



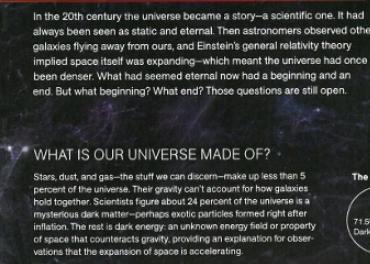
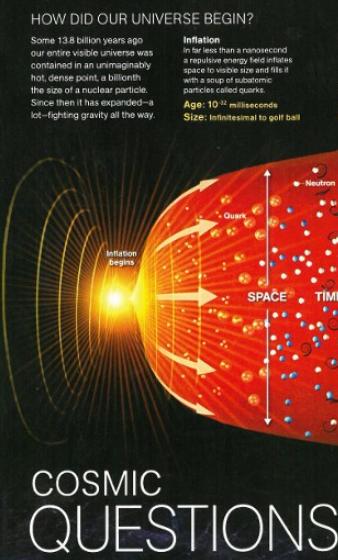
# Universidad Nacional de Río Negro

## Int. Partículas, Astrofísica & Cosmología - 2017

- **Unidad** 02 – Astrofísica
- **Clase** UO2 C03 – 09
- **Fecha** 10 Oct 2017
- **Cont** Estrellas 1
- **Cátedra** Asorey
- **Web** [github.com/asoreyh/unrn-ipac](https://github.com/asoreyh/unrn-ipac)  
[www.facebook.com/fisicareconocida/](https://www.facebook.com/fisicareconocida/)



# Contenidos: un viaje en el tiempo

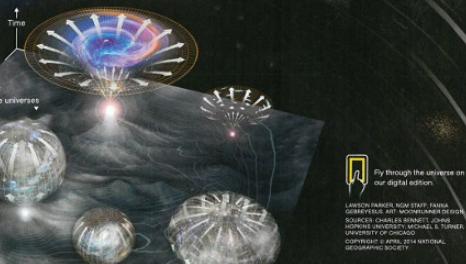


## Unidad 2 Astrofísica Cálido y frío

### DO WE LIVE IN A MULTIVERSE?

What came before the big bang? Maybe other big bangs. The uncertainty principle holds that even the vacuum of space has quantum energy fluctuations. Inflation theory says our universe exploded from such a fluctuation—a random event that, odds are, had happened many times before. Our cosmos may be one in a sea of others just like ours—or nothing like ours. These other cosmos will very likely remain forever inaccessible to observation; their possibilities limited only by our imagination.

## Unidad 1 Partículas 1 *todo es relativo*

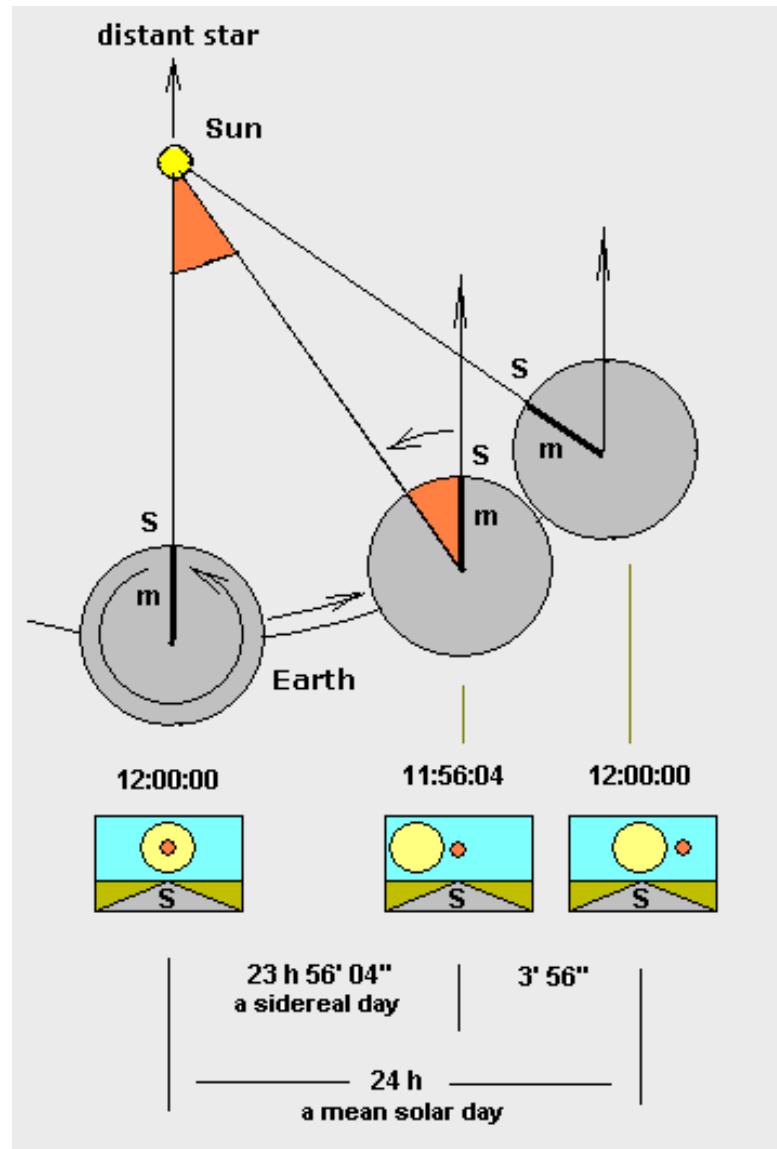




# El día es el tiempo asociado a la rotación:

- Pero.... ¿con qué medimos la rotación?
- Posición del Sol:
  - Tiempo civil → **Tiempo solar medio:**  
Se define como el tiempo entre dos sucesiones consecutivas del Sol por el meridiano del observador.
  - **Tiempo sidéreo:**  
Se define como el tiempo entre dos sucesiones consecutivas del punto Vernal por el meridiano del observador.

# Tiempo sidereo

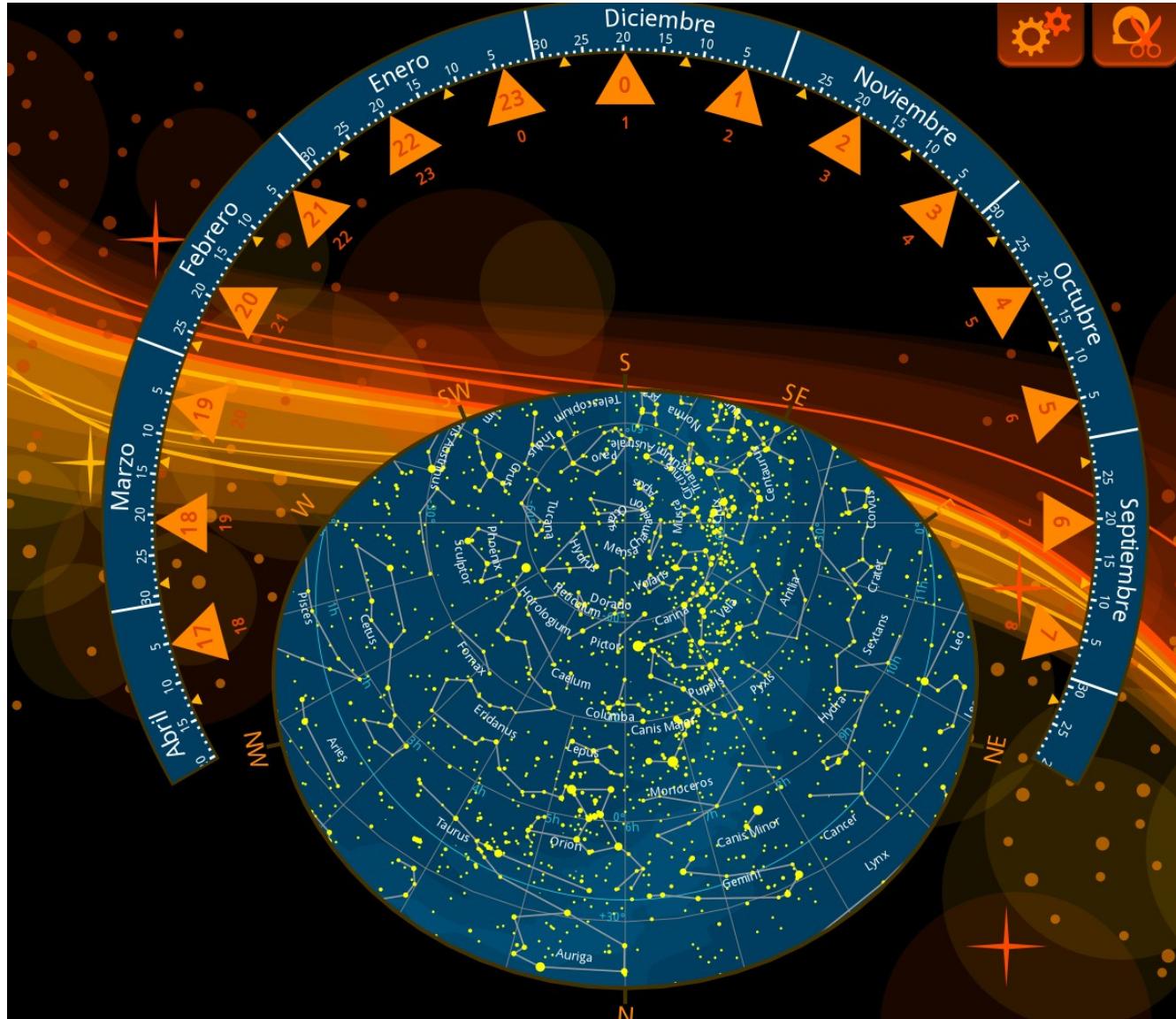




# Carta Celeste

- Mapa de la esfera celeste
- Se identifican las constelaciones y las principales estrellas
- Permite ver el cielo en distintas épocas del año

# En otras latitudes: -40





# Carta celeste

- <http://drifted.in/planisphere/>
- <http://drifted.in/planisphere-app/>
- Uso de la carta celeste:
  - 1.Determinar el tiempo local (¡reloj más o menos!)
  - 2.Encontrar los puntos cardinales en el lugar.
    - Mirando al Norte, el oriente está a la derecha
    - Mirando al Sur, el oriente está a la izquierda
  - 3.Se orienta la carta al polo celeste respectivo
  - 4.Se gira la parte móvil de manera que las estrellas aparezcan por el oriente y se pongan por el occidente



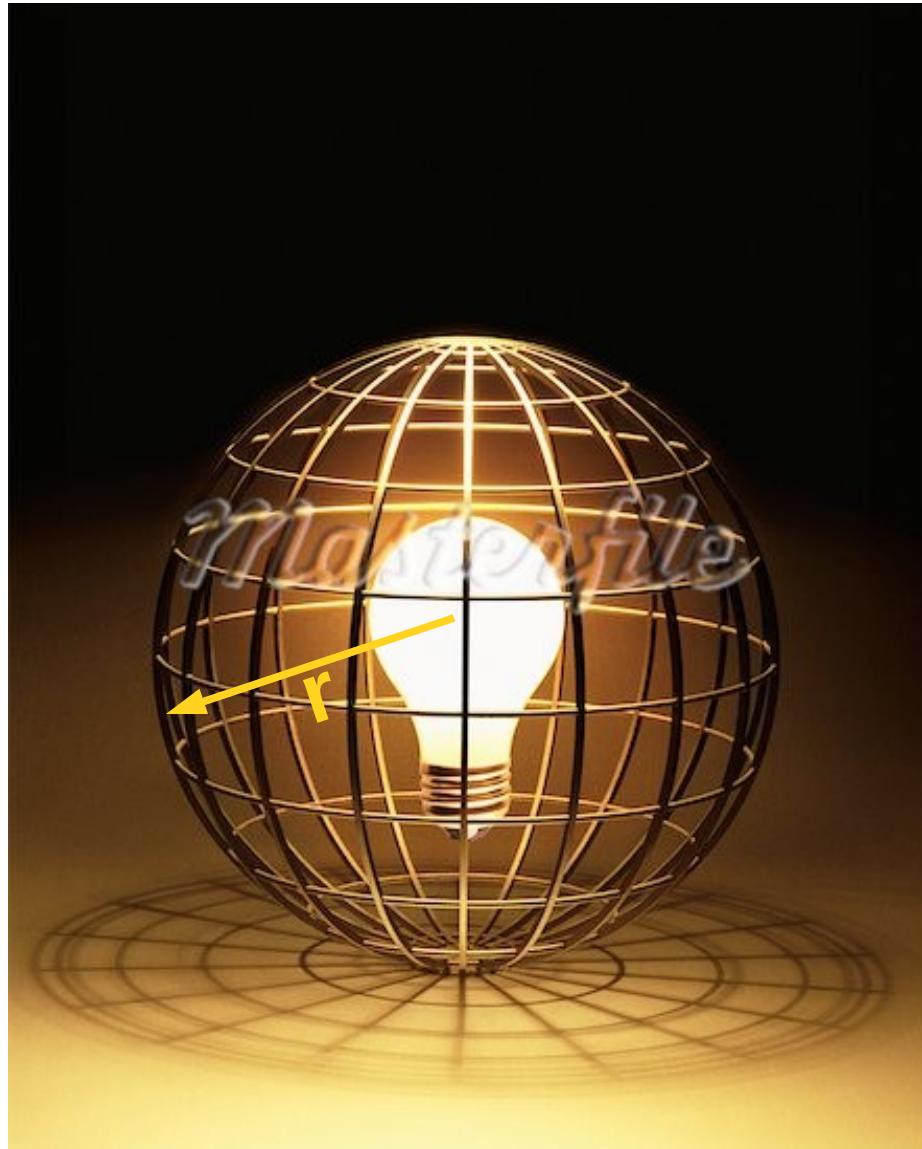
# No todas son iguales

- Estado de evolución (edad)
- Temperatura
- Constitución inicial
- Masa
- **Energía emitida por unidad de tiempo: Luminosidad**
- Y además...

$$L = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

**No todas están a la misma distancia**

# Cómo determinar la relación



- El Flujo se define como la cantidad de energía por unidad de tiempo por unidad de área:

$$F \equiv \frac{\Delta E}{A(\Delta t)} = \frac{L}{A}$$

- El área de una esfera es

$$A = 4\pi r^2$$

- Entonces

$$\Rightarrow F = \frac{L}{4\pi r^2}$$

# Magnitud aparente

- **Magnitud aparente (m)**

- Brillo (b) de un cuerpo “visto” desde La Tierra
- Hiparco de Nicea (190AC-120AC) 850 est. ← Ptolomeo:  
Clasificó las estrellas en seis magnitudes:  
Magnitud 1: Top 20, Magnitud 6: Apenas visibles
- Norman Pogson (1829-1891):
  - Una estrella  $m=1(m_1)$  es 100 veces más brillante que una  $m=6(m_6)$

$$\frac{b_1}{b_6} = 100$$

- ¿Cómo se relacionan entre sí?

# Relación entre magnitudes

- Conviene usar un factor uniforme  $k$ :

$$\frac{b_1}{b_6} = 100 \rightarrow \frac{b_1}{b_2} = k, \frac{b_2}{b_3} = k, \dots \rightarrow b_1 = k b_2, b_2 = k b_3 \dots$$

- Entonces,

$$b_1 = (k k k k k) b_6 \rightarrow \frac{b_1}{b_6} = k^5$$

Finalmente,

$$k^5 = 100 \rightarrow k = \sqrt[5]{100} = 2.51189 \rightarrow k \simeq 2.5$$

Una estrella de brillo  $b_1$  es  
dos veces y media más brillante  
que una estrella de brillo  $b_2$

$$b_i \simeq 2.5 b_{i+1}$$

# Relación entre brillo y magnitud

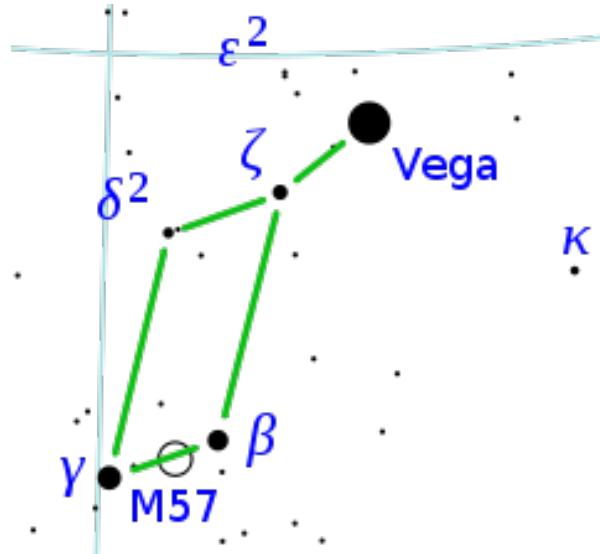
- Proponemos

$$\left( \frac{b_1}{b_2} \right) = 2.5 \rightarrow \left( \frac{b_i}{b_j} \right) = 2.5^{(m_j - m_i)}$$

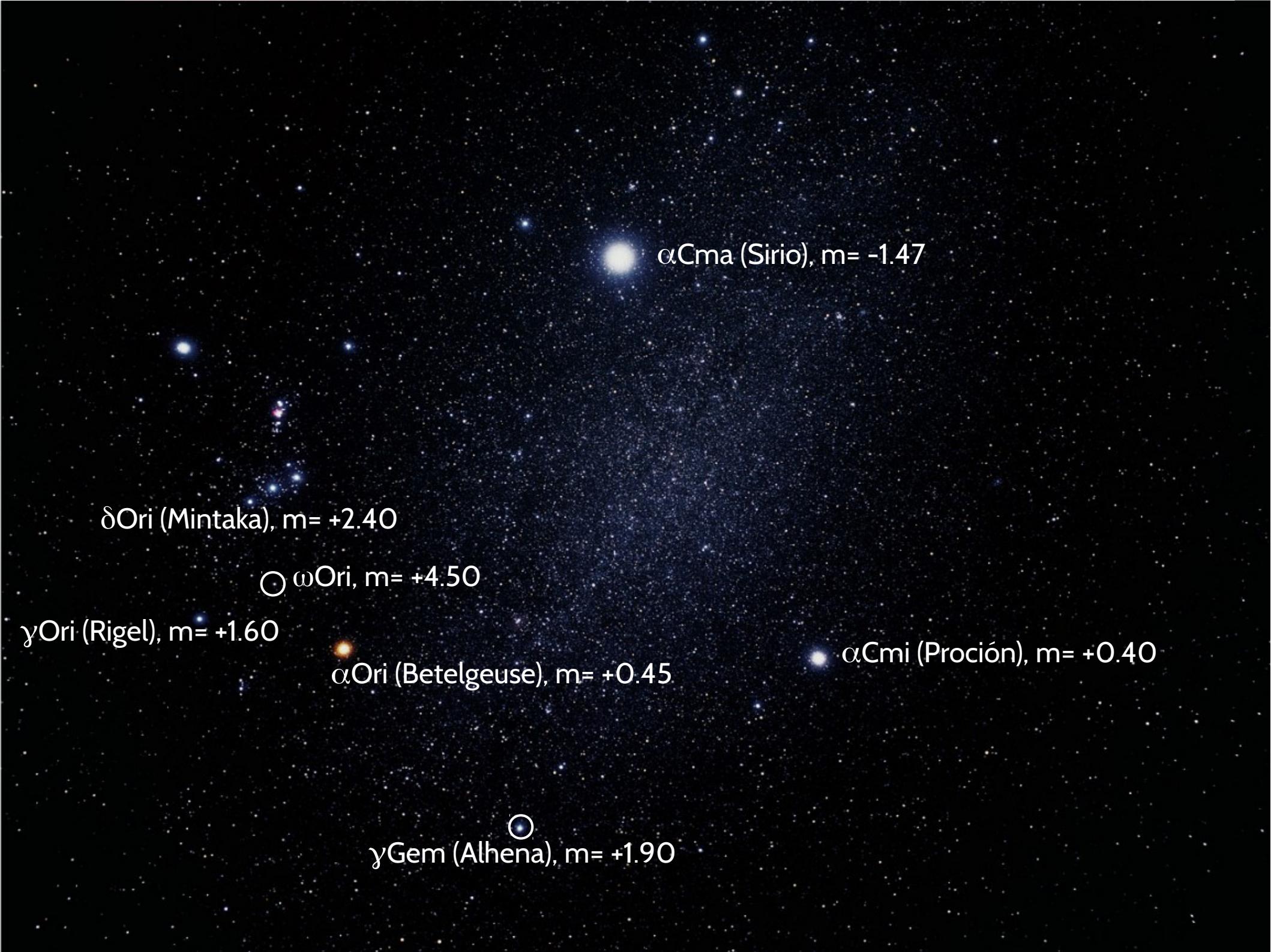
- Si,  $m_i = m_j \rightarrow m_i - m_j = 0 \rightarrow b_i = b_j$
- Si,  $m_i = m_j + 1 \rightarrow m_i - m_j = 1 \rightarrow b_i = 2.5 b_j$
- Si,  $m_i = m_j - 1 \rightarrow m_i - m_j = -1 \rightarrow b_i = b_j / 2.5$
- Despejando, se puede verificar que:

$$\left( \frac{b_i}{b_j} \right) = 2.5^{(m_j - m_i)} \rightarrow (m_i - m_j) = -2.5 \log_{10} \left( \frac{b_i}{b_j} \right)$$

# Cuando comparamos necesitamos referencias



- La escala de magnitudes es **comparativa**
- Es necesario establecer una referencia (brillo)
- **Referencia de magnitud: Estrella Vega ( $\alpha$ Lyr),  $m=0$**
- Vega, A0, blanca



$\alpha$ Cma (Sirio), m= -1.47

$\delta$ Ori (Mintaka), m= +2.40

$\odot$   $\omega$ Ori, m= +4.50

$\gamma$ Ori (Rigel), m= +1.60

$\alpha$ Ori (Betelgeuse), m= +0.45

$\alpha$ Cmi (Proción), m= +0.40

$\odot$   
 $\gamma$ Gem (Alhena), m= +1.90



# Magnitud absoluta

- **Magnitud absoluta  $M$ , es la magnitud aparente que tendría una estrella si su distancia fuera de 10pc**
  - Relación con la magnitud aparente  $m$  y la distancia  $d$ : (medida en parsecs):

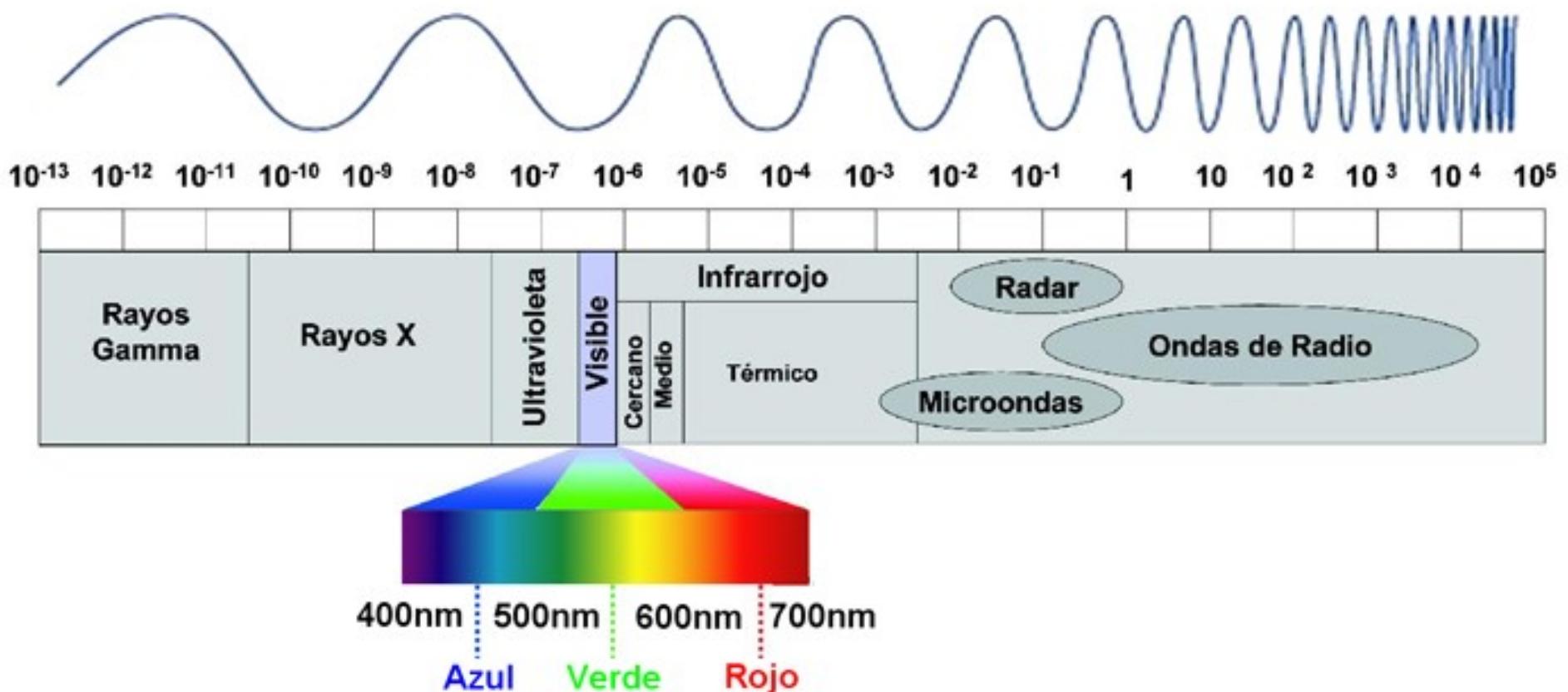
$$M = m - 5 \left( \log_{10}(d) - 1 \right)$$

- P.ej.: Si  $d=10$  pc,  $M = m - 5 [1-1] = m - 5(0) = m$
- Magnitudes absolutas y aparentes:
  - Sol:  $m=-26.73$ ,  $M=4.75$
  - Mintaka ( $\delta$ Ori):  $m=2.4$ ,  $M=-4.84$
  - Sirio (aCMa):  $m=-1.45$ ,  $M=1.44$

# La luz → Espectro Electromagnético

Espectro electromagnético.

Longitud de onda ( $\lambda$ ) en metros.





<http://crispme.com/50-amazing-examples-of-infrared-photography/>

# Mismo objeto: Infrarrojo y visible

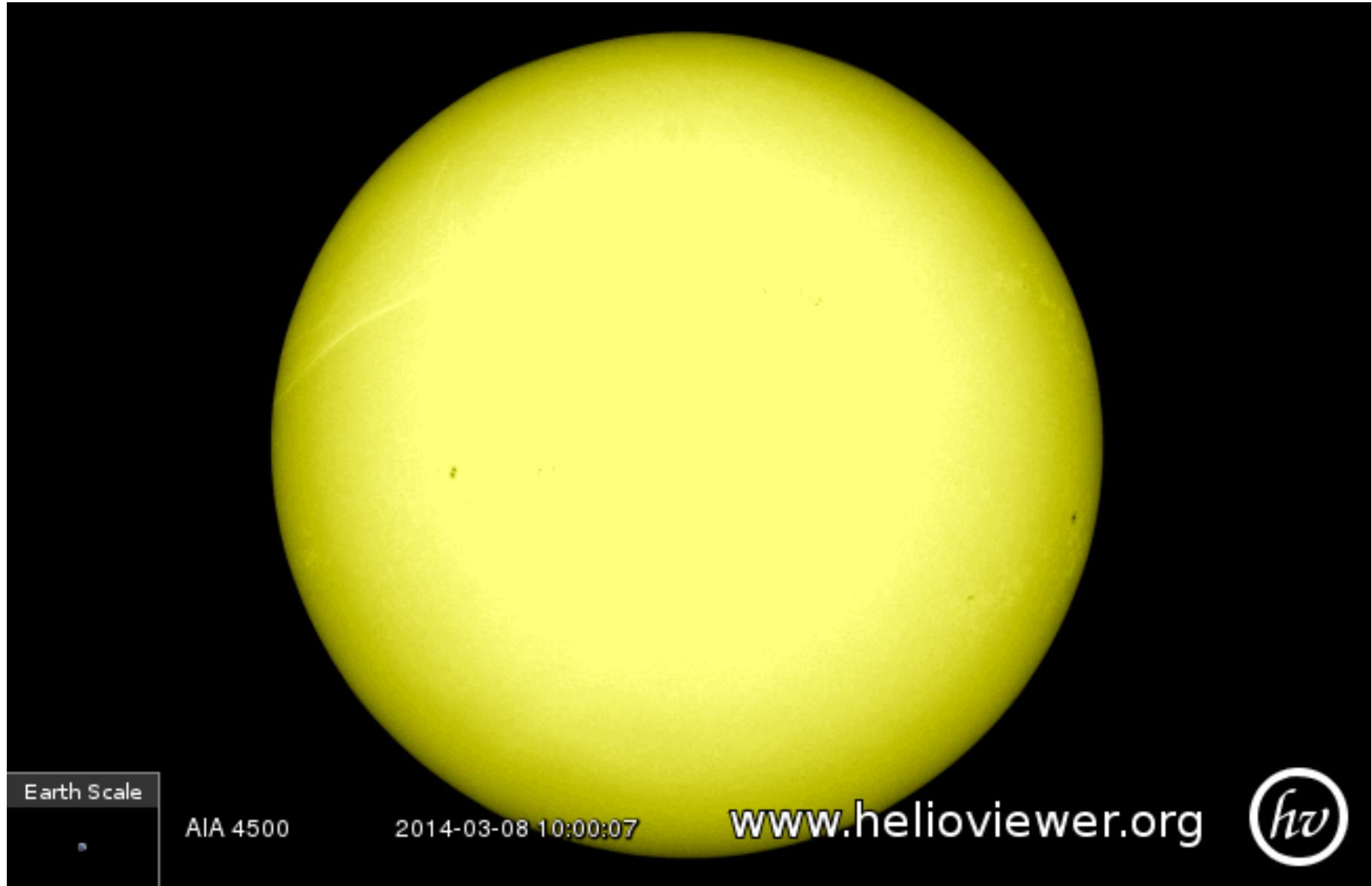


# Nuestra fuente de energía

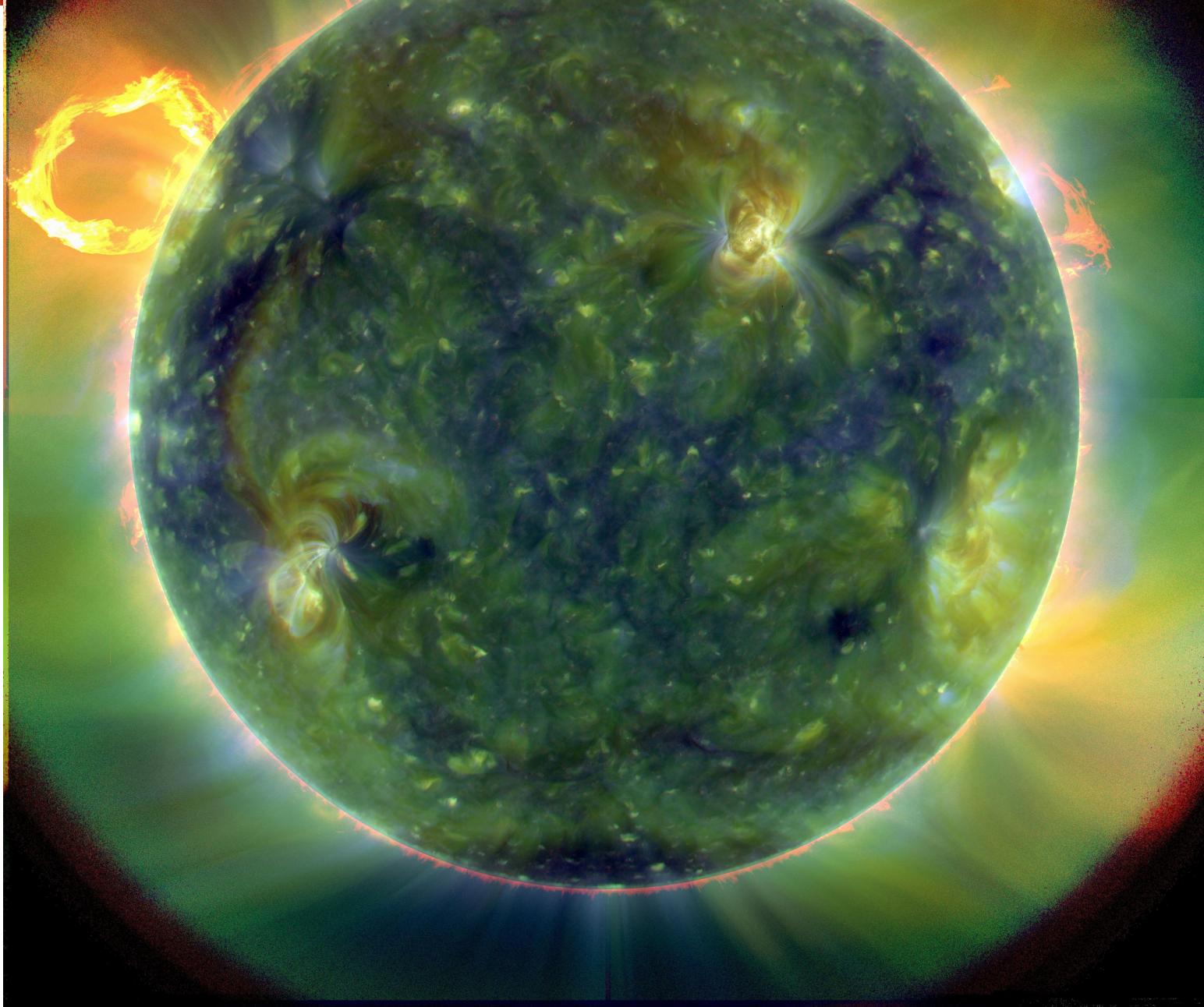




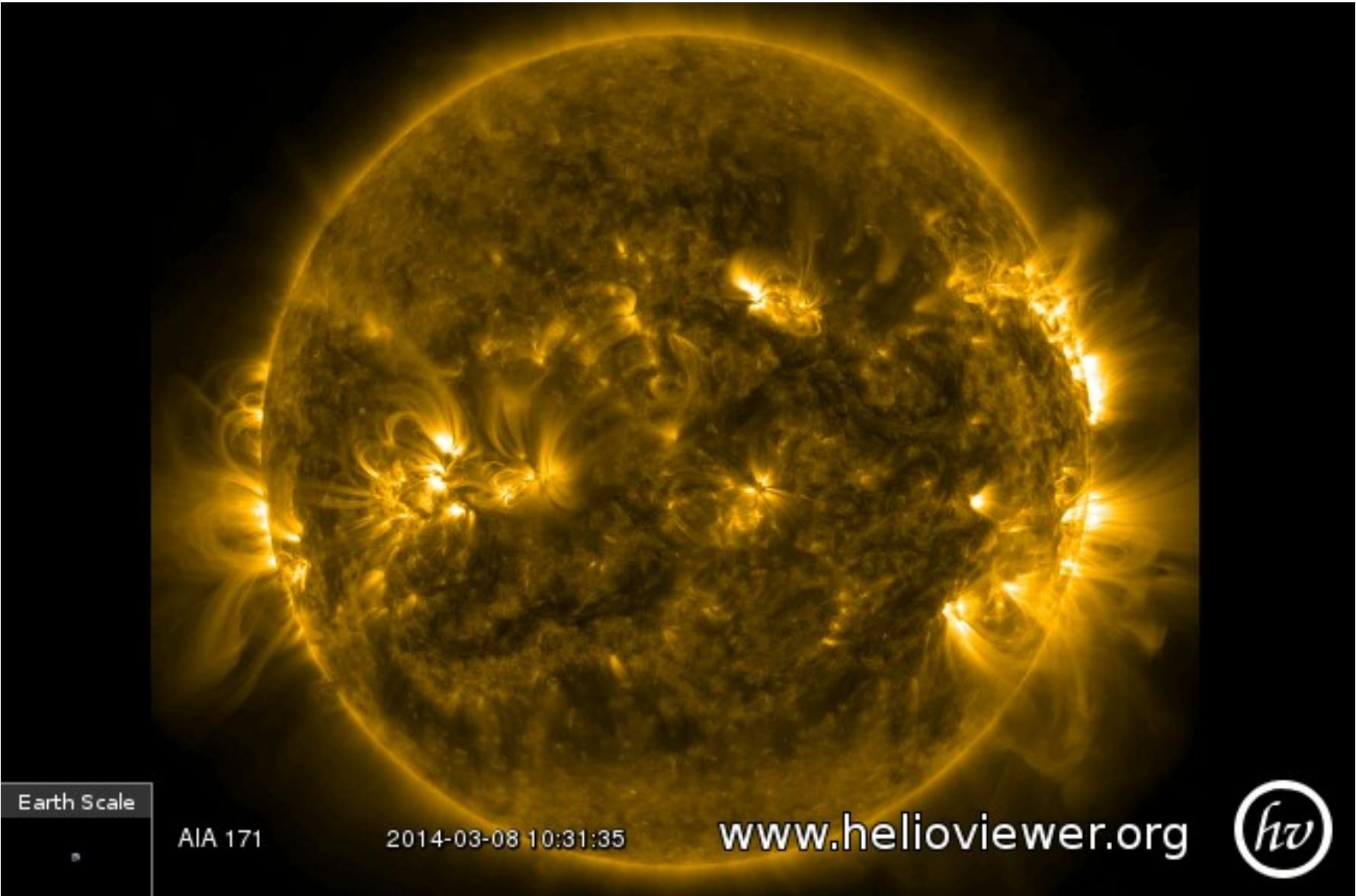
# ¿Amarillo o verde?

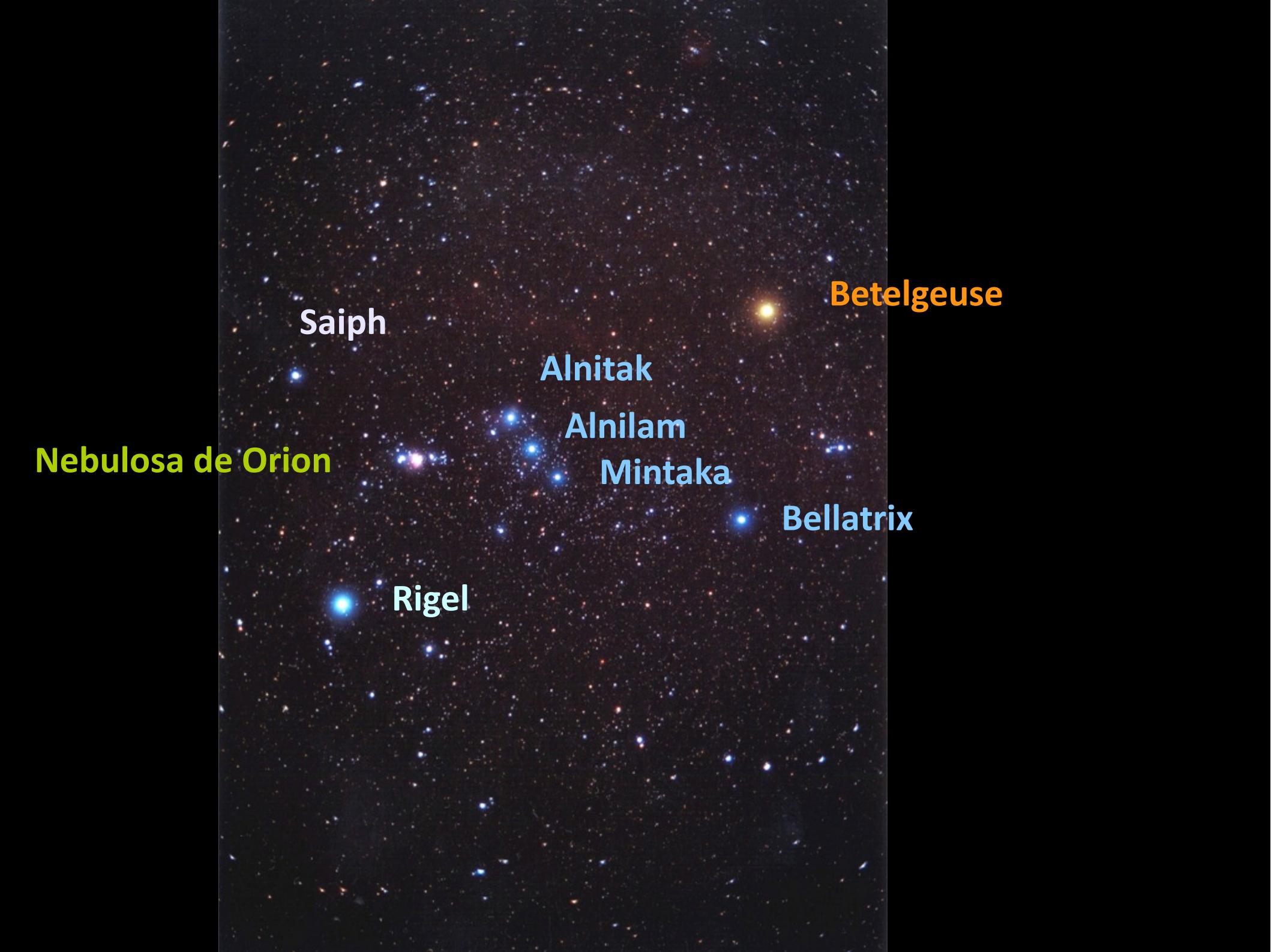


# Así es nuestro Sol



# Mirando en otras longitudes de onda





**Nebulosa de Orion**

Saiph

Rigel

Alnitak

Alnilam

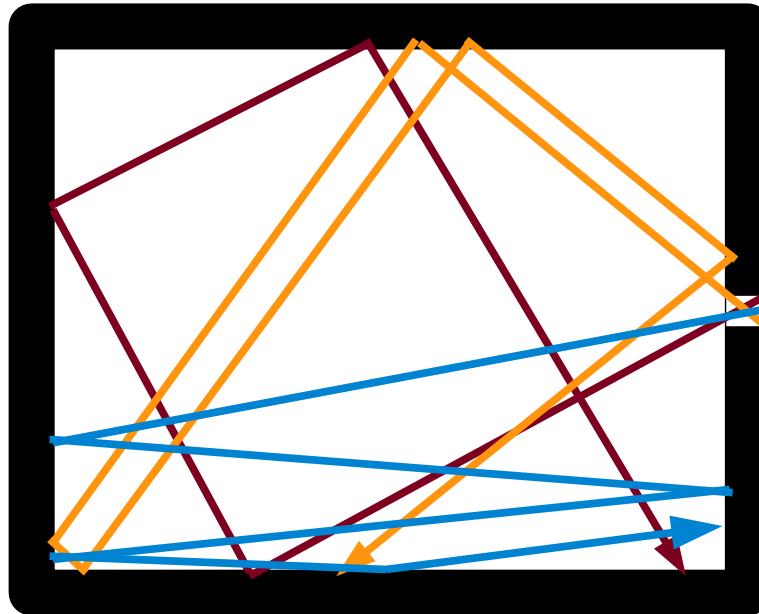
Mintaka

Betelgeuse

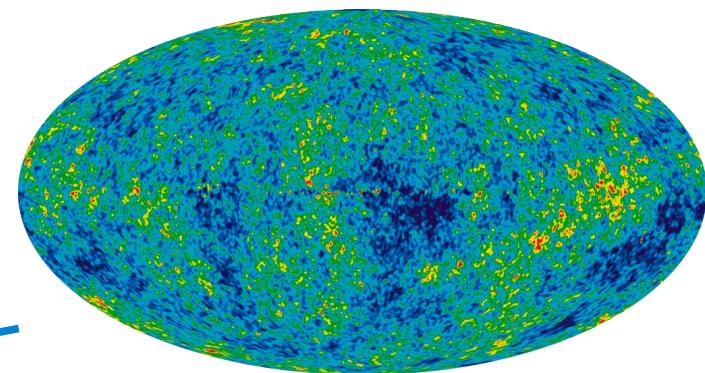
Bellatrix

# Un cuerpo negro es...

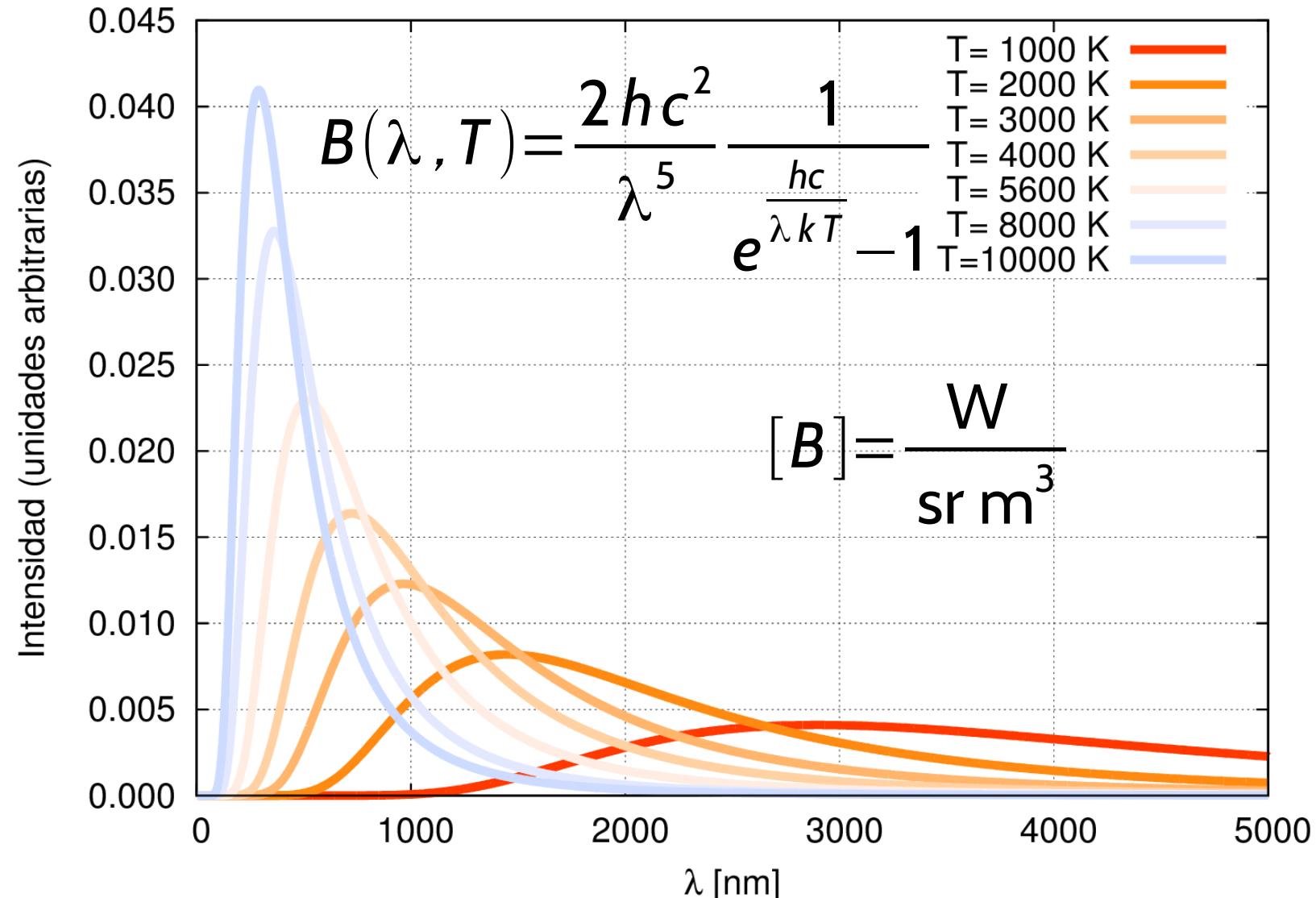
- Un **cuerpo negro** es un sistema físico ideal que absorbe toda la radiación incidente sin importar su longitud de onda: **es un absorbente perfecto de radiación electromagnética**



Cuerpos negros  
casi ideales



# ¿Qué ruido hace un fotón al caer? ¡Planck!



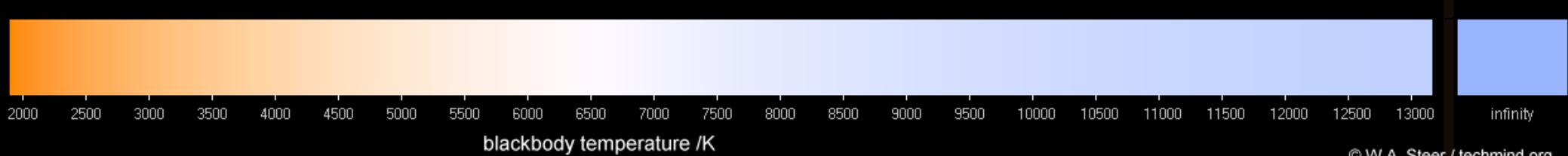
# Ley de desplazamiento de Wien, $\frac{dB}{dT} = 0$

- Valor de  $\lambda$  donde la emisión es máxima, receta usual:

$$\frac{d B}{d \lambda} = 0 \rightarrow \frac{d}{d \lambda} \left( \frac{2 h c^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k T}} - 1} \right) = 0$$

$$\Rightarrow \left( \frac{hc}{\lambda k T} \right) \left( \frac{\frac{hc}{\lambda k T}}{\frac{hc}{e^{\frac{hc}{\lambda k T}} - 1}} \right) - 5 = 0 \Rightarrow \frac{x e^x}{e^x - 1} = 5, x = \frac{hc}{\lambda k T} = 4.9651$$

$$\lambda_{max} = \frac{\zeta}{T}, \quad \zeta = \frac{hc}{4.965 k}, \quad \zeta = 2,898 \frac{\text{mm}}{\text{K}}$$



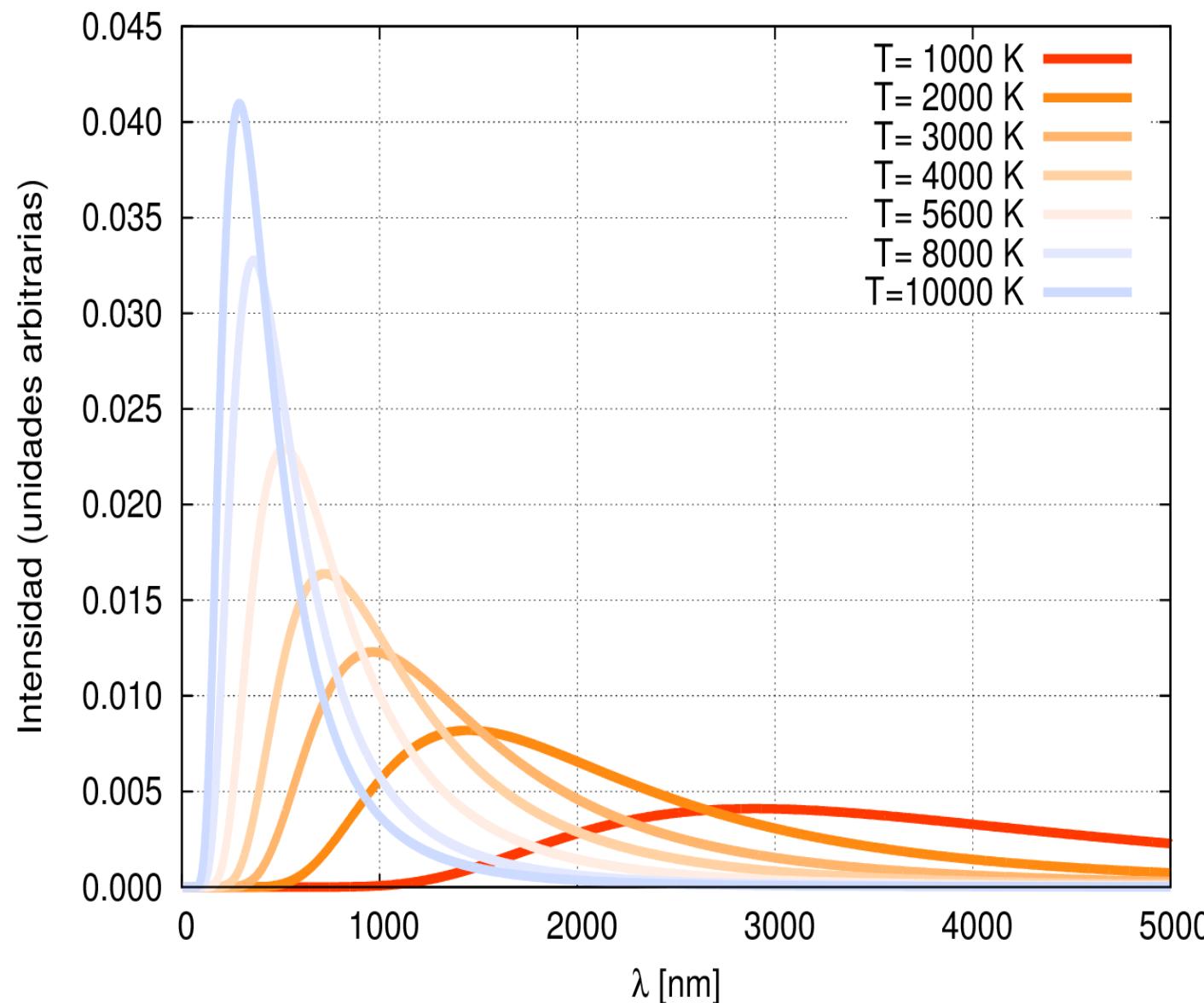
# Emisión de energía total

- $B$  es el flujopectral de energía, es decir a la energía emitida por un cuerpo negro a temperatura  $T$ , por unidad de superficie y unidad de ángulo sólido para cada longitud de onda del espectro electromagnético.
- Para calcular la emisión total  $\rightarrow$  ¡integración!

• Esfera:  $L = \int_0^R dr \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^{\pi/2} \cos \theta \sin \theta d\theta \int_0^\infty d\lambda \left( \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \right)$

$$L = (4\pi R^2) \underbrace{\left( \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} \right)}_{\sigma} T^4 \rightarrow L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

# ¿Qué ruido hace un fotón al caer?



- Ley de Wien
  - Posición de  $\lambda_{\max}$

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

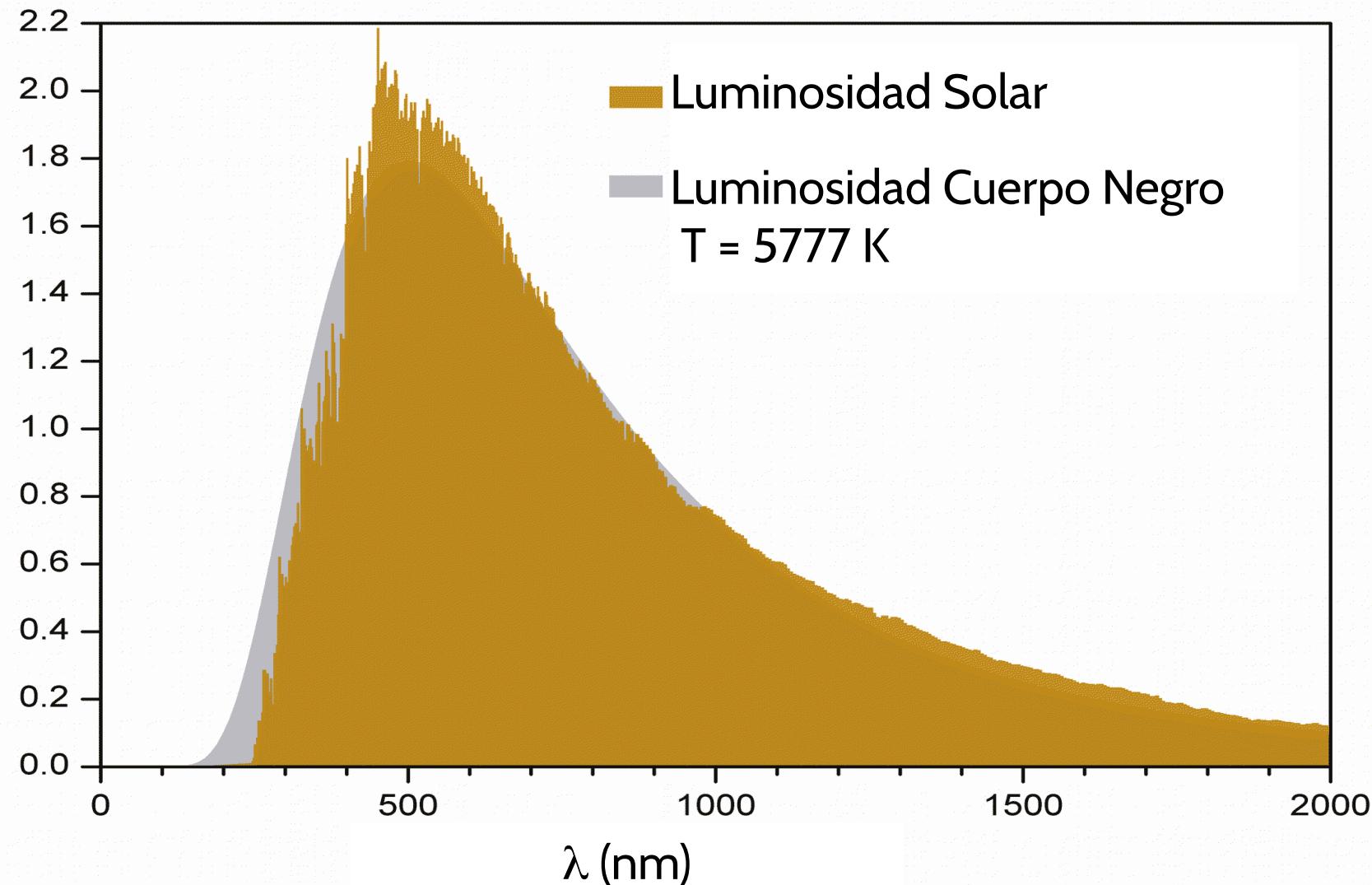
$$b = 2.9 \text{ mm K}$$

- Ley de Stefan-Boltzmann

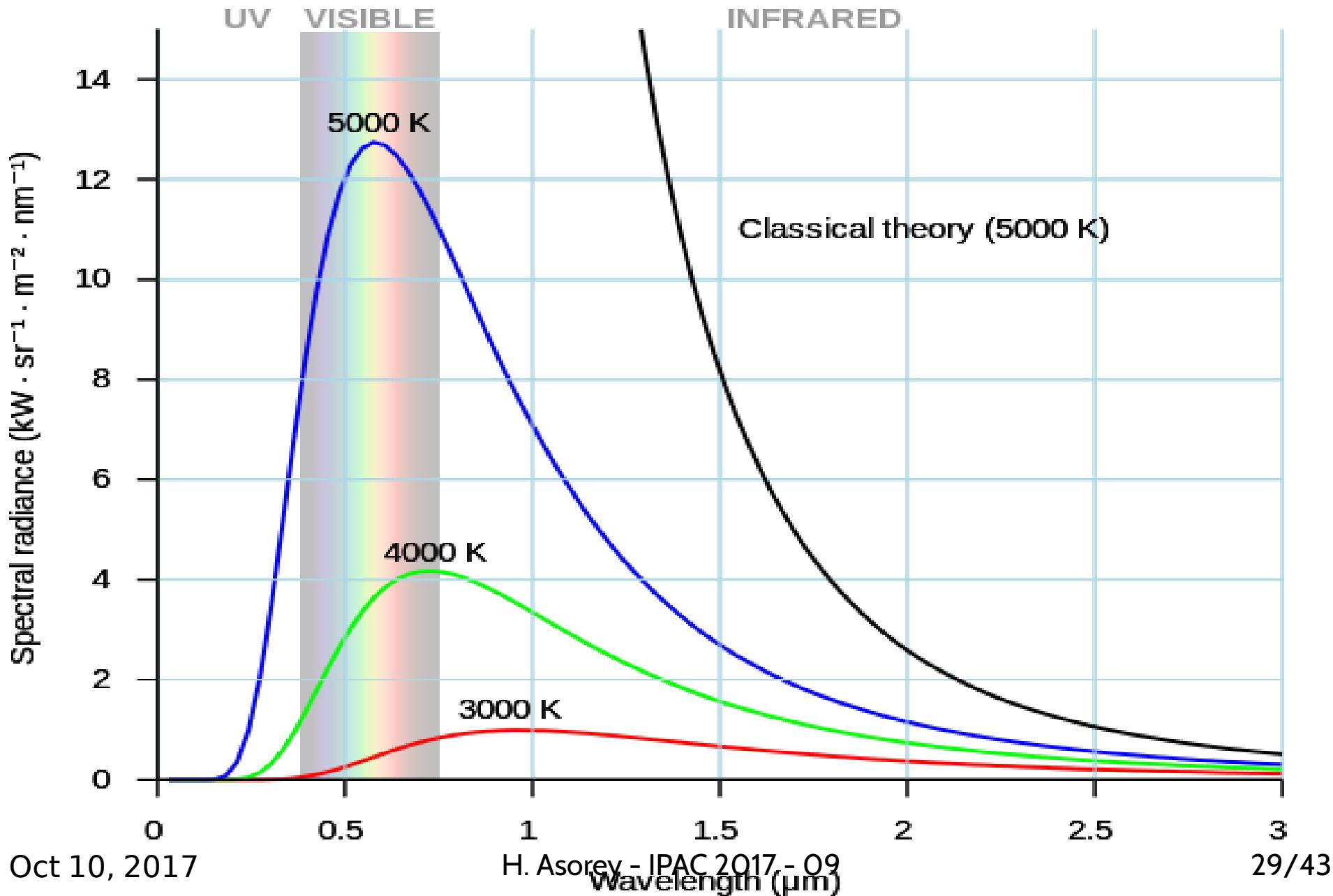
$$L \equiv \frac{\Delta E}{\Delta t} = \sigma A T^4$$

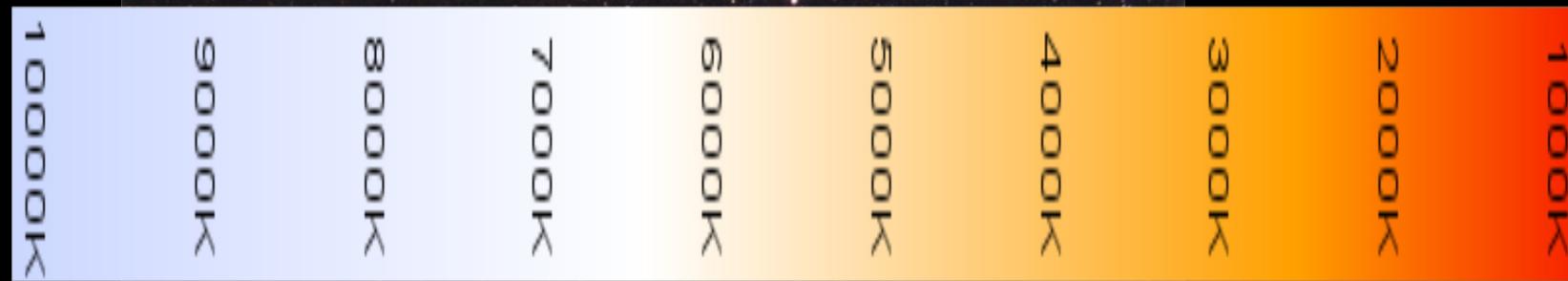
$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

# El Sol como un cuerpo negro



# El color dependerá de la emisión integrada en la región visible del espectro

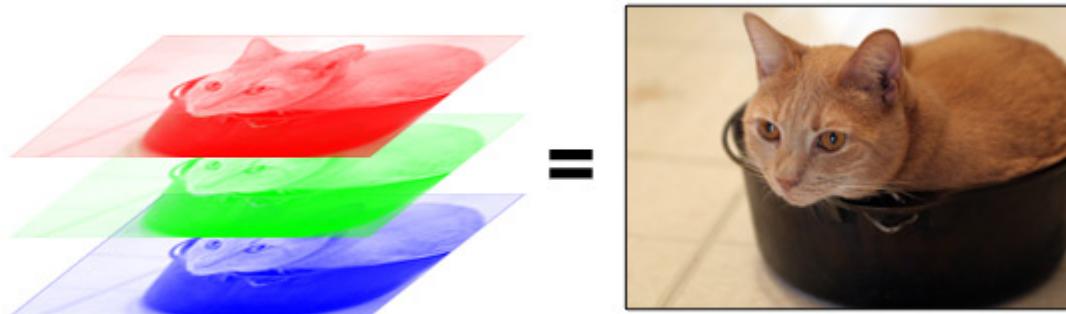
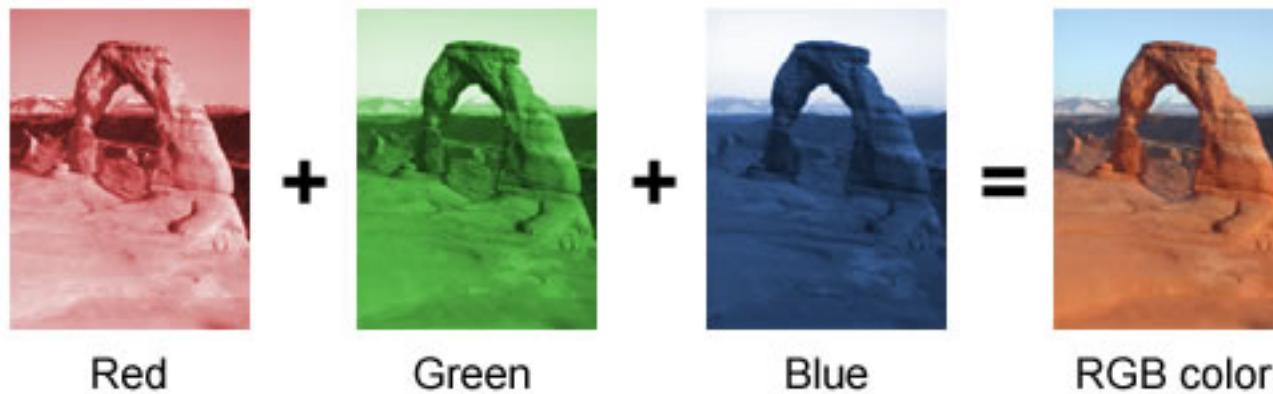






“Color” → Temperatura

- ¿Cómo cuantificar el color?

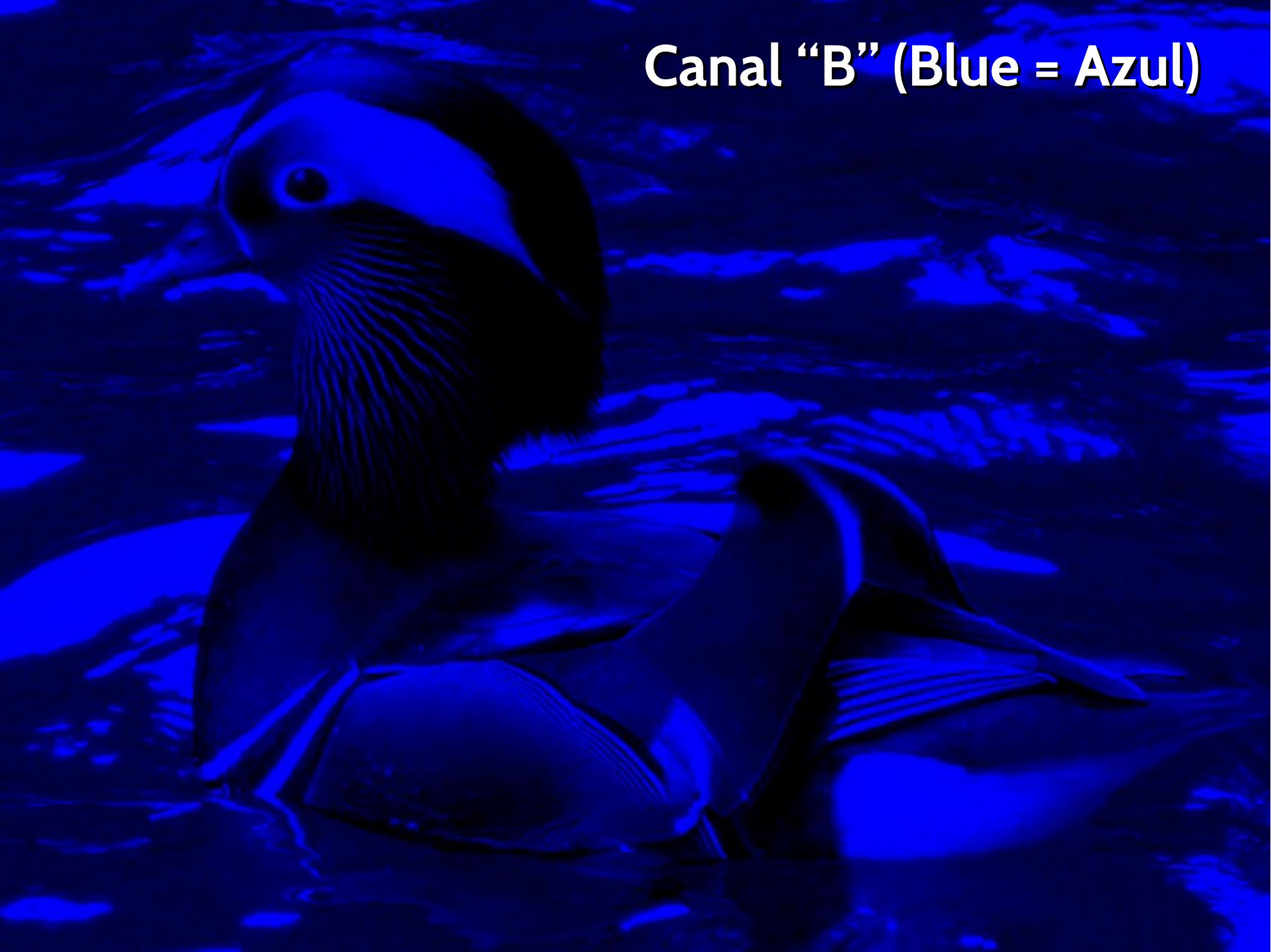




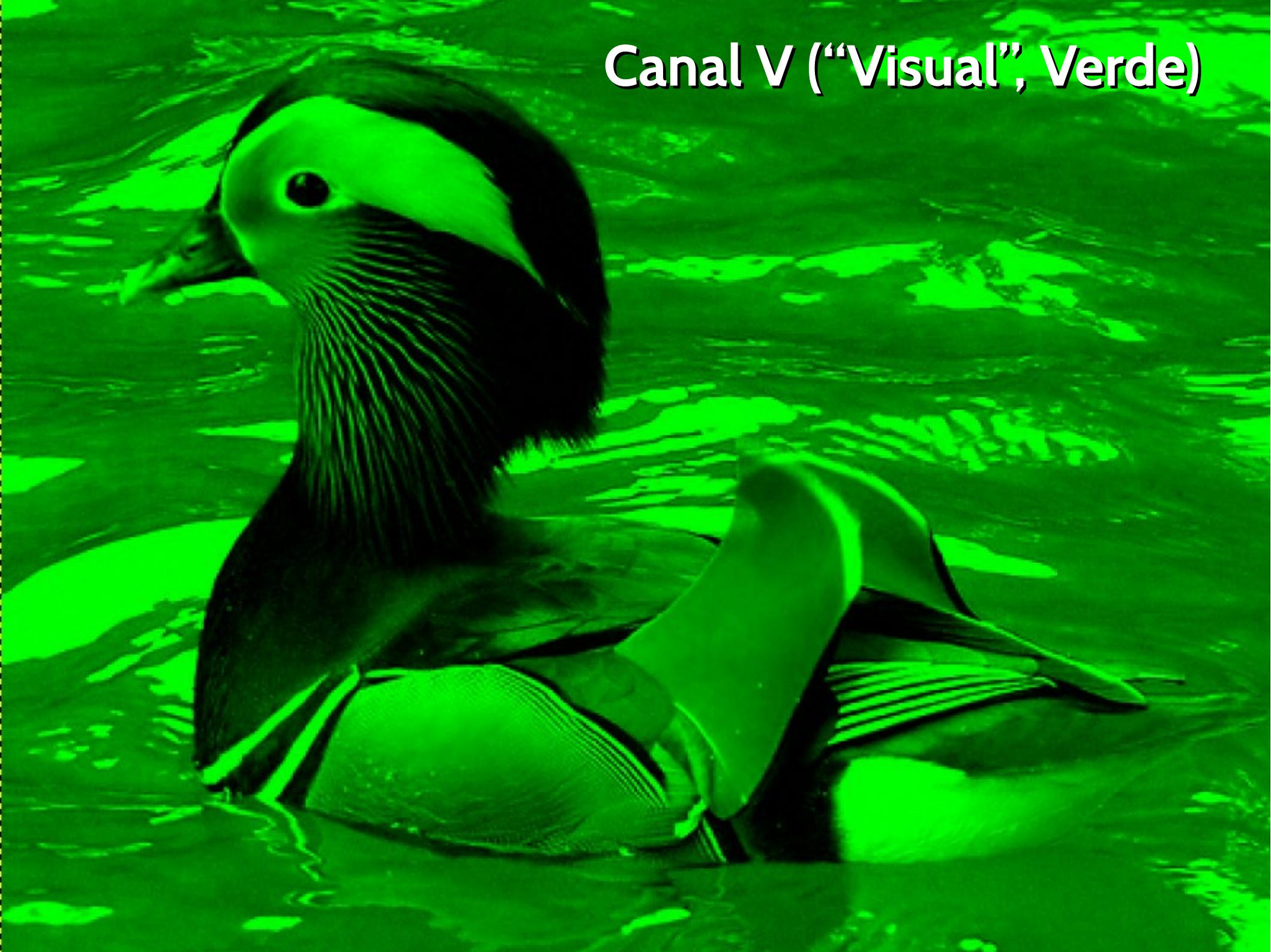
**Canal “R” (Red = Rojo)**



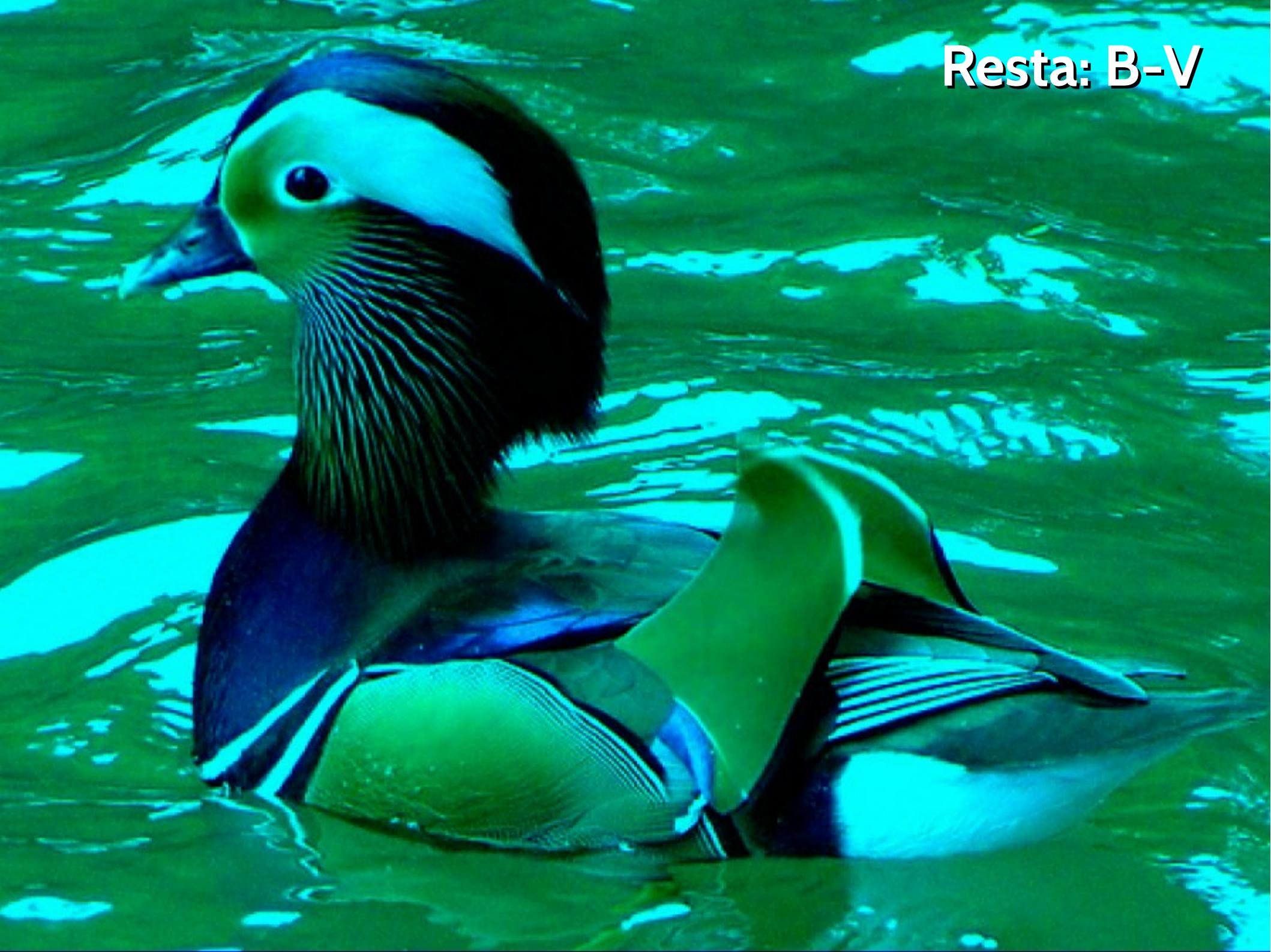
**Canal “B” (Blue = Azul)**



**Canal V (“Visual”, Verde)**



Resta: B-V

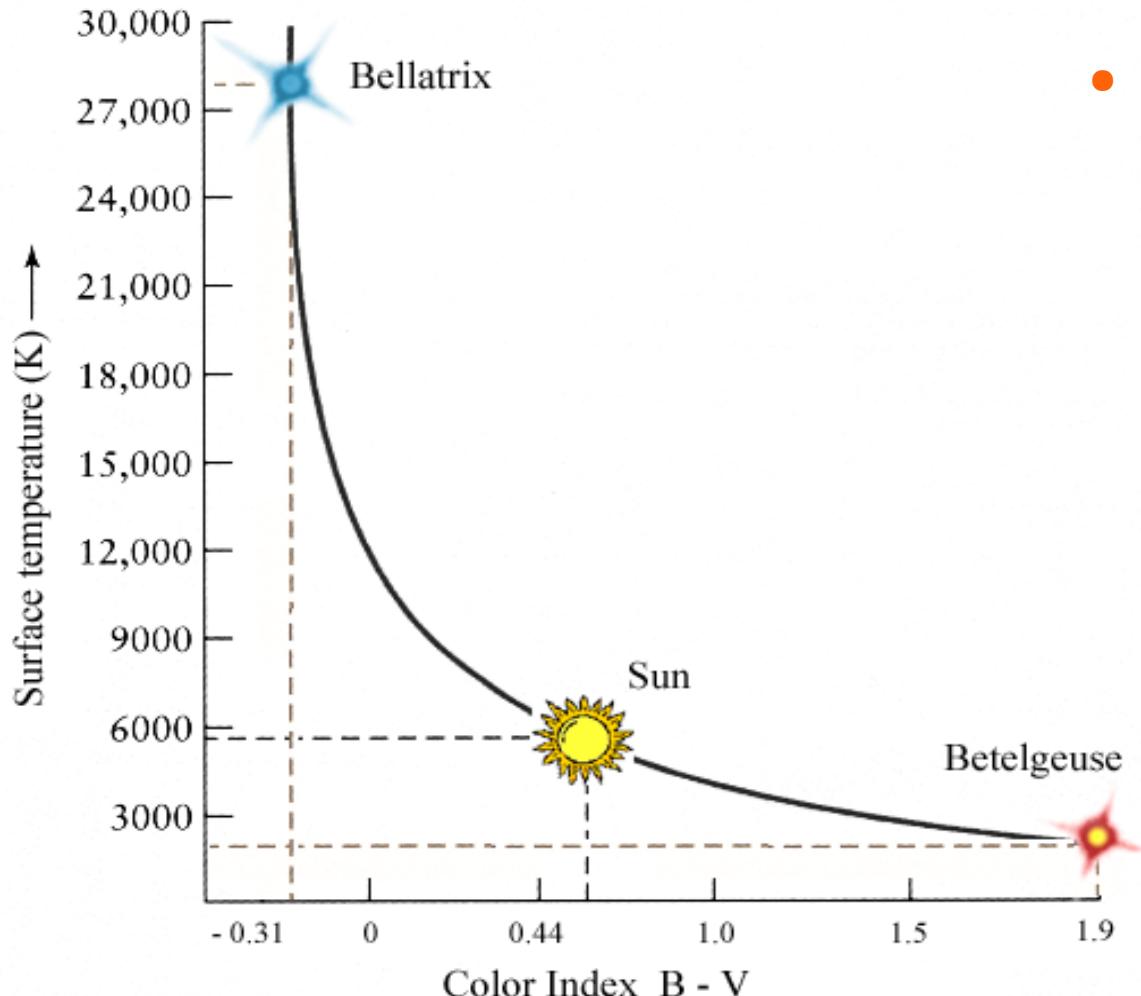




Para las estrellas → magnitudes



# Se observa que para estrellas, $B-V \rightarrow T$



- Índice  $B-V$

- $m_B$ =magnitud en el canal B
- $m_V$ =magnitud en el canal V

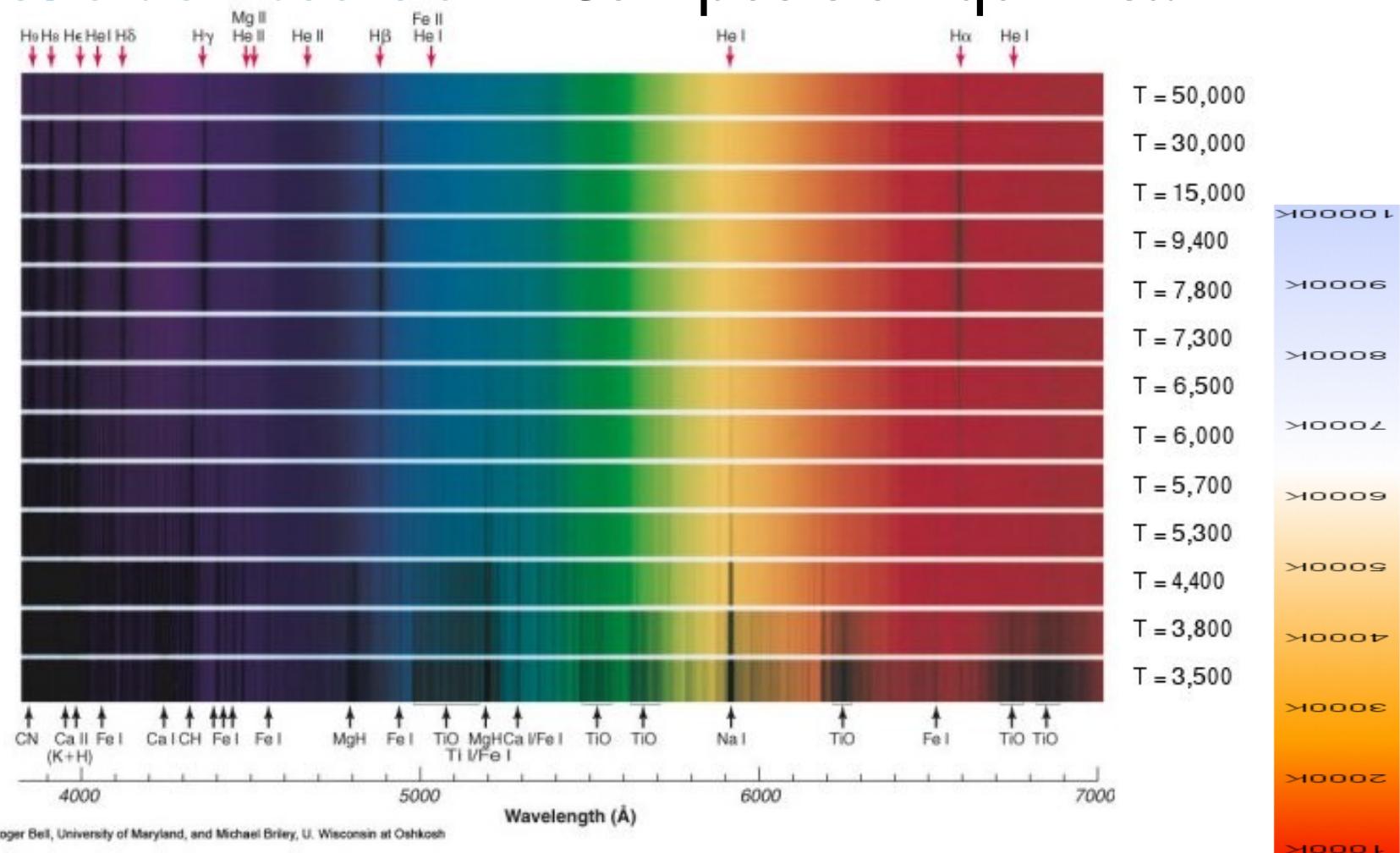
$$(B-V) = m_B - m_V$$

(Recordar que m es logarítmica)

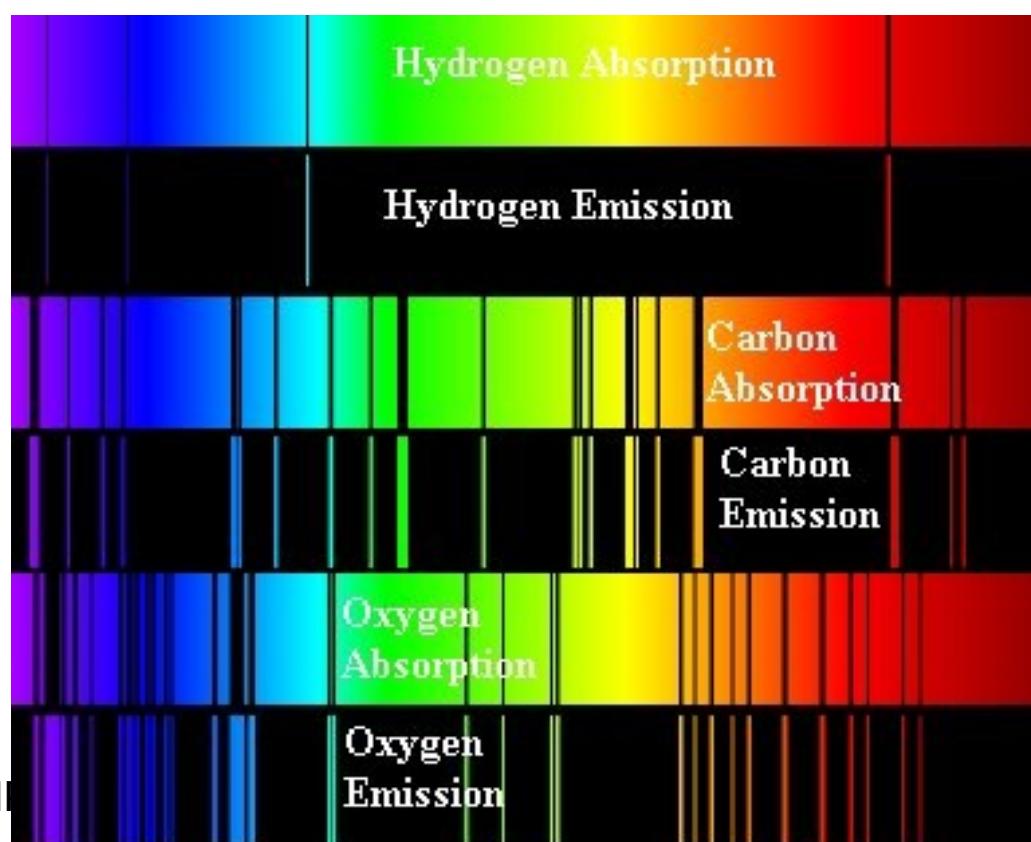
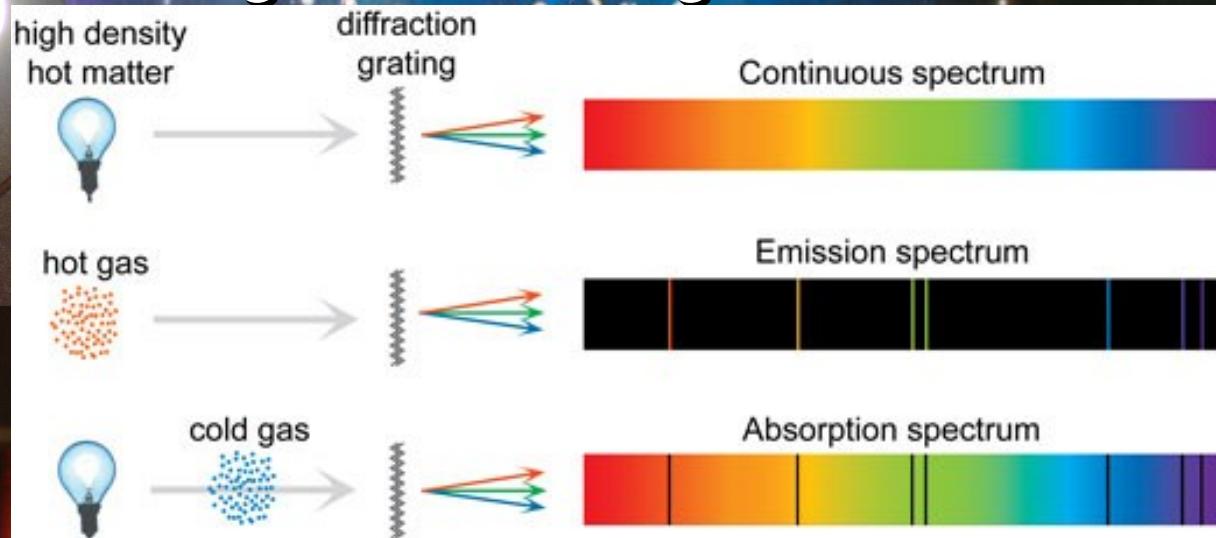
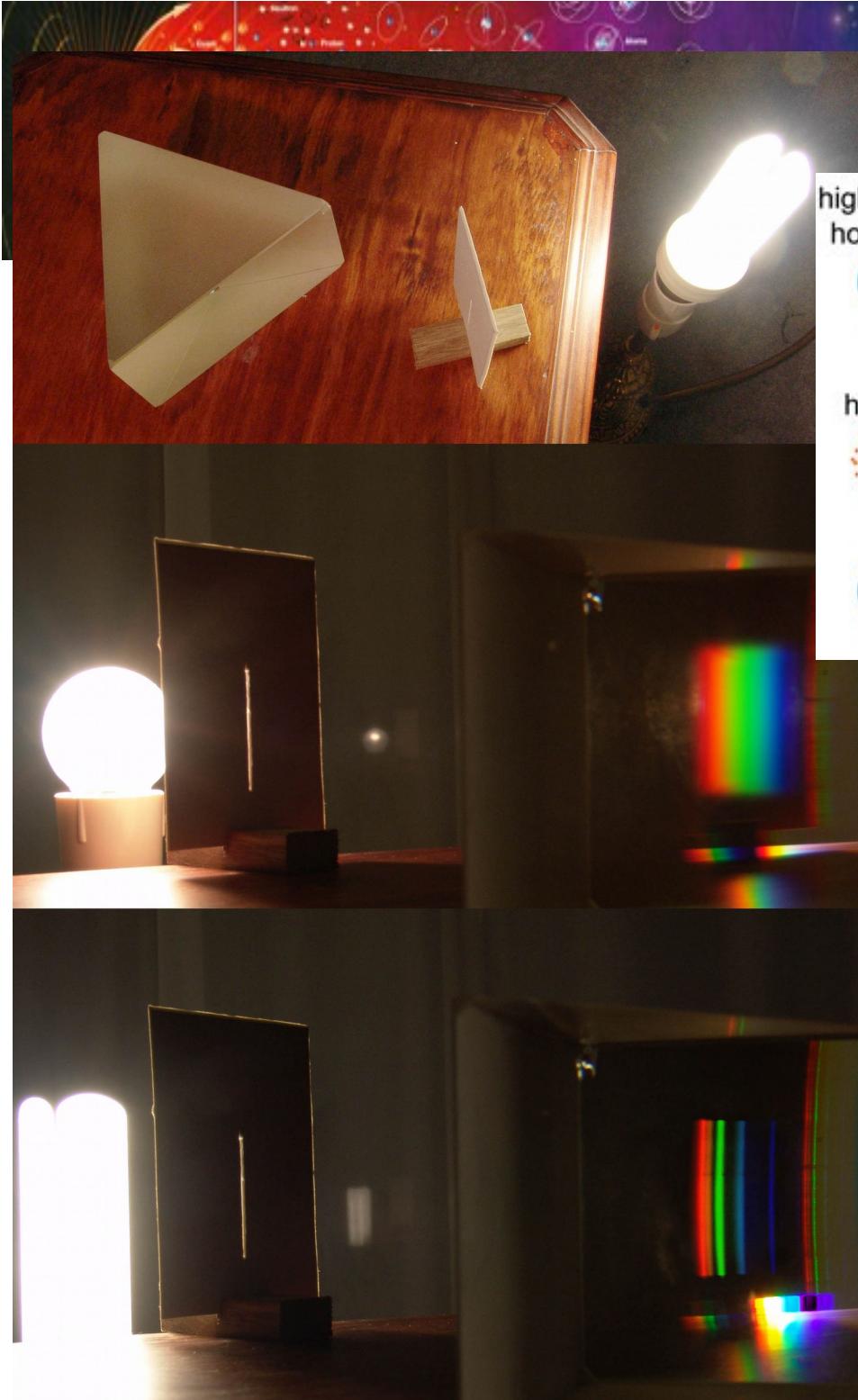
$$T = 4600 \left( \frac{1}{0.92(B-V)+1.7} + \frac{1}{0.92(B-V)+0.62} \right) K$$

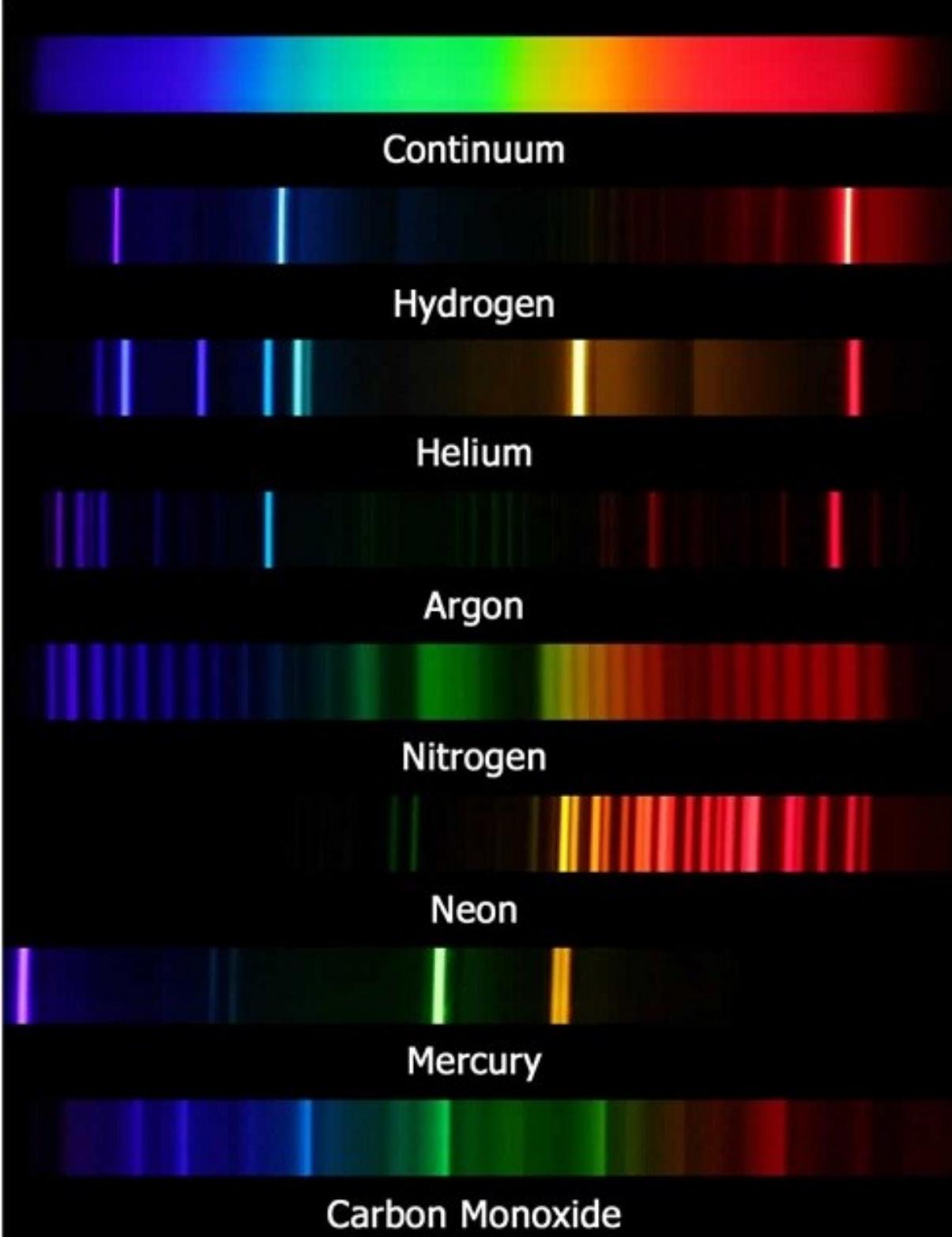
# Espectros estelares

- Emisión continua → Cuerpo Negro → Color → Temp.
- Espectro de Absorción → Composición química



# ¿Emisión? ¿Absorción?





# Espectros estelares

- Emisión continua → Cuerpo Negro → Color → Temp.
- Espectro de Absorción → Composición química

