrellas jóvenes y una de viejas
- c) La **formación de las estrellas masivas** en el CG es una de las grandes **incógnitas** de la astronomía actual
- d) Para resolver este misterio se requiere de mejores **telescopios** como el **ELT** o el **JWST**

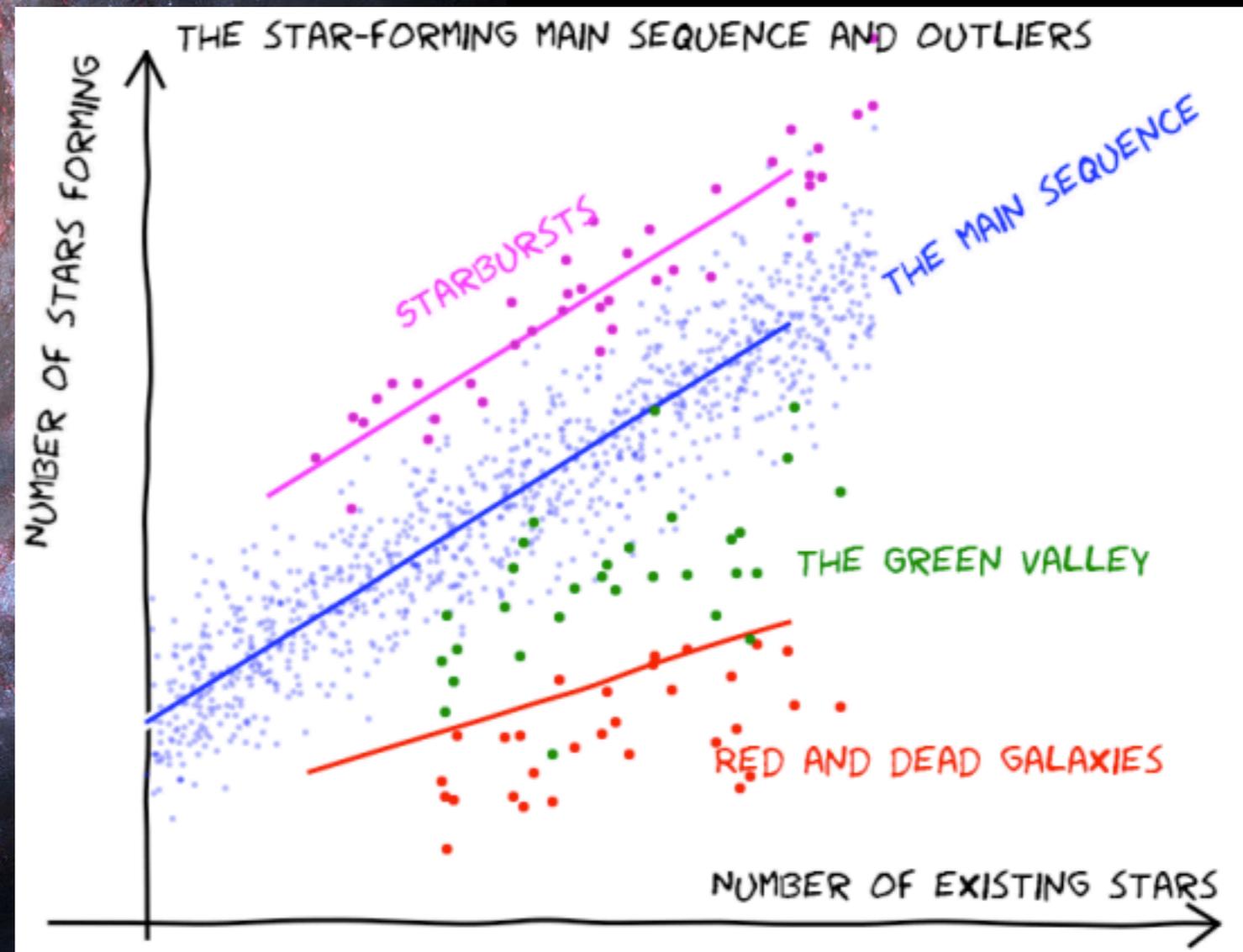
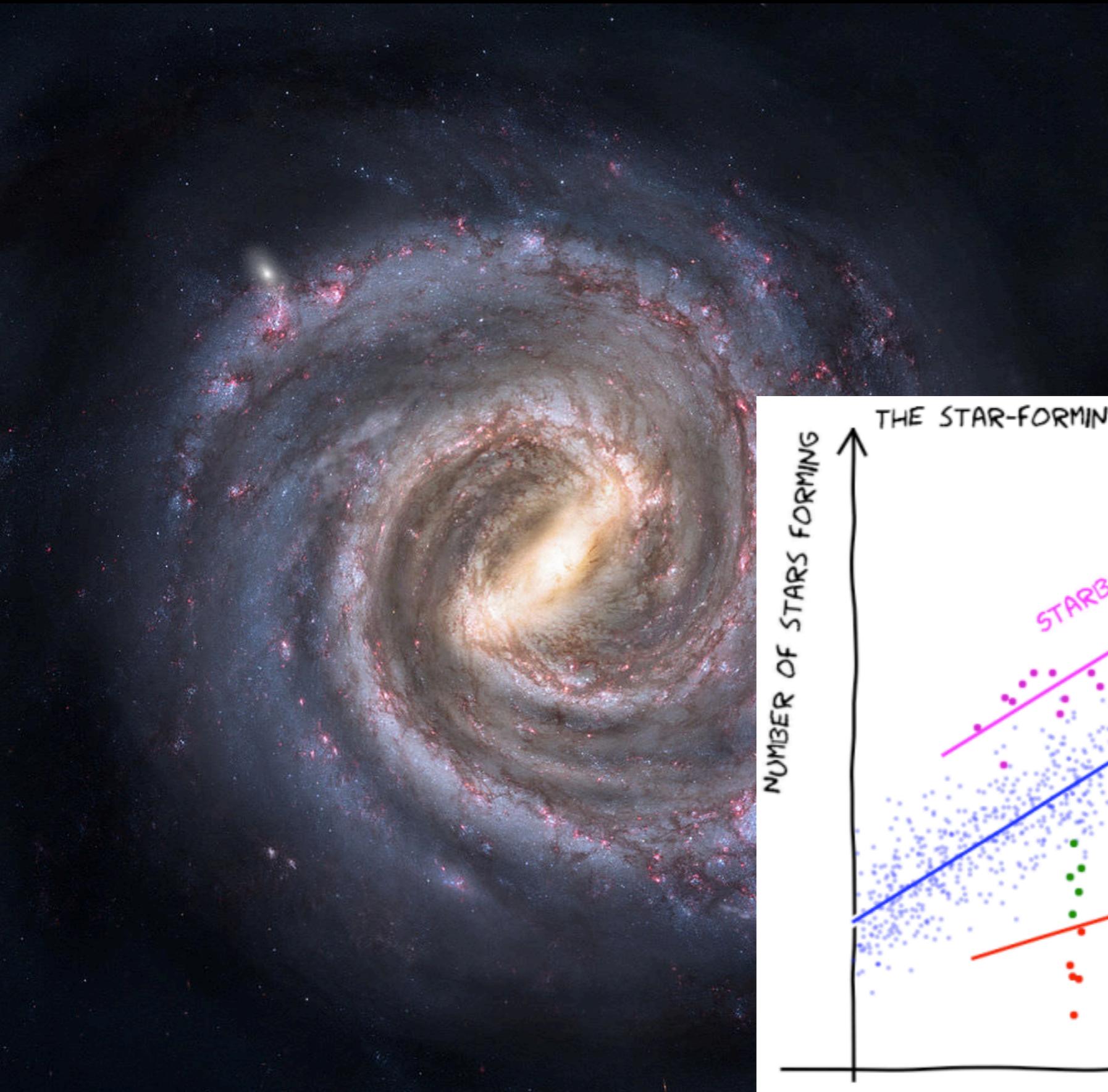
# Más allá de la Galaxia...



# Más allá de la Galaxia...



# Más allá de la Galaxia...



# Para recordar ...

- a) El estudio de las **poblaciones estelares** nos permite entender la **evolución de las galaxias**
- b) Utilizando el **mismo método que con los cúmulos de estrellas**, se pueden sistematizar una o varias poblaciones de estrellas en diferentes galaxias
- c) Dependiendo de que tan **activa es una galaxia** en cuanto a la formación de estrellas, podemos determinar una **clasificación** para las mismas
- d) El **objetivo final** de este tipo de investigaciones es conocer más sobre la **evolución química del Universo**