



# Universidad Nacional de Río Negro

## Int. Partículas, Astrofísica & Cosmología - 2019

- **Unidad**      02 – Astrofísica: cálido y frío
- **Clase**        UO2 C01
- **Fecha**        25 Sep 2019
- **Cont**          Astronomía
- **Cátedra**      Asorey
- **Web**           <https://gitlab.com/asoreyh/unrn-ipac/>



# Ley de decaimiento radiactivo

- **Suceso cuántico y estadístico:** no podemos saber cuando un átomo particular decaerá.
- Se observa que para un elemento la **tasa de decaimiento es constante,  $\lambda$ .**  $[\lambda] = \text{s}^{-1}$
- Luego, en una muestra con  $N$  átomos radiactivos, la tasa de decaimiento  $dN/dt$  será proporcional a  $N$ :

$$\begin{aligned}\frac{-dN}{dt} &= -\lambda N \rightarrow \frac{dN}{N} = -\lambda dt \rightarrow \int \frac{dN}{N} &= \int -\lambda dt \\ \rightarrow \ln N &= -\lambda t + C \rightarrow N(t) = N_0 e^{-\lambda t}\end{aligned}$$



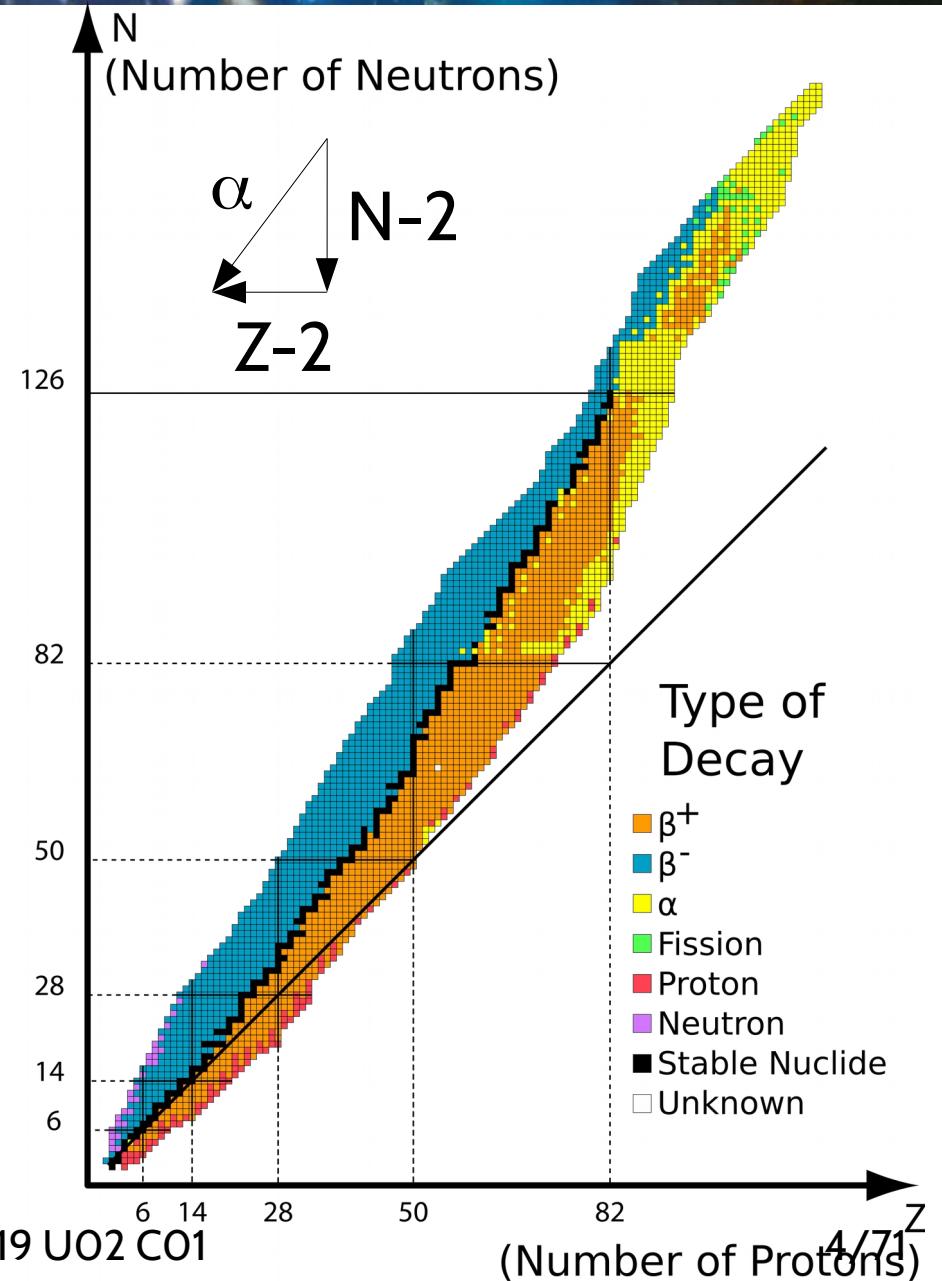
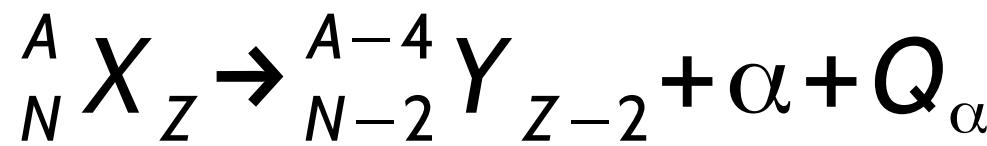
# Radiactividad

- **Fenómeno físico por el cual algunos elementos inestables decaen en otros más estables emitiendo radiación ionizante (Energías típicas: keV – MeV).**
- **Tipos:**
  - **Alfa:** emisión de un núcleo de Helio (2 protones, 2 neutrones). Poca capacidad de penetración (las detiene un papel)
  - **Beta:** emisión de un electrón o un positrón (media capacidad de penetración: láminas metálicas delgadas)
  - **Gamma:** emisión de un fotón de alta energía (alta capacidad de penetración, hasta plomo)
  - Otros: neutrones, protones, fisión espontánea, fragmentación



# Decaimiento alfa

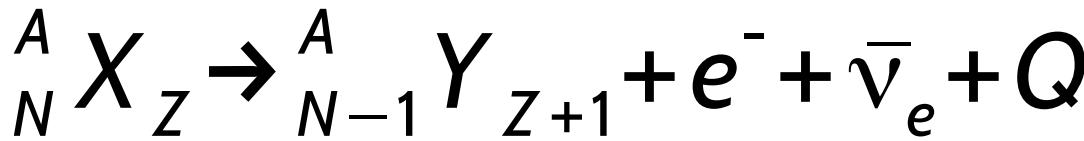
- Corresponde a la emisión espontánea de un núcleo de Helio  ${}^4\text{He}_2$  (partícula alfa, 2 neutrones, 2 protones)
- El núcleo pierde dos protones  $\rightarrow$  otro elemento!



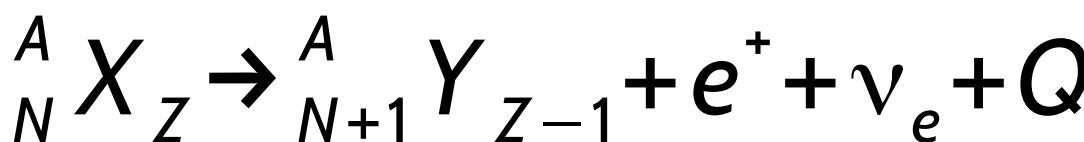


# Decaimiento beta

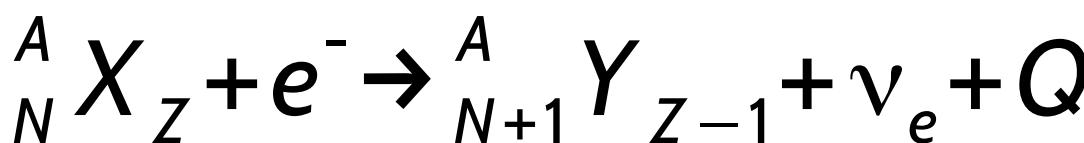
- $\beta^-$ : emisión de un **electrón**



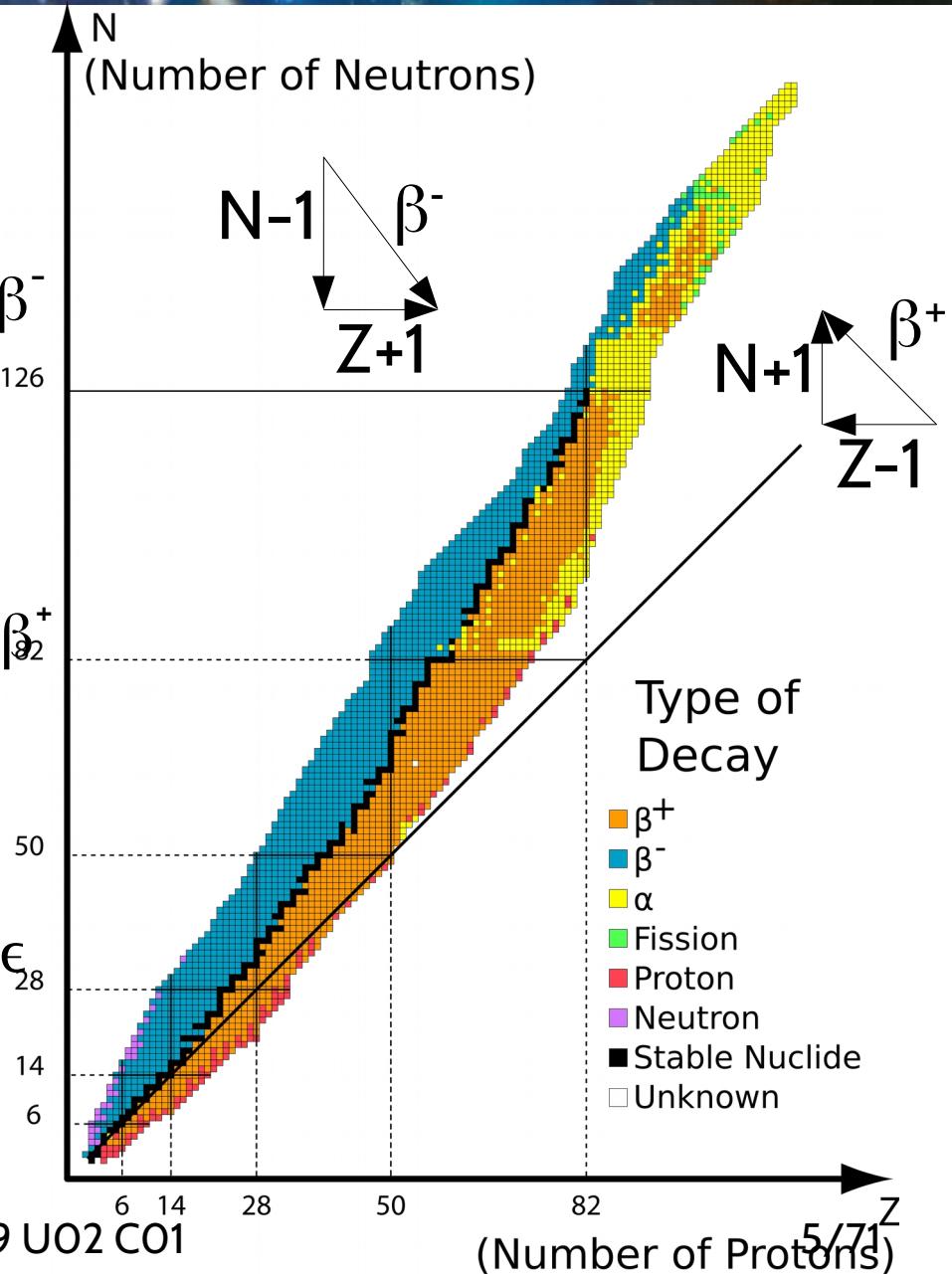
- $\beta^+$ : emisión de un **positrón**



- $\epsilon$ : **captura electrónica**



- **¿Qué es  $\nu_e$ ?**



# Quarks, primera generación

- Hadrones:
  - 3 quarks: bariones
  - 2 quarks: mesones
- Primera generación
  - “up” y “down”
    - Carga eléctrica
      - u: +2/3 e
      - d: -1/3 e
    - masa
      - $m_u$ : 1.7-3.3 MeV
      - $M_d$ : 4.1-5.8 MeV

## • Bariones:

$$p : (uud)$$

$$n : (udd)$$

$$\bar{p} : (\bar{u} \bar{u} \bar{d})$$

## • Mesones:

$$\pi^+ : (u \bar{d})$$

$$\pi^- : (\bar{u} d)$$

$$\pi^0 : (u \bar{u} + d \bar{d})$$

# Quarks, the next generation

- Segunda generación
  - “charm” y “strange”
    - Carga eléctrica
      - c: +2/3 e
      - s: -1/3 e
    - masa
      - $m_c: (1.27 \pm 0.07) \text{ GeV}$
      - $m_s: (101 \pm 29) \text{ MeV}$
- Tercera generación
  - “top” y “bottom”
    - Carga eléctrica
      - t: +2/3 e
      - b: -1/3 e
    - masa
      - $m_t: (172 \pm 2) \text{ GeV}$
      - $M_b: (4.19 \pm 0.18) \text{ GeV}$





# ¿y los leptones?

- Tenemos 3 generaciones de quarks
- 3 generaciones de leptones:
  - $e, \nu_e$
  - $\mu, \nu_\mu$
  - $\tau, \nu_\tau$
- $m_\tau = 1776.99 \text{ MeV}$

# La foto de la familia

THE STANDARD MODEL

Fermions				Bosons	Force carriers
Quarks	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	$\gamma$ photon	
Leptons	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	Z Z boson	Force carriers
	$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino	W W boson	
	e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau	g gluon	Force carriers
	Higgs boson*				

\*Yet to be confirmed

Source: AAAS

# Interacción fuerte: carga de “color”

- Fuerzas y cargas
  - G: una carga (masa)
  - EM: dos cargas (+,-)
  - W: “una” carga (w)
  - FF: tres cargas (r,g,b)
- El color no se observa: la naturaleza es “blanca”
- Bariones: ( $qqq$ ) o ( $qq\; qq\; qq$ )/3
- Mesones: ( $qq$ ) (nota: el magenta es el antiverde)
- 8 Gluones: (rojo antiverde), (azul antirojo), ...



# Para terminar, el Higgs

## THE HIGGS MECHANISM

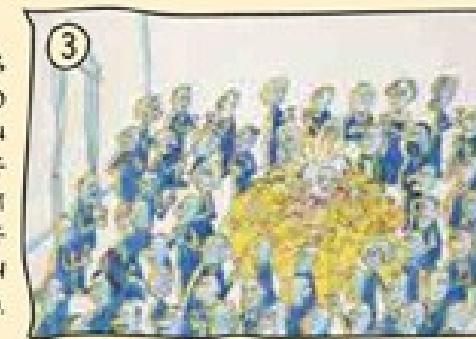
Illustration courtesy of CERN

① TO UNDERSTAND THE HIGGS MECHANISM, IMAGINE THAT A ROOM FULL OF PHYSICISTS IS QUIETLY CHATTERING IS LIKE SPACE FILLED ONLY WITH THE HIGGS FIELD.

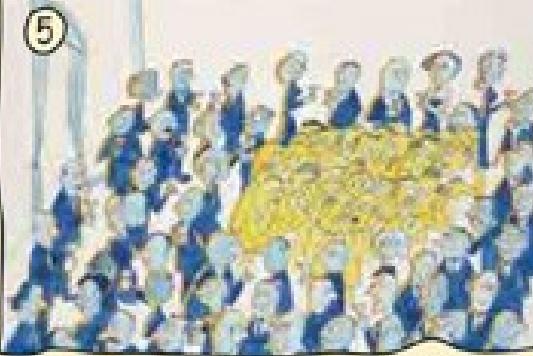


A WELL KNOWN SCIENTIST, ALBERT EINSTEIN, WALKS IN, CREATING A DISTURBANCE AS HE MOVES ACROSS THE ROOM, AND ATTRACTING A CLUSTER OF CHATTERERS WITH EACH STEP.

THIS INCREASES HIS RESISTANCE TO MOVEMENT - IN OTHER WORDS, HE ACQUIRES MASS, JUST LIKE A PARTICLE MOVING THROUGH THE HIGGS FIELD.



IF A RUMOUR CROSSES THE ROOM ...



IT CREATES THE SAME KIND OF CLUSTERING, BUT THIS TIME AMONG THE SCIENTISTS THEMSELVES. IN THIS ANALOGY, THESE CLUSTERS ARE THE HIGGS PARTICLES.

# El sistema de coordenadas

- En el espacio tridimensional, necesitamos 3 números (coordenadas) para ubicar la posición de un objeto
- Esos tres números se miden respecto a un “origen de coordenadas”
- Sistema de Coordenadas Geográficas
  - Latitud  $\phi$ : Posición Norte-Sur  
 $0^\circ$ =Ecuador,  $+90^\circ$ =P. Norte,  $-90^\circ$ =P. Sur
  - Longitud  $\lambda$ : Posición Este-Oeste  
 $0^\circ$ =Greenwich, + hacia el Este, - hacia el Oeste
  - Altitud A: Posición vertical. Altura respecto al Geoide (metros sobre el nivel del mar, m s.n.m.)



# Paralelos y Meridianos



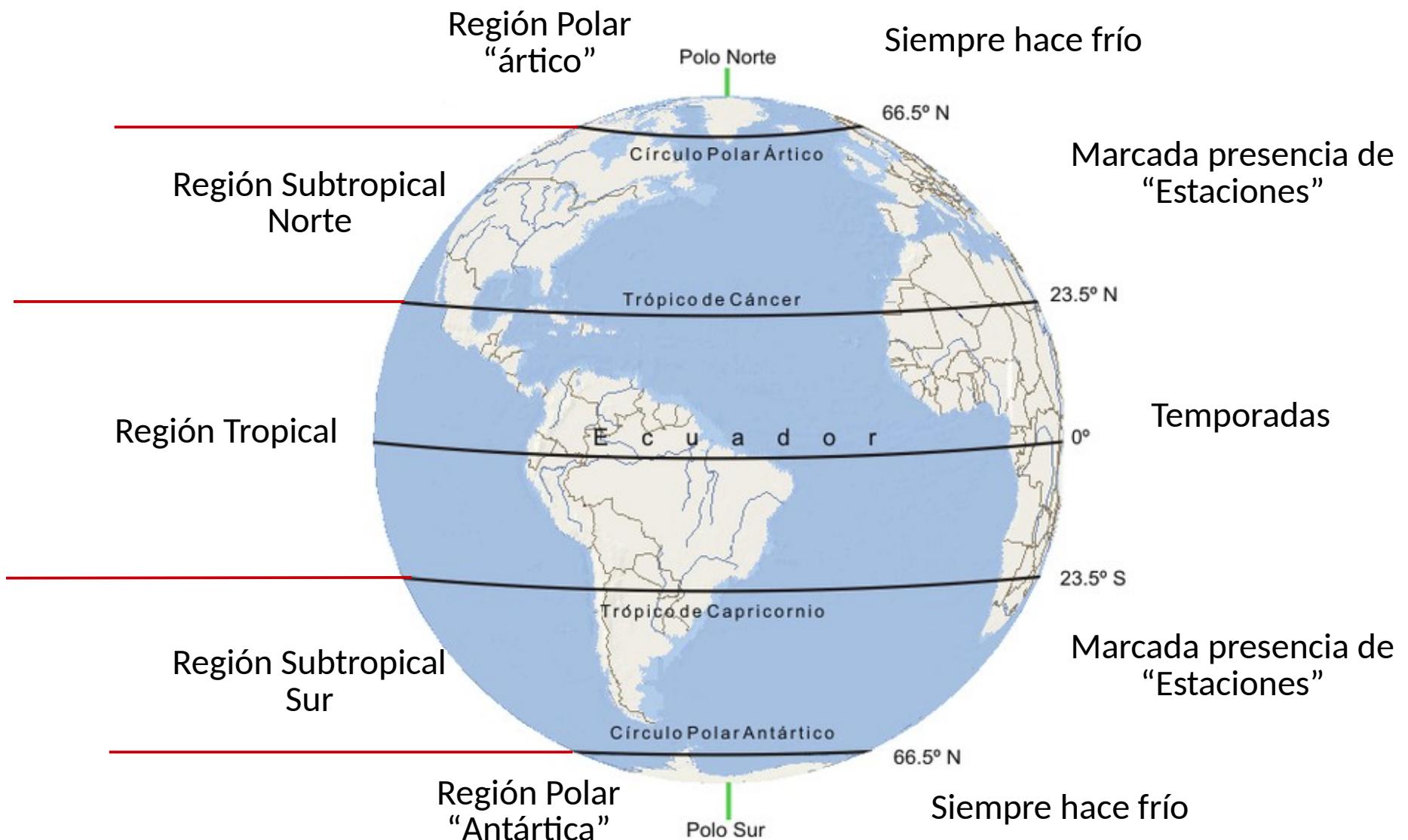
- Paralelos:

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

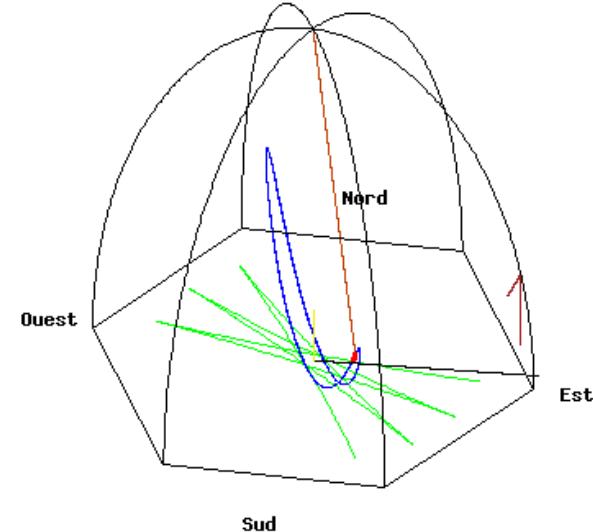
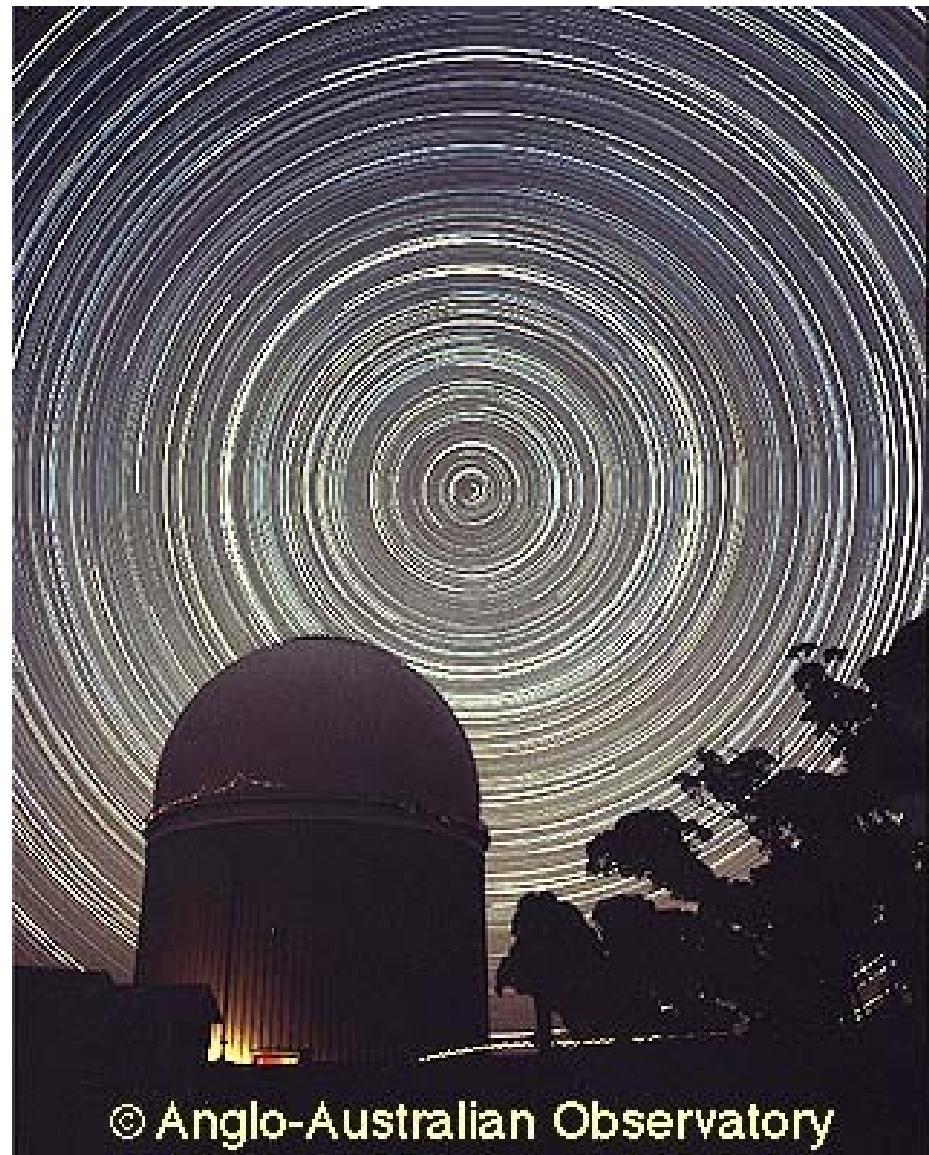
- Meridianos:

- 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

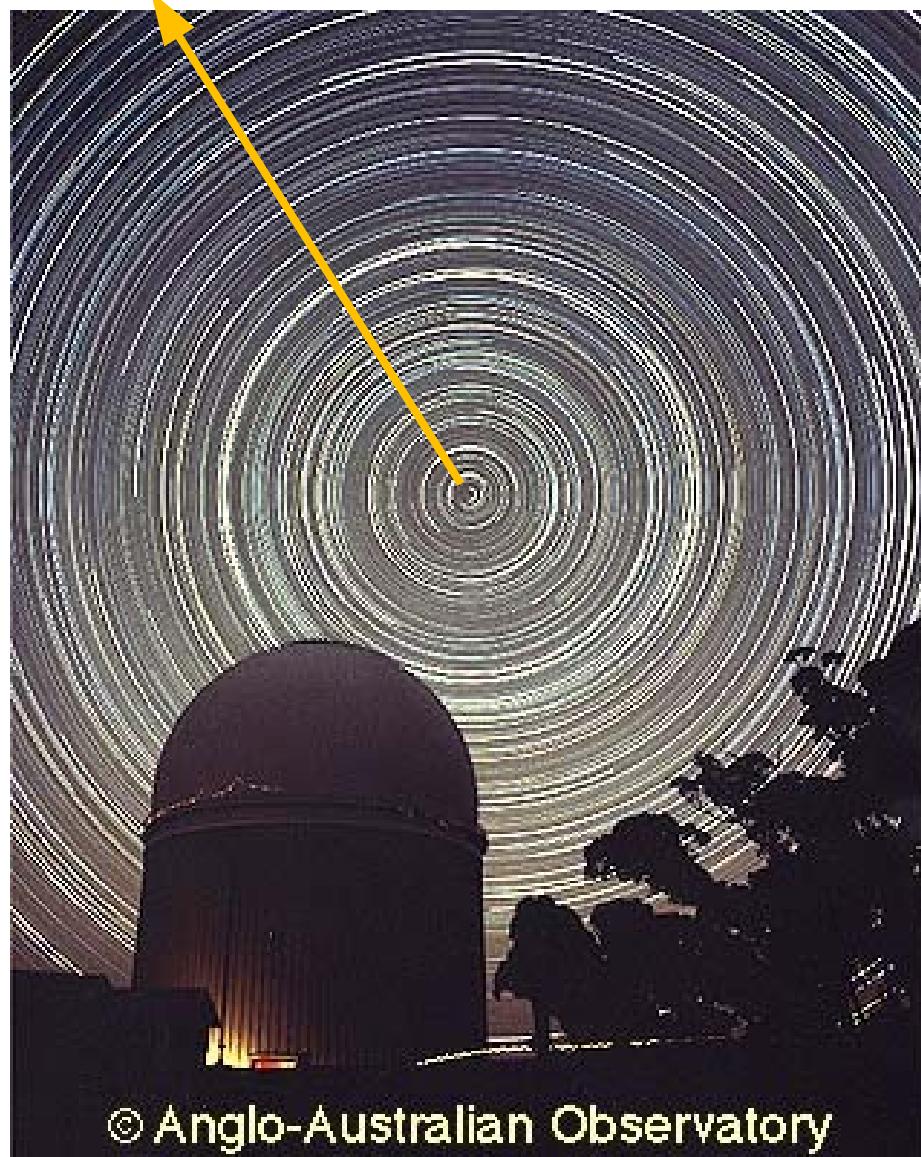


# La Tierra rota sobre su eje



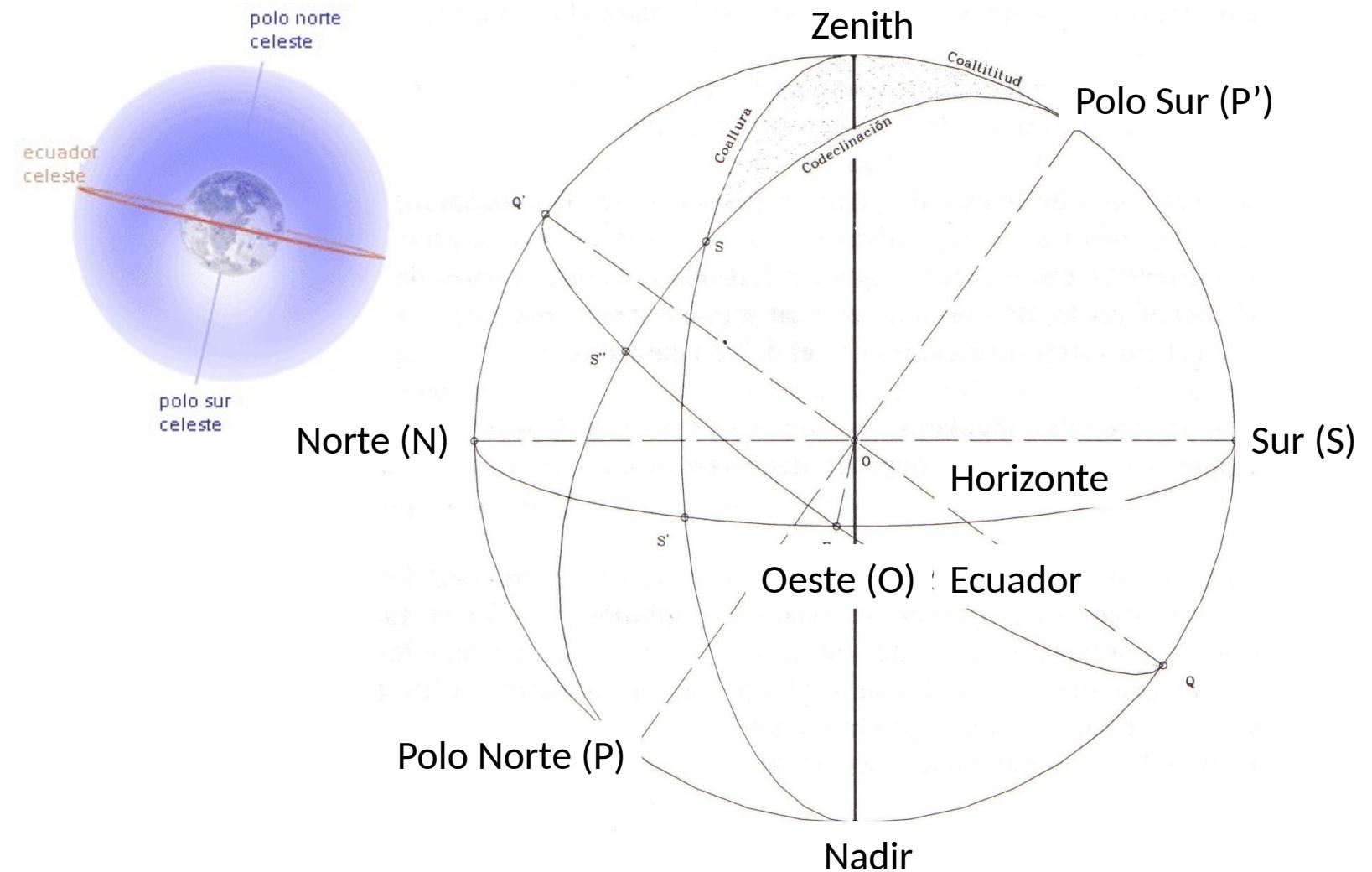
# Polos y ecuador celeste

Polo Sur celeste



- Esfera celeste: esfera imaginaria por donde en apariencia se mueven los astros
- Polos celeste: intersección del eje de la Tierra con la esfera celeste
- Ecuador celeste: proyección del ecuador sobre la esfera celeste

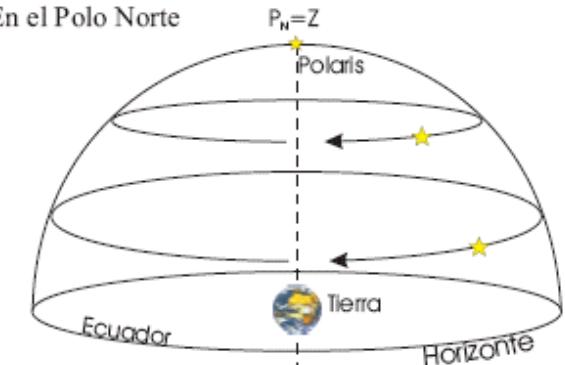
# La esfera celeste



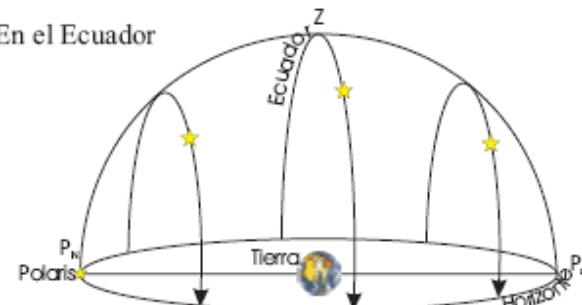
# Polos y ecuador celeste



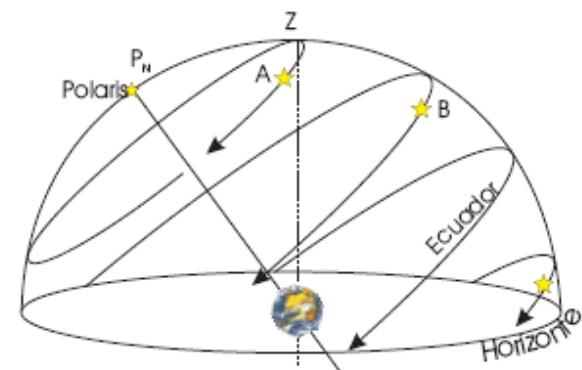
1) En el Polo Norte



2) En el Ecuador



3) En una latitud septentrional intermedia





# En los polos





# Hemisferio Norte





Ecuador

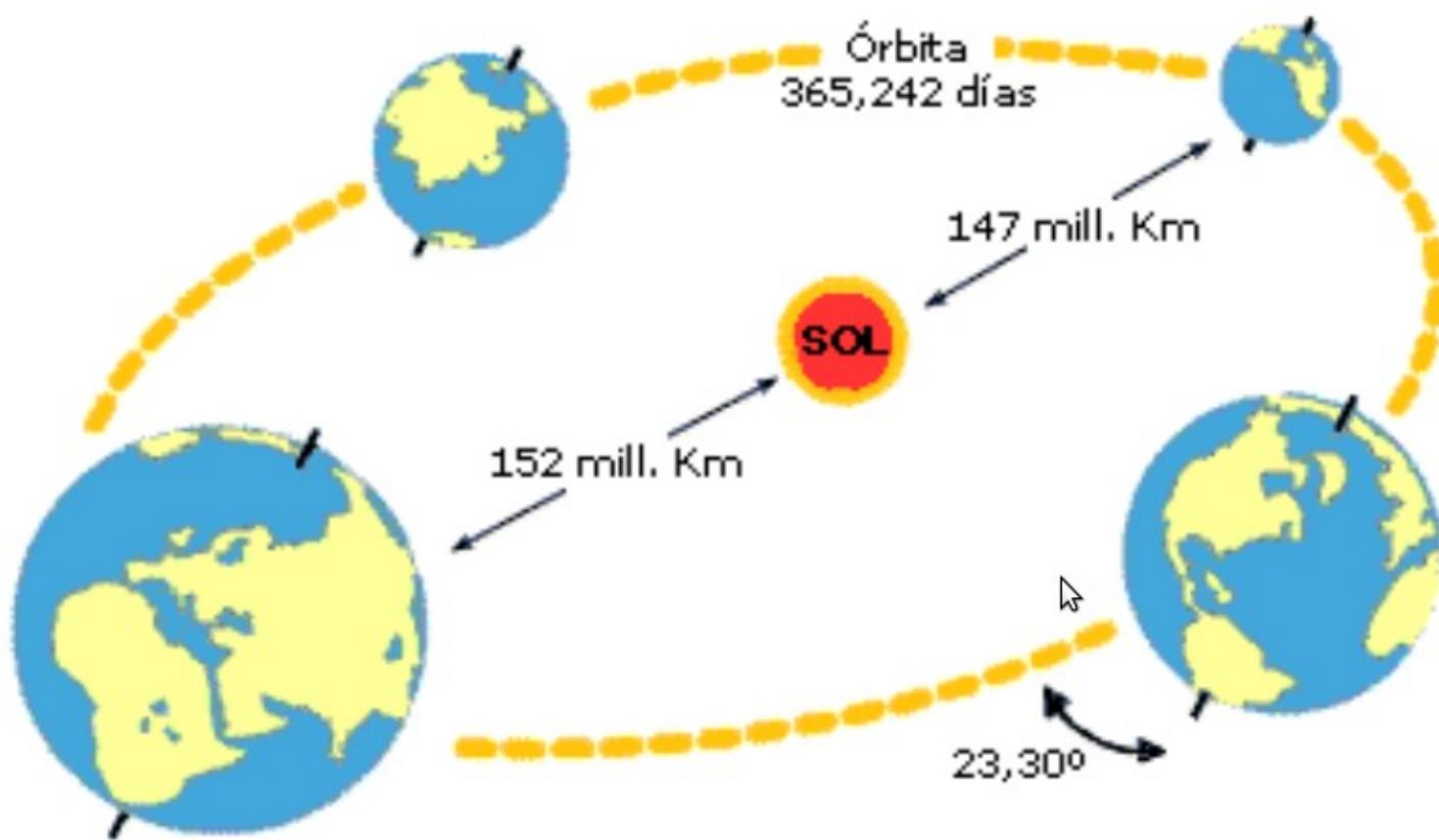




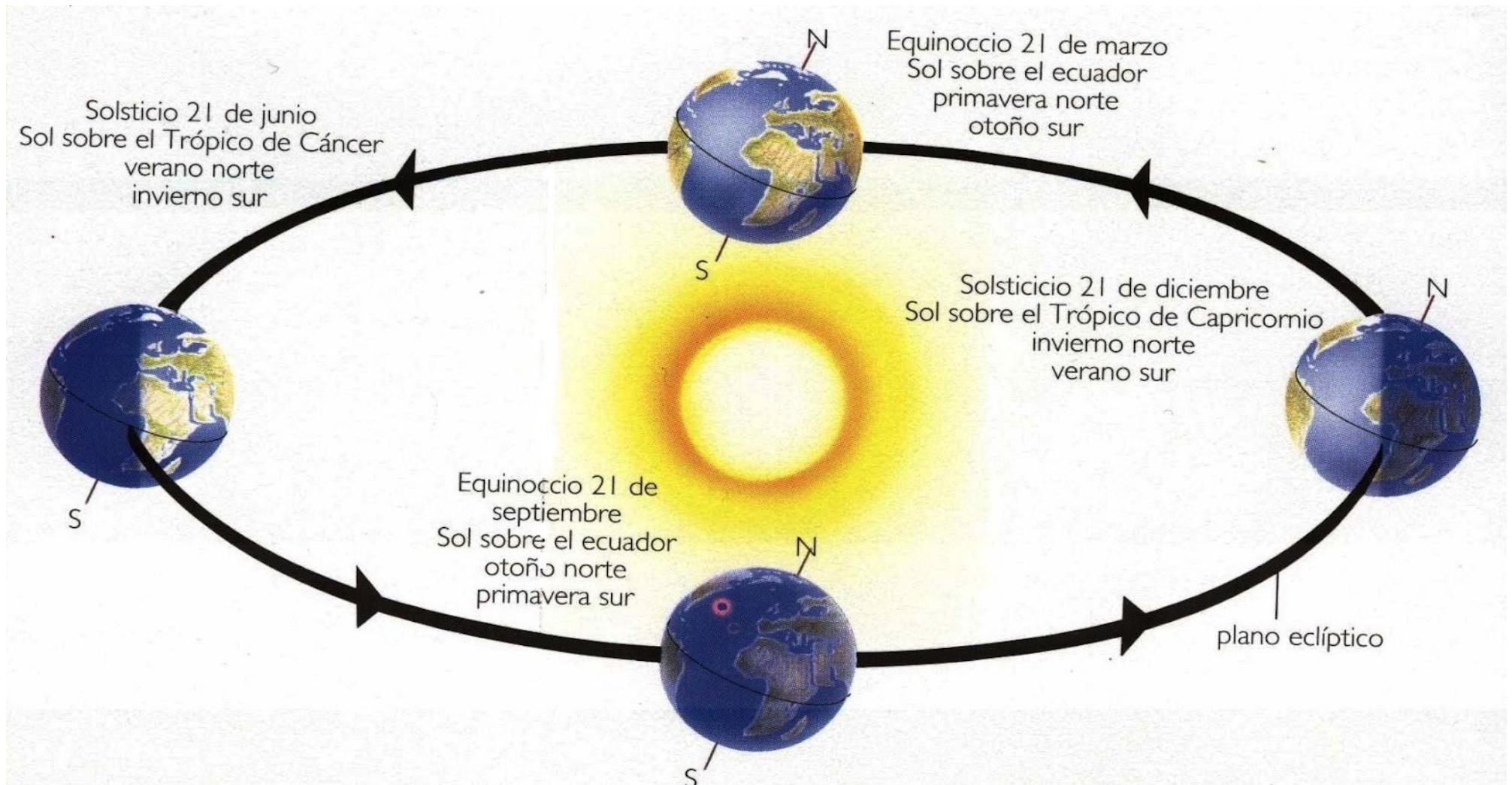
# Hemisferio Sur



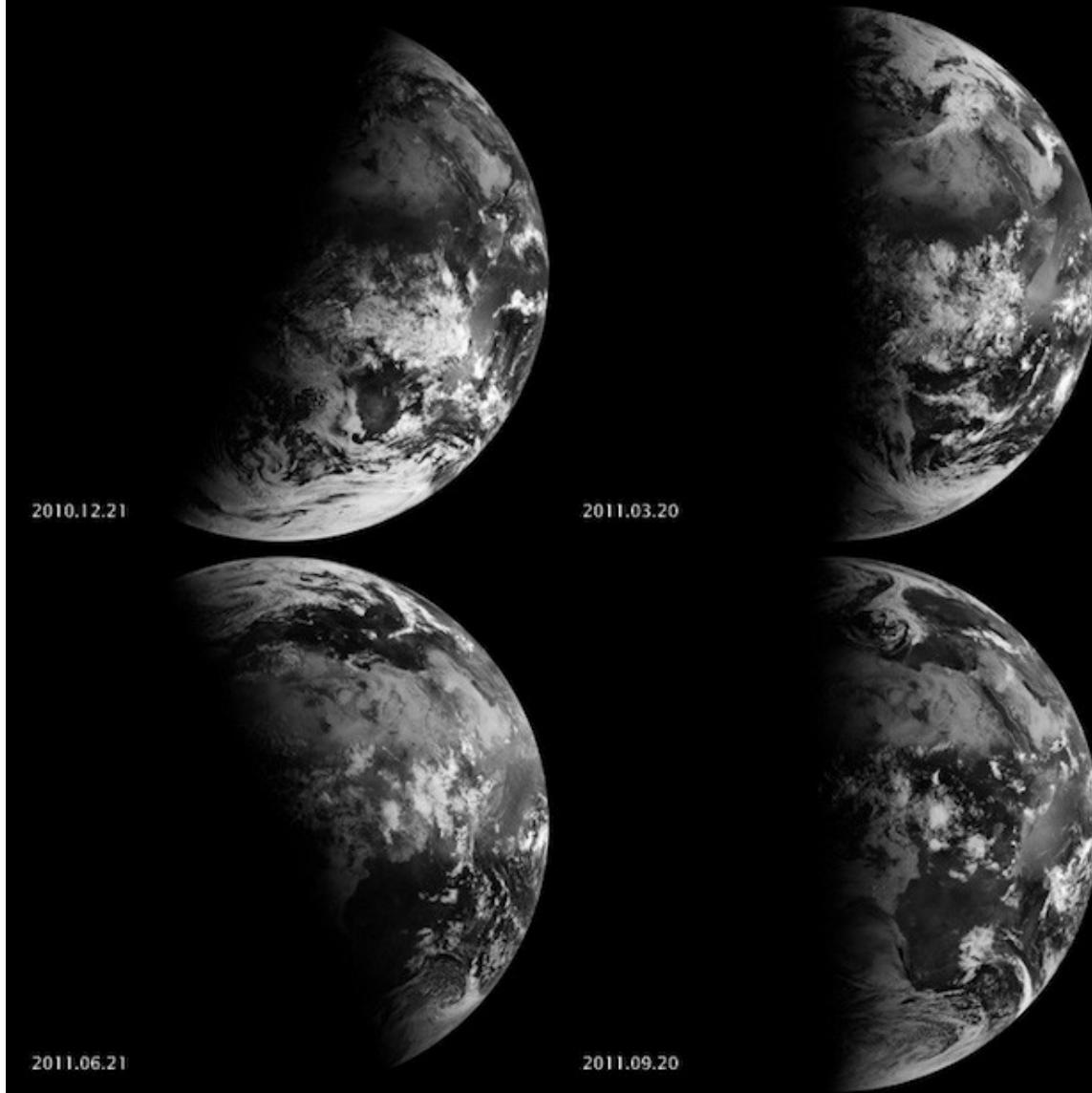
# Traslación...



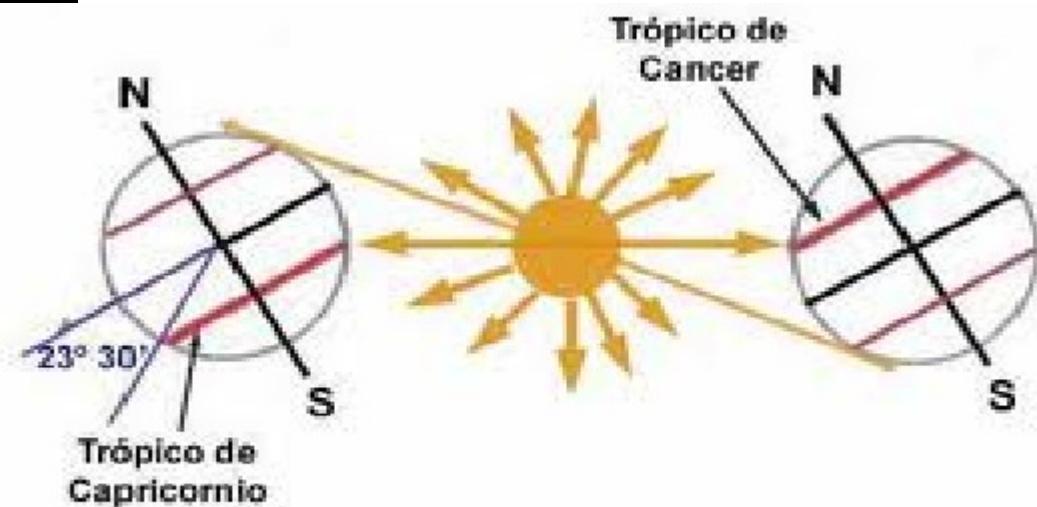
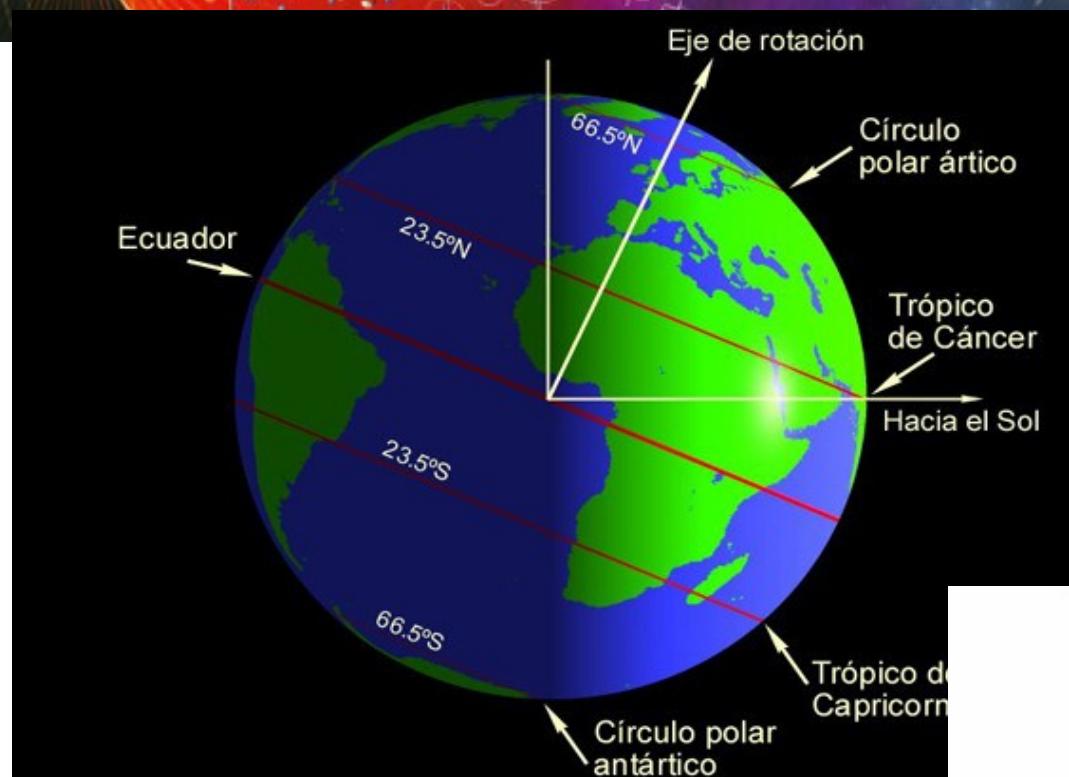
# Las cuatro estaciones



# La Tierra se mueve alrededor del Sol



# Las estaciones



21 de diciembre

21 de junio

# Las estaciones

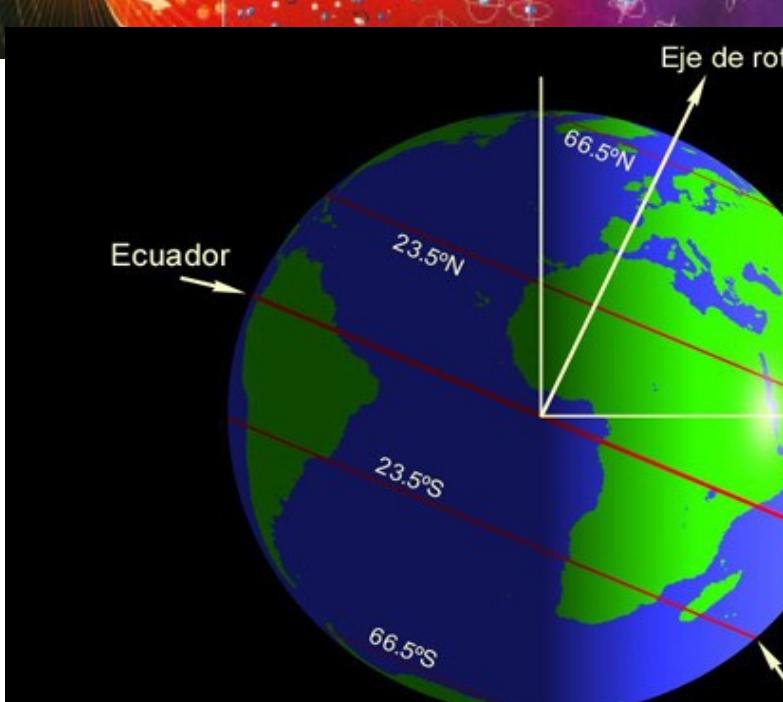


Trópico de  
Capricornio

21 de diciembre

21 de junio

# Las estaciones



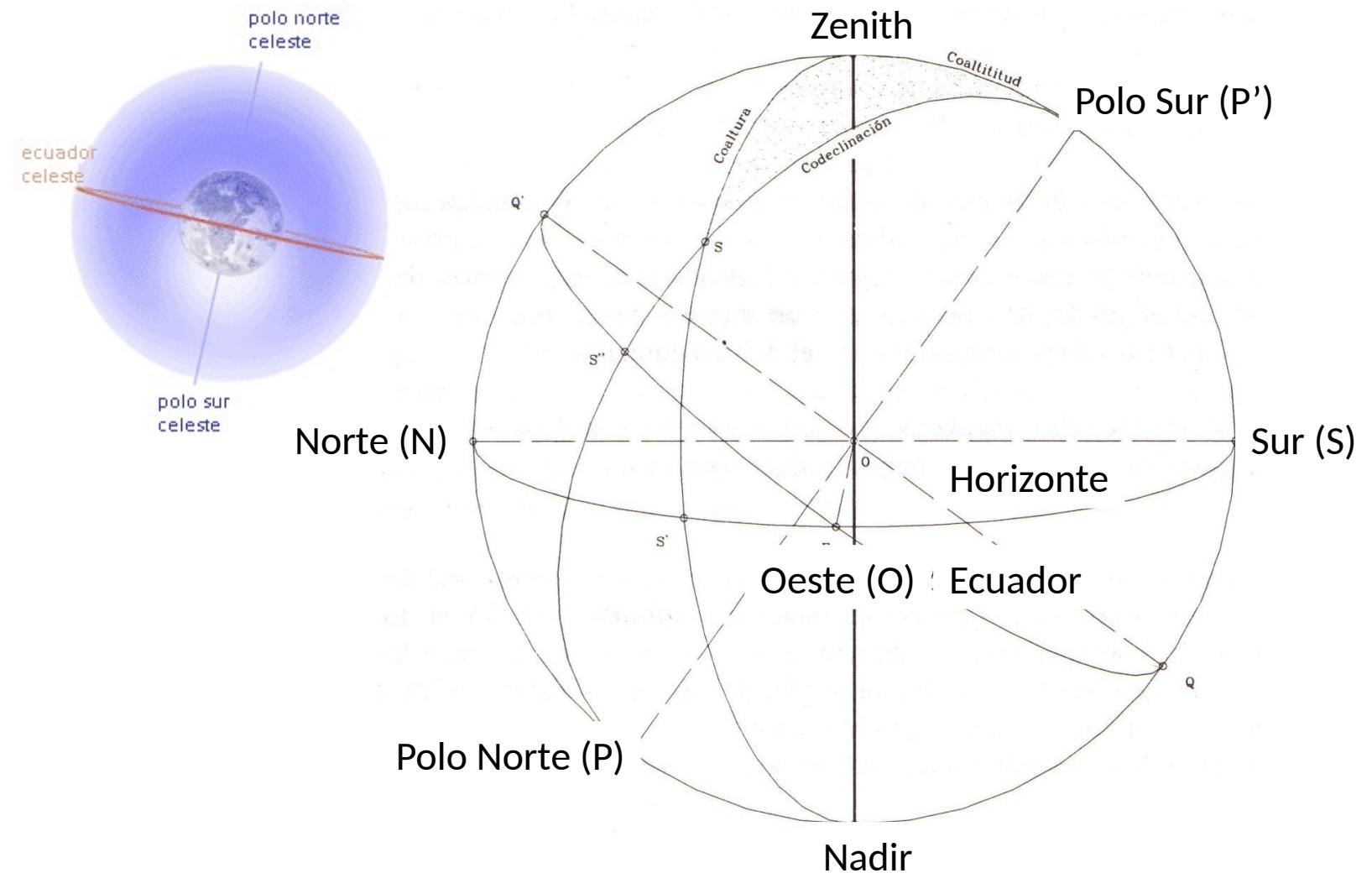
3  
de  
Junio  
bre

21 de junio

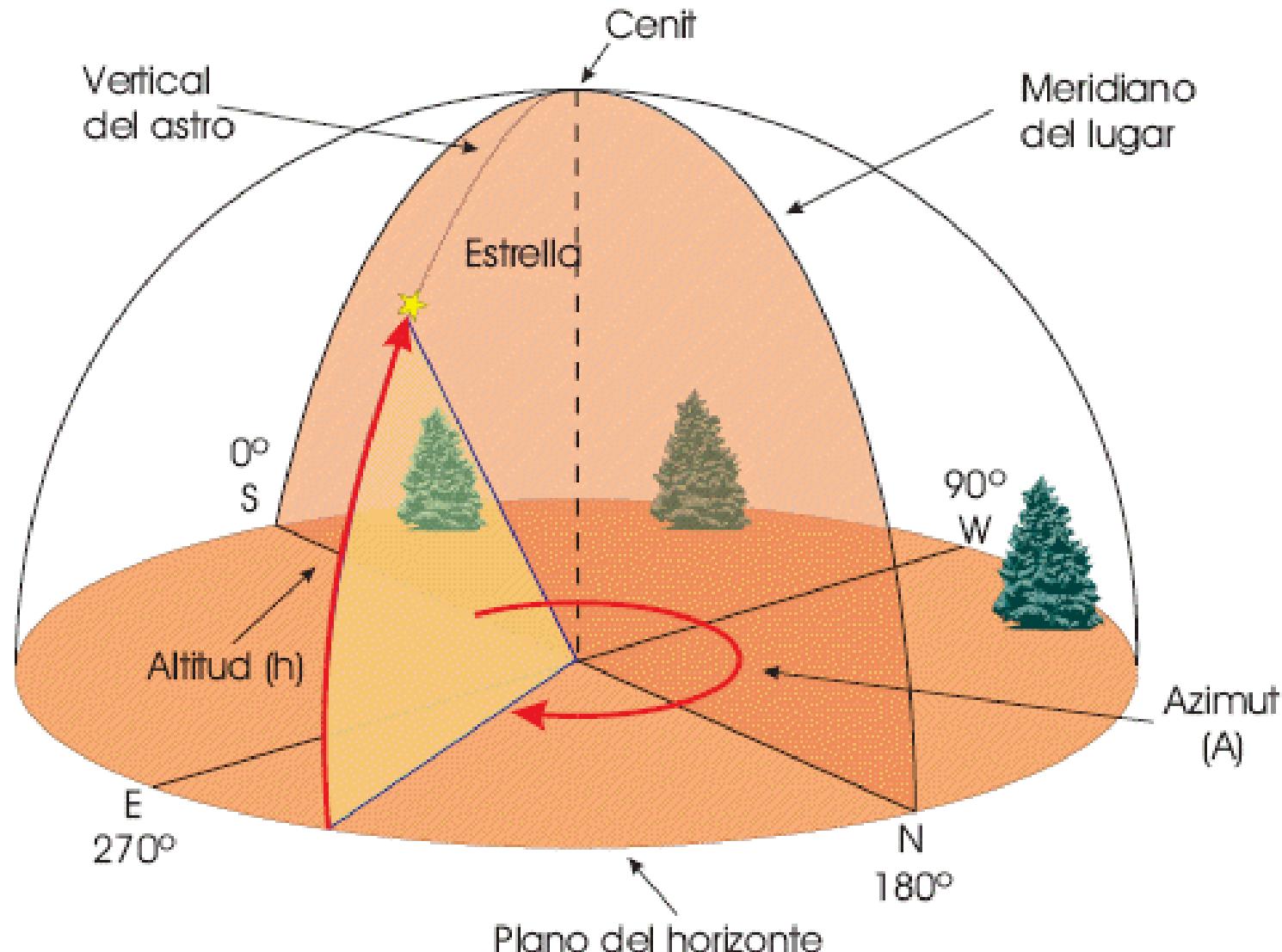
# Las estaciones



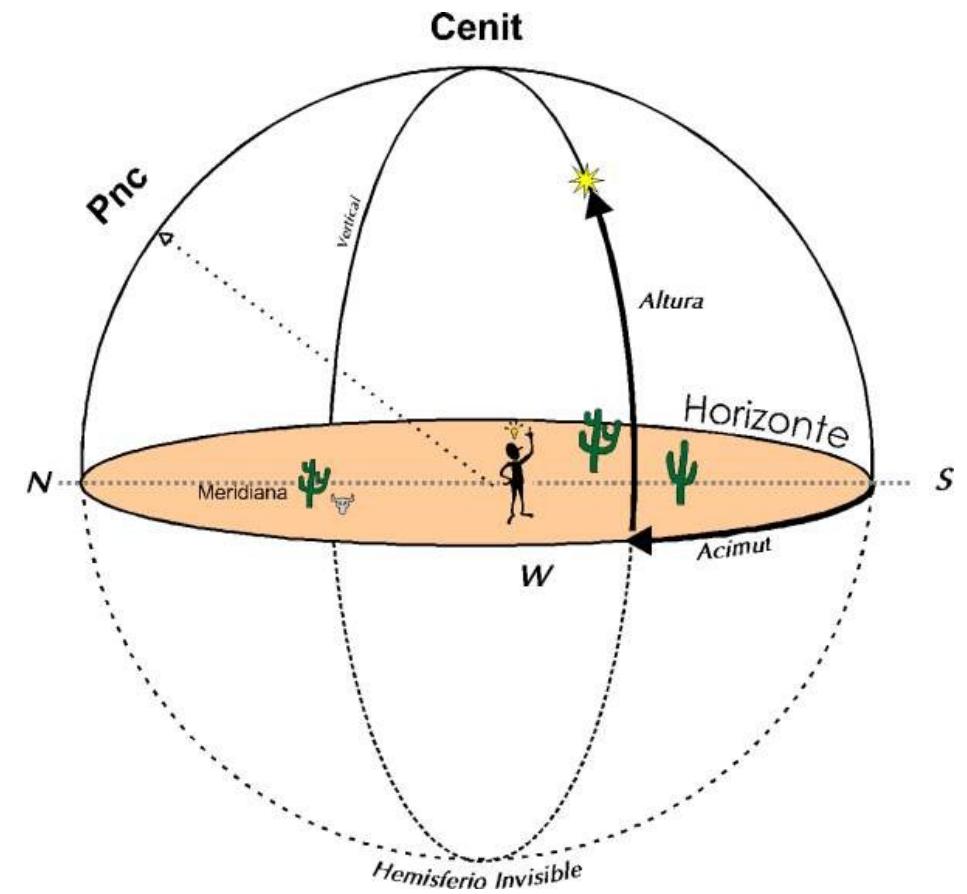
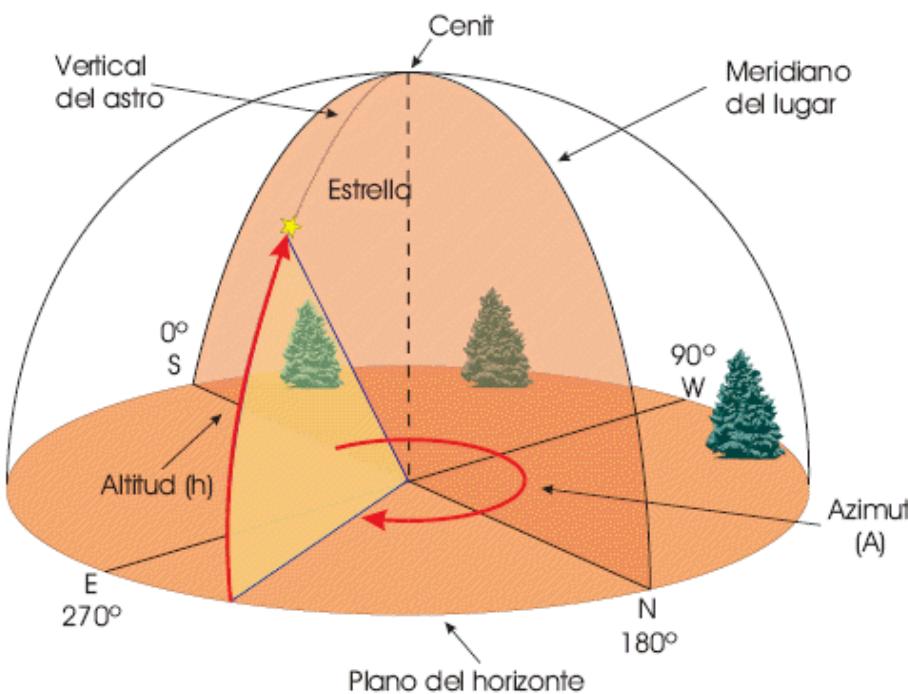
# La esfera celeste



# Coordenadas horizontales



# Coordenadas horizontales





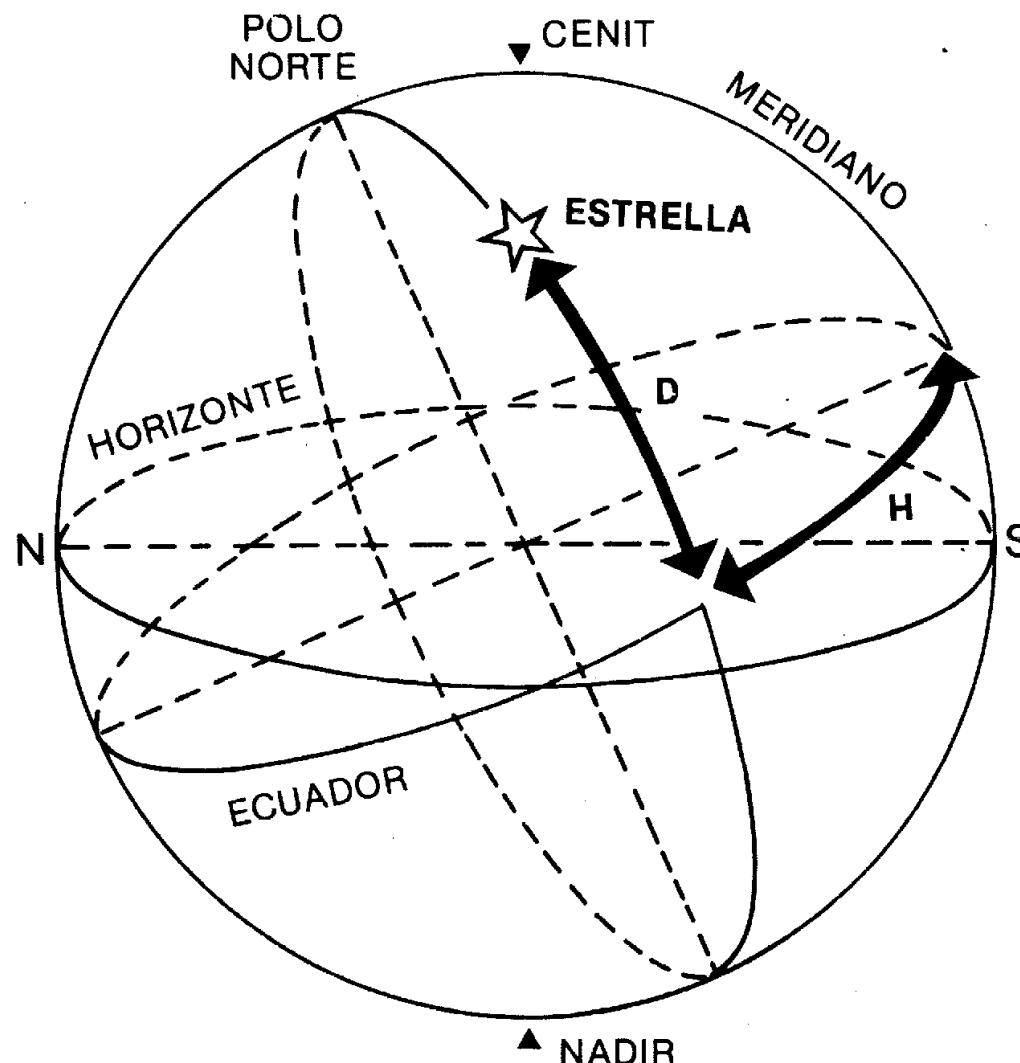
Pero:

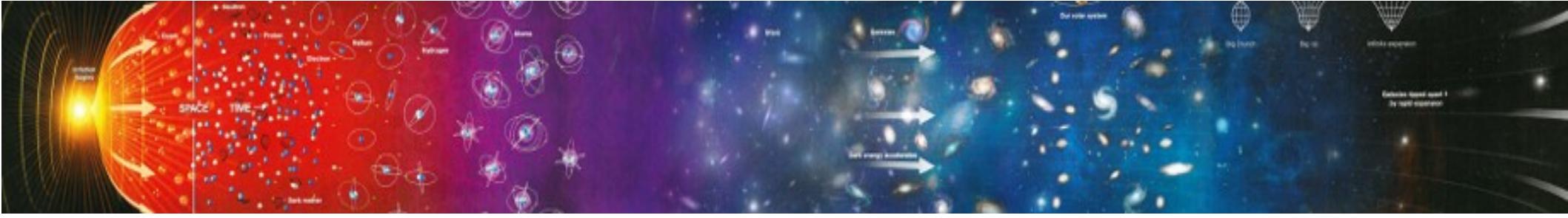
- El problema:
  - Las coordenadas horizontales cambian con la posición geográfica del observador
    - Dependen del “Horizonte del lugar”
- La solución:
  - Encontrar un sistema de coordenadas celestes que sea independiente de la posición geográfica
  - Referir las coordenadas a puntos constantes “en el cielo”
    - → Estudiamos el movimiento del cielo y determinar la presencia de constantes
    - → Usar esas constantes como puntos de referencia

# Coordenadas Ecuatoriales

- Se usa al Ecuador Celeste como círculo máximo en el cielo
- Coordenadas Ecuatoriales Horarias
  - Declinación:
    - Ángulo Respecto al Ecuador Celeste
    - Misma Convención de signos que en la Tierra (+ Norte, - Sur)
  - Acimut:
    - usa el corte entre el Ecuador Celeste y el Meridiano del observador como punto de partida.
    - El ángulo horario crece en sentido S-O-N

# Coordenadas horarias





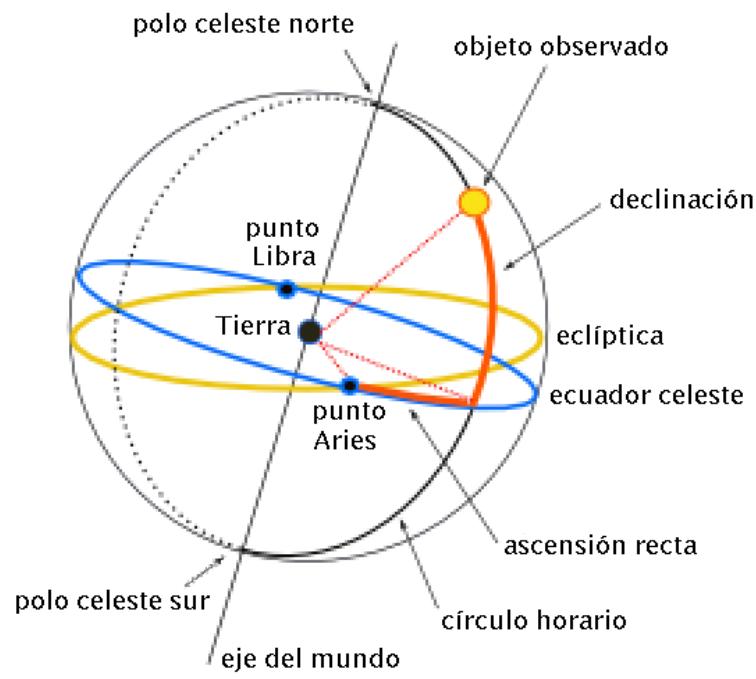


- El ángulo horario cambia a razón de  $15^\circ/\text{hora}$
- No son constantes

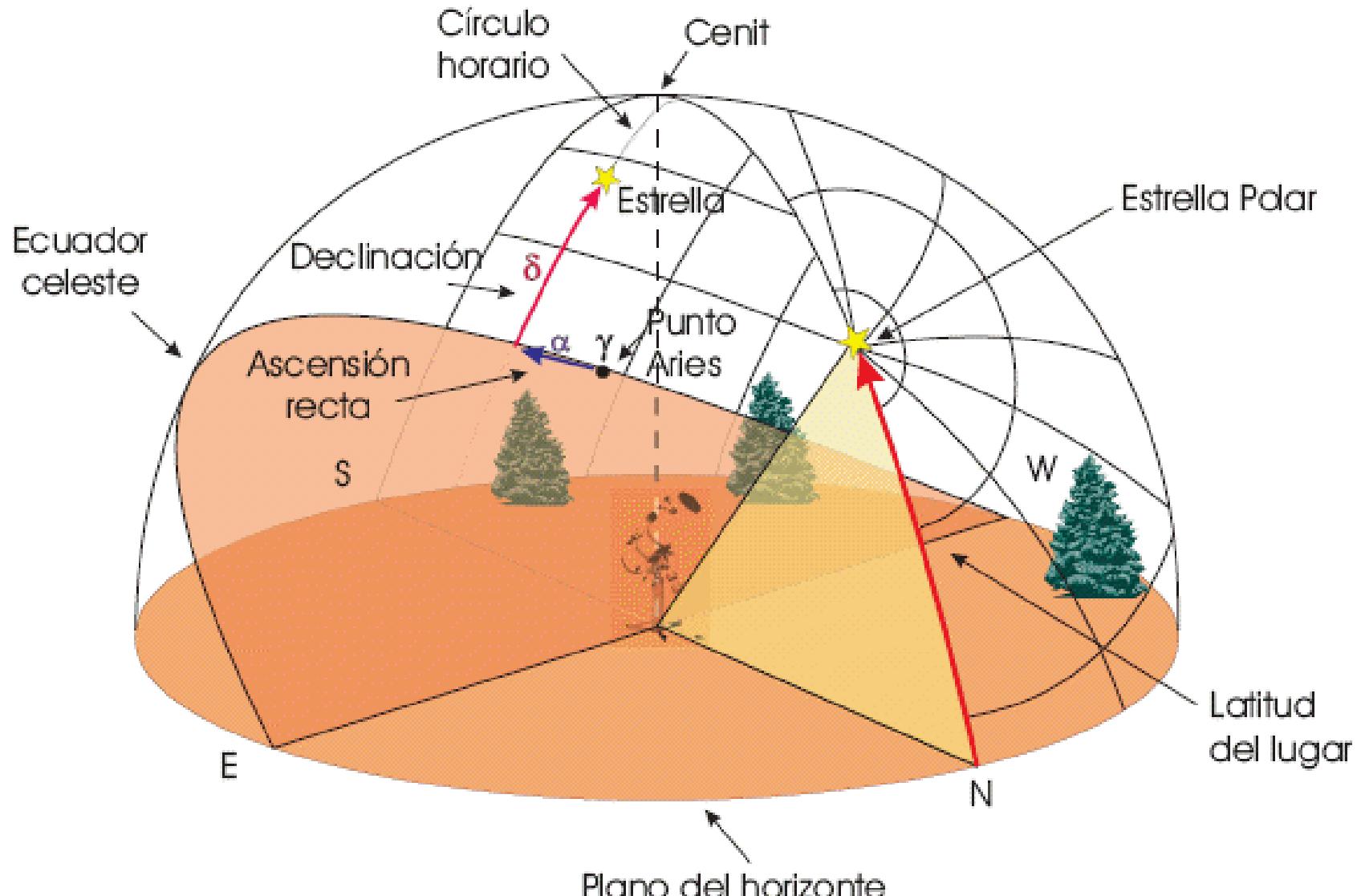


# Solución final

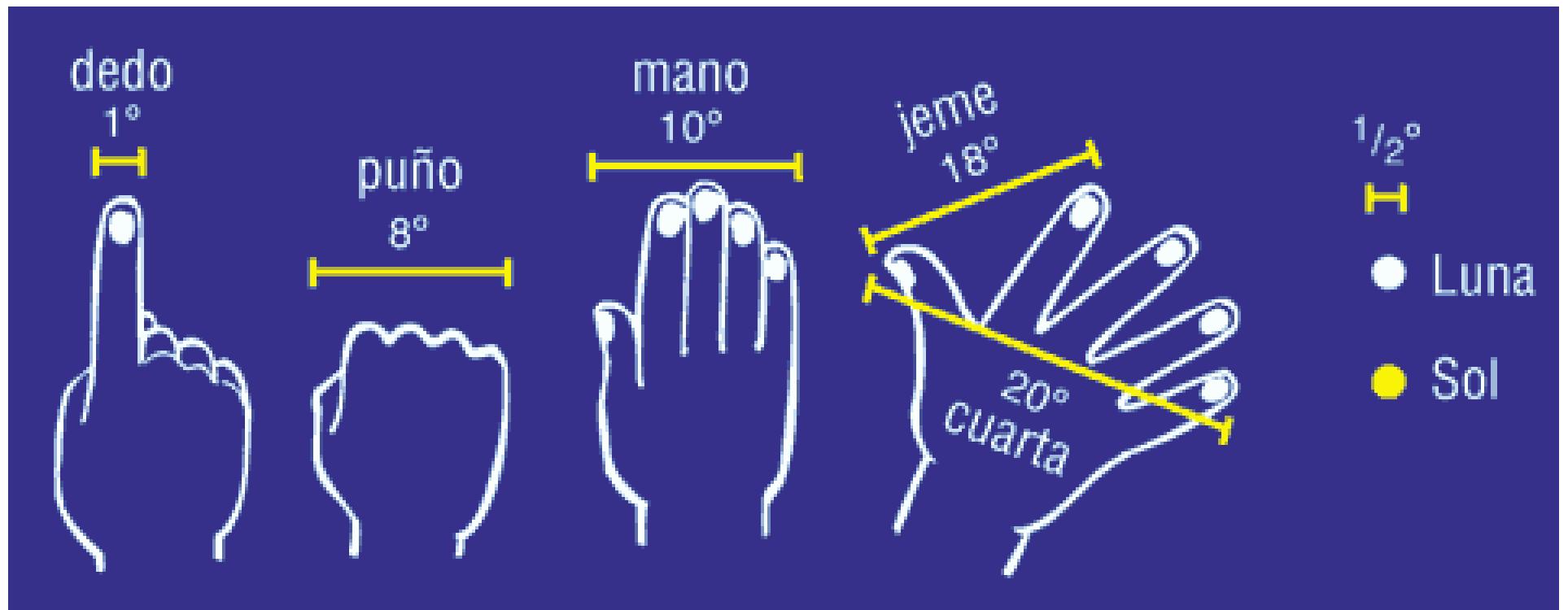
- Para el acimut, podemos usar el punto entre de corte entre la eclíptica y el Ecuador Celeste (Punto Aries)
- → **Ascención Recta**: Crece en dirección O-E
- **Declinación**: Altura sobre el Ecuador



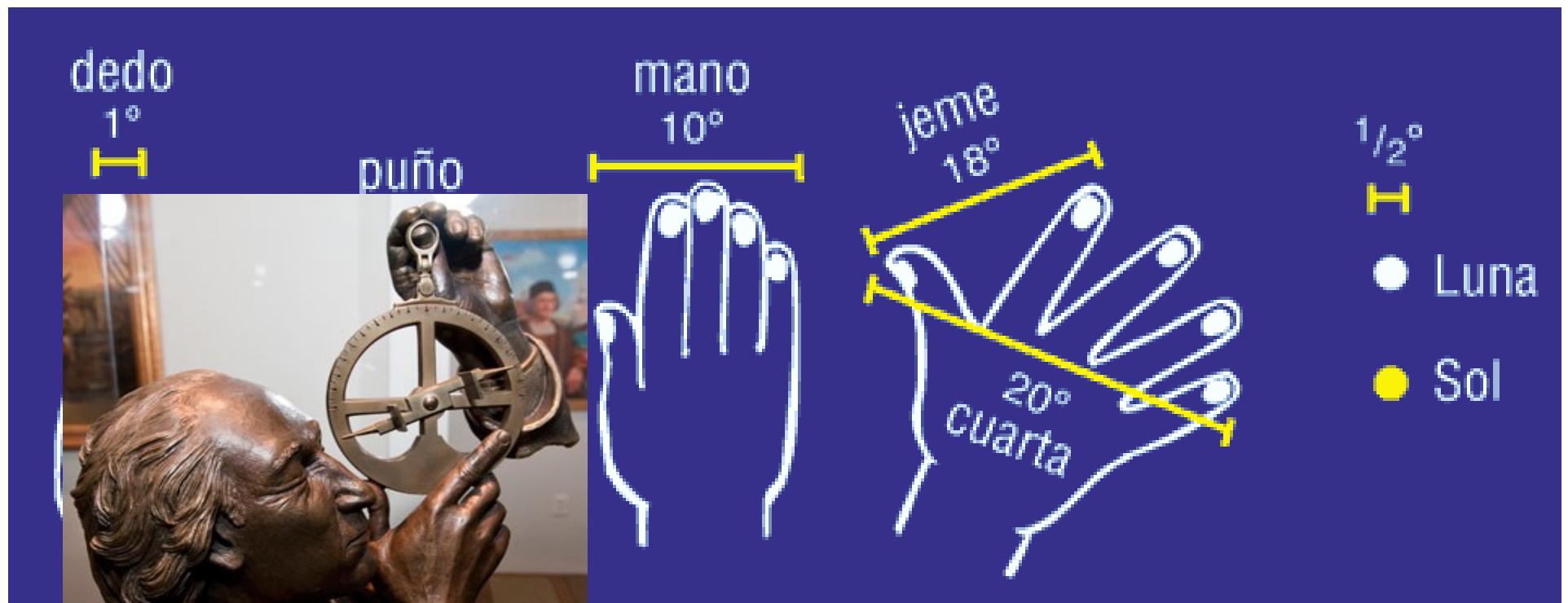
# Coordenadas Ecuatoriales



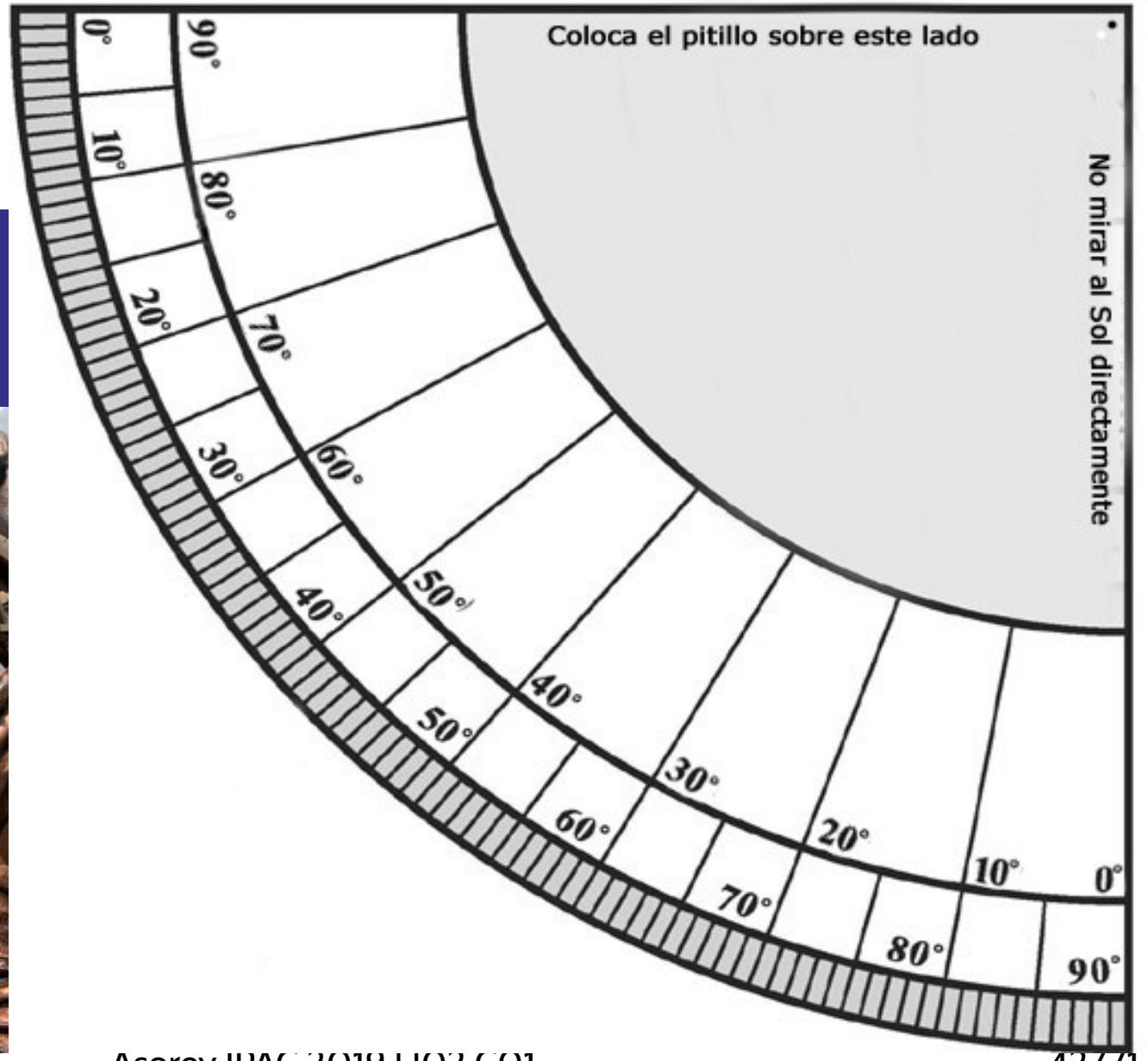
# Algunos instrumentos de medición



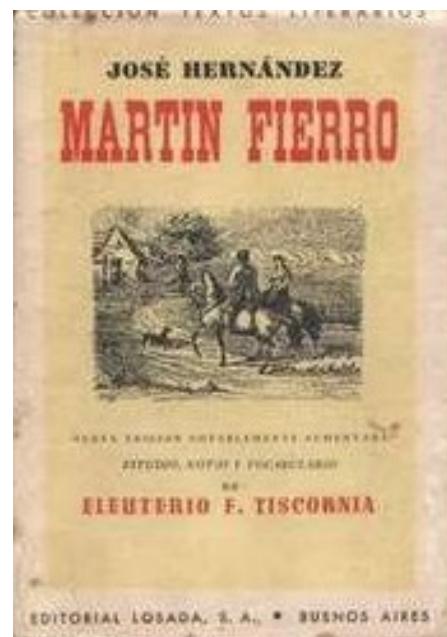
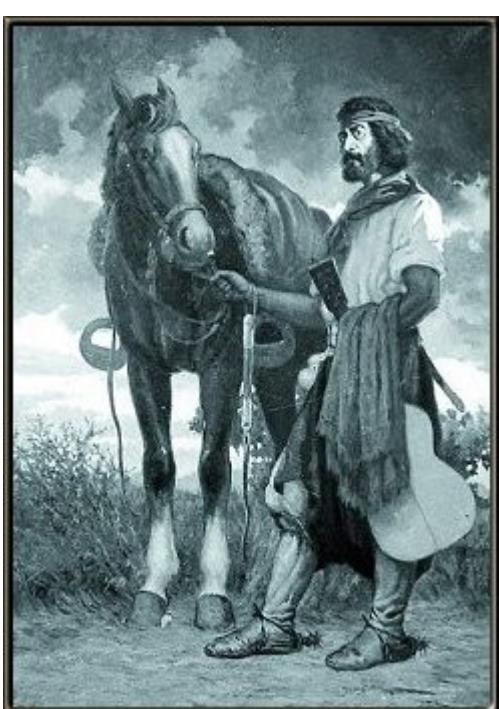
# Algunos instrumentos de medición



# Algunos instrumentos de medición



# El tiempo...



*El Moreno: Si responde a esta pregunta  
téngase por vencedor  
doy la derecha al mejor,  
y resóndame 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...

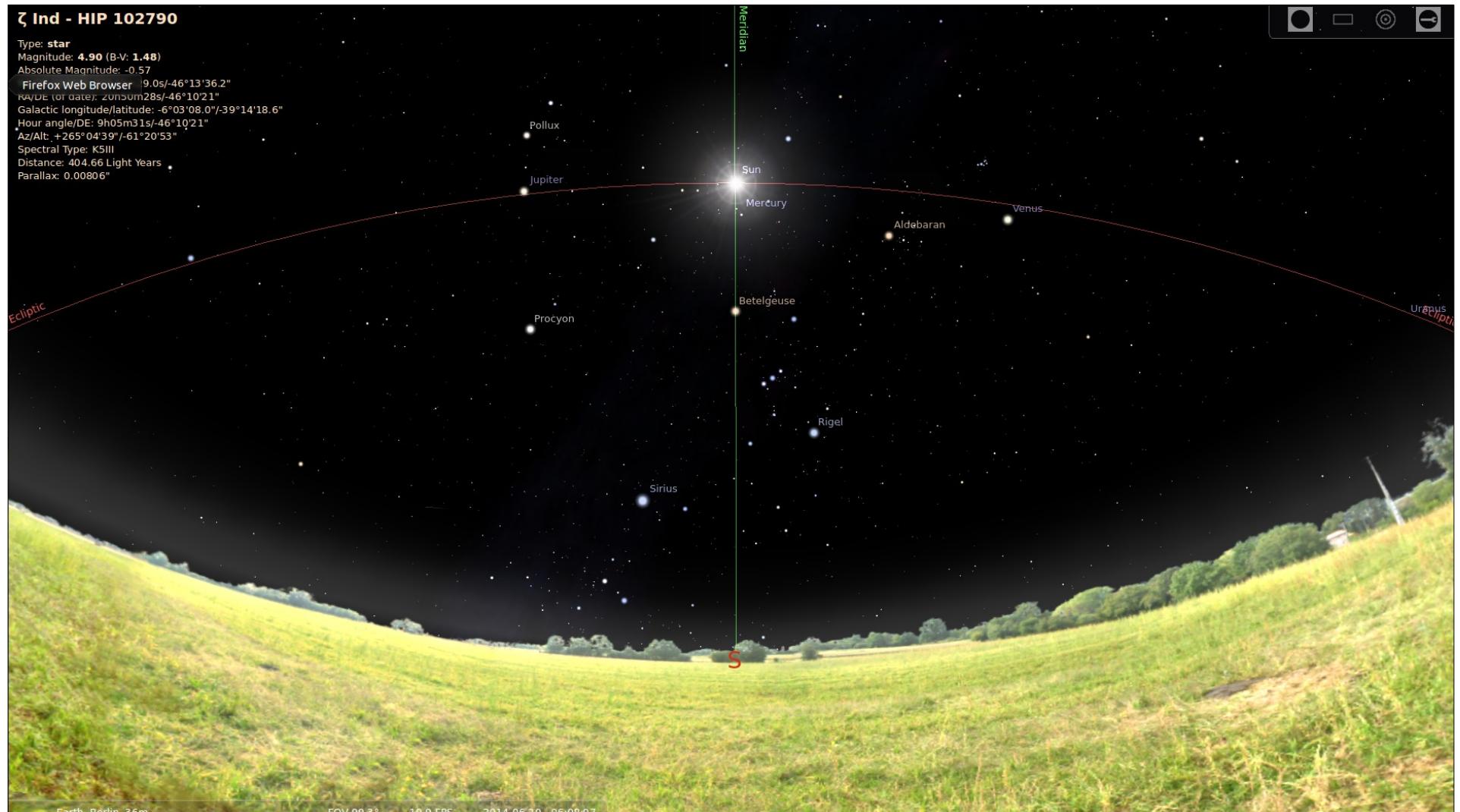
- Hasta 1950 el tiempo se definía en función de la rotación terrestre.
- La unidad básica, el segundo, correspondía a una fracción  $1/86400$  del día solar medio.
- Básicamente, asociamos el tiempo a la duración de ciertos eventos → escalas de tiempo.



# 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

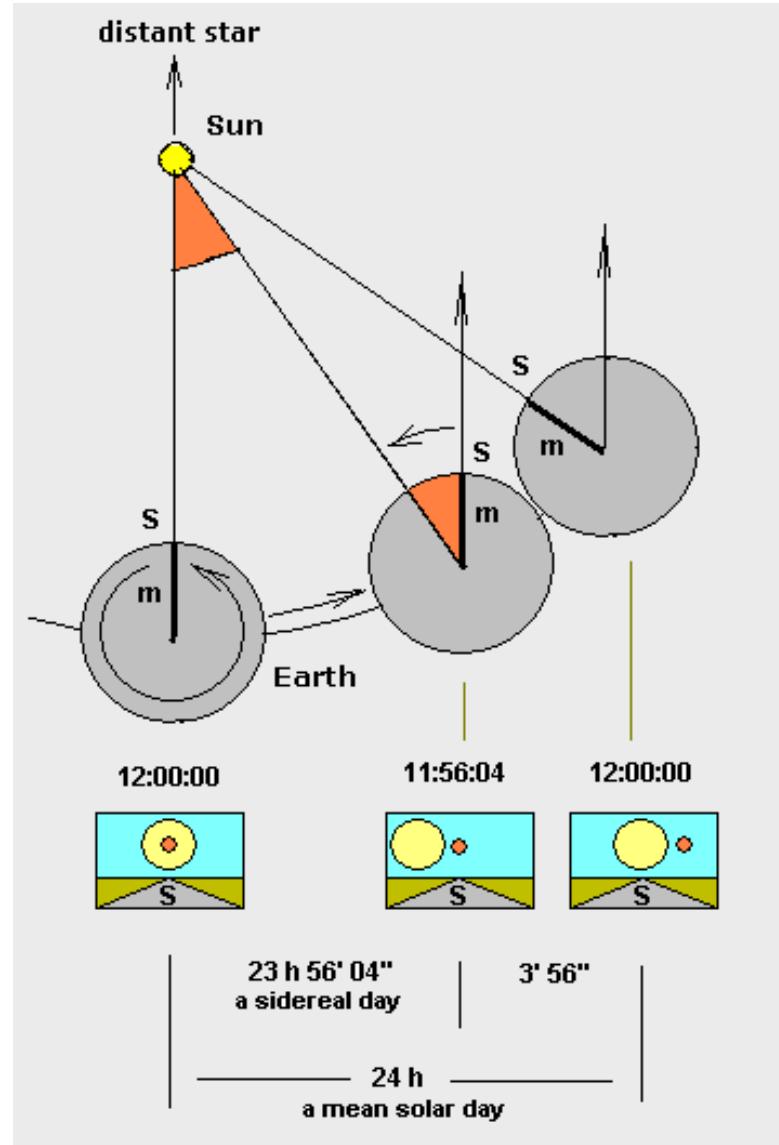




# Algunas definiciones

- Tiempo sidéreo:
  - Se define como el tiempo entre dos sucesiones consecutivas del punto Vernal por el meridiano del observador.

# Tiempo sidereo





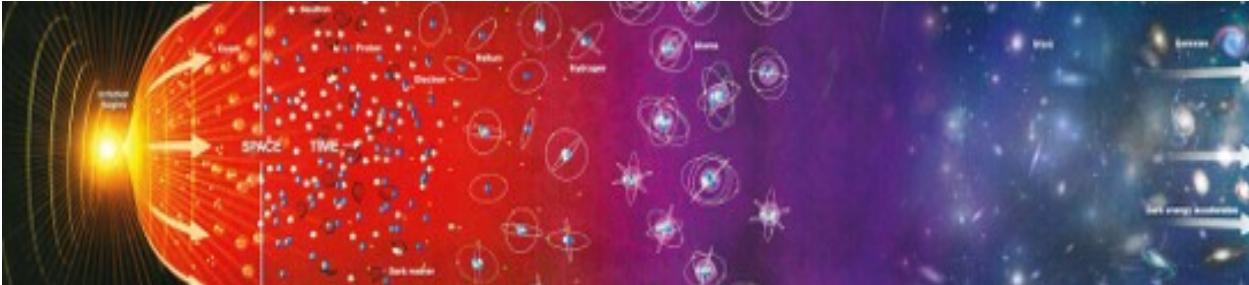
# Carta Celeste

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

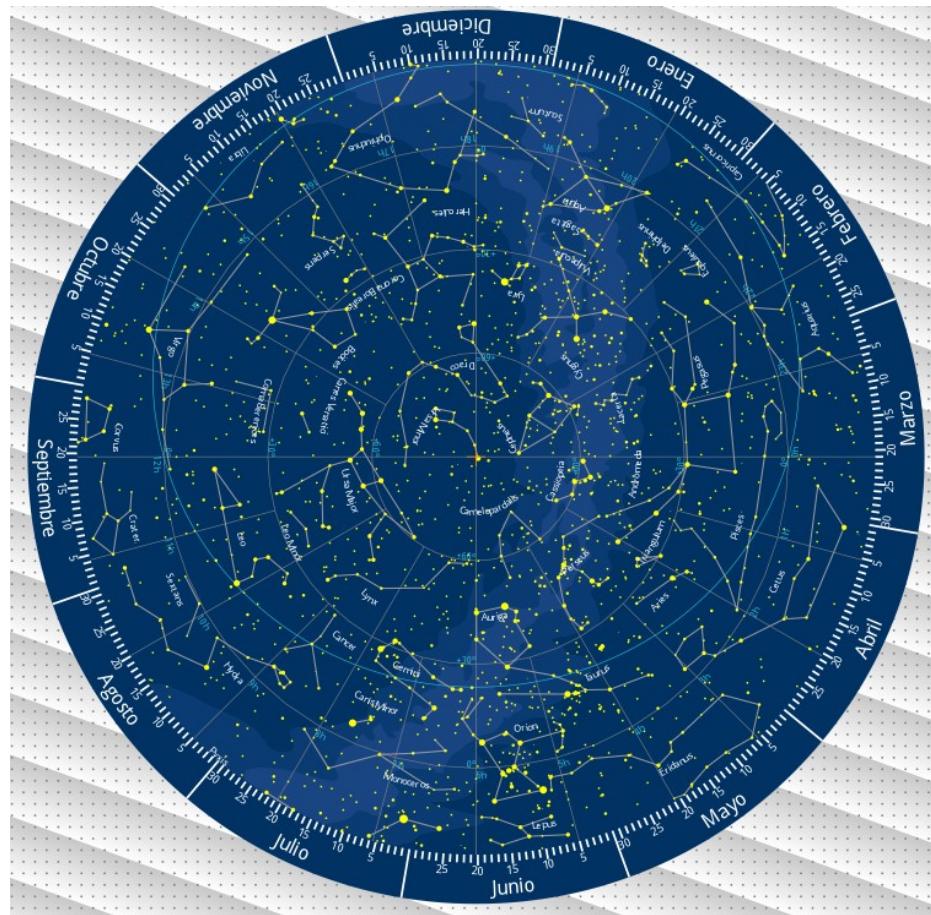


Quiero una de estas

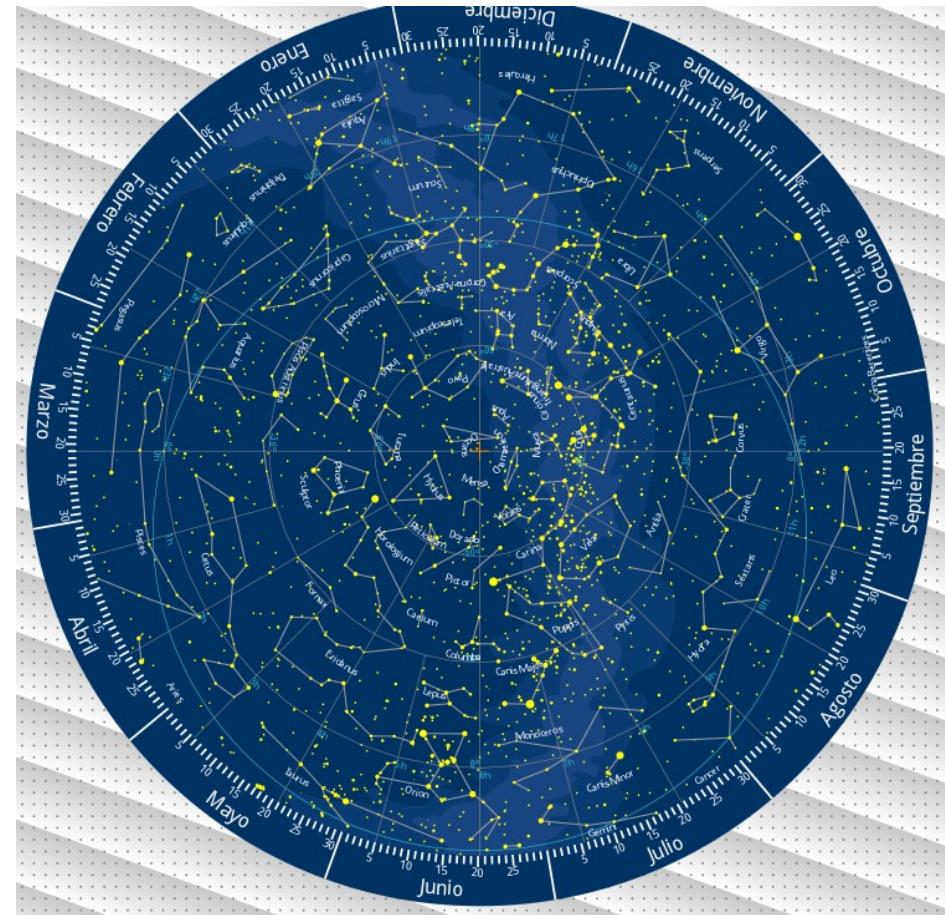




# Tenemos estas



Hemisferio Norte Celeste



Hemisferio Sur Celeste

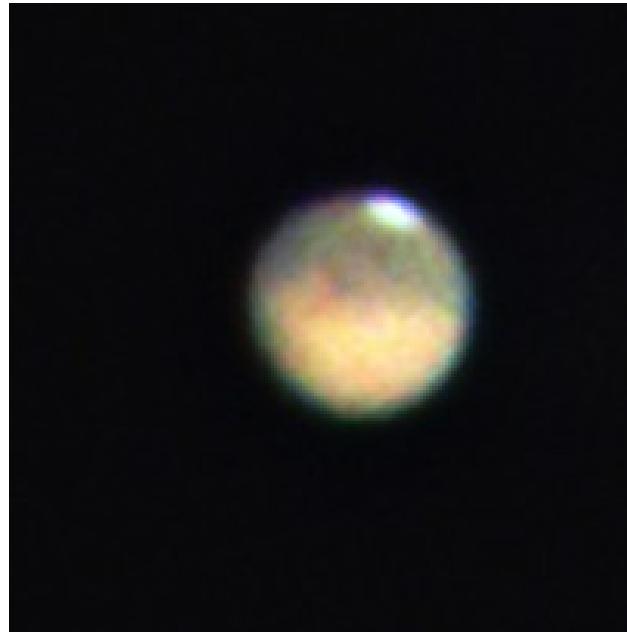
- Dos problemas:
  - ¿Los planetas?
    - Planeta = errante, ya que los planetas presentan movimientos propios respecto a la esfera celeste
    - Los planetas están cerca de la eclíptica y “no titilan”

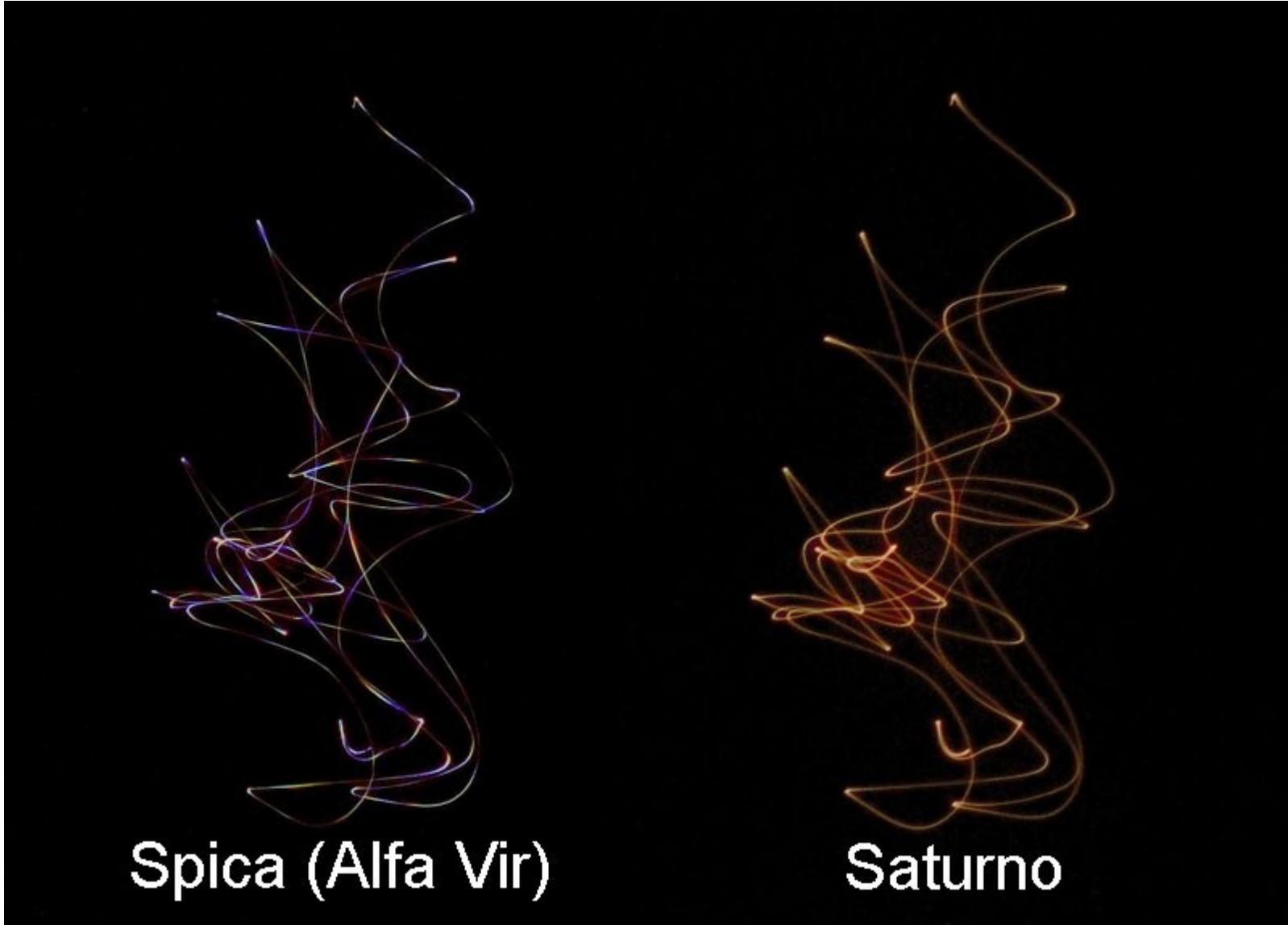
# Planetas



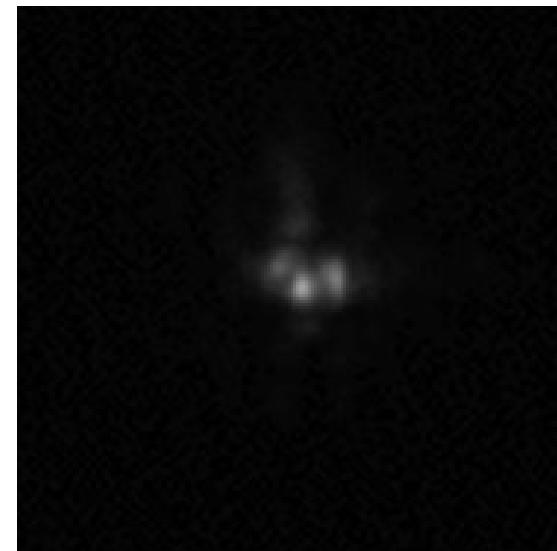
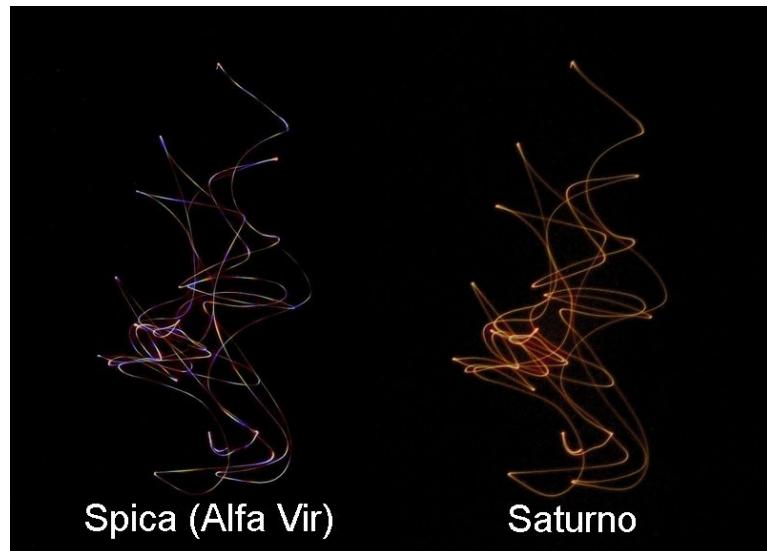
- Planetas

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

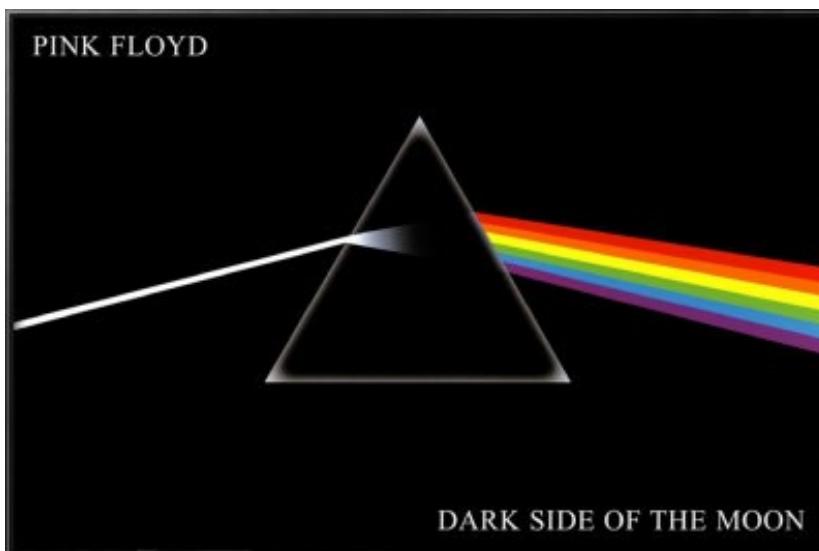




# Titilando

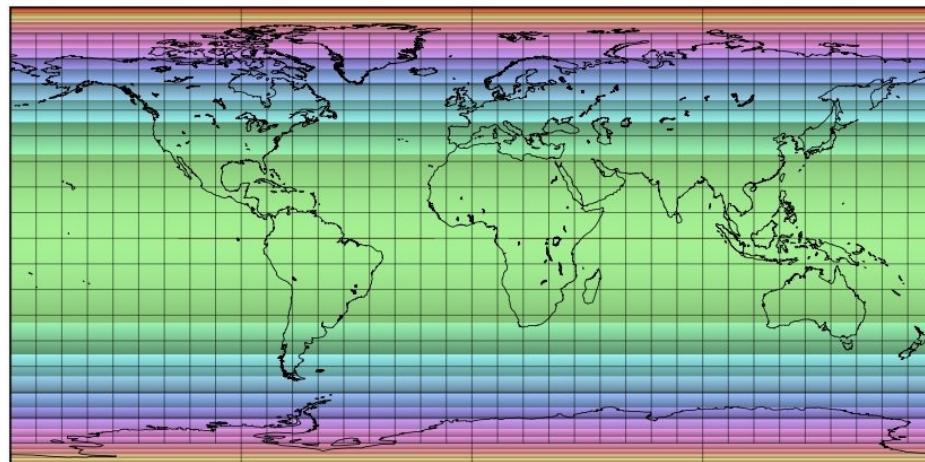


<http://www.atoptics.co.uk/>

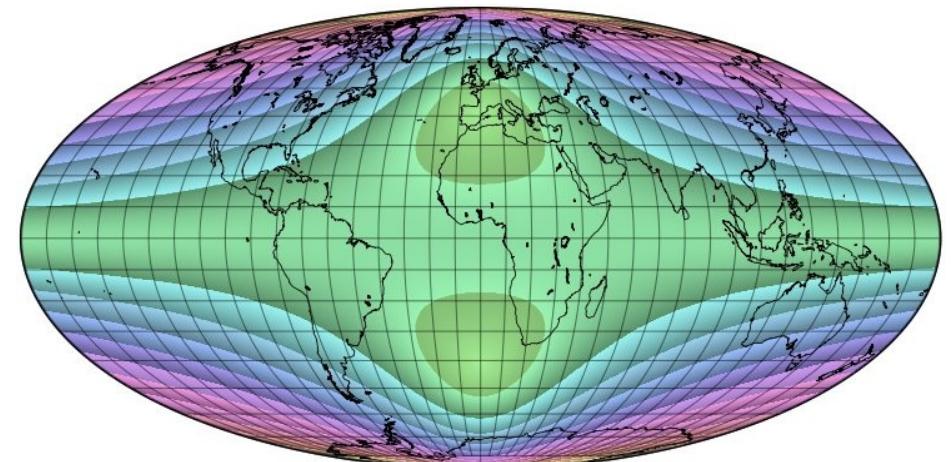


- Dos problemas:
  - ¿Los planetas?
    - Planeta = errante, ya que los planetas presentan movimientos propios respecto a la esfera celeste
    - Los planetas están cerca de la eclíptica y “no titilan”
  - Como dibujo una esfera (3D) sobre un papel (2D)
    - Proyecciones (típicas):
      - Cónica
 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

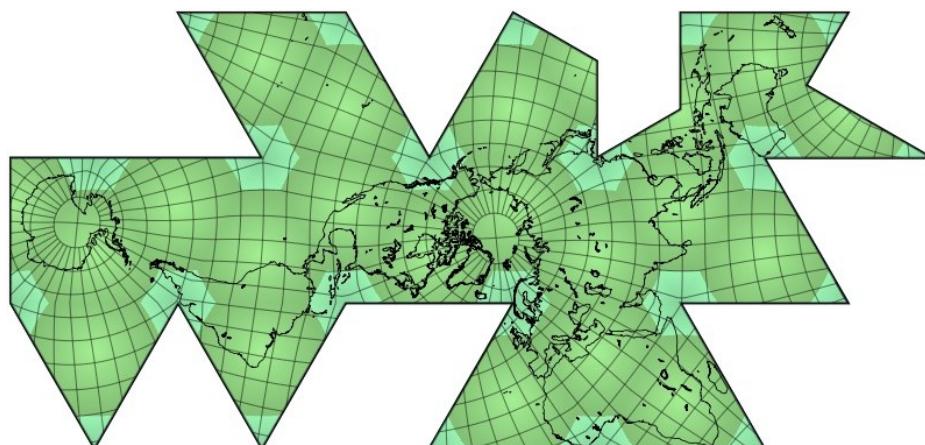
# Deformación en cuatro proyecciones



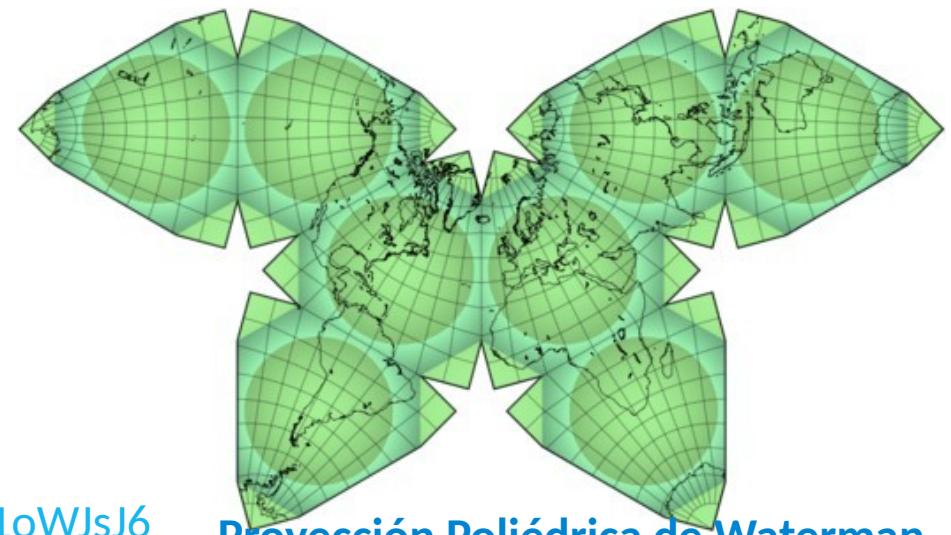
Proyección Cilíndrica Equidistante



Proyección Mollweide



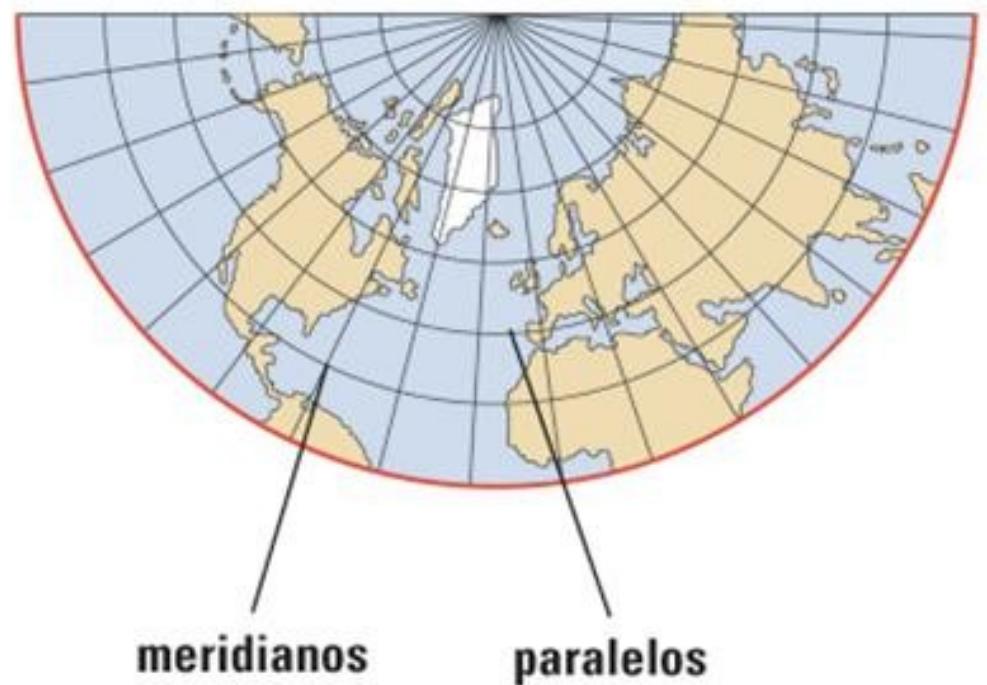
Proyección Dymaxion



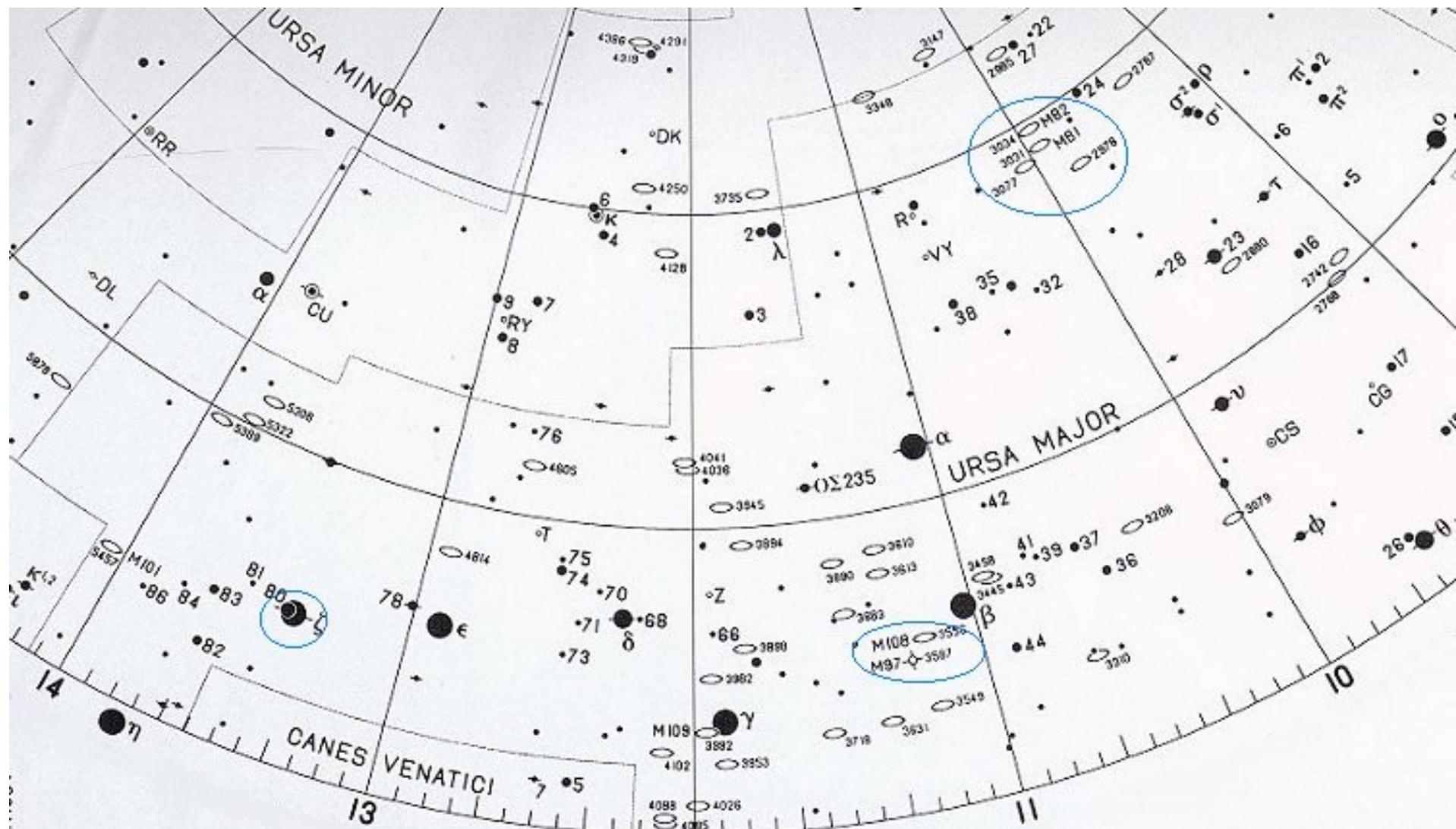
<http://bit.ly/1oWJsJ6>

Proyección Poliédrica de Waterman

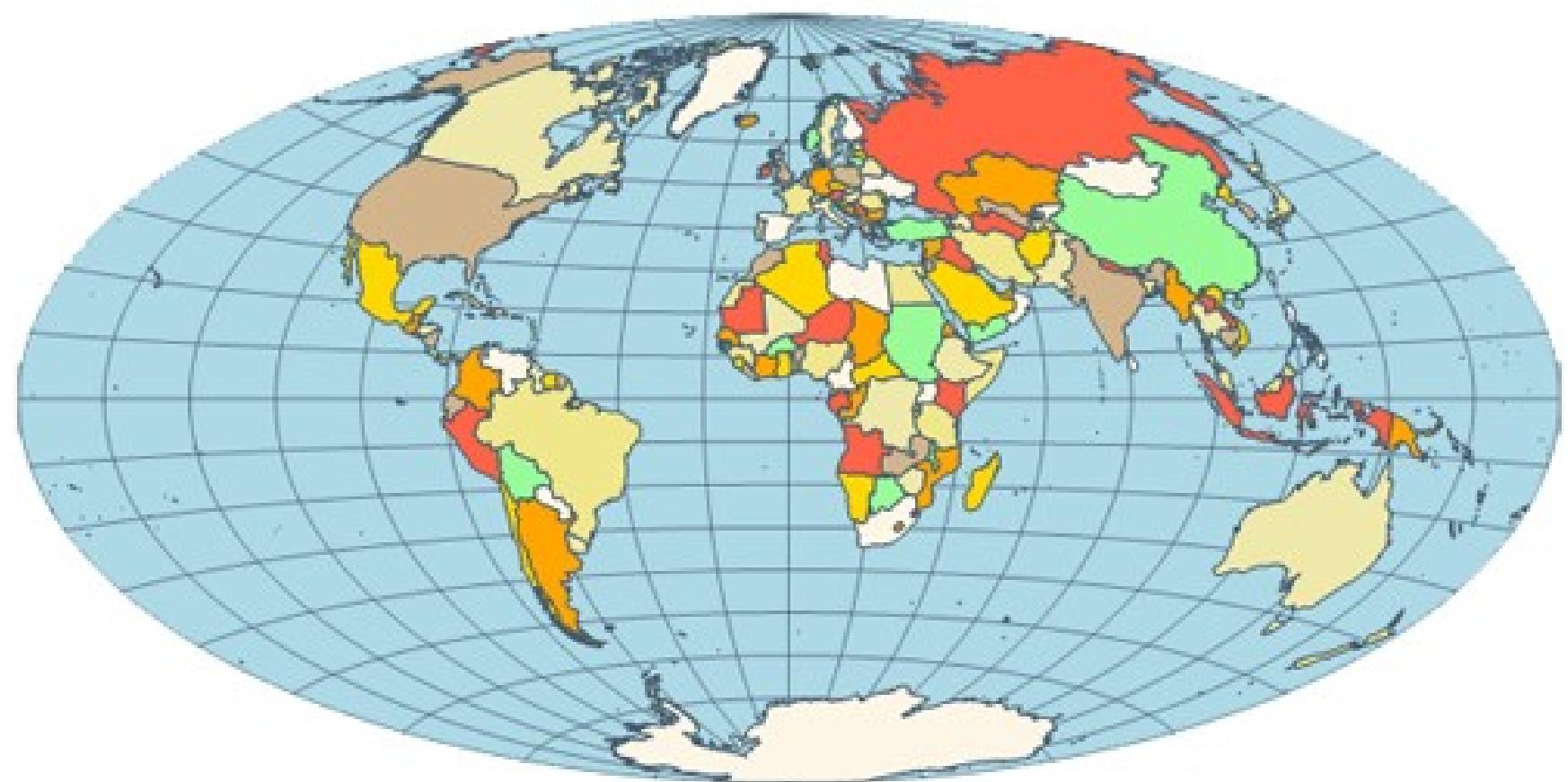
# Proyección Cónica



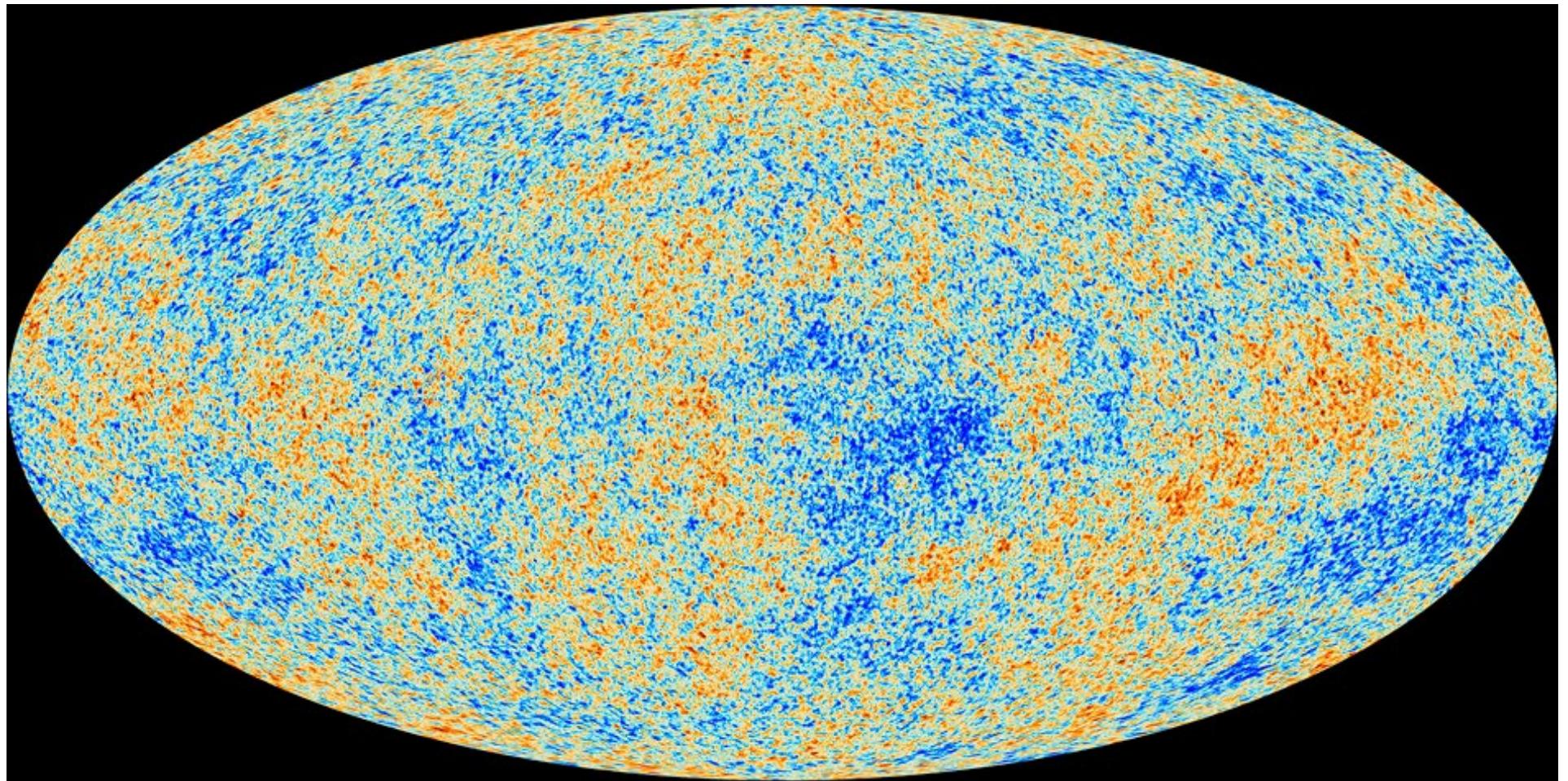
# Proyección Cónica



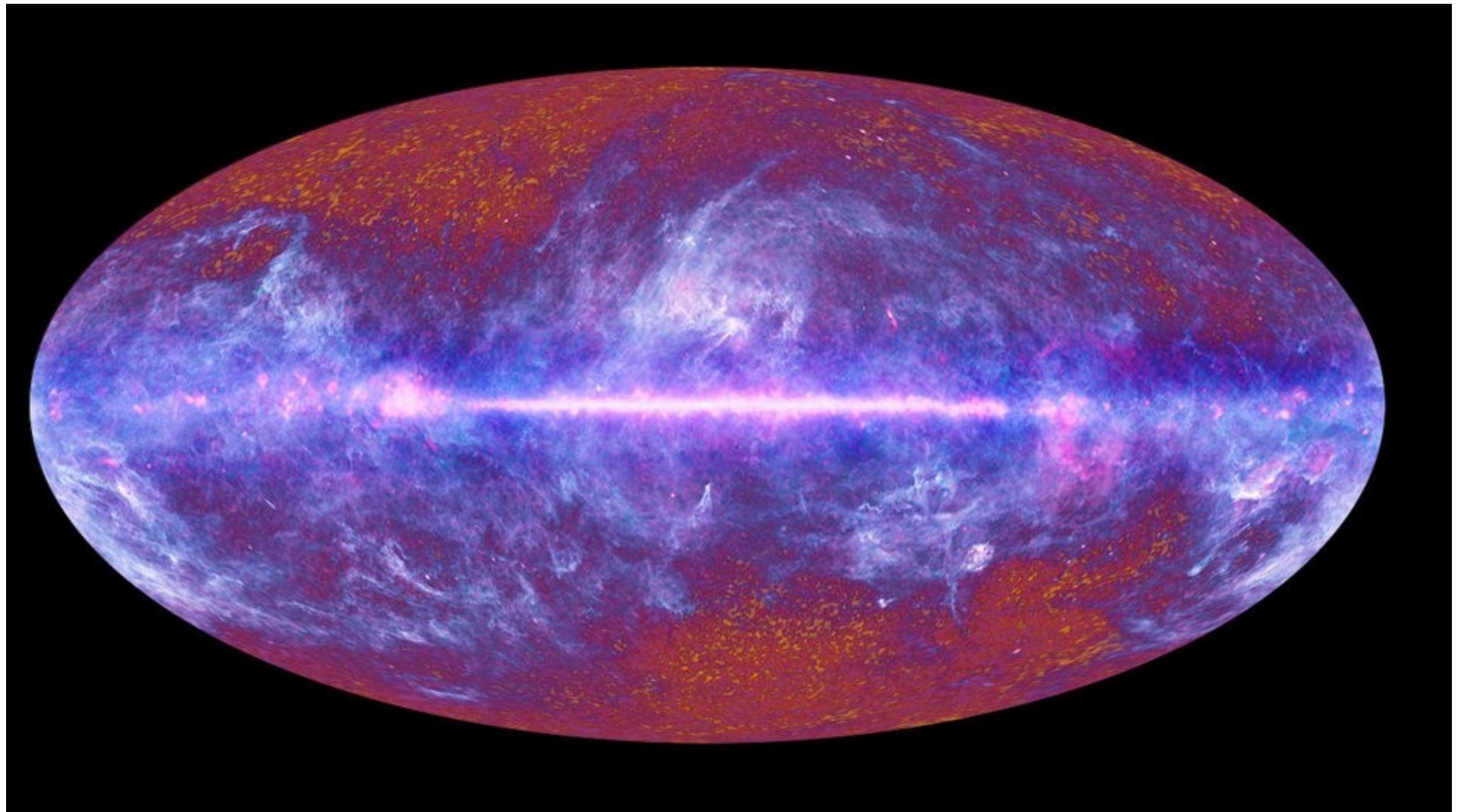
# Proyección de Hammer



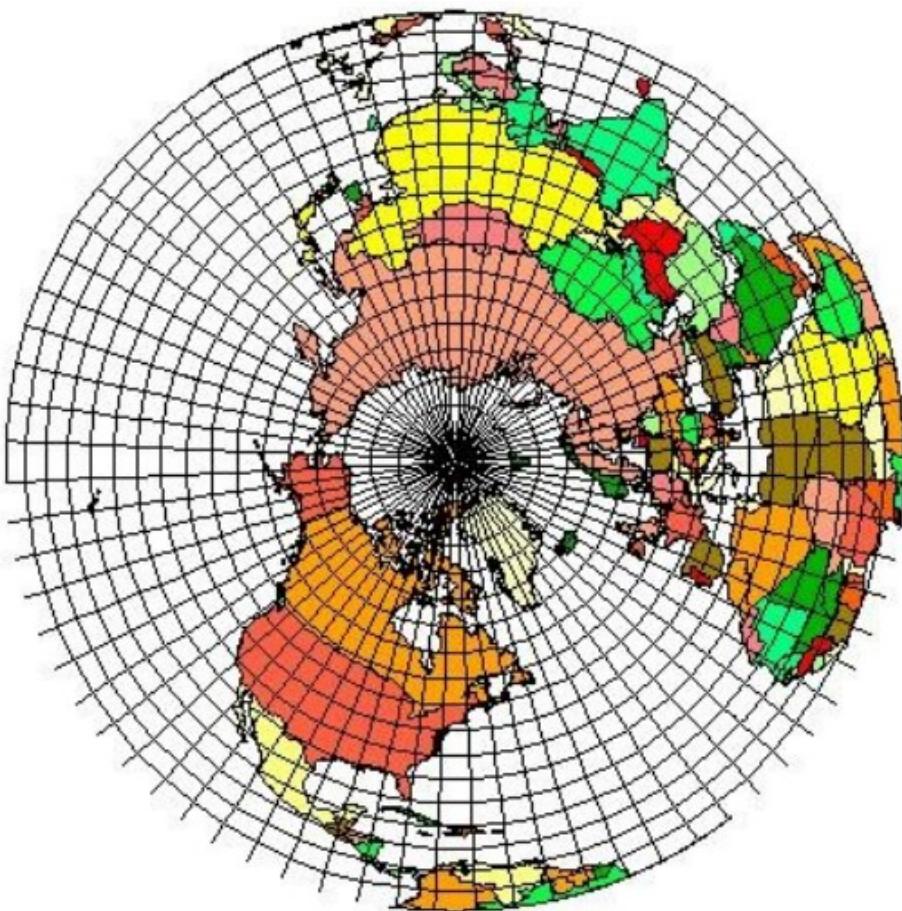
# Diferencias de temperaturas en el cielo



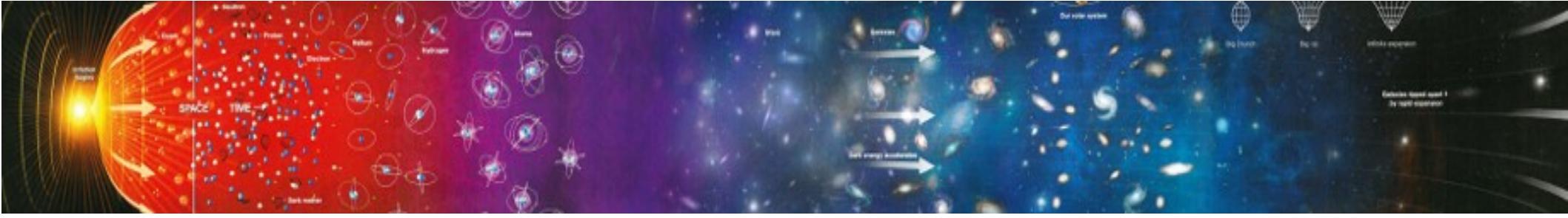
# El Cielo en microondas



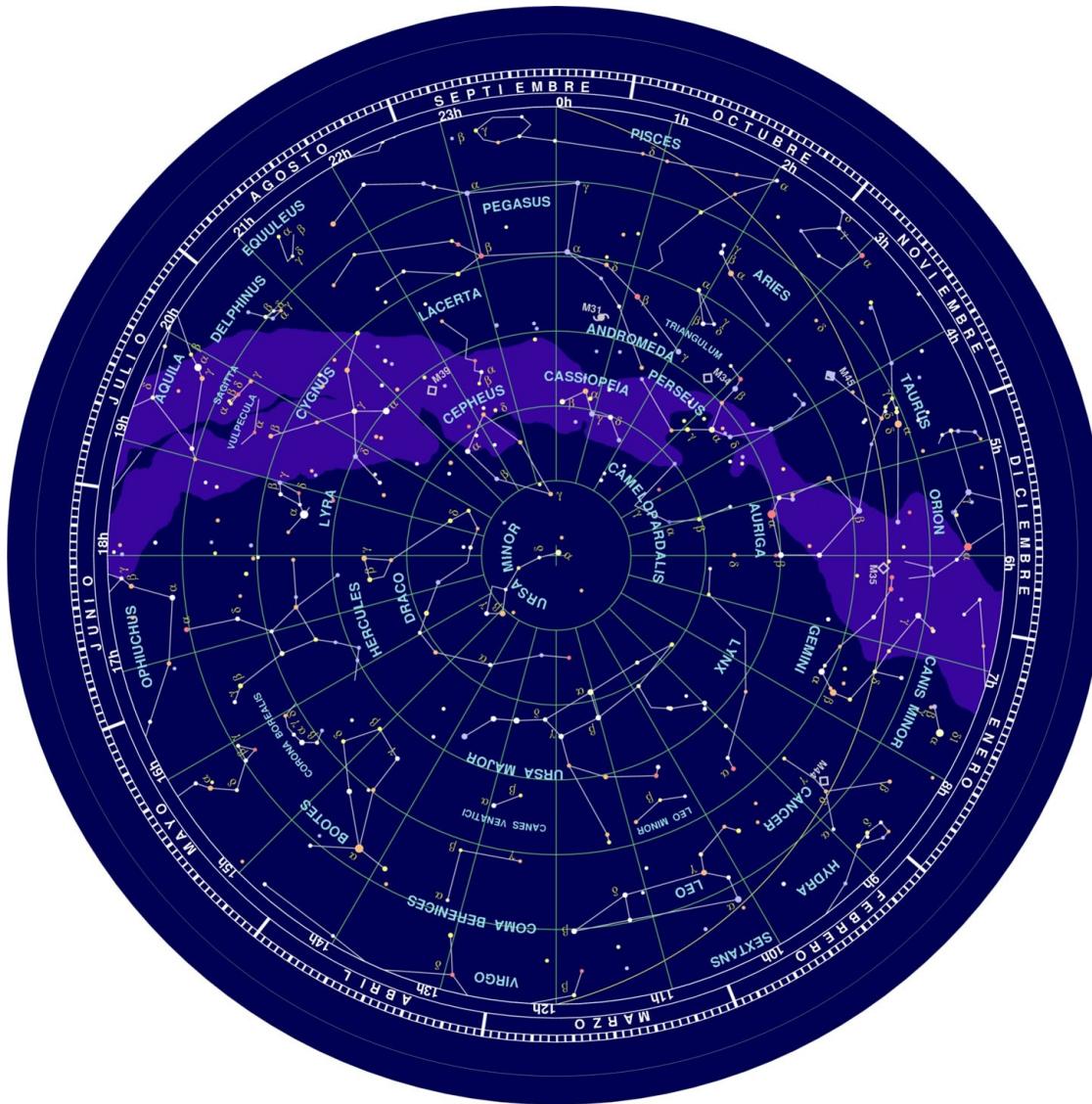
# Proyección de Lambert



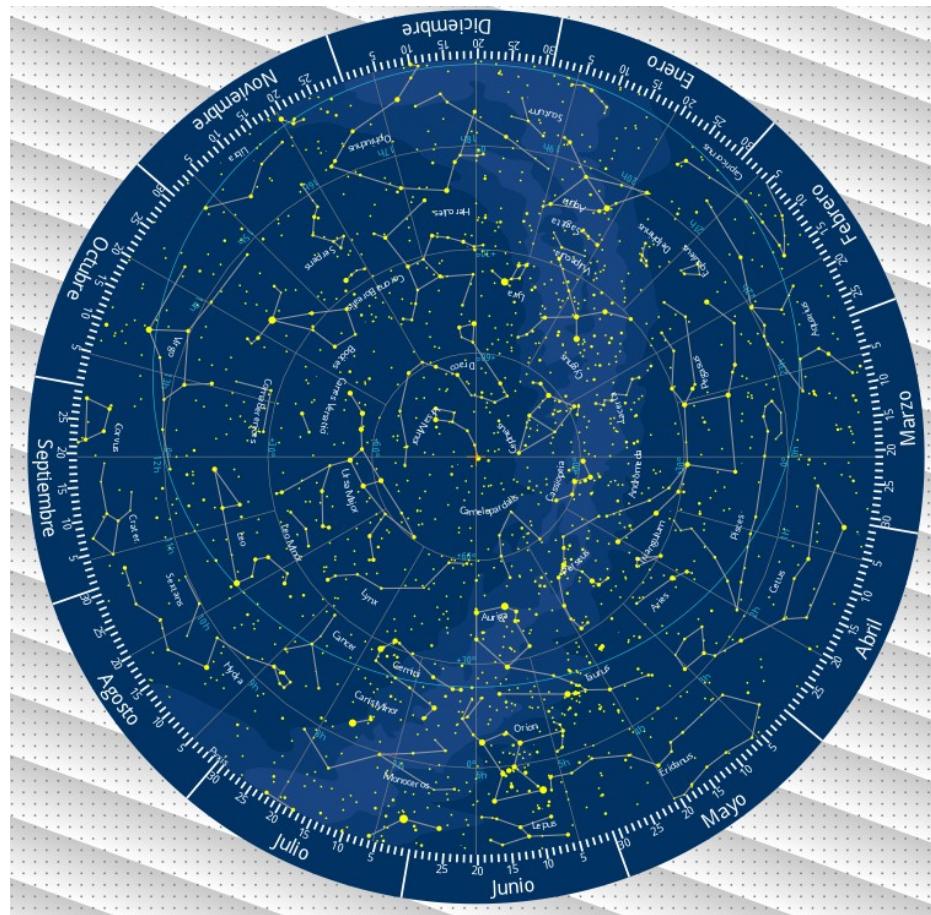
- El borde de la proyección es uno de los círculos máximos de la esfera
- El centro de la proyección es un polo respecto al que se realiza la proyección



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



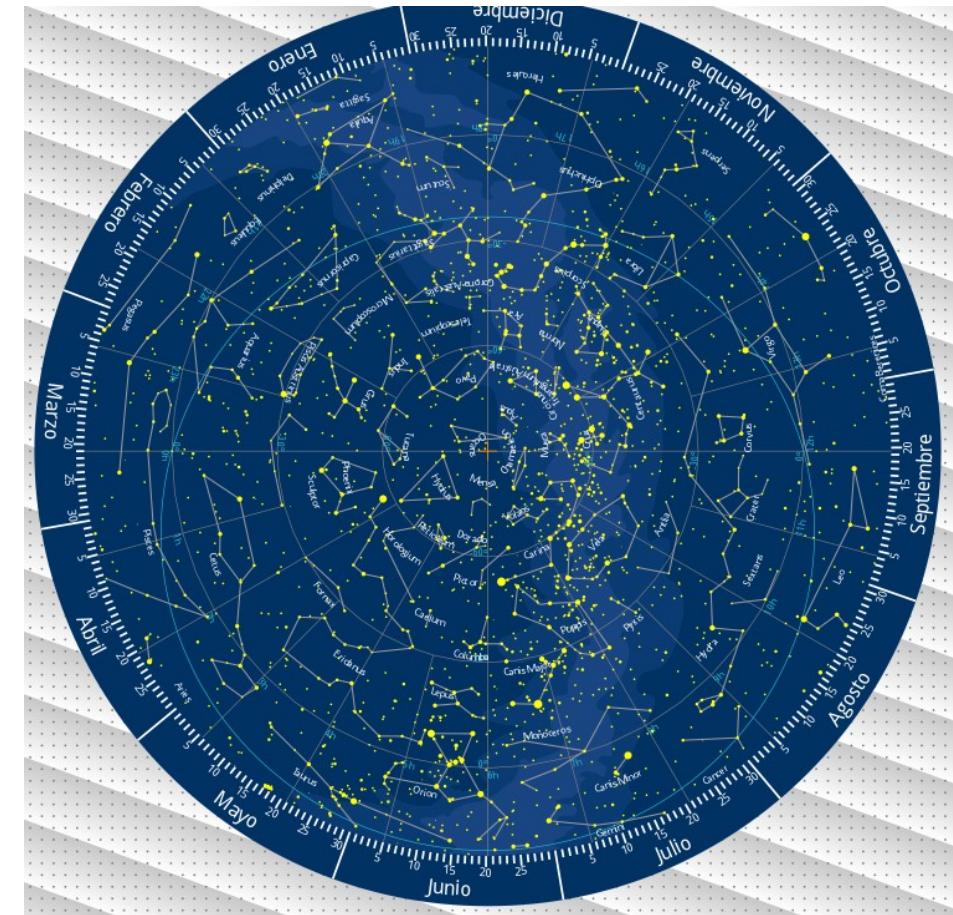
# Carta celeste



Hemisferio Norte Celeste

Sep 25, 2019

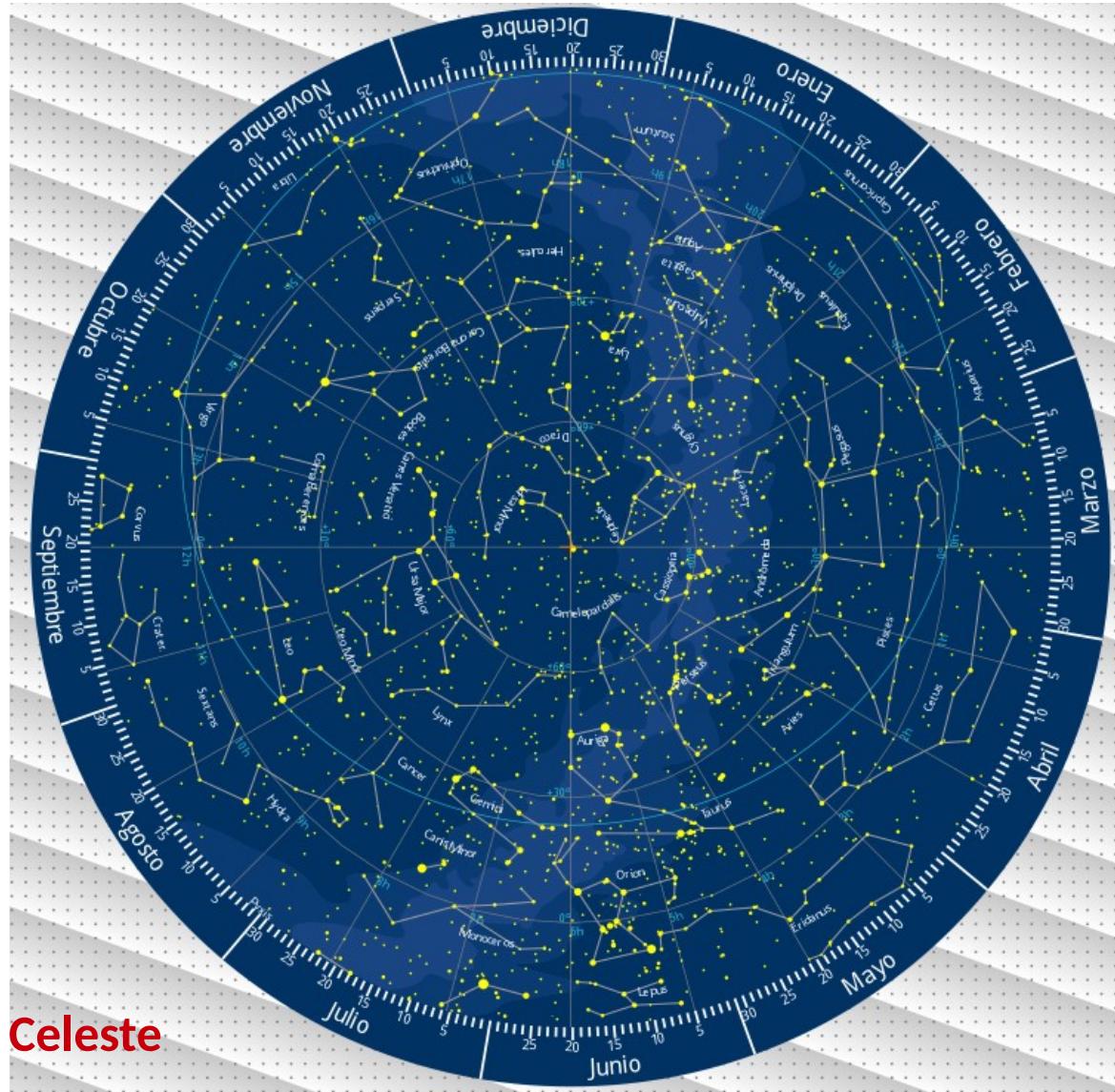
Asorey IPAC 2019 U02 C01



Hemisferio Sur Celeste

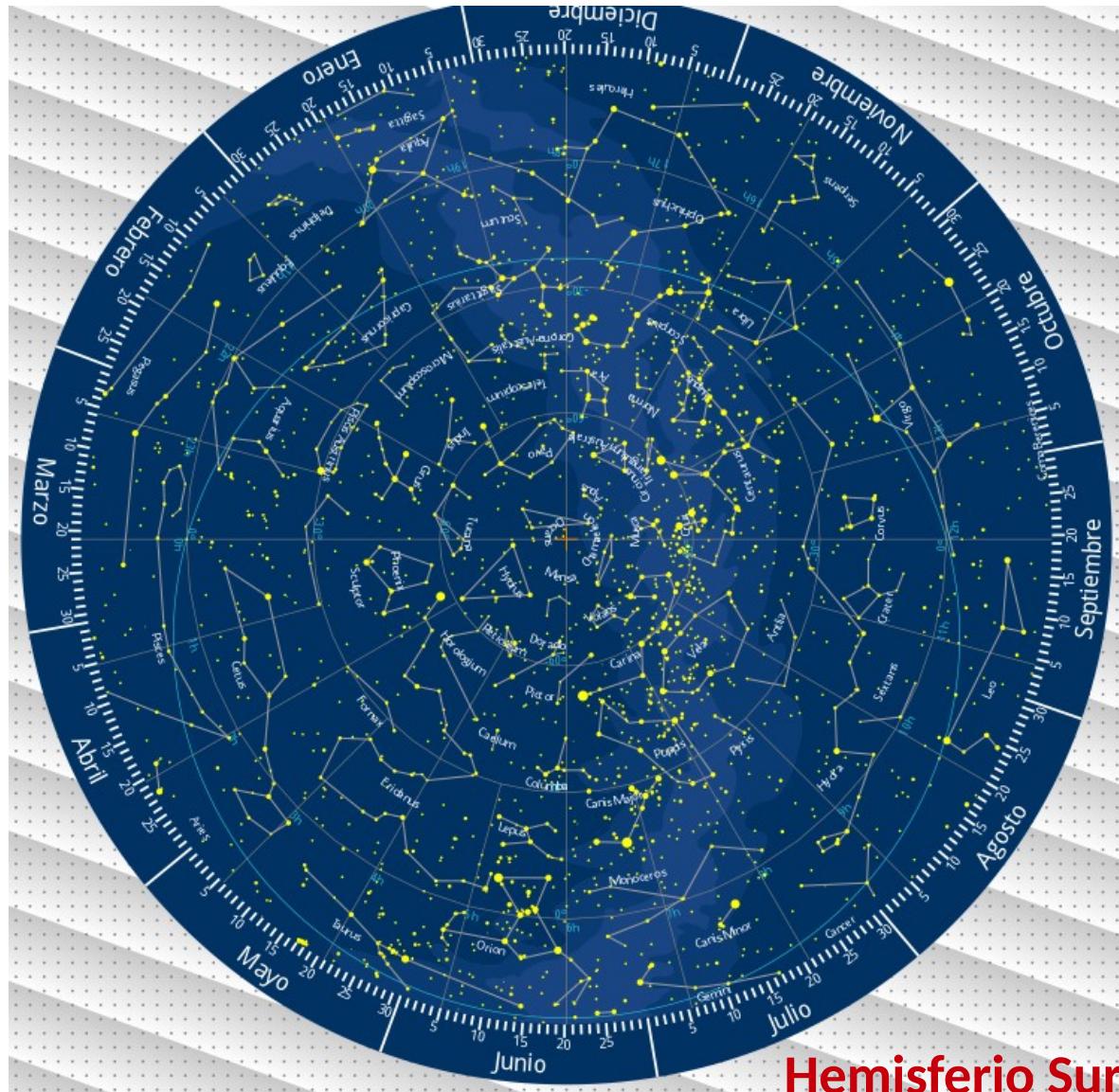
65/71

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



Hemisferio Norte Celeste

# Hemisferio Sur (Lat = +5° ~ Bogotá)

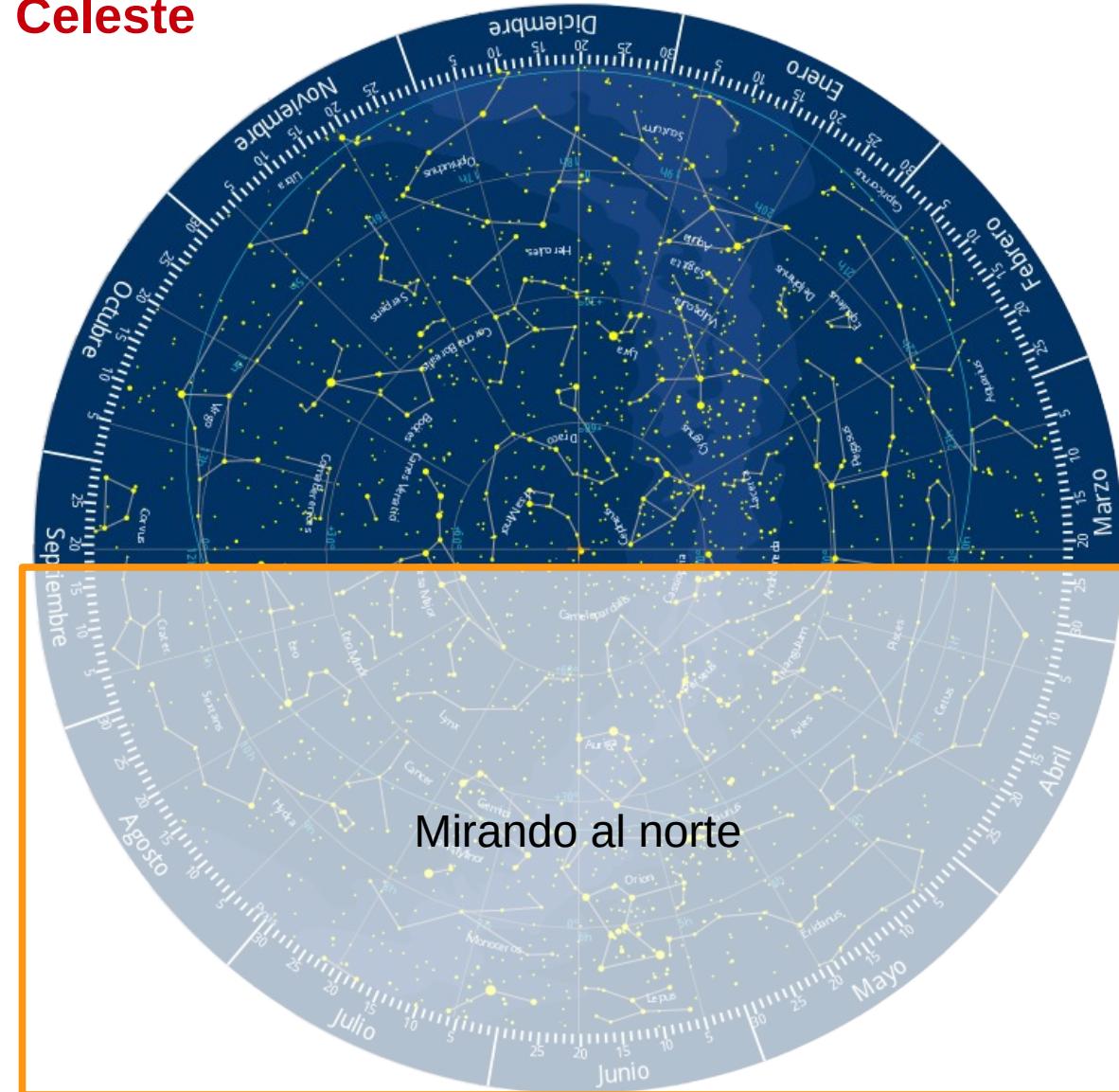


Hemisferio Sur Celeste

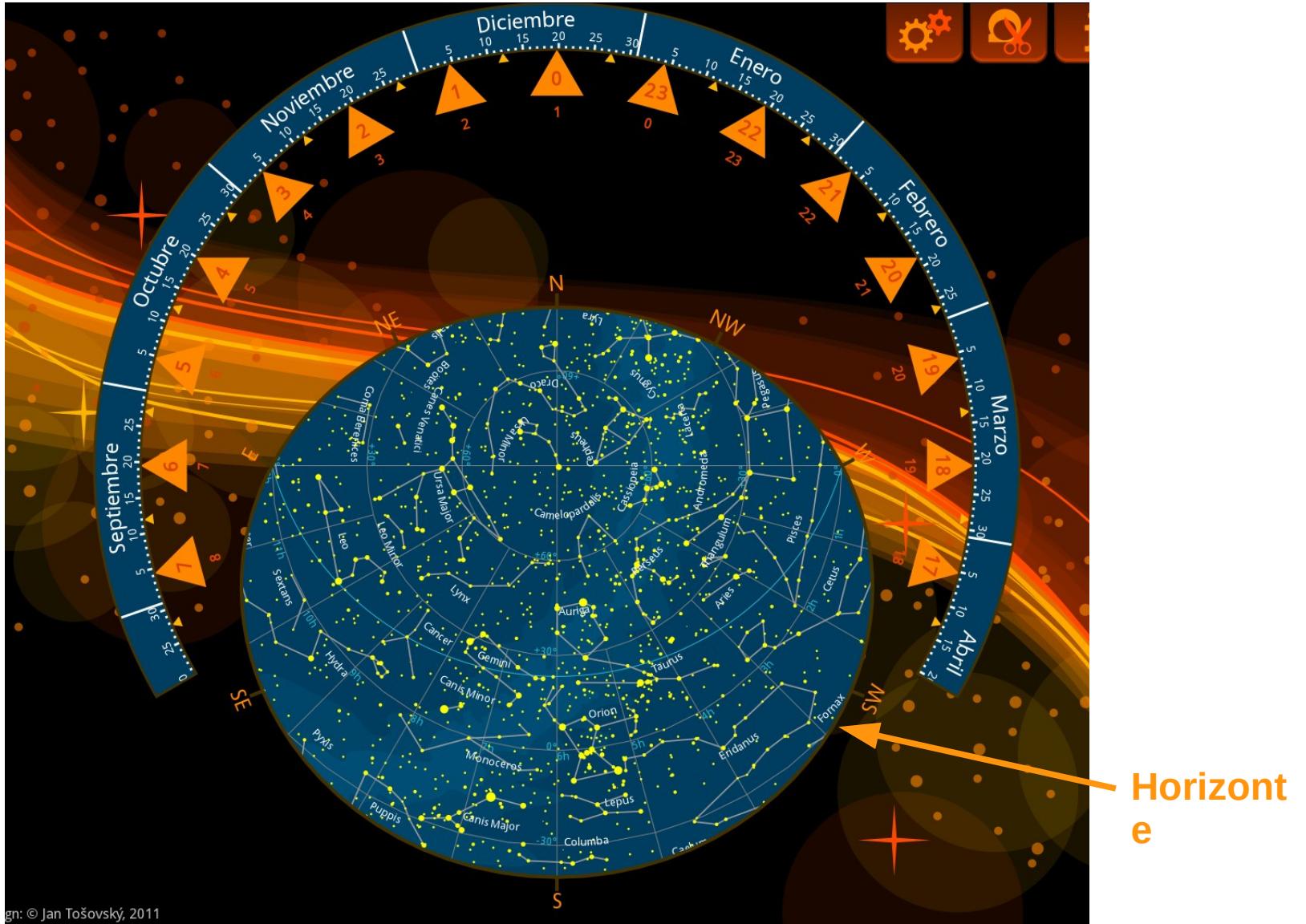
# Carta celeste



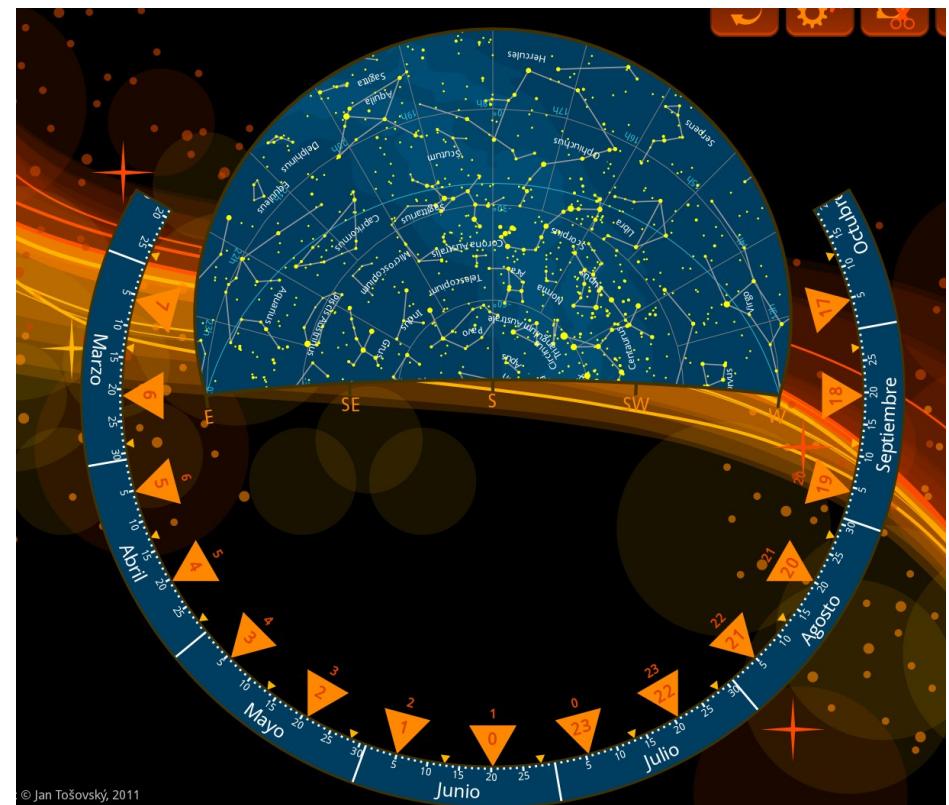
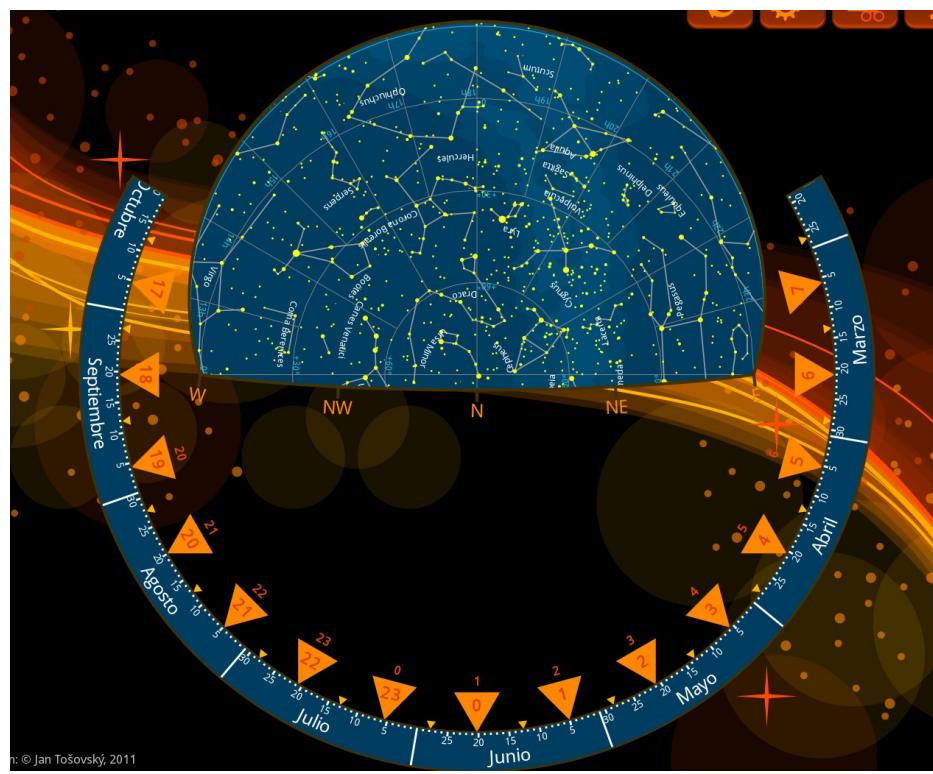
## Hemisferio Norte Celeste



# En otras latitudes: +50



# En otras latitudes: +5



# En otras latitudes: -40

