



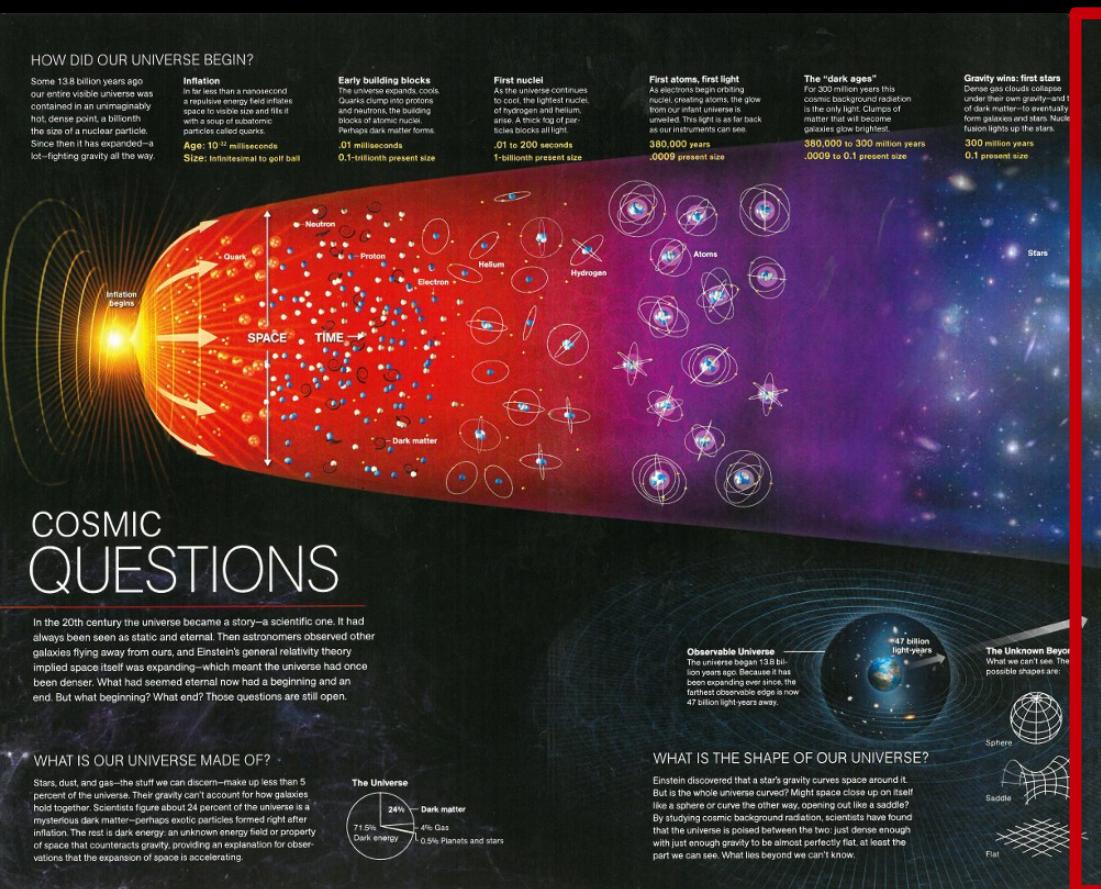
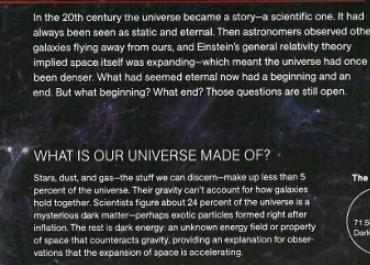
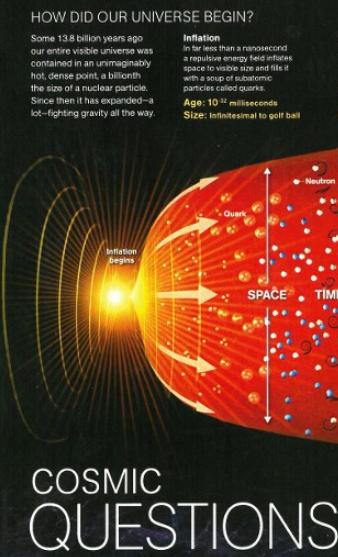
# Universidad Nacional de Río Negro

## Int. Partículas, Astrofísica & Cosmología - 2017

- **Unidad** 02 – Astrofísica
- **Clase** UO2 C01 – 07
- **Fecha** 26 Sep 2017
- **Cont** Astronomía
- **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



# Paralelos y Meridianos



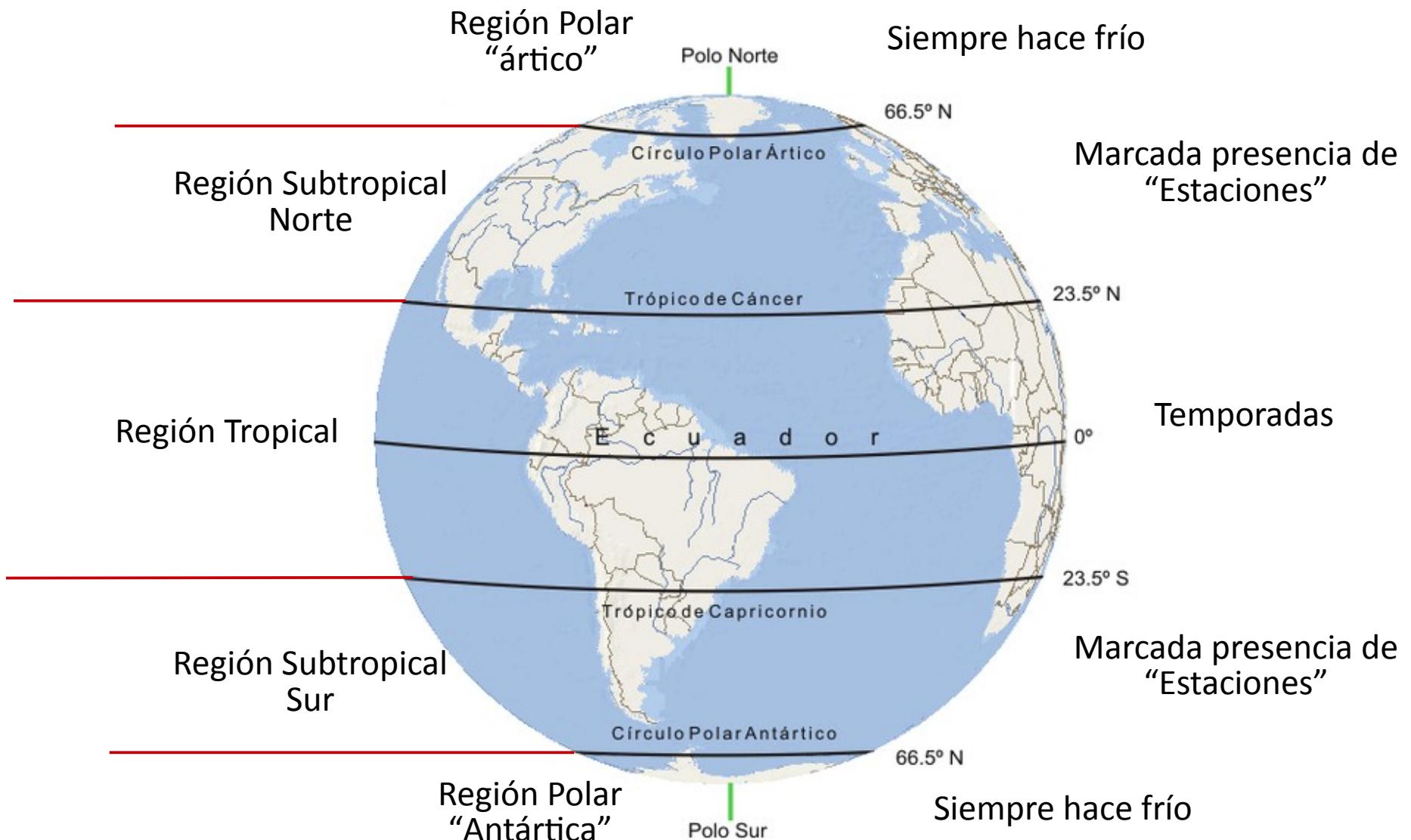
- Paralelos:

- Círculos “paralelos” al ecuador
- Sobre un paralelo, la latitud es constante
- Ecuador: paralelo principal

- Meridianos:

- Semicírculos que conectan los polos uniendo puntos de igual longitud
- Por construcción, en un meridiano la longitud es constante
- Greenwich es el Meridiano Principal (1884)

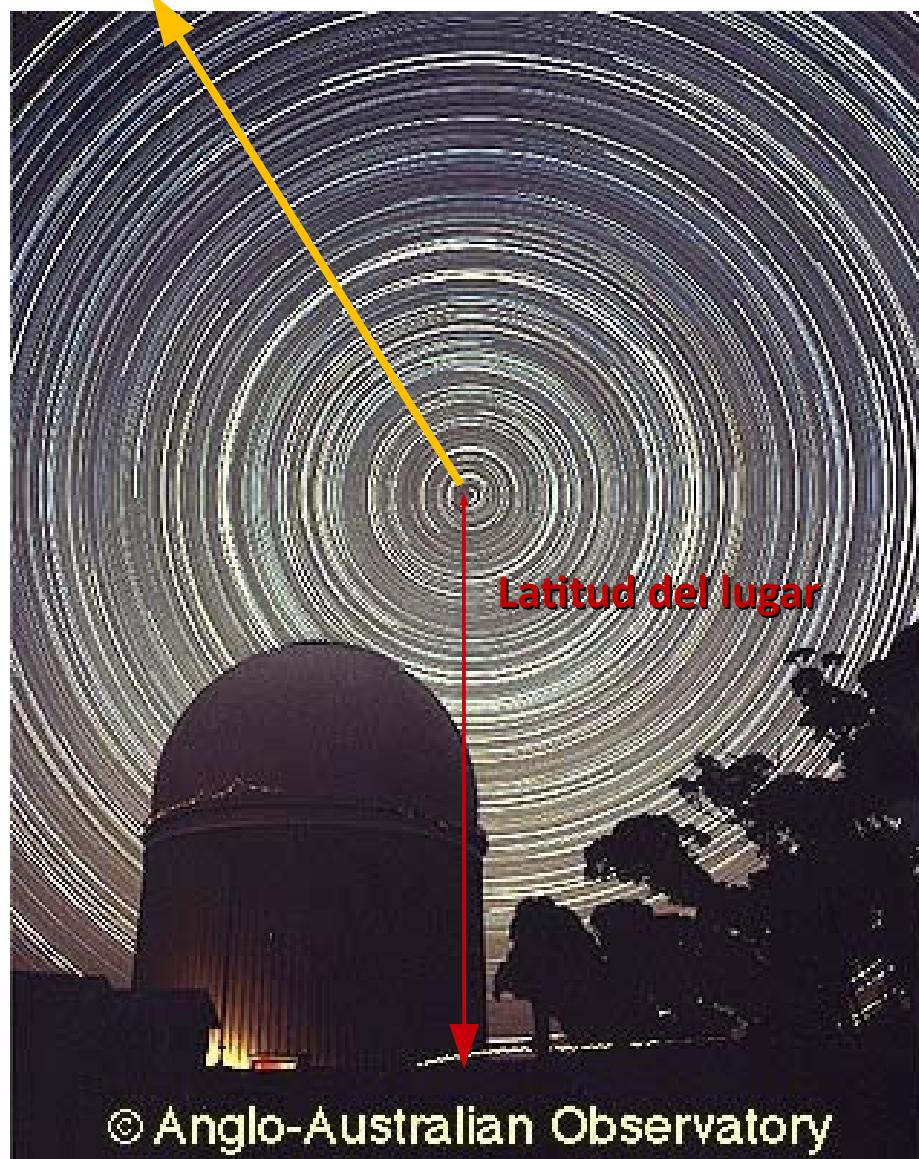
# Círculos principales y clima



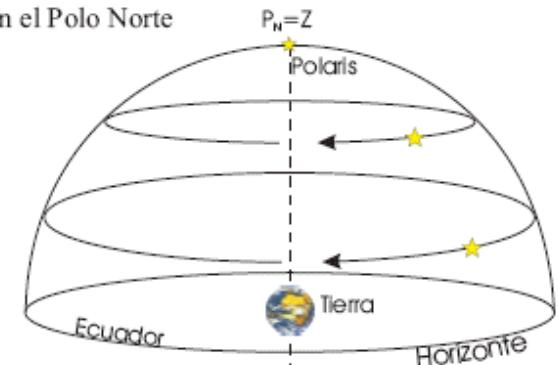
# Polos y ecuador celeste



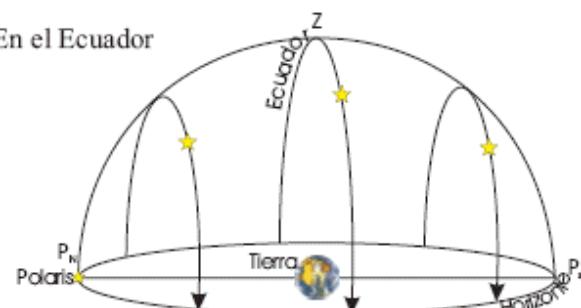
Polo Sur celeste



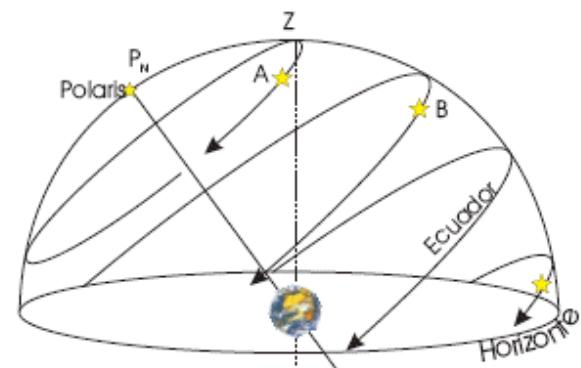
1) En el Polo Norte



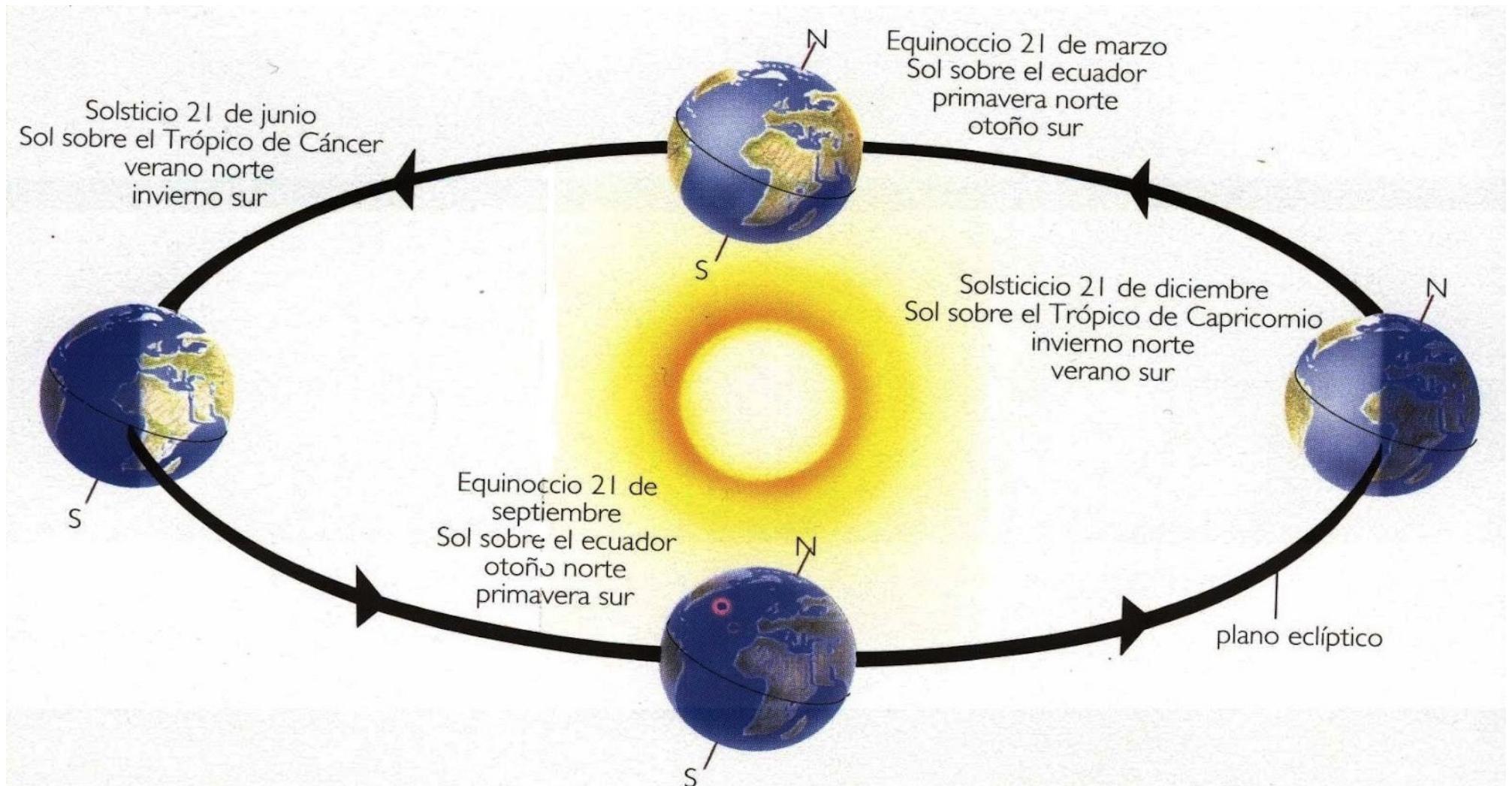
2) En el Ecuador



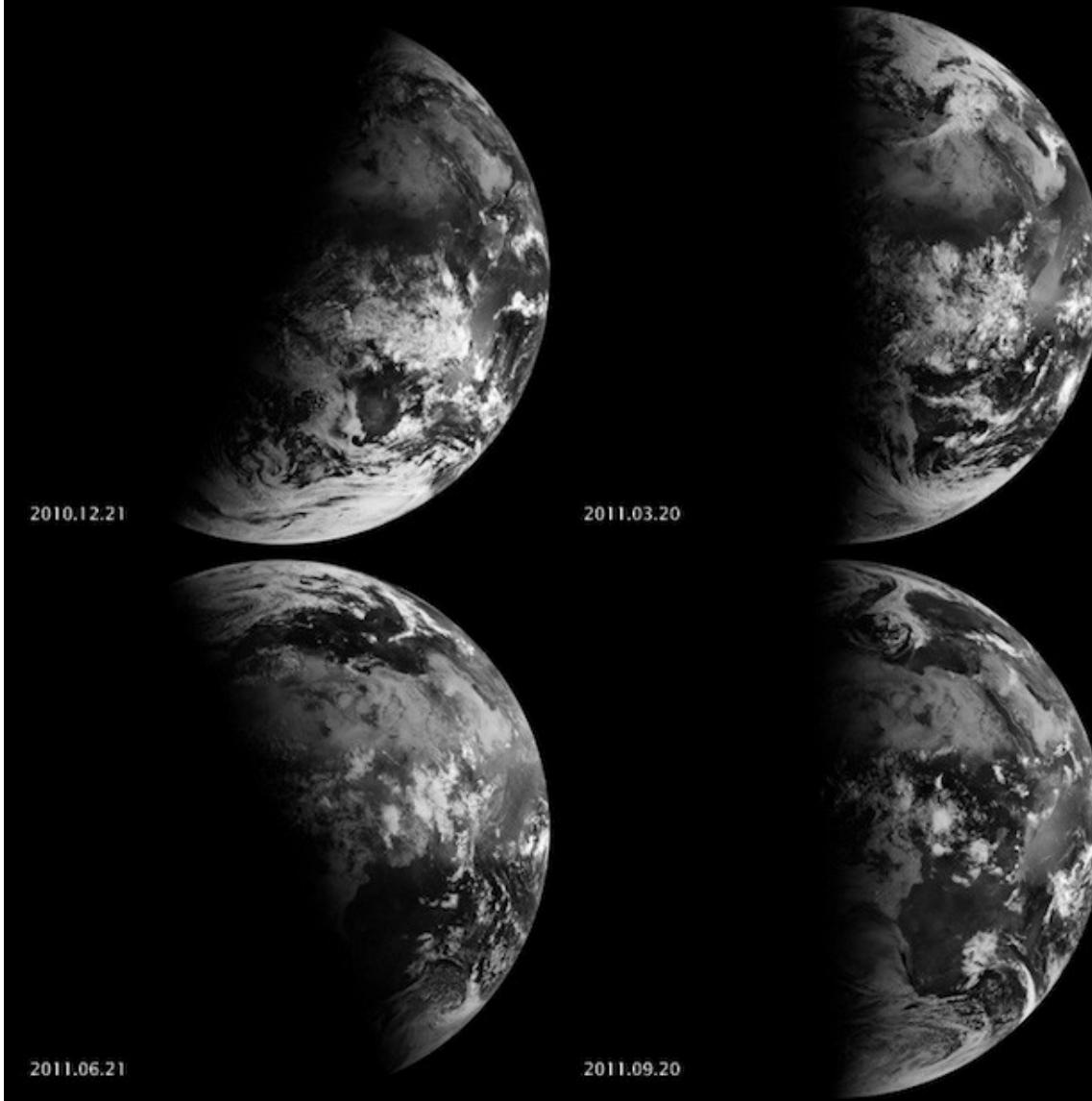
3) En una latitud septentrional intermedia



# Las cuatro estaciones

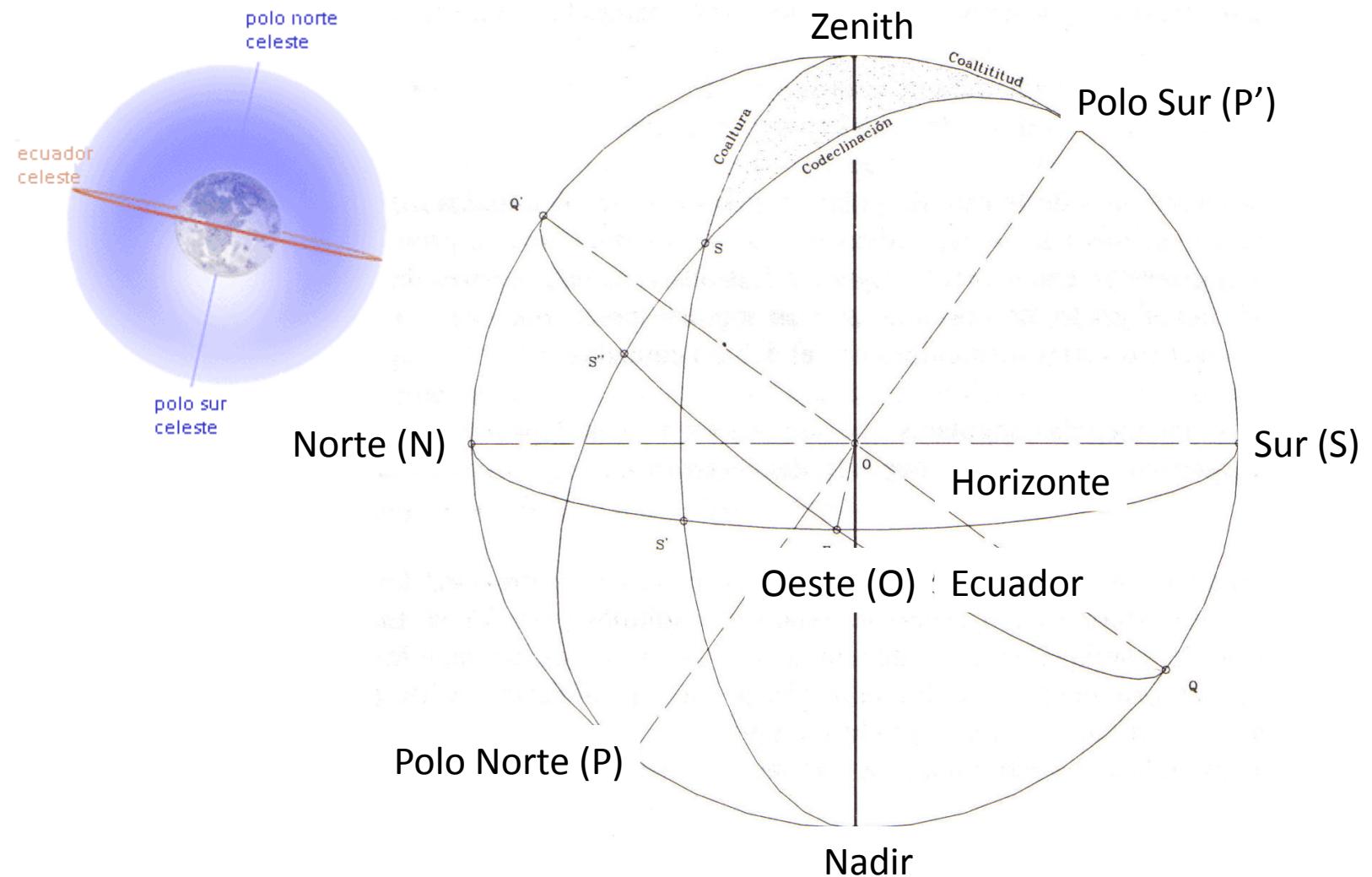


# La Tierra se mueve alrededor del Sol

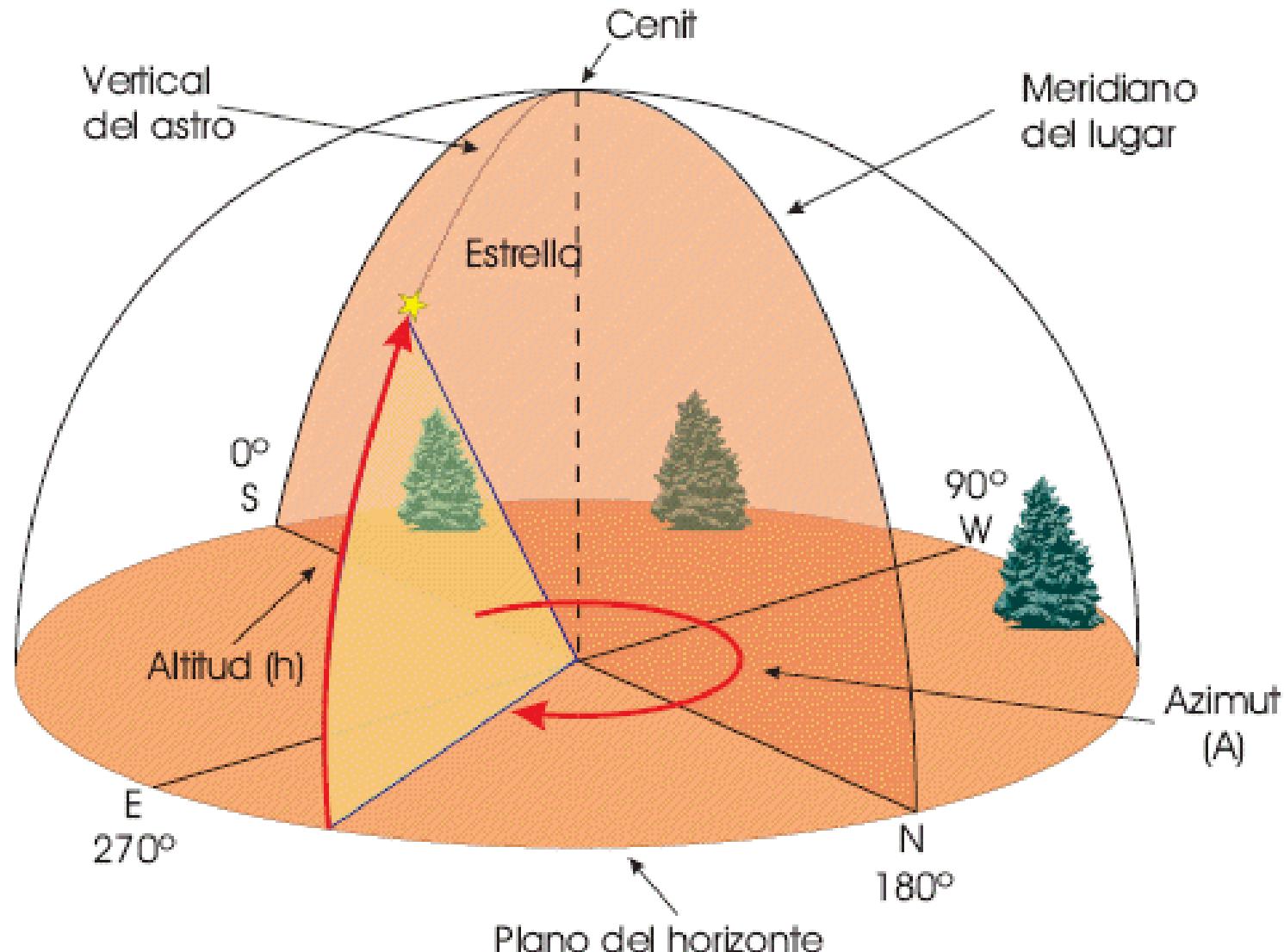




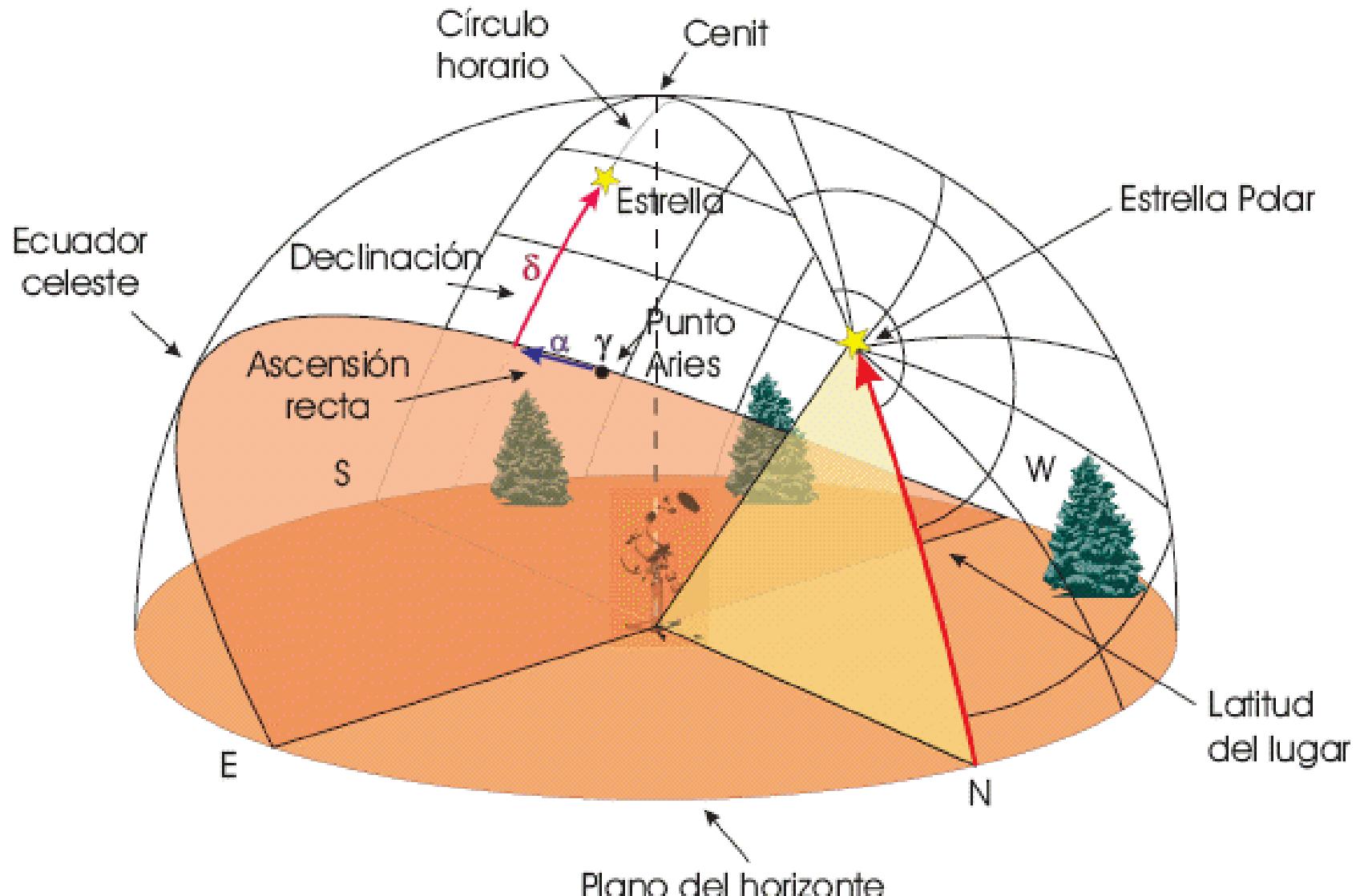
# La esfera celeste



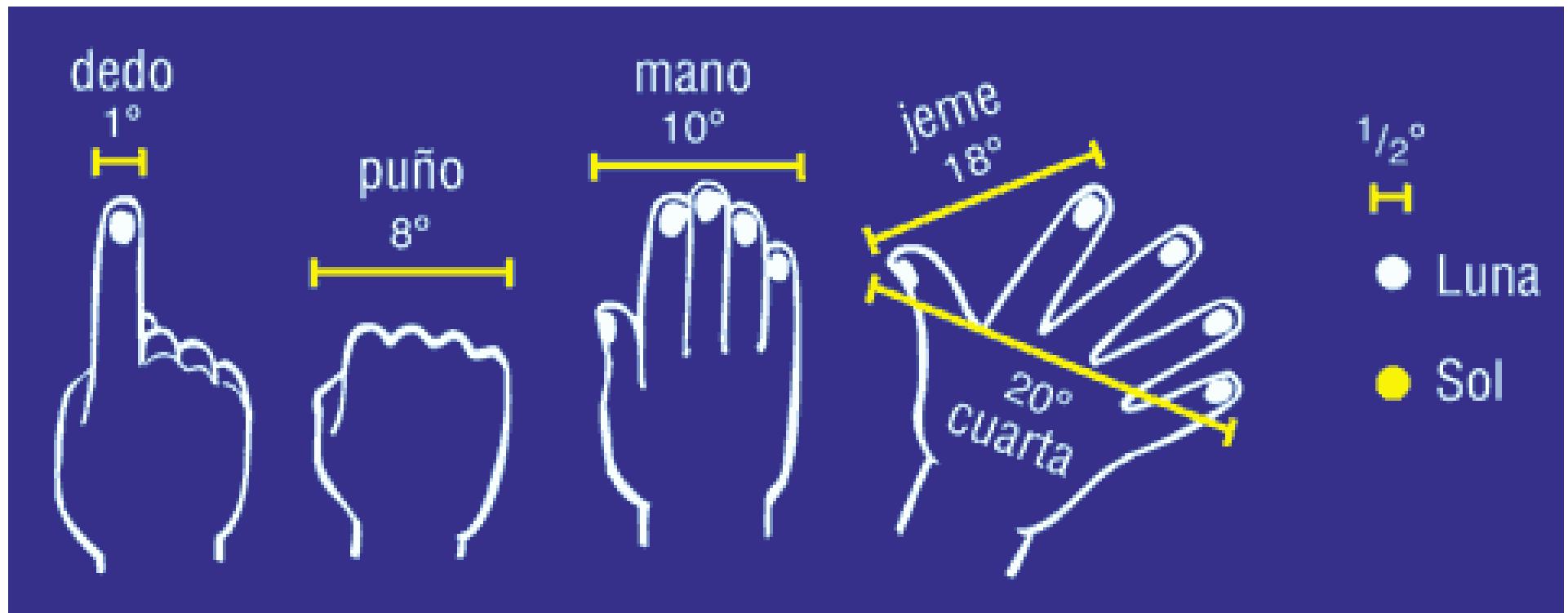
# Coordenadas horizontales



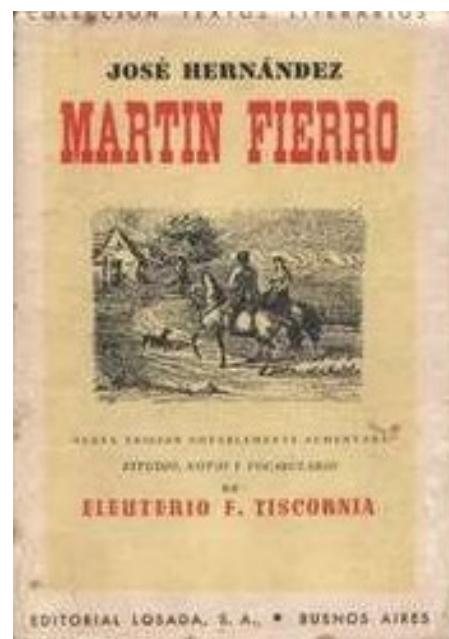
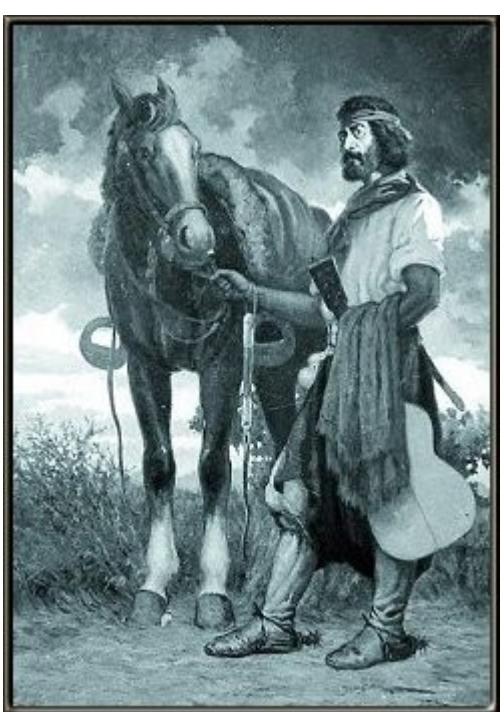
# Coordenadas Ecuatoriales



# Algunos instrumentos de medición



# El tiempo...



El Moreno: Si responde a esta pregunta  
téngase por vencedor  
doy la derecha al mejor,  
y respóndame al momento:  
¿cuándo formó Dios el tiempo  
y por qué lo dividió?

Martín Fierro: Moreno, voy a decir,  
sigún mi saber alcanza:  
**el tiempo sólo es tardanza  
de lo que está por venir;**  
no tuvo nunca principio  
ni jamás acabará,  
porque el tiempo es una rueda,  
y rueda es eternidá.  
Y si el hombre lo divide,  
sólo lo hace, en mi sentir,  
por saber lo que ha vivido  
o le resta que vivir.

# Y el tiempo...



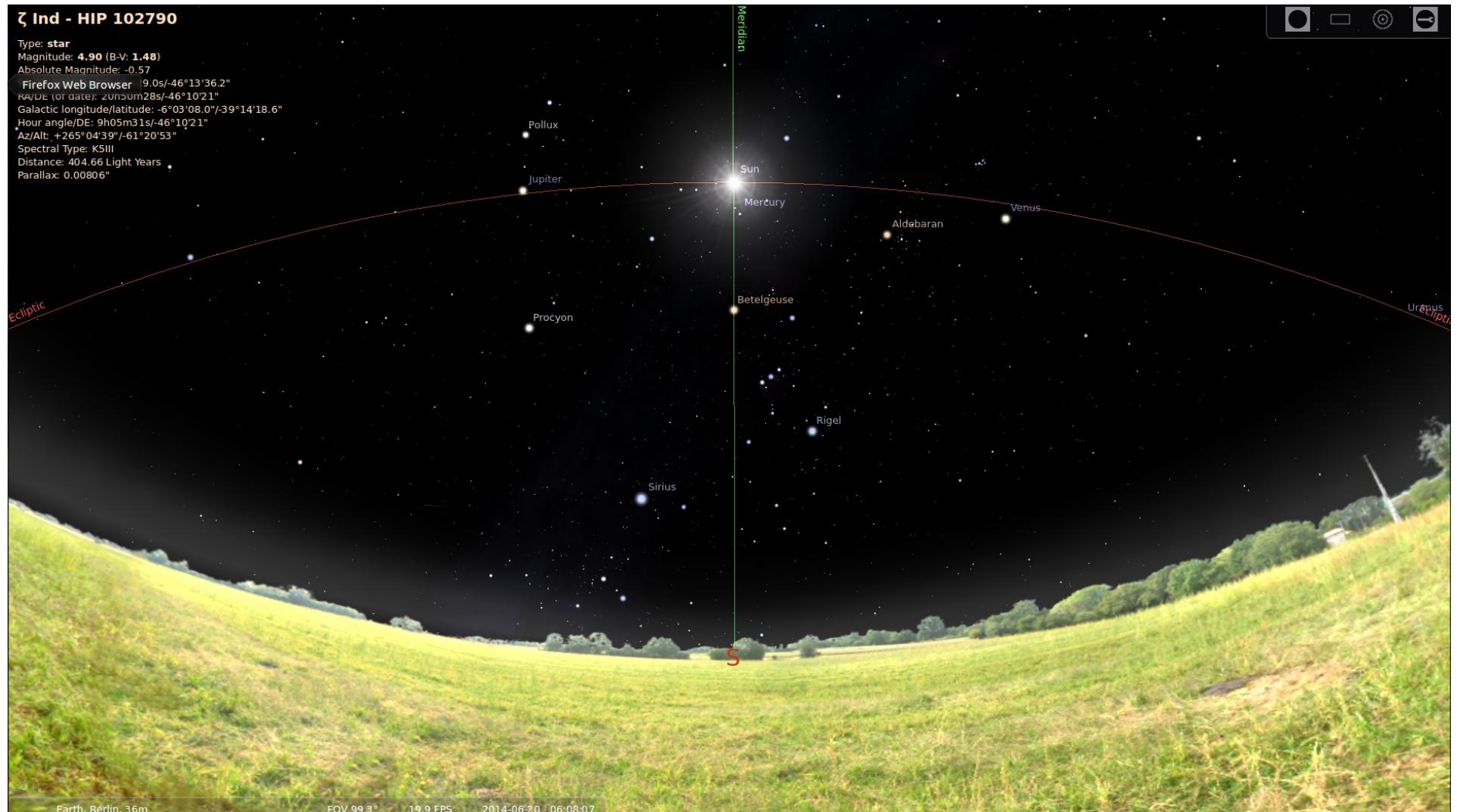
- Hasta 1950 el tiempo se definía en función de la rotación terrestre.
- La unidad básica, el segundo, correspondía a una fracción  $1/86400$  del día solar medio.
- Básicamente, asociamos el tiempo a la duración de ciertos eventos → escalas de tiempo.



# 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.

# En el cielo

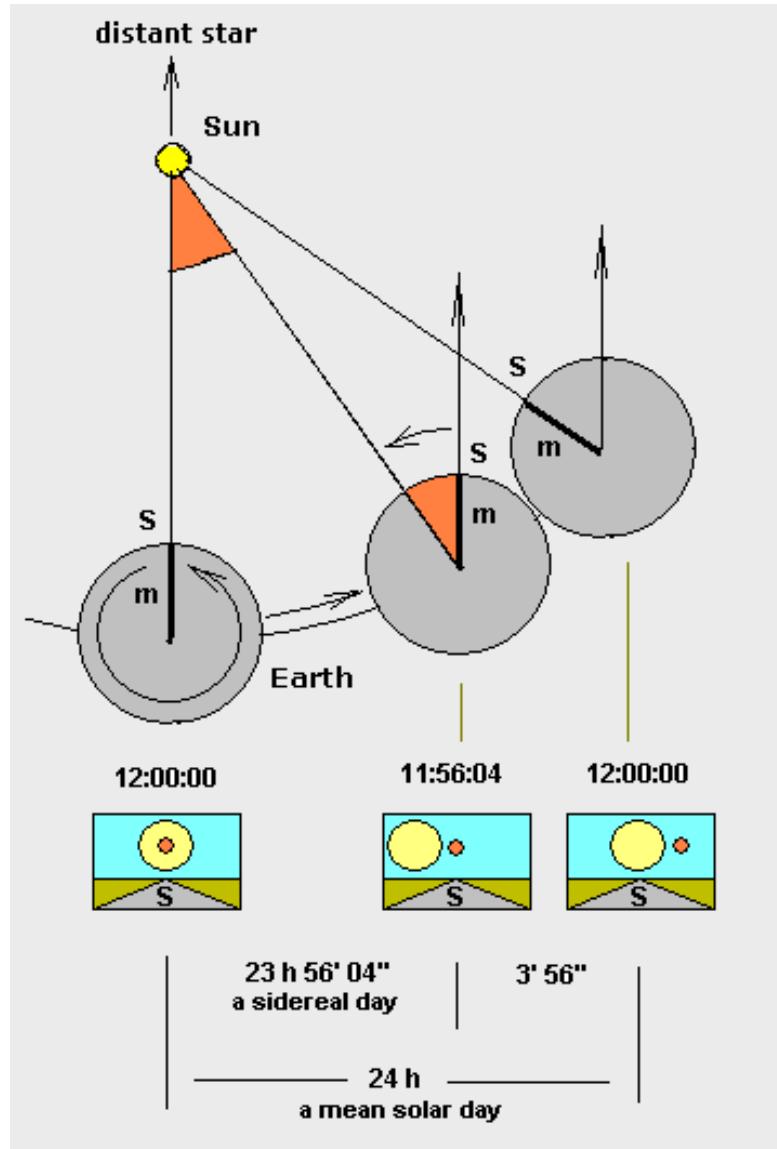




# Algunas definiciones

- 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

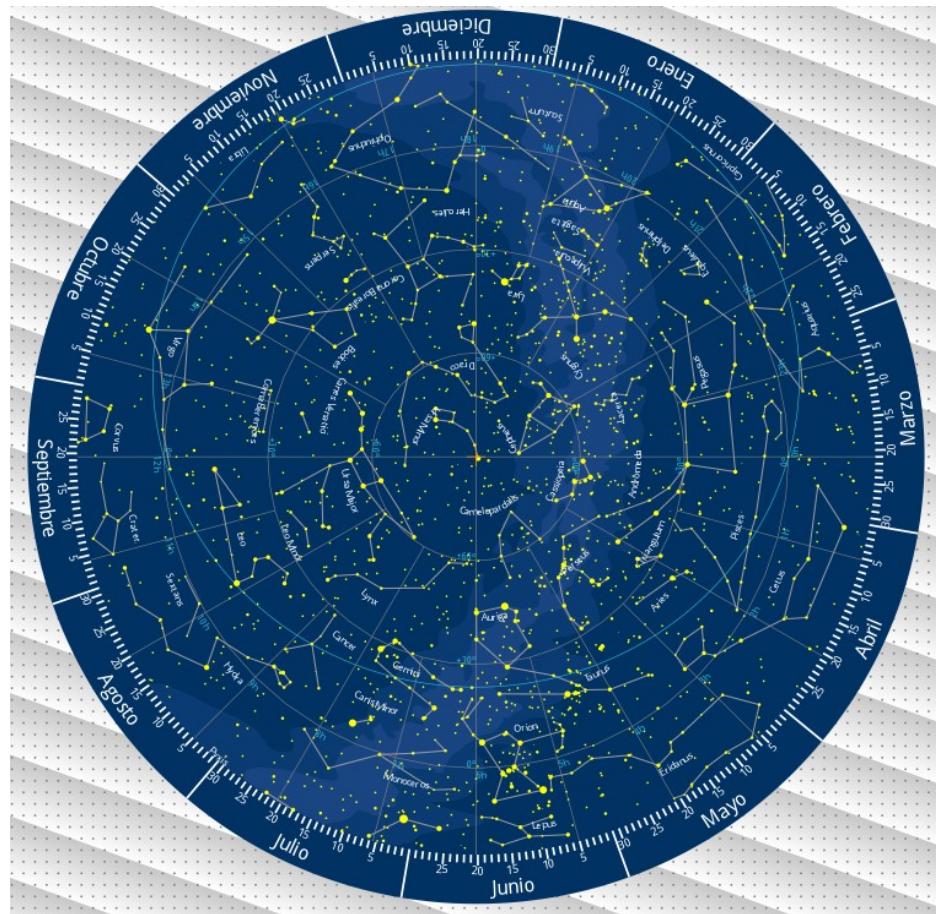


# Quiero una de estas

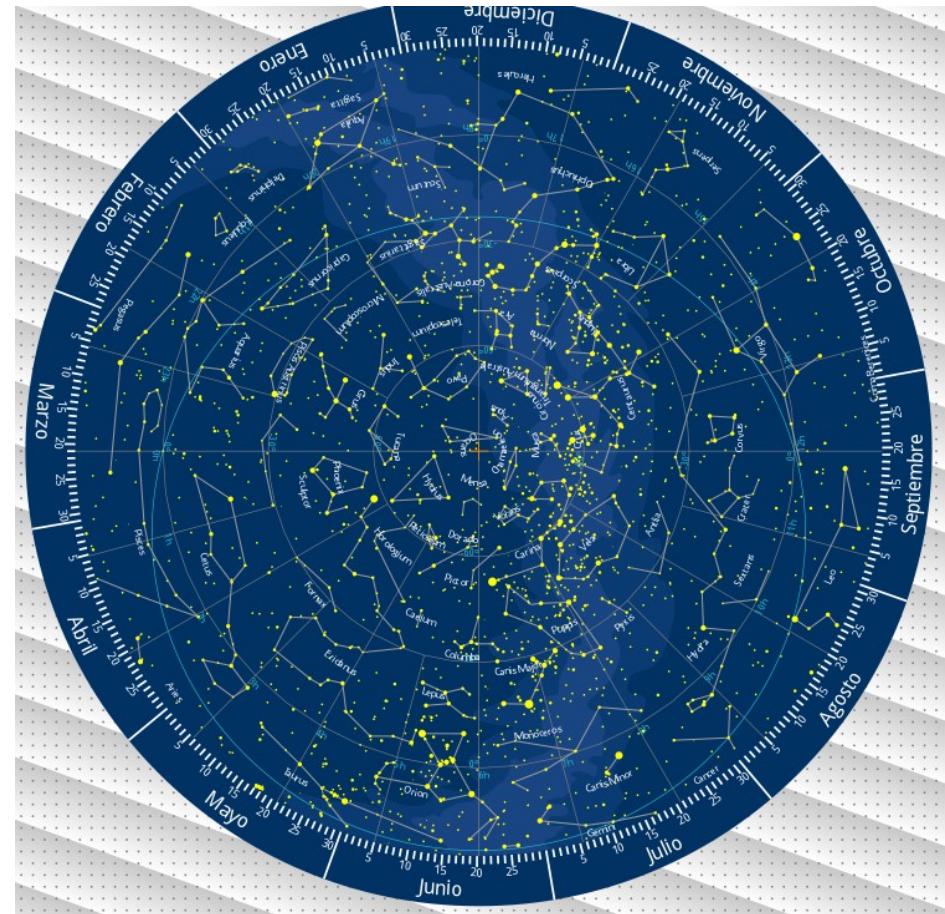




# Tenemos estas



Hemisferio Norte Celeste



Hemisferio Sur Celeste

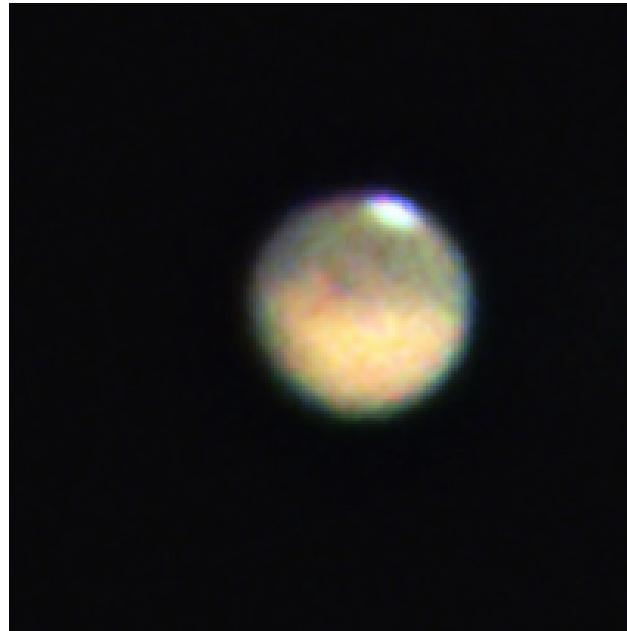
- Dos problemas:
  - ¿Los planetas?
    - Planeta = errante, ya que los planetas presentan movimientos propios respecto a la esfera celeste
    - Los planetas están cerca de la eclíptica y “no titilan”



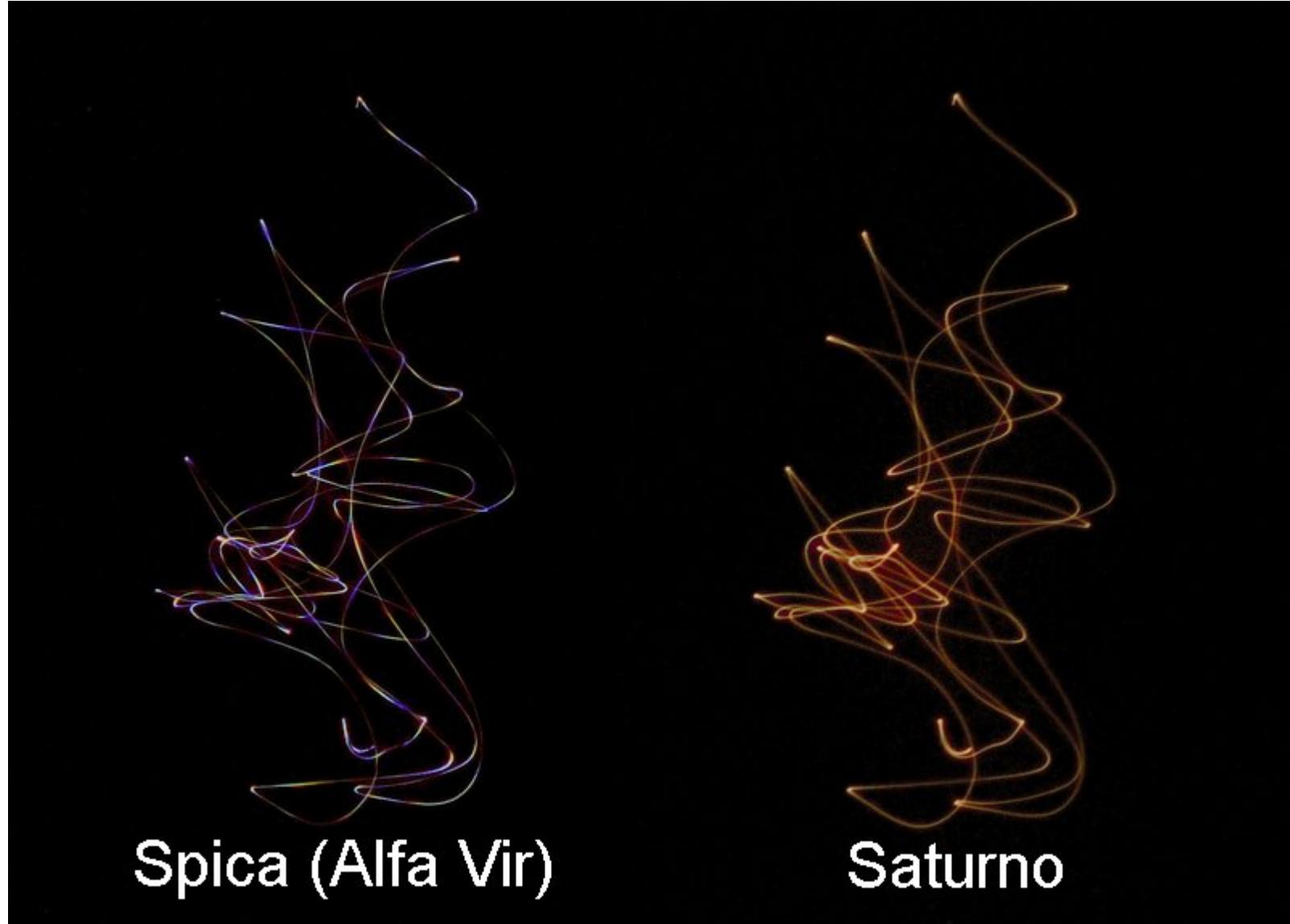
# Planetas

- Planetas

- Movimiento propio
- Cerca de la Eclíptica
- No “titilan”



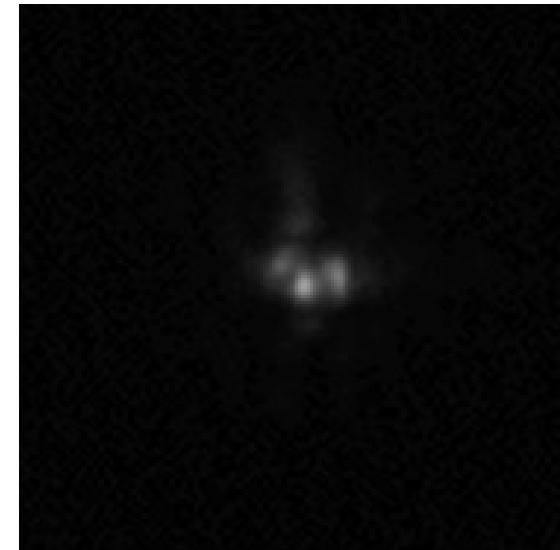
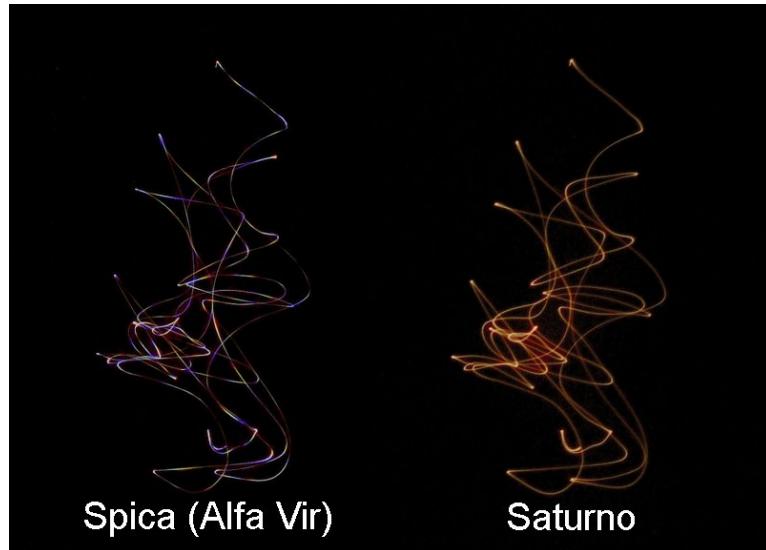
# Titilando



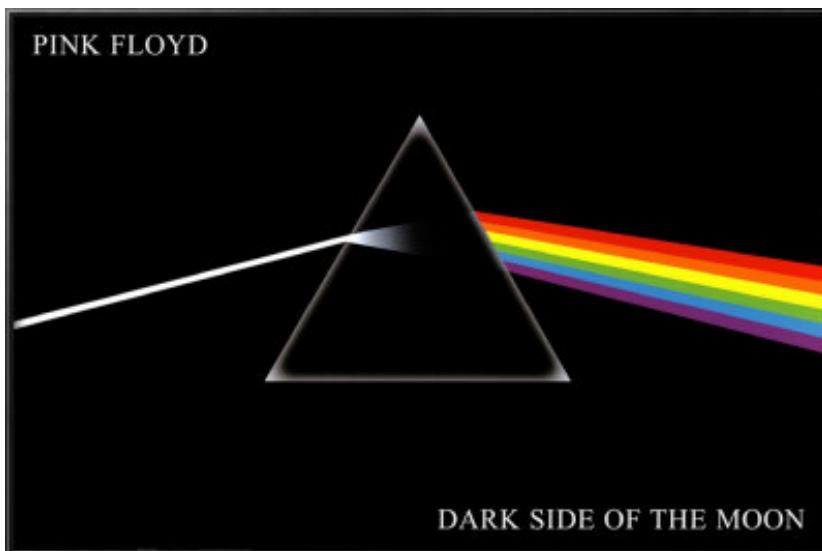
Spica (Alfa Vir)

Saturno

# Titilando

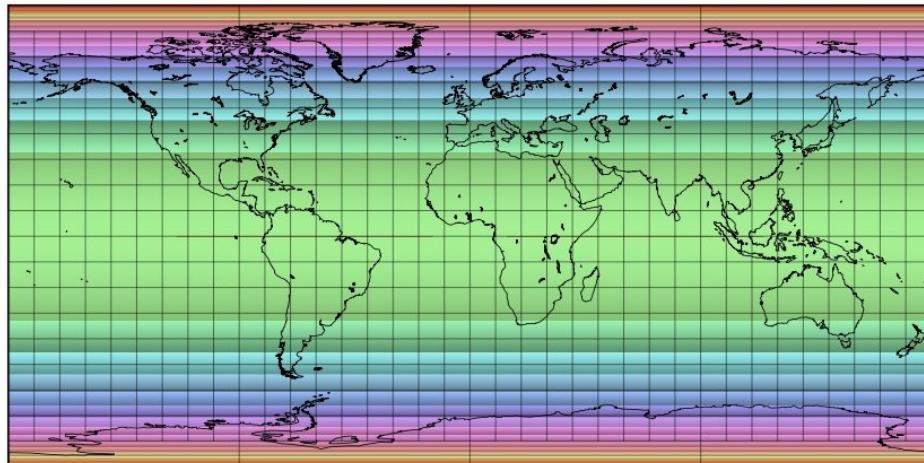


<http://www.atoptics.co.uk/>

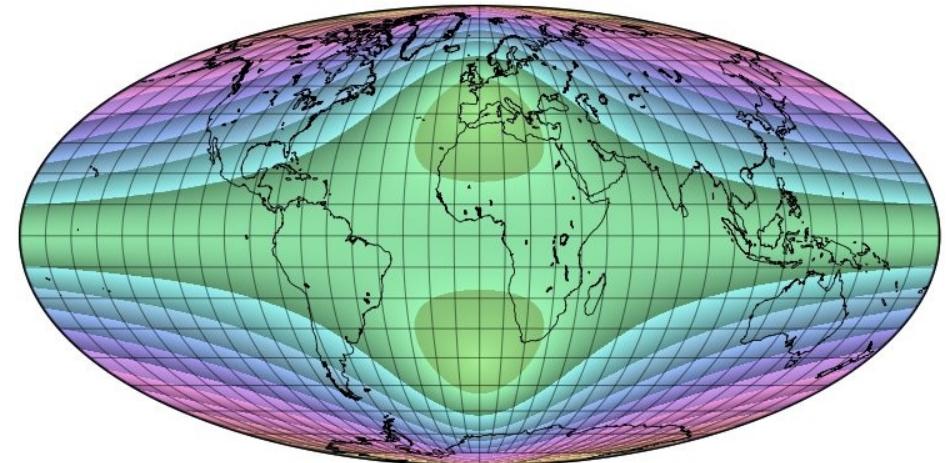


- Dos problemas:
  - ¿Los planetas?
    - Planeta = errante, ya que los planetas presentan movimientos propios respecto a la esfera celeste
    - Los planetas están cerca de la eclíptica y “no titilan”
  - Como dibujo una esfera (3D) sobre un papel (2D)
    - Proyecciones (típicas):
      - Cónica
      - Cilíndrica ↔ Mercator
      - Lambert
      - Hammer
    - Todas las proyecciones presentan algún grado de deformación

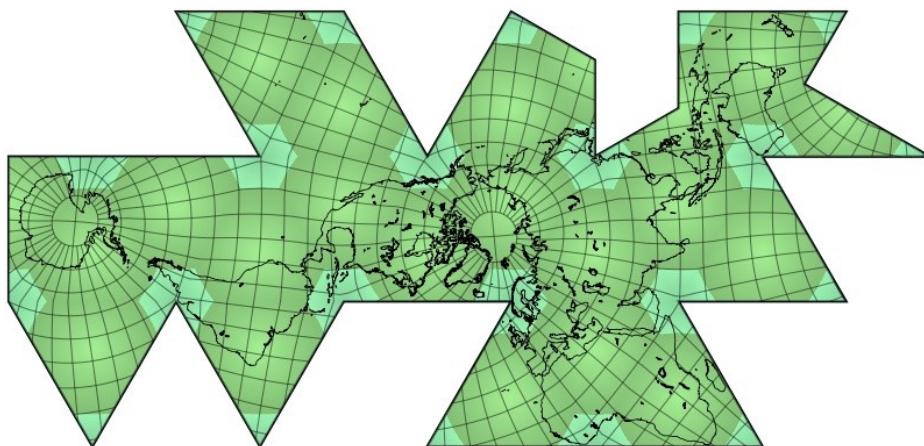
# Deformación en cuatro proyecciones



Proyección Cilíndrica Equidistante

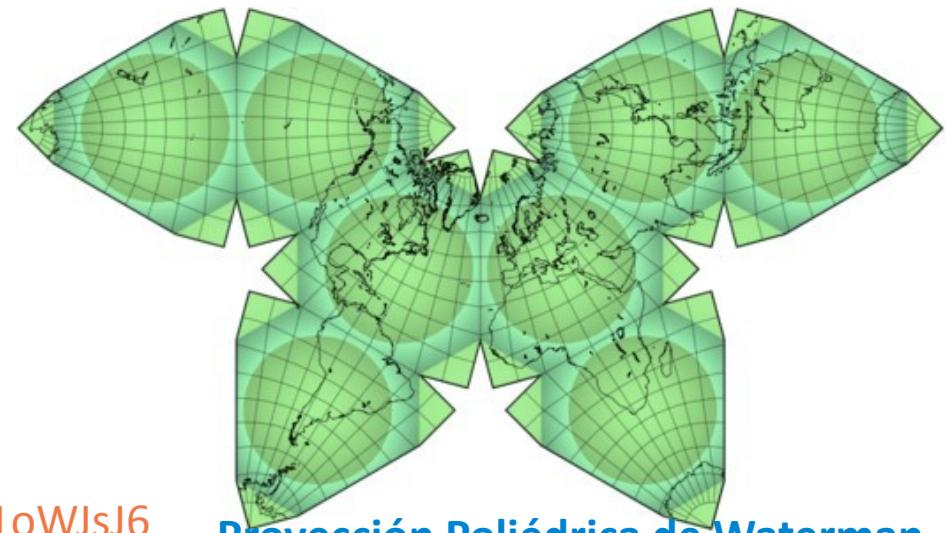


Proyección Mollweide



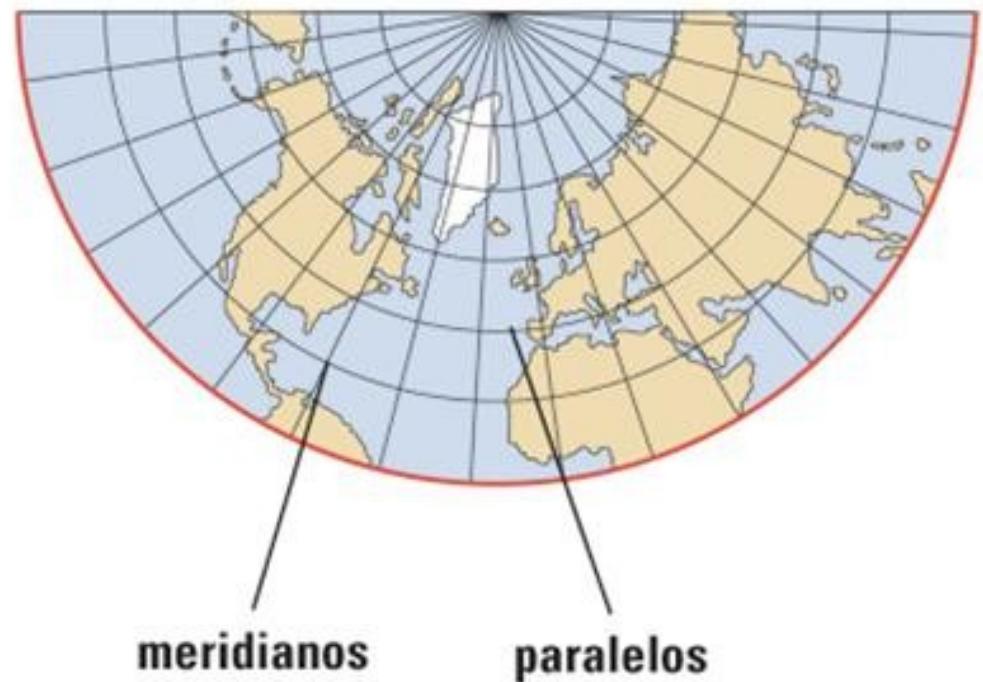
Proyección Dymaxion

<http://bit.ly/1oWJsJ6>

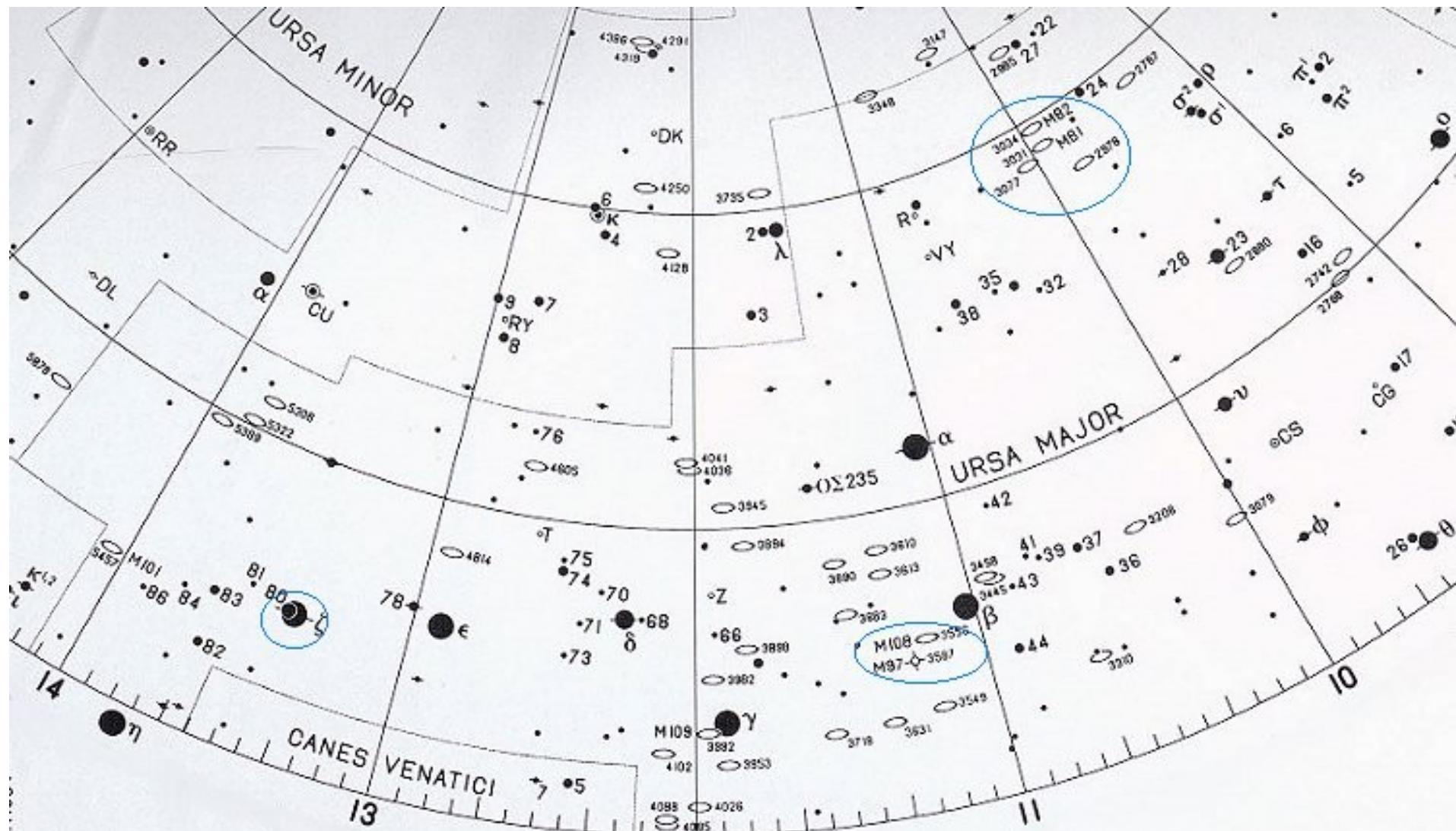


Proyección Poliédrica de Waterman

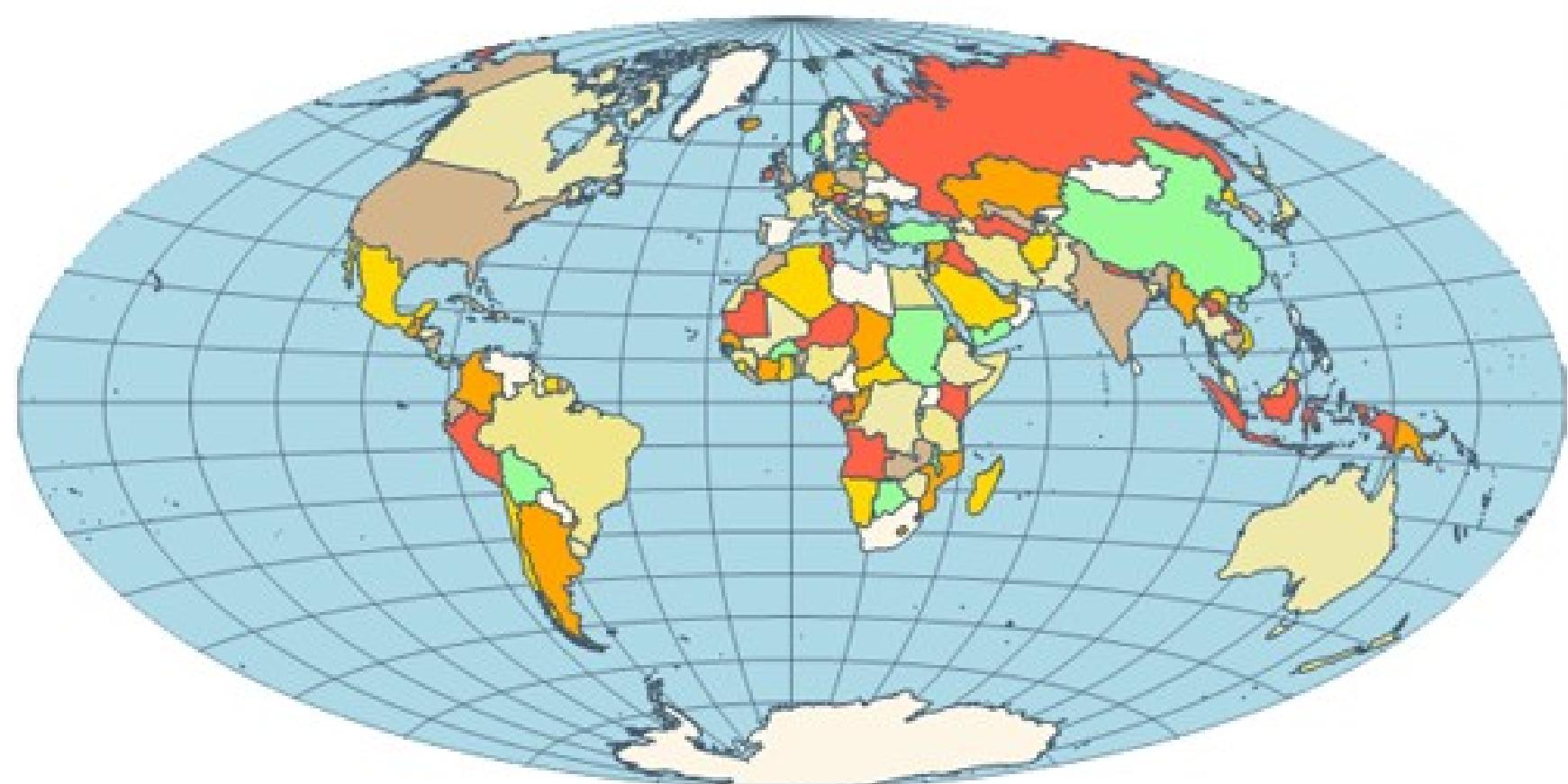
# Proyección Cónica



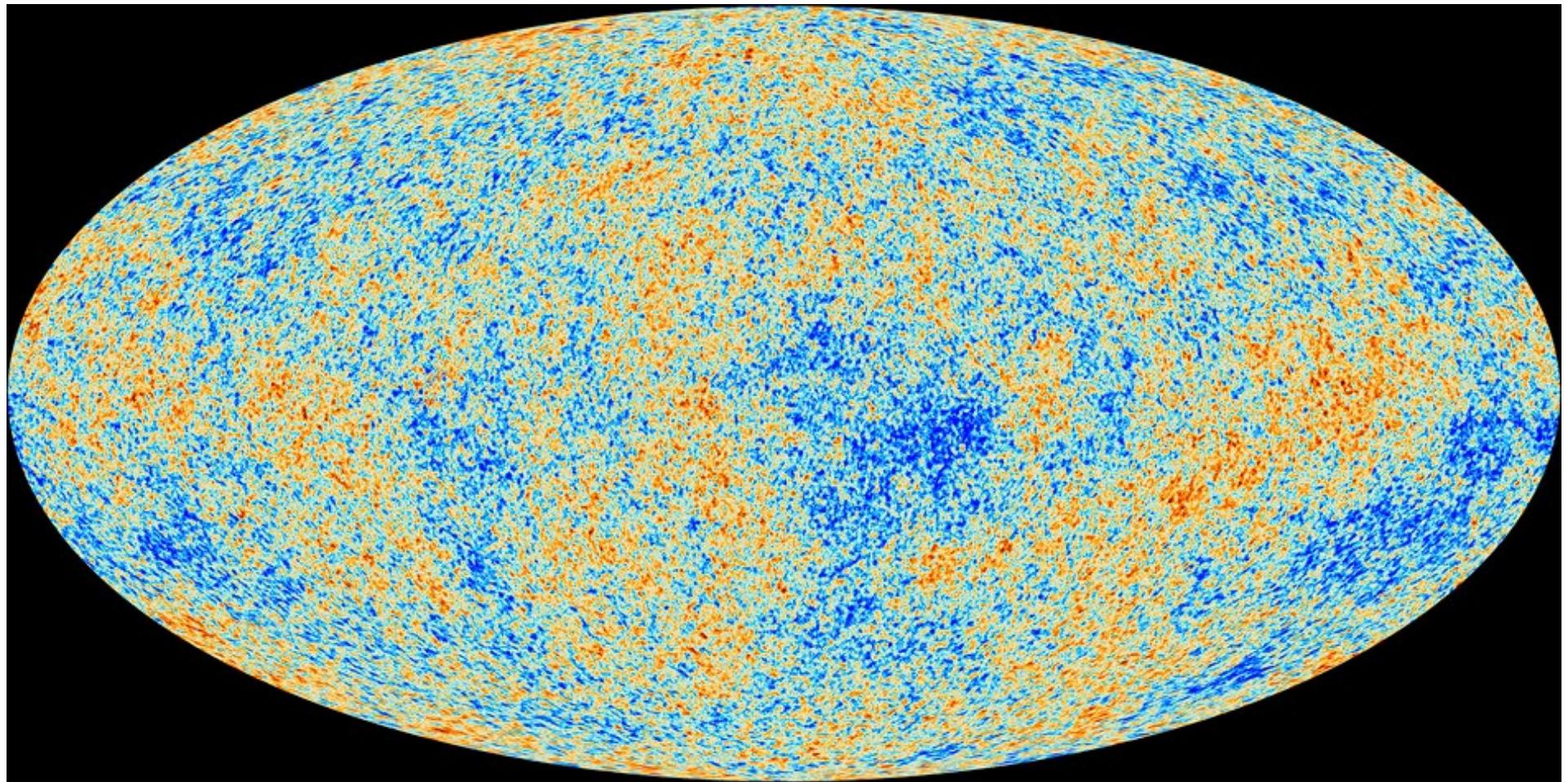
# Proyección Cónica



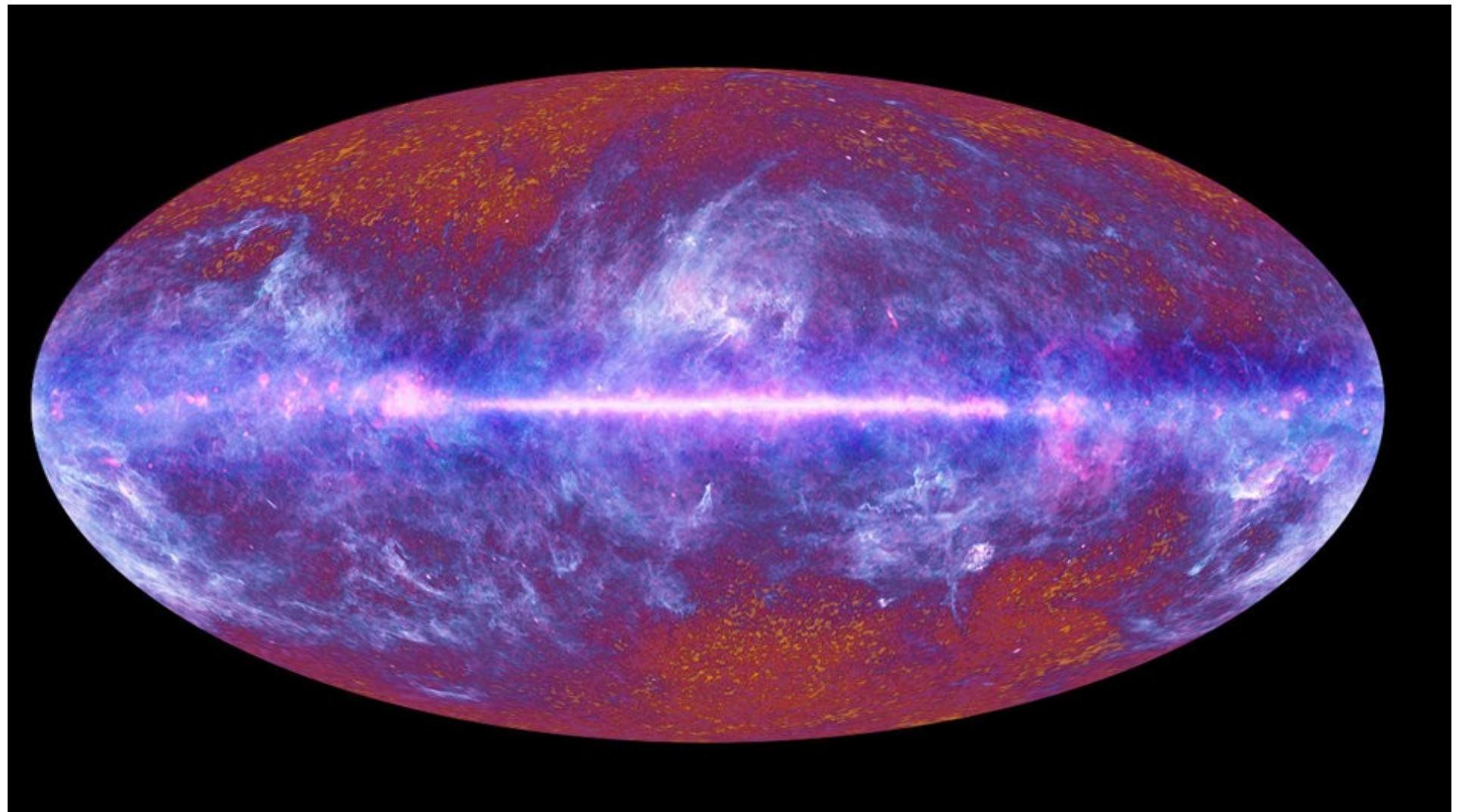
# Proyección de Hammer



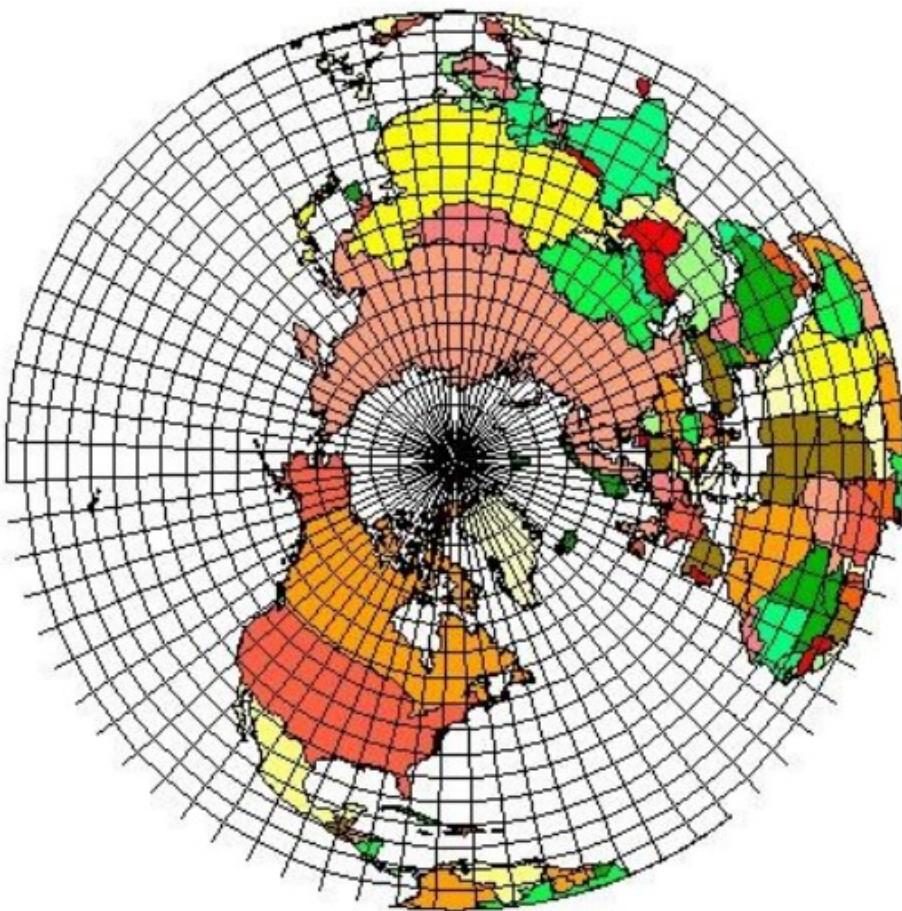
# Diferencias de temperaturas en el cielo



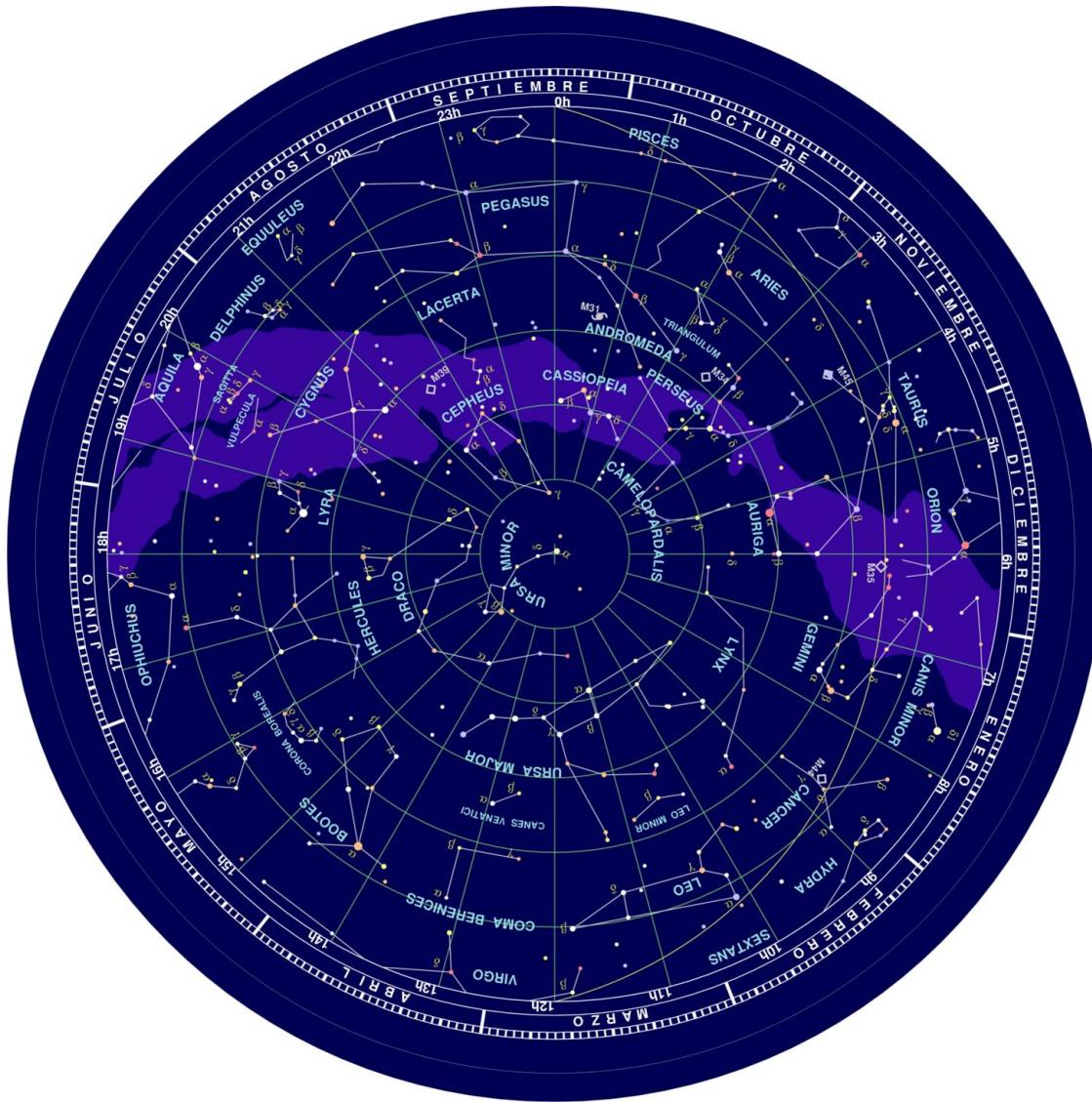
# El Cielo en microondas



# Proyección de Lambert

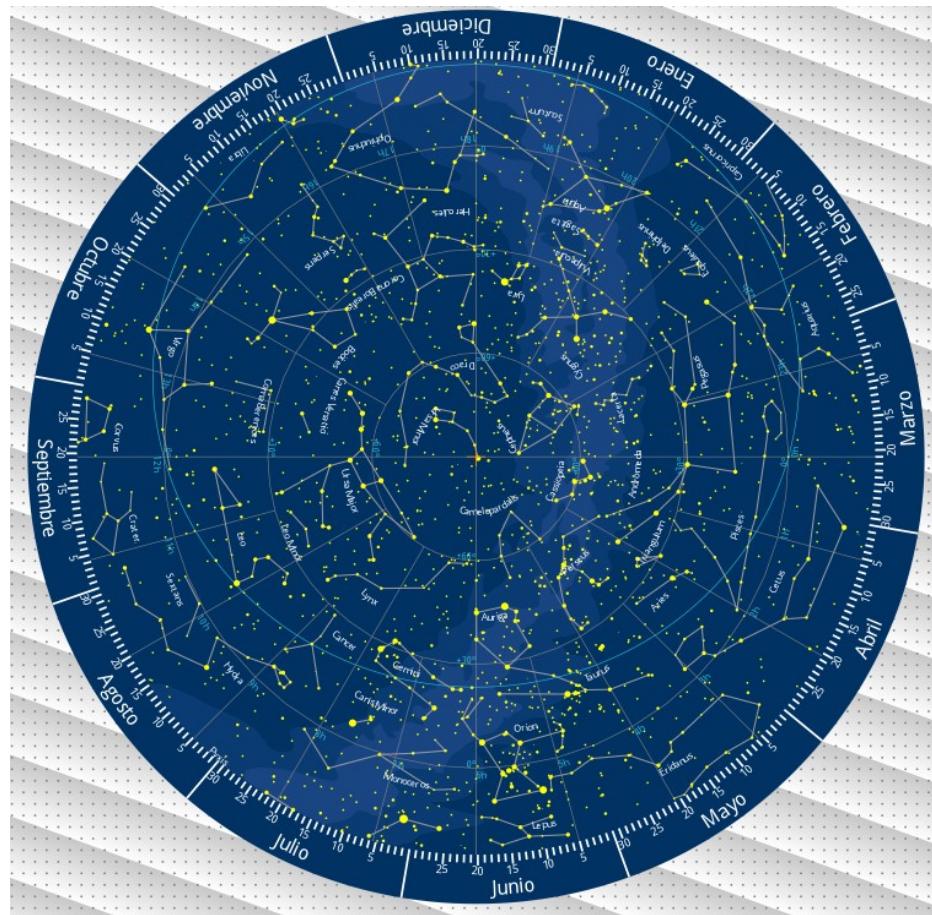


- El borde de la proyección es uno de los círculos máximos de la esfera
- El centro de la proyección es un polo respecto al que se realiza la proyección



- Meridianos celestes
    - Radios saliendo del polo
  - Paralelos
    - Círculos concéntricos al polo

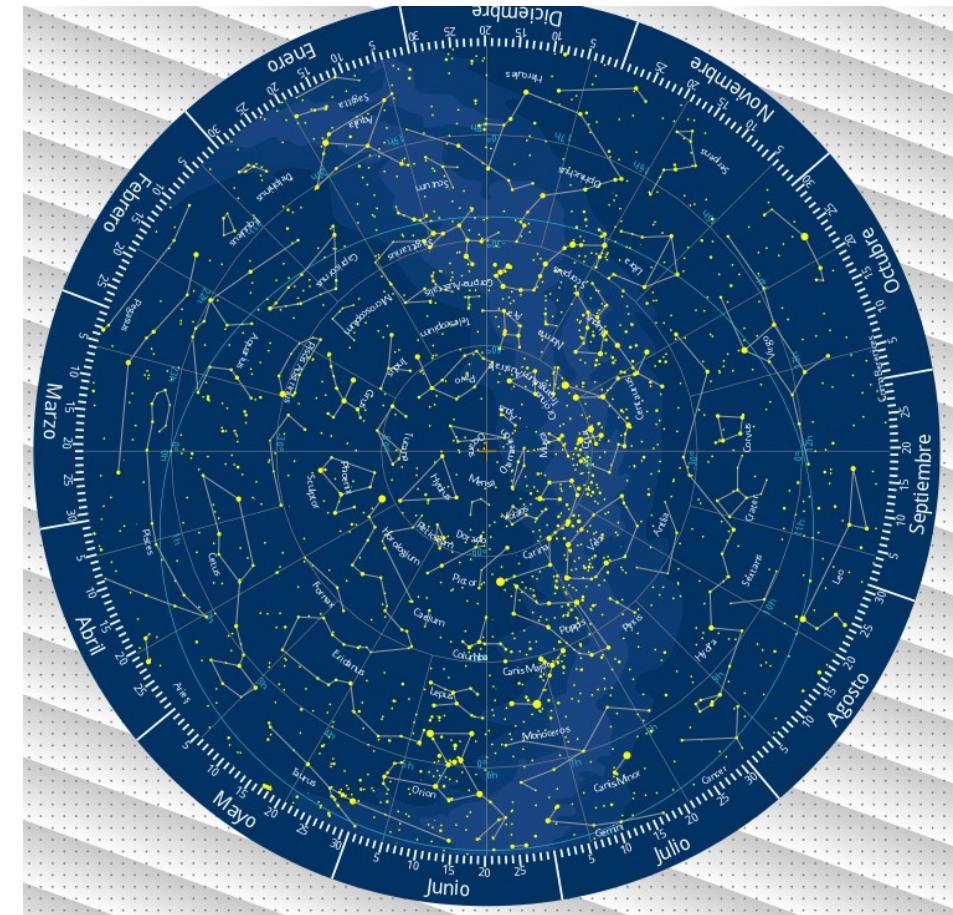
# Carta celeste



Hemisferio Norte Celeste

Sep 26, 2017

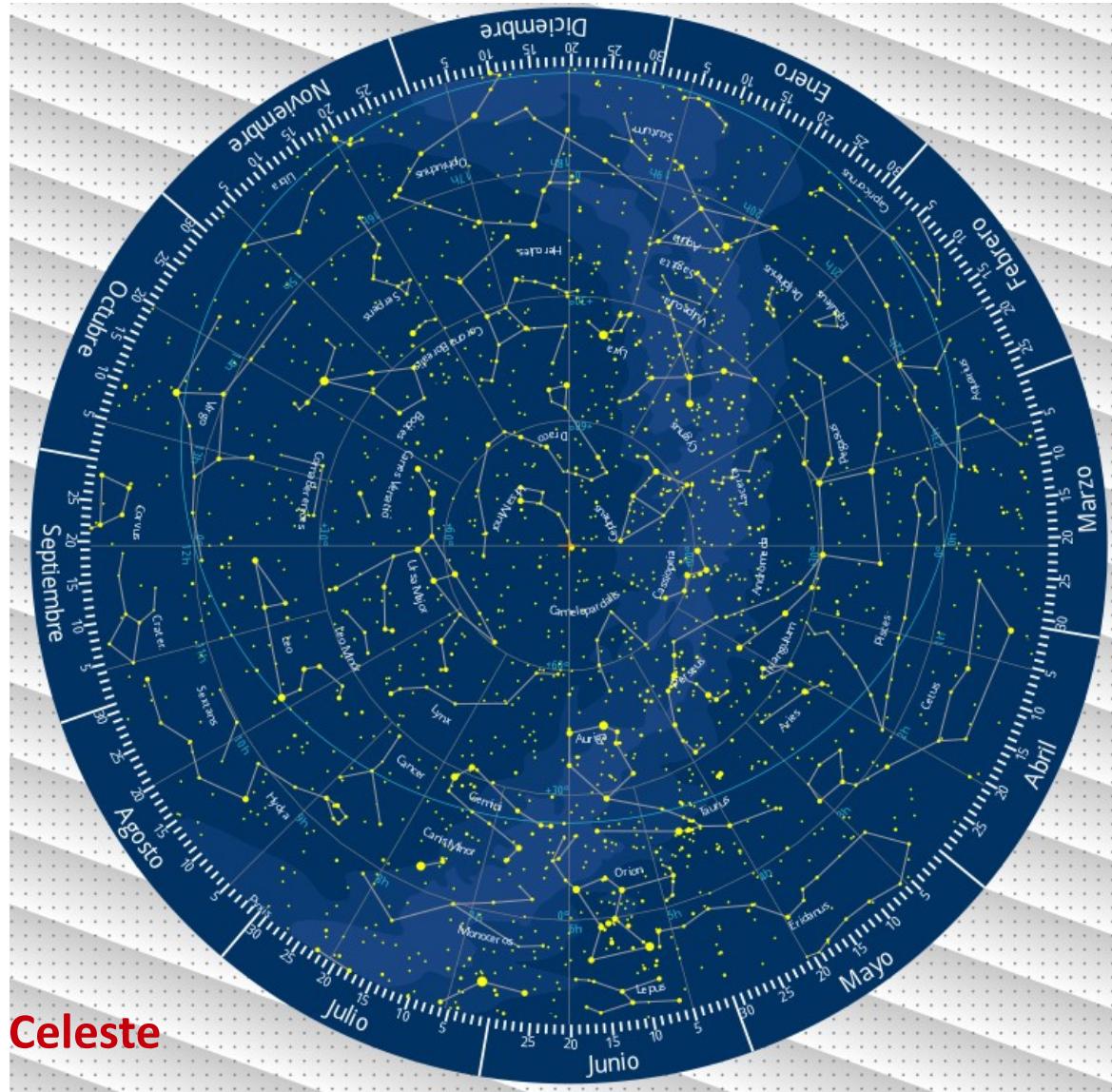
H. Asorey - IPAC 2017 - 07



Hemisferio Sur Celeste

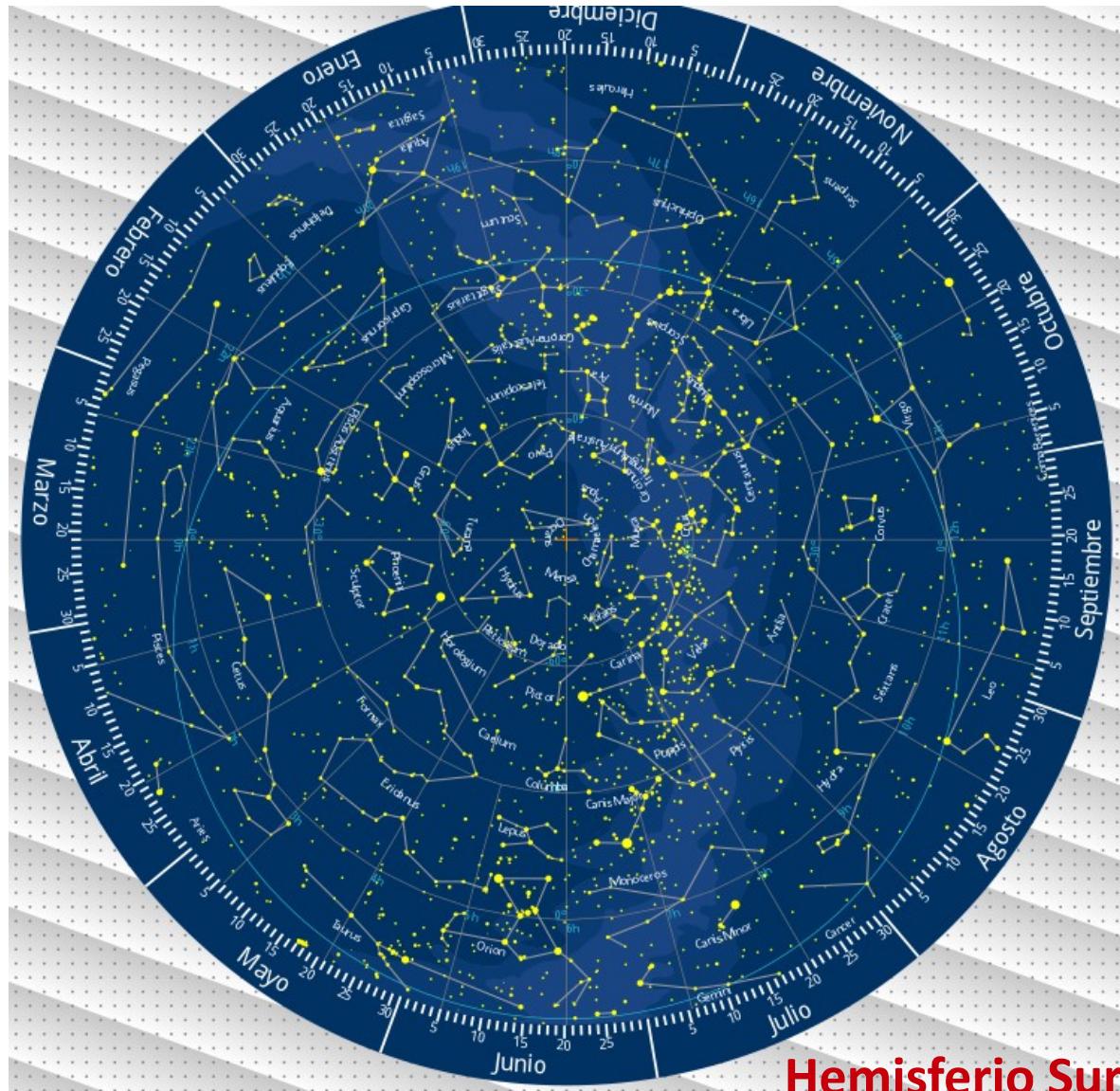
34/70

# Hemisferio Norte (Lat = $+5^{\circ}$ ~ Bogotá)



**Hemisferio Norte Celeste**

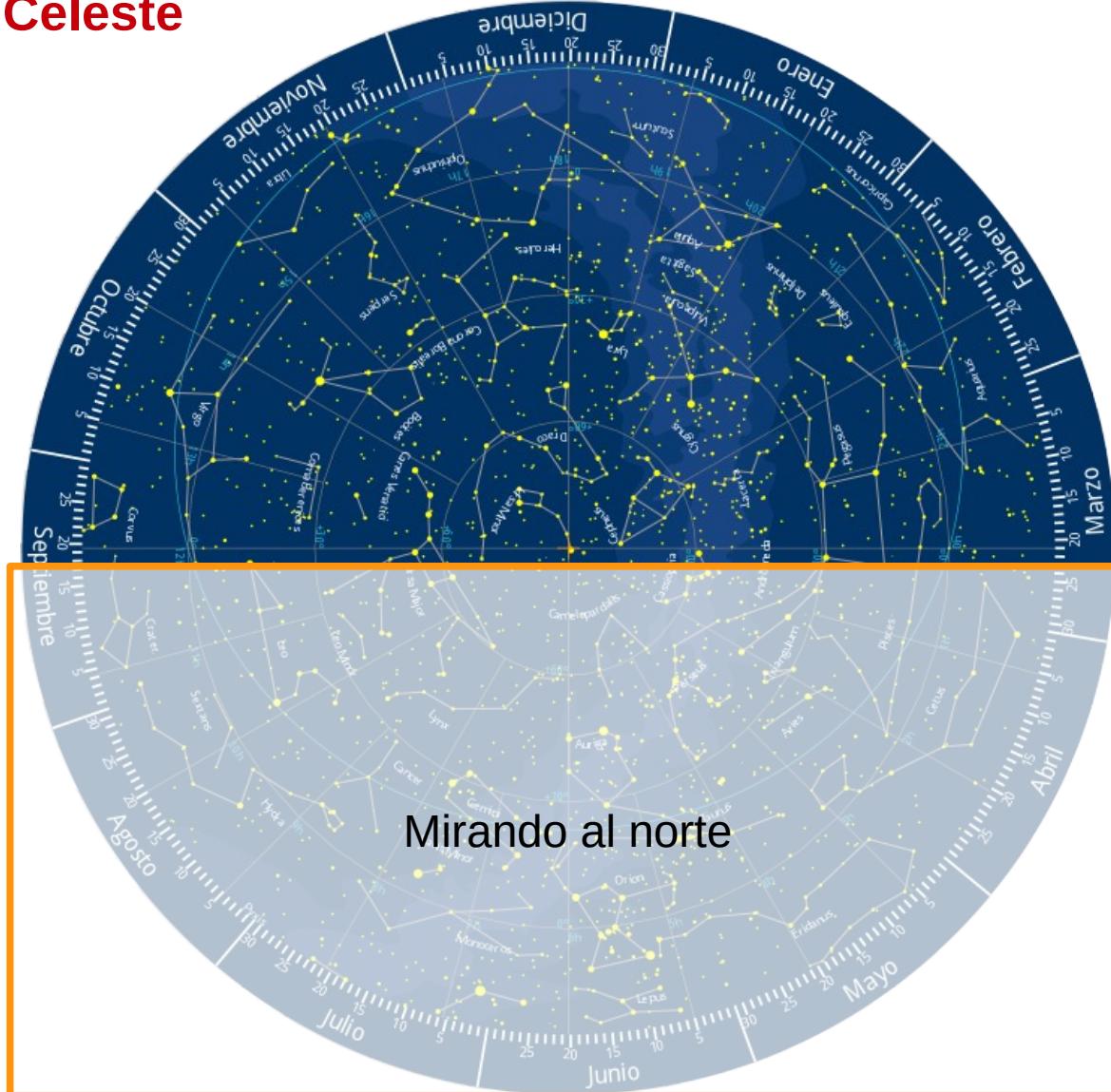
# Hemisferio Sur (Lat = $+5^{\circ}$ ~ Bogotá)



# Carta celeste



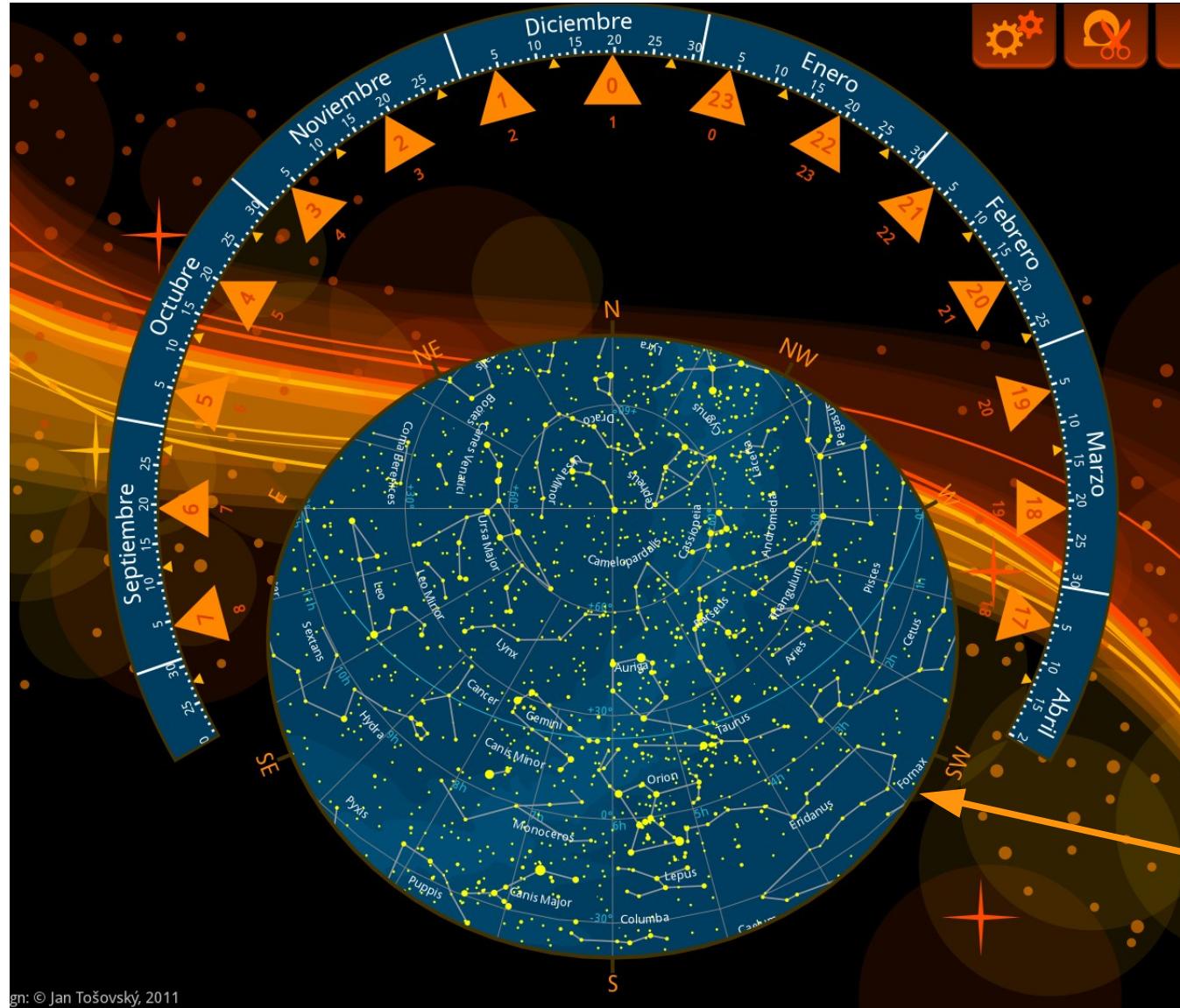
## Hemisferio Norte Celeste



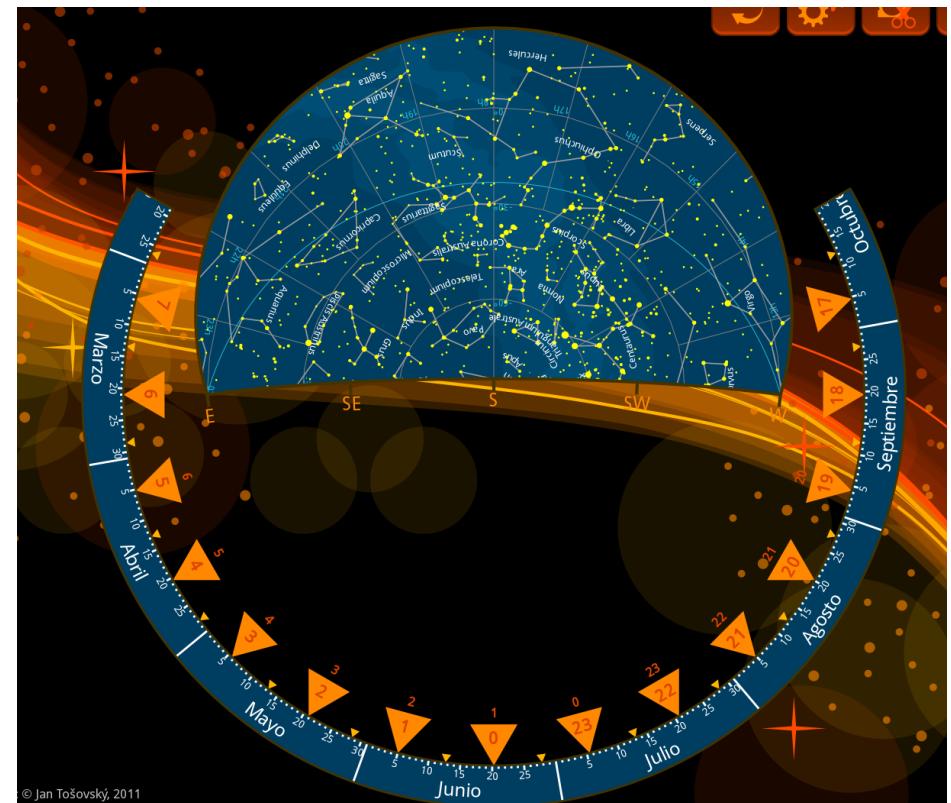
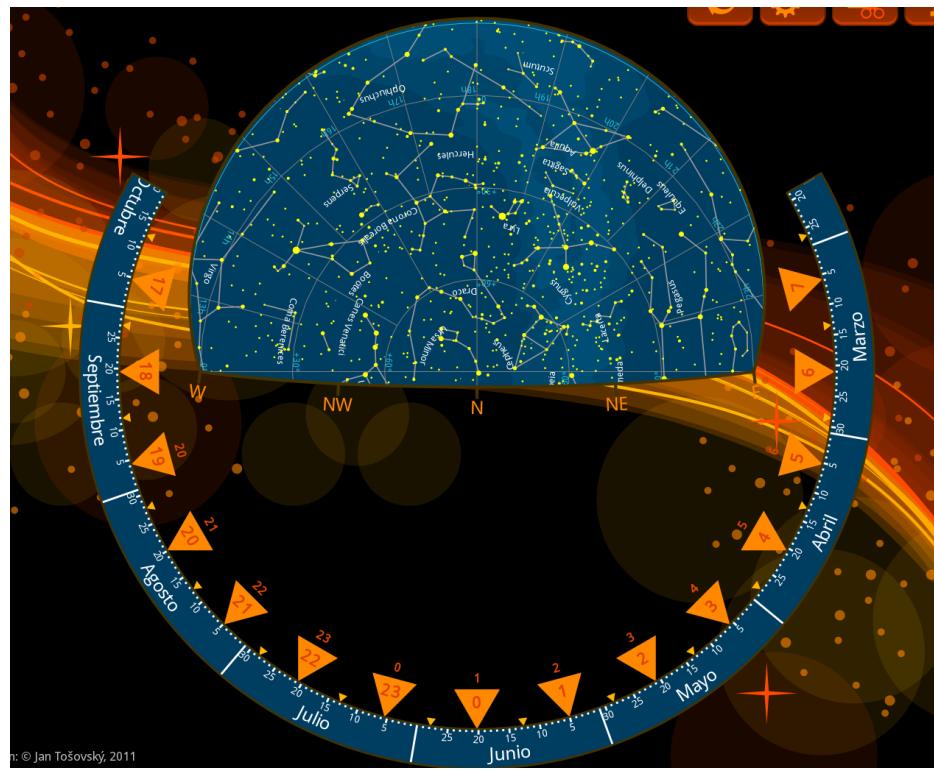
Horizonte

Mirando al norte

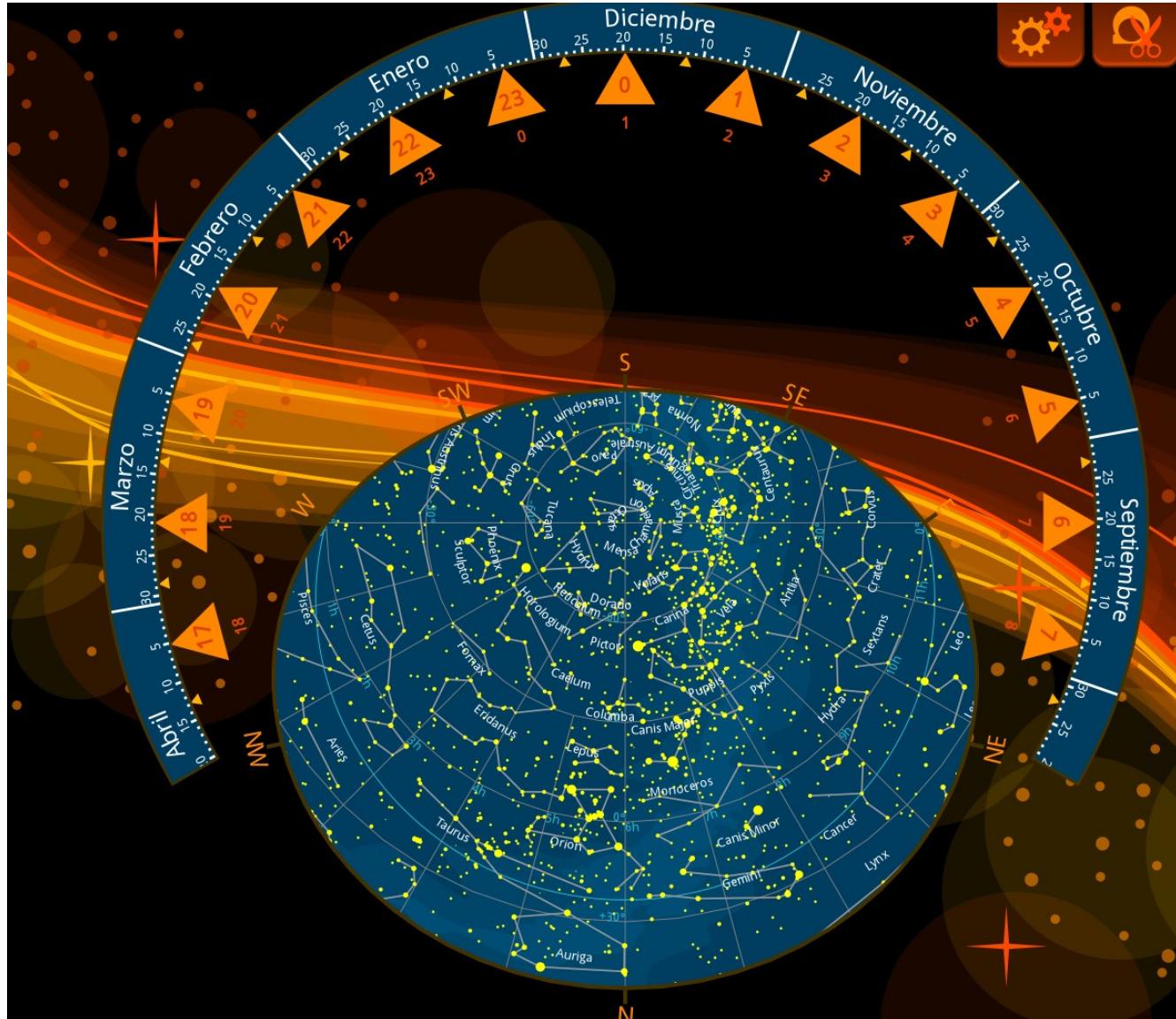
# En otras latitudes: +50



# En otras latitudes: +5



# 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



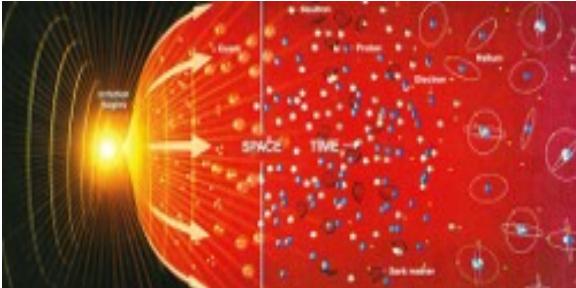
Miremos al cielo...





# Miremos al cielo... en el Norte!





# Miremos al cielo... en el Ecuador!





# Miremos al cielo... en el Sur!

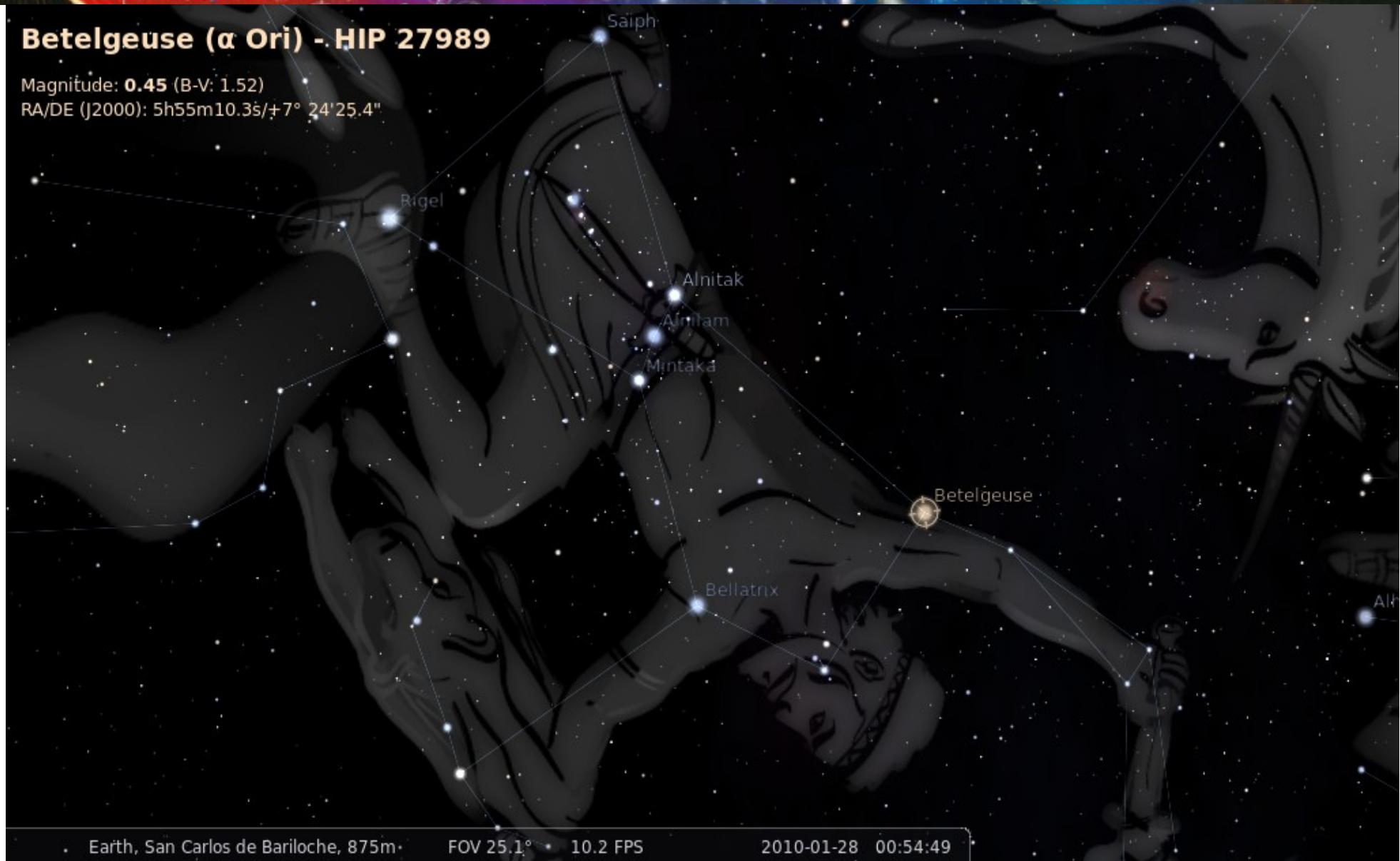


# Miremos al cielo... en el Sur!

## Betelgeuse ( $\alpha$ Ori) - HIP 27989

Magnitude: **0.45** (B-V: 1.52)

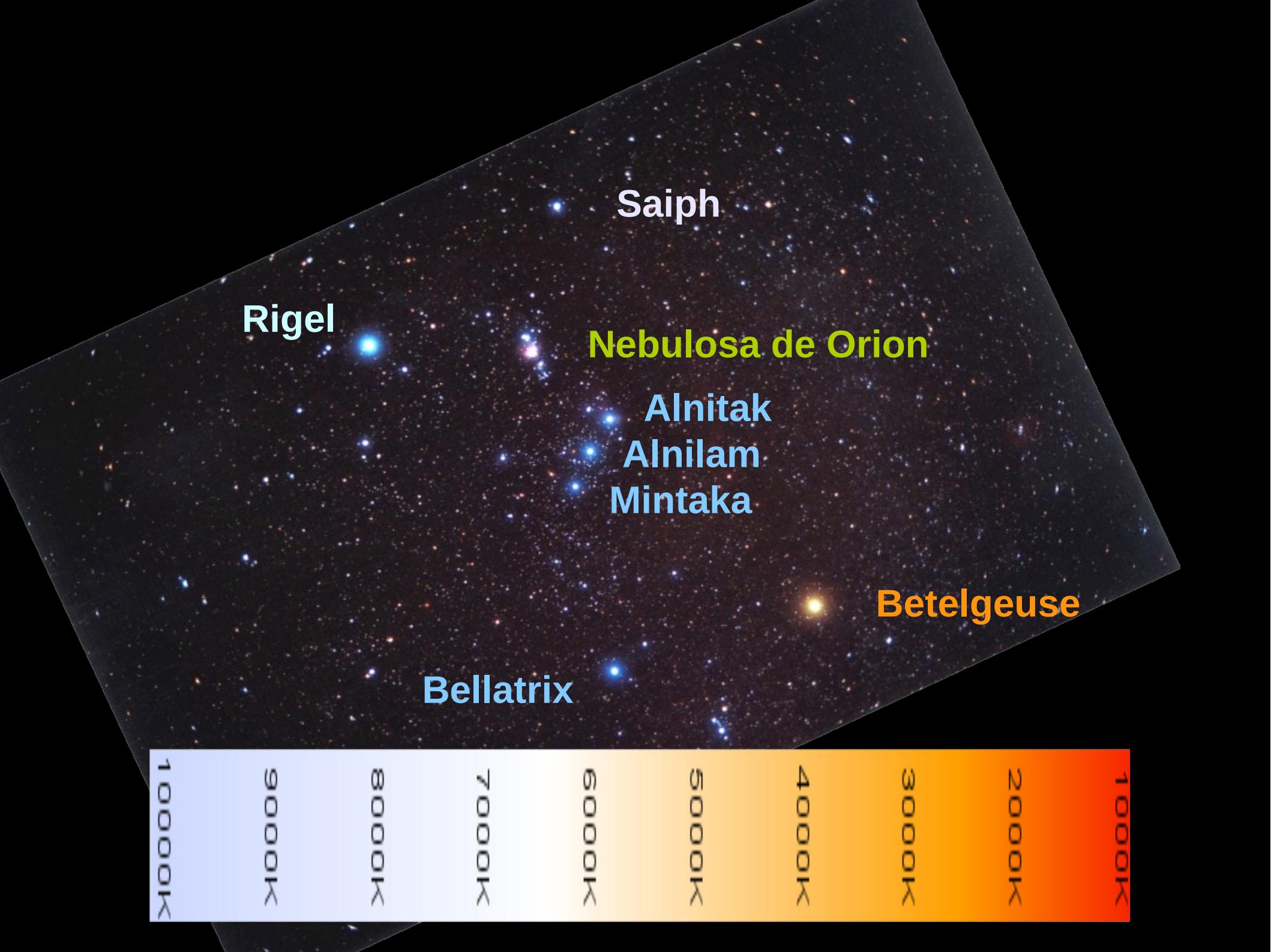
RA/DE (J2000): 5h55m10.35s / +7° 24'25.4"



Earth, San Carlos de Bariloche, 875m

FOV 25.1° • 10.2 FPS

2010-01-28 00:54:49



Saiph

Rigel

Nebulosa de Orion

Alnitak  
Alnilam  
Mintaka

Betelgeuse

Bellatrix





# No todas son iguales

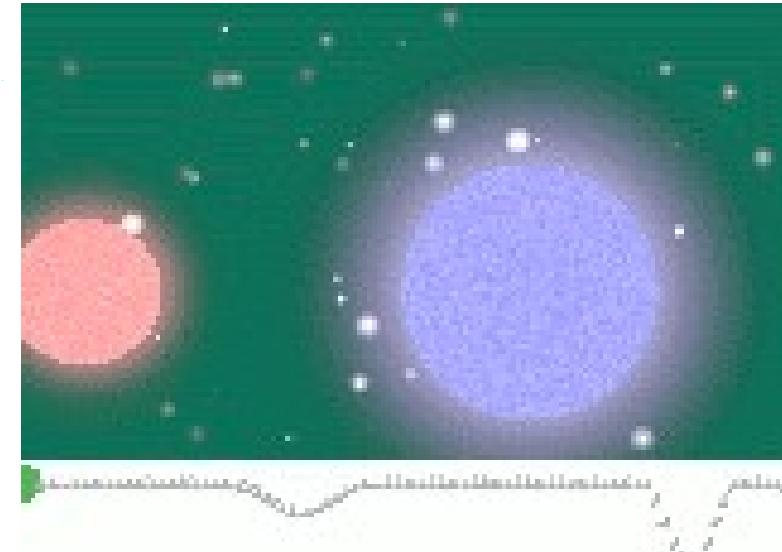
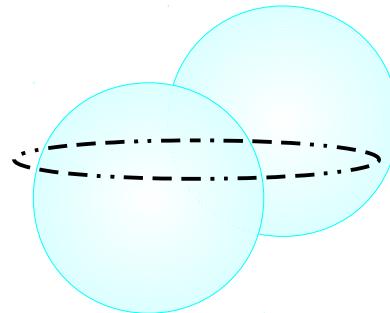
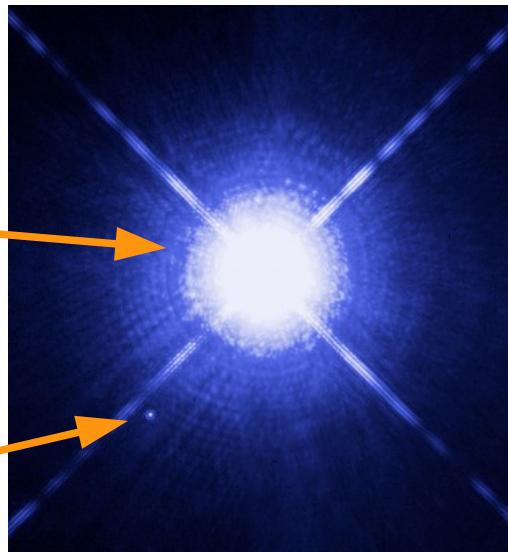
- Estado de evolución (edad)
- Temperatura
- Constitución inicial
- Masa
- **Energía emitida por unidad de tiempo: Luminosidad**
- Y además...

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

**No todas están a la misma distancia**

# Dos sistemas binarios

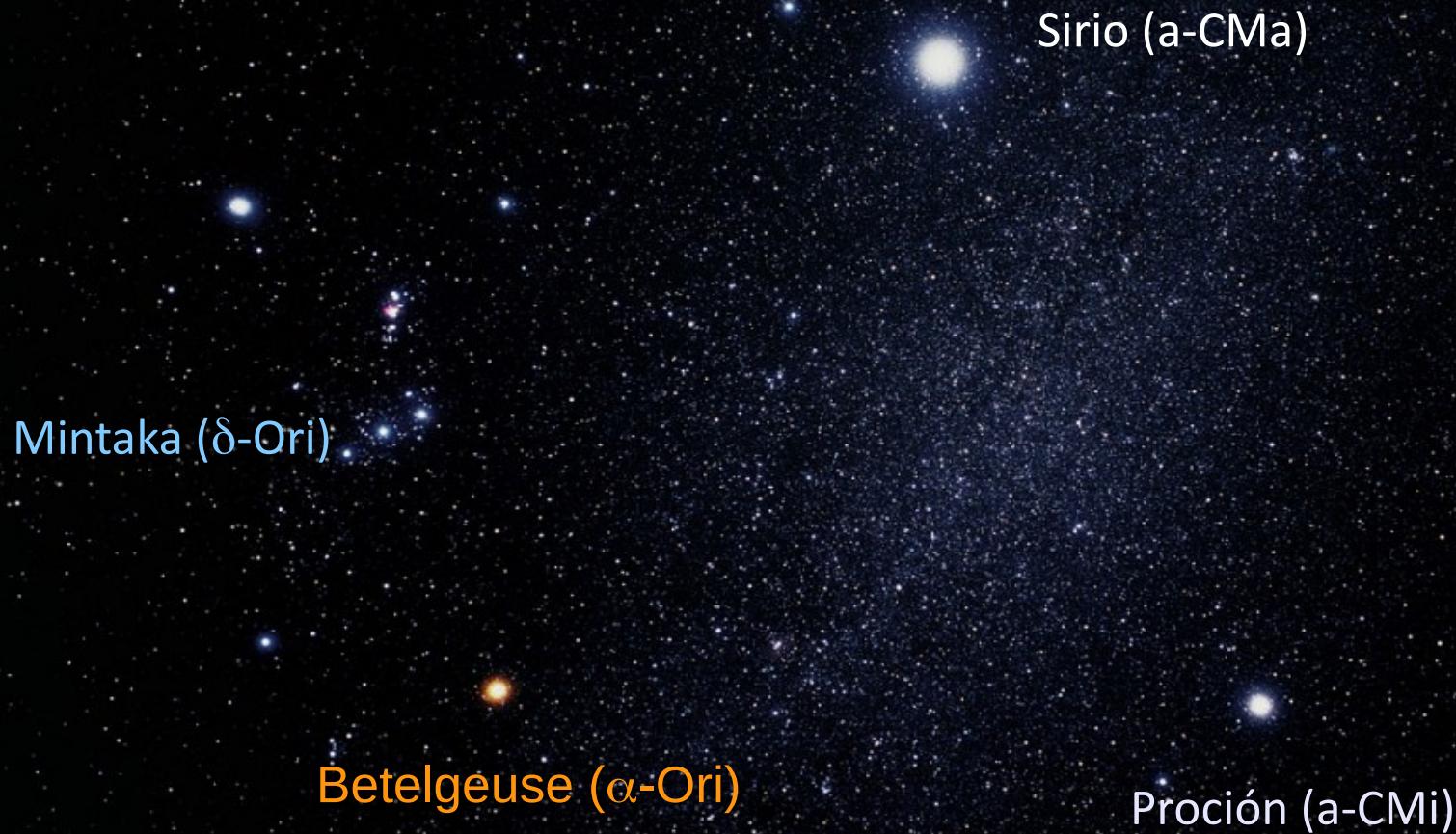
- Sistema Sirio ( $\alpha$ -CMa), 8.6 al
- Binaria (50.1a):  
Sirio A (A1), Sirio B(dA2)  
 $M=2 M_{\odot}$   $T=9900K$   
 $L=25 L_{\odot}$   $R=1.7R_{\odot}$
- Sistema Mintaka ( $\delta$ -Ori), 900 al
- Binaria Eclipsante(5.73d): Mintaka A (O9.5) y Mintaka B (B0.5)  
 $M=20M_{\odot}$   $T=33000K$   
 $L=90000 L_{\odot}$   $R=16R_{\odot}$



A dark blue background representing a starry night sky, filled with numerous small white stars of varying brightness.

Sin embargo, en el cielo...

# Sin embargo, en el cielo...





# ¿Cuál les parece que es la diferencia?

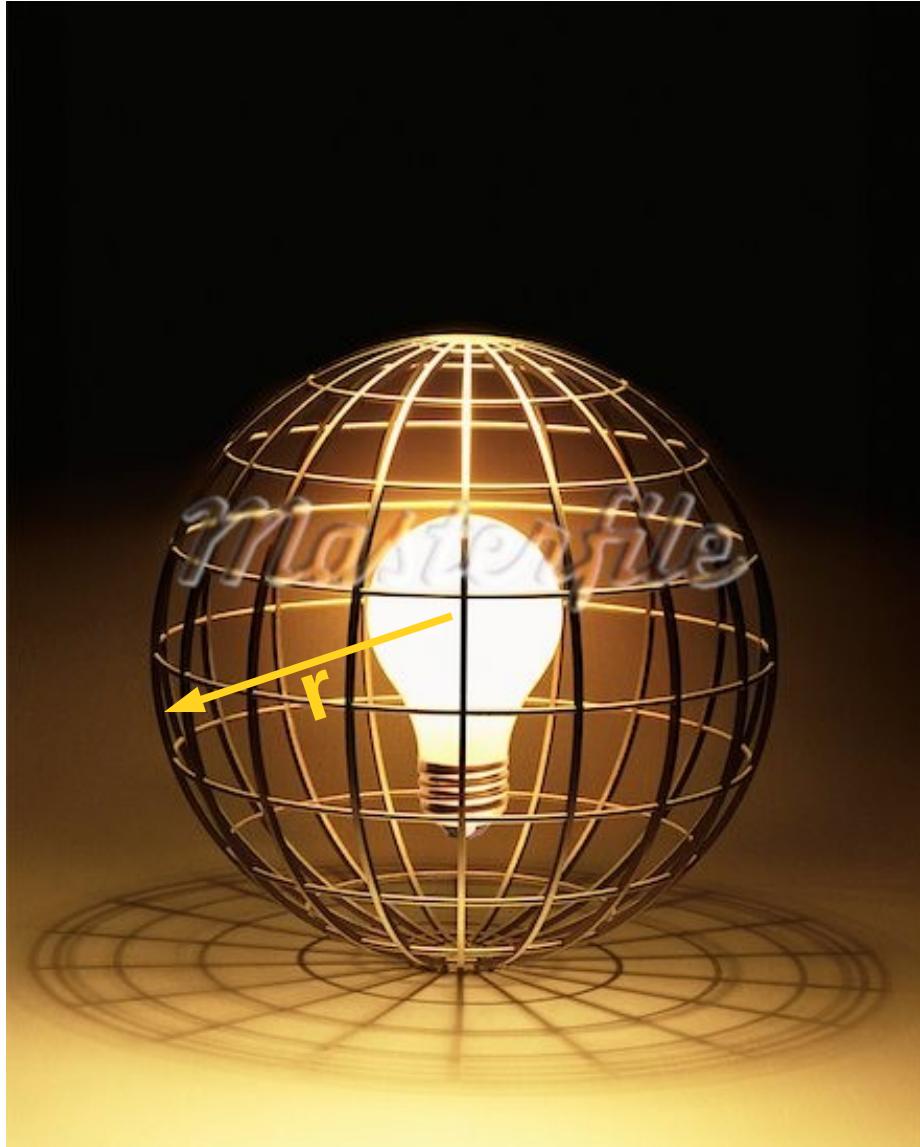
- Mintaka

$(2 \times 90000 L_o / 25 L_o) \sim 7000$  veces más luminosa que  
Sirio

- pero está

$(900 \text{al} / 8.6 \text{al}) \sim 100$  veces más lejos respecto a Sirio

# 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

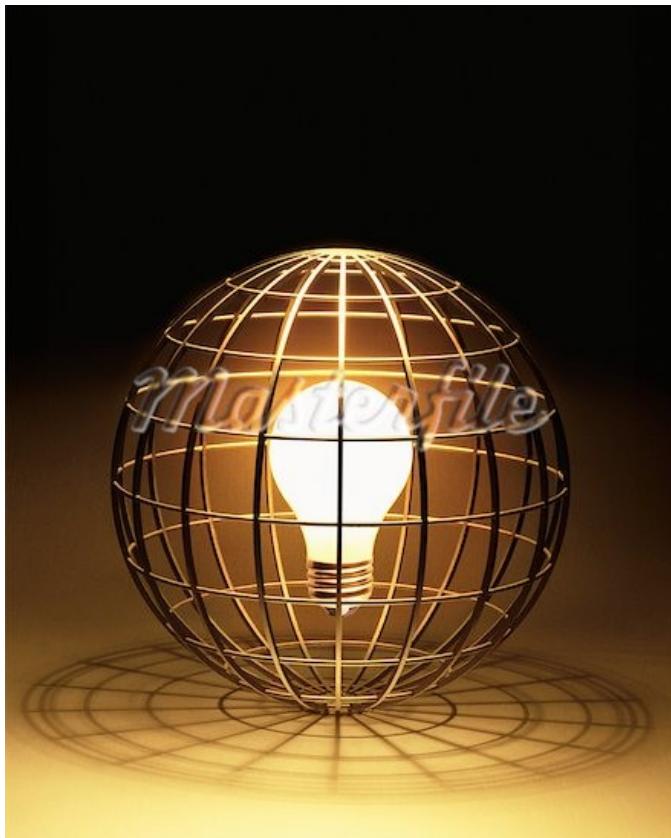
$$\Rightarrow F = \frac{L}{4\pi r^2}$$



# Constante solar

- Determine el flujo de energía solar sobre la superficie terrestre

Datos:  $L=3.84 \times 10^{26} \text{ J/s}$ ,  $r=1.5 \times 10^{11} \text{ m}$



$$\Rightarrow F = \frac{L}{4\pi r^2} = 1358 \text{ W m}^{-2}$$

# Flujo → Brillo



- El **flujo de energía en la banda visible** determina el **brillo visual del objeto**
- La sensibilidad del ojo es un concepto **subjetivo**
- Más brillante, igual de brillante, menos brillante ¿?

# 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  $b_2$

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



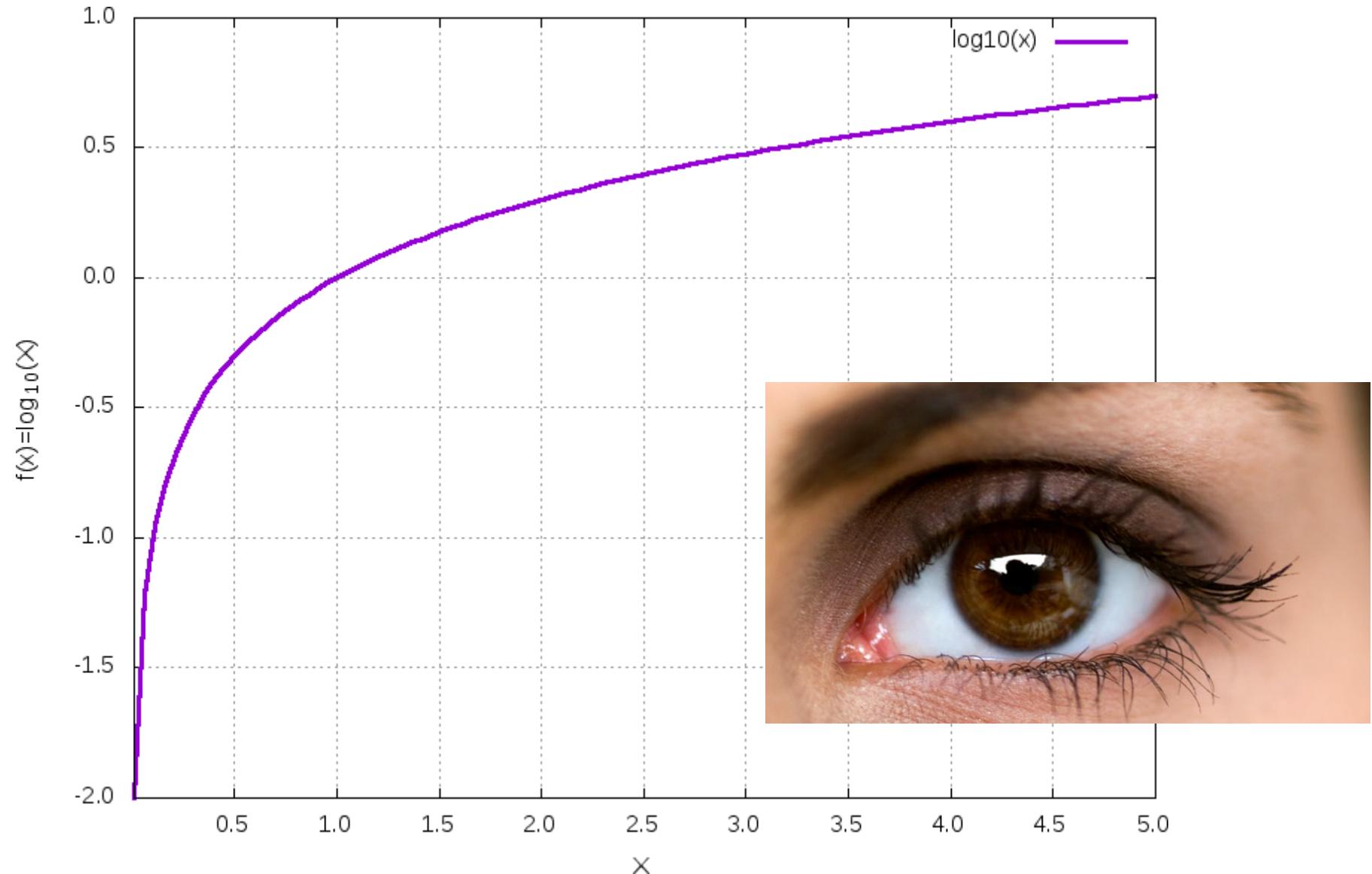
# Relación entre brillo y magnitud

- Ahora
  - a la estrella con brillo  $b_1$  le asignamos magnitud  $m_1$
  - a la estrella con brillo  $b_2$  le asignamos magnitud  $m_2$
- ¿Cómo se relaciona el factor de brillo con la diferencia en magnitudes?

$$\text{¿ } (m_1 - m_2) \leftrightarrow b_1/b_2?$$

- La respuesta del ojo es logarítmica:

# Logaritmo base 10: $f(x) = \log_{10}(x)$



# 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:

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



# ¿Es cierto? Veamos

Supongamos dos estrellas,  $m_i = 1$  y  $m_j = 6$

$$m_i - m_j = -2.5 \log_{10}(b_i/b_j)$$

$$\rightarrow -5 = -2.5 \log_{10}(b_i/b_j)$$

$$(-5/-2.5) = \log_{10}(b_i/b_j)$$

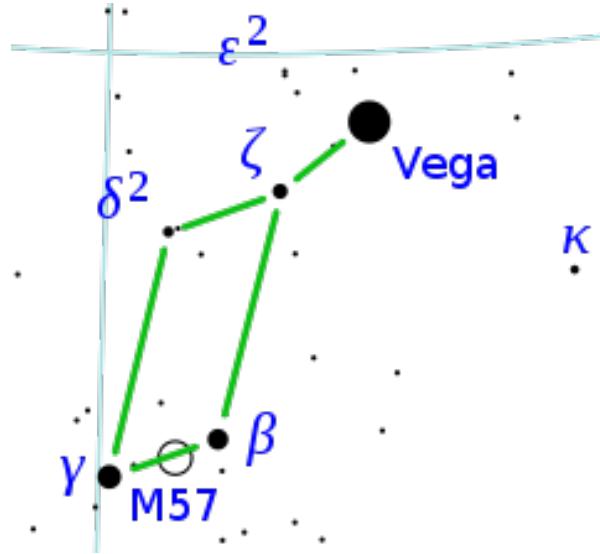
$$2 = \log_{10}(b_i/b_j)$$

$$10^2 = b_i/b_j$$

$$b_i = 100 b_j$$

**La estrella i es 100 veces más brillante que la estrella j**

# 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, AO, blanca



# Escala moderna

-26.73 Sol (449000 veces la Luna)

-12.6 Luna llena

-6.0 Supernova del Cangrejo (SN 1054)

-4.7 Venus (máximo)

-3.0 Marte (máximo)

-1.47 Sirio (estrella más brillante)

-0.7 Canopus (2da estrella)

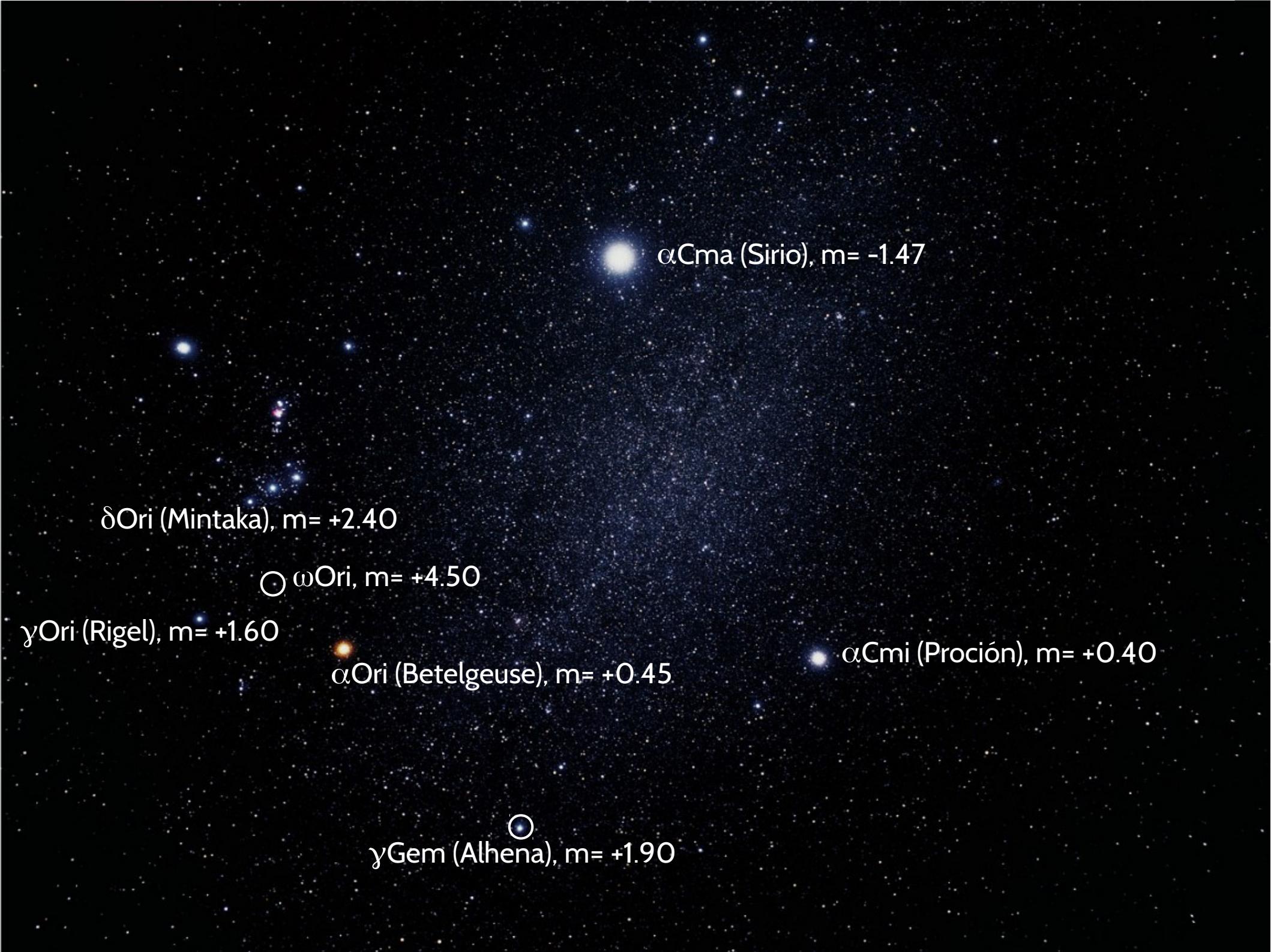
0 Vega (definición moderna)

+3 Estrellas más débiles en una ciudad

+4.6 Ganímides (Luna de Júpiter)

+6 límite de visibilidad del ojo

+30 estrellas más débiles observadas (Telescopio espacial Hubble)



$\alpha$ 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

# Pero... “no todas están a la misma distancia”

- El brillo se relaciona con el flujo, y el flujo es
  - Proporcional a la luminosidad
  - Inversamente proporcional a la distancia al cuadrado
- ¿Cómo cambia la magnitud aparente de una estrella si multiplico por 10 su distancia?

# Pero... “no todas están a la misma distancia”

- Decuplicar distancia: flujo  $\rightarrow$  flujo/100 y brillo  $\rightarrow$  brillo/100

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{b_{nueva}}{b_{vieja}} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{b_{vieja}/100}{b_{vieja}} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{1}{100} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \times (-2)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = 5$$

$$m_{nueva} = m_{vieja} + 5$$

# Pero... “no todas están a la misma distancia”

- Decuplicar distancia: flujo  $\rightarrow$  flujo/100 y brillo  $\rightarrow$  brillo/100

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{b_{nueva}}{b_{vieja}} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{b_{vieja}/100}{b_{vieja}} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \log_{10} \left( \frac{1}{100} \right)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = -2.5 \times (-2)$$

$$m_{nueva} - m_{vieja} = 5$$

$$m_{nueva} = m_{vieja} + 5$$

**Si aumento 10 veces la distancia de una estrella, su brillo disminuye 100 veces, y su magnitud aumenta en 5  
Si era  $m=1$ , pasa a  $m=6$**



# Magnitud absoluta

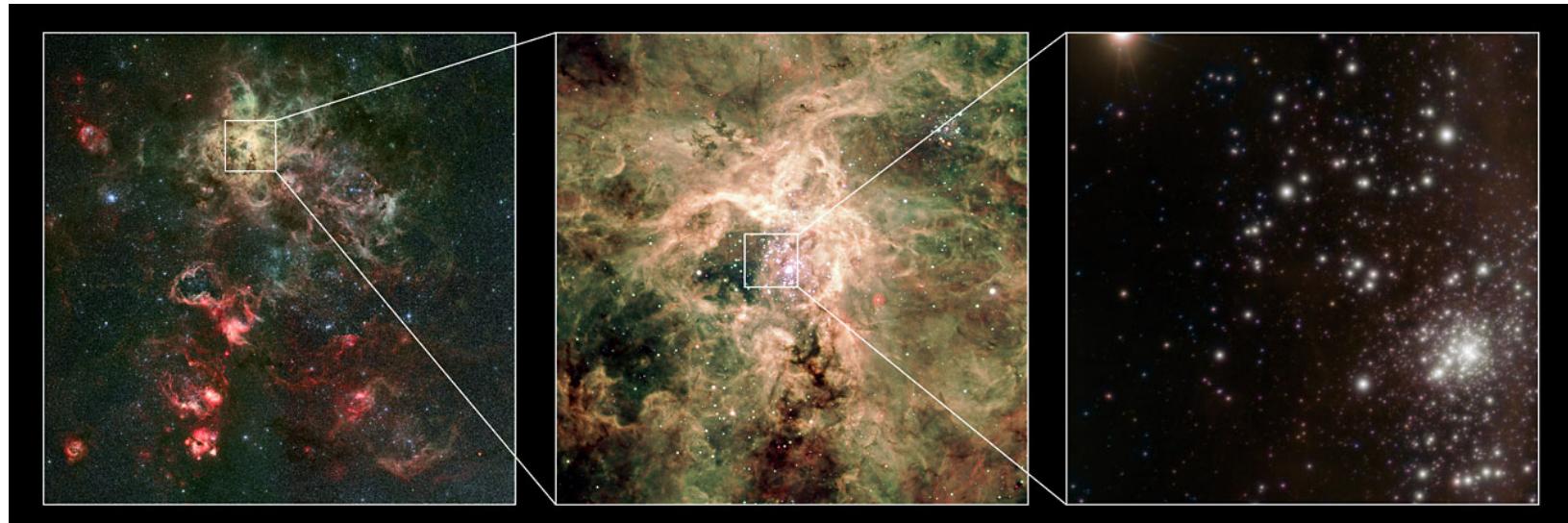
- **Magnitud absoluta  $M$ , es la magnitud aparente que tendría una estrella si su distancia fuera de 10pc**
  - Relación con la magnitud aparente  $m$  y la distancia  $d$ : (medida en parsecs):

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

- 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 estrella más brillante

- R136a1 es la estrella más masiva y brillante conocida
  - Masa ~ 265 Masas solares
  - Luminosidad ~ 8.7 millones de luminosidades solares
  - Forma parte del supercúmulo estelar 30 Doradus (Nebulosa Tarántula)
  - Se encuentra en la Gran Nube de Magallanes, a 165000 al (~50000 pc)





R136a1



- $m=12.28$ ,  $M= -12.6$
- ¡Si  $d=10$  pc (32.6 al) brillaría tanto como la Luna llena!!
- Las más brillantes  
[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_most\\_luminous\\_known\\_stars](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_most_luminous_known_stars)