

Máster de formación de profesorado de
educación secundaria

Módulo Específico
Complementos de formación disciplinar

Física y Química
para el mundo contemporáneo

Tema I.3

Nuestro lugar en el Universo

Javier Bussóns Gordo

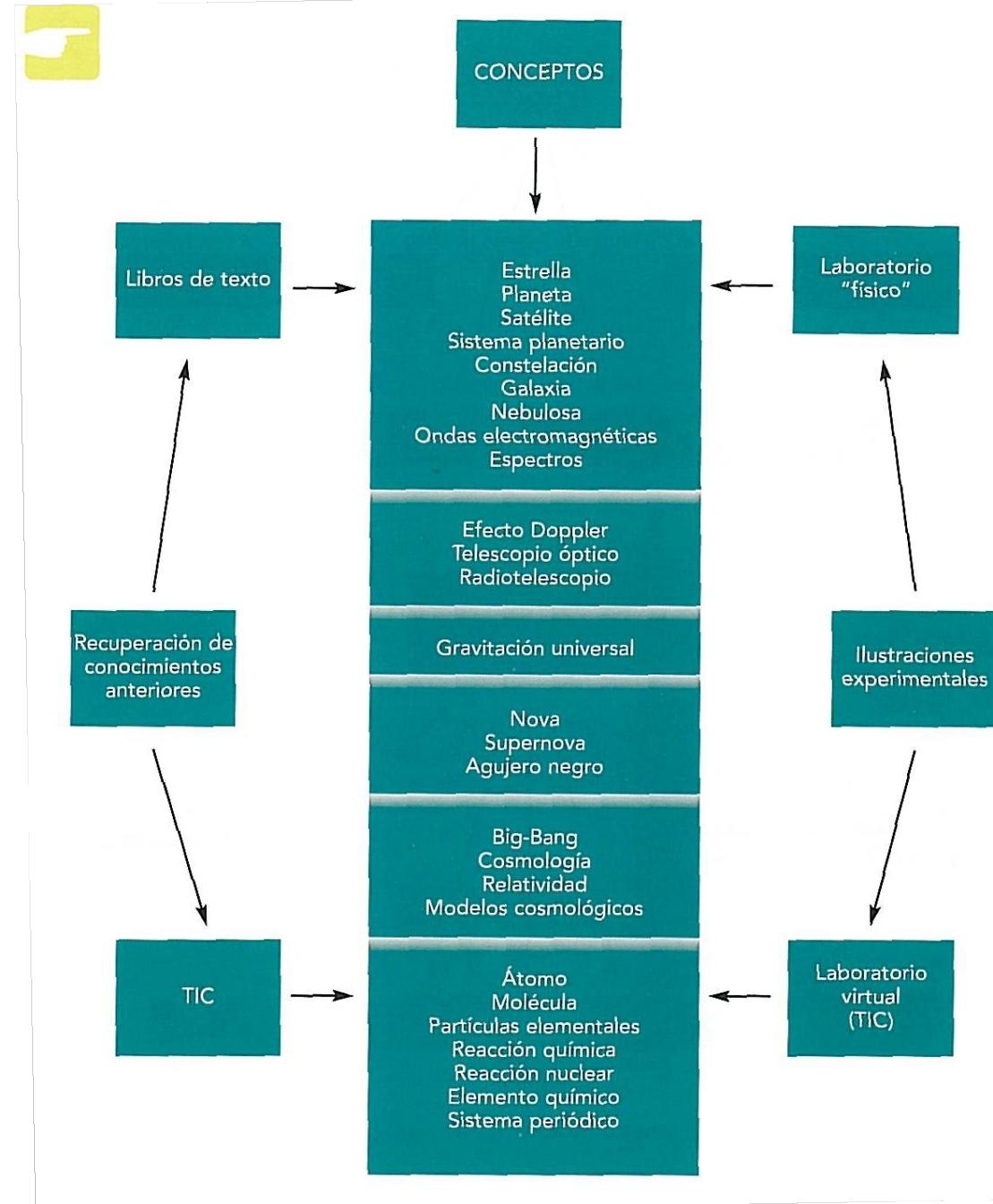
+ II.1 Física y Salud

+III.5 Tecnologías de la Información

+IV.1 Energía

- Formación y actualización del profesorado [JBG]
 - Conceptos básicos sobre el Universo
 - Utilización de herramientas astronómicas
- Adaptaciones de los contenidos [vosotros]
 - Sesión docente interactiva

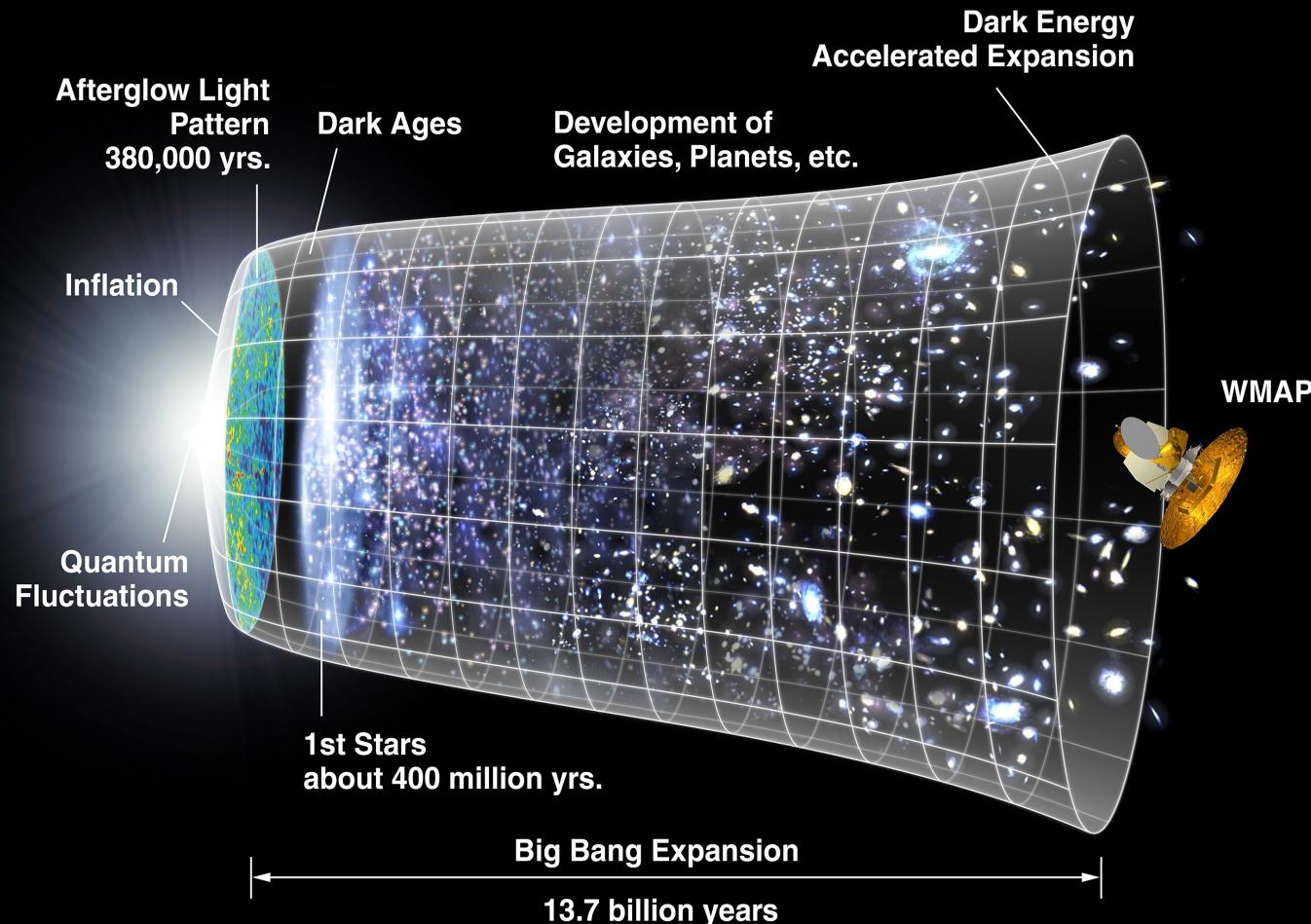
Aproximación didáctica



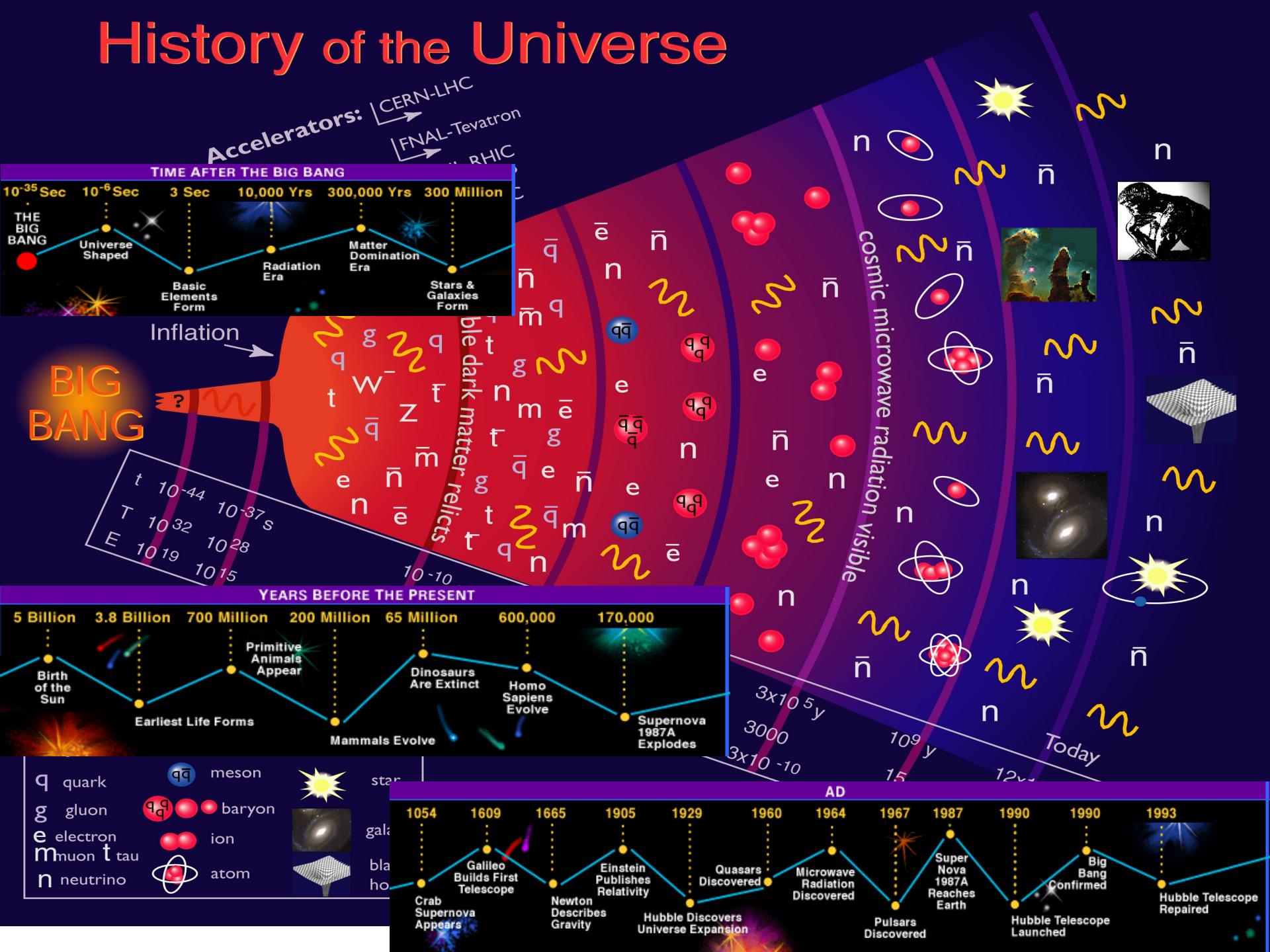
A. Conceptos básicos

- Nuestro lugar en el tiempo y el espacio
 - Calendario cósmico.
 - Escalas de tamaños y distancias. Jerarquía universal.
- Esfera celeste
 - Rotación terrestre. Puntos cardinales. Día y noche. Movimiento aparente de los astros.
 - Traslación. Estaciones del año. Latitud y duración del día. Cuatro minutos de adelanto. Coordenadas horizontales y ecuatoriales.
 - Longitud geográfica y hora solar. Tipos de día, semana, mes y año.
 - Cielo nocturno: planetas visibles, constelaciones, nebulosas, galaxias.
- Otros fenómenos cotidianos de origen astronómico
 - Luna: fases, eclipses y mareas.
 - Precesión
- Origen del Sol y de la Tierra
- Gravedad y movimiento de satélites.
- Teorías modernas: Relatividad General. Modelo Big Bang.

NUESTRO LUGAR EN EL TIEMPO



History of the Universe



EL CALENDARIO CÓSMICO



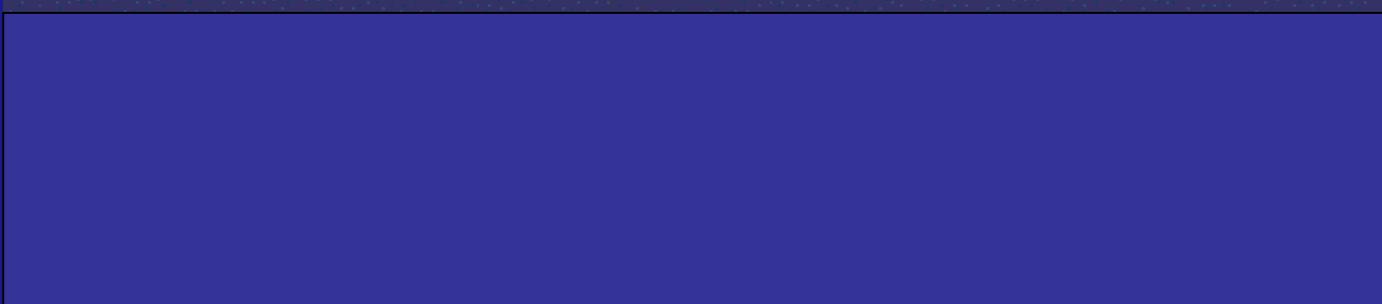
New Year's Day: The Big Bang

Milky Way forms

Sun and planets form

Oldest known life (single celled).

First multi-cellular organisms
Sexes



Cambrian Explosion (burst of new life forms)

Emergence of first vertebrates

Early land plants

First four-limbed animals

Variety of insects begin to flourish



First dinosaurs appear

First mammalian ancestors appear

First known birds



Dinosaurs wiped out by asteroid or comet

10:15am

Apes appear

9:24pm

First human ancestors to walk upright

10:48pm

Homo erectus appears

11:54pm

Anatomically modern humans appear

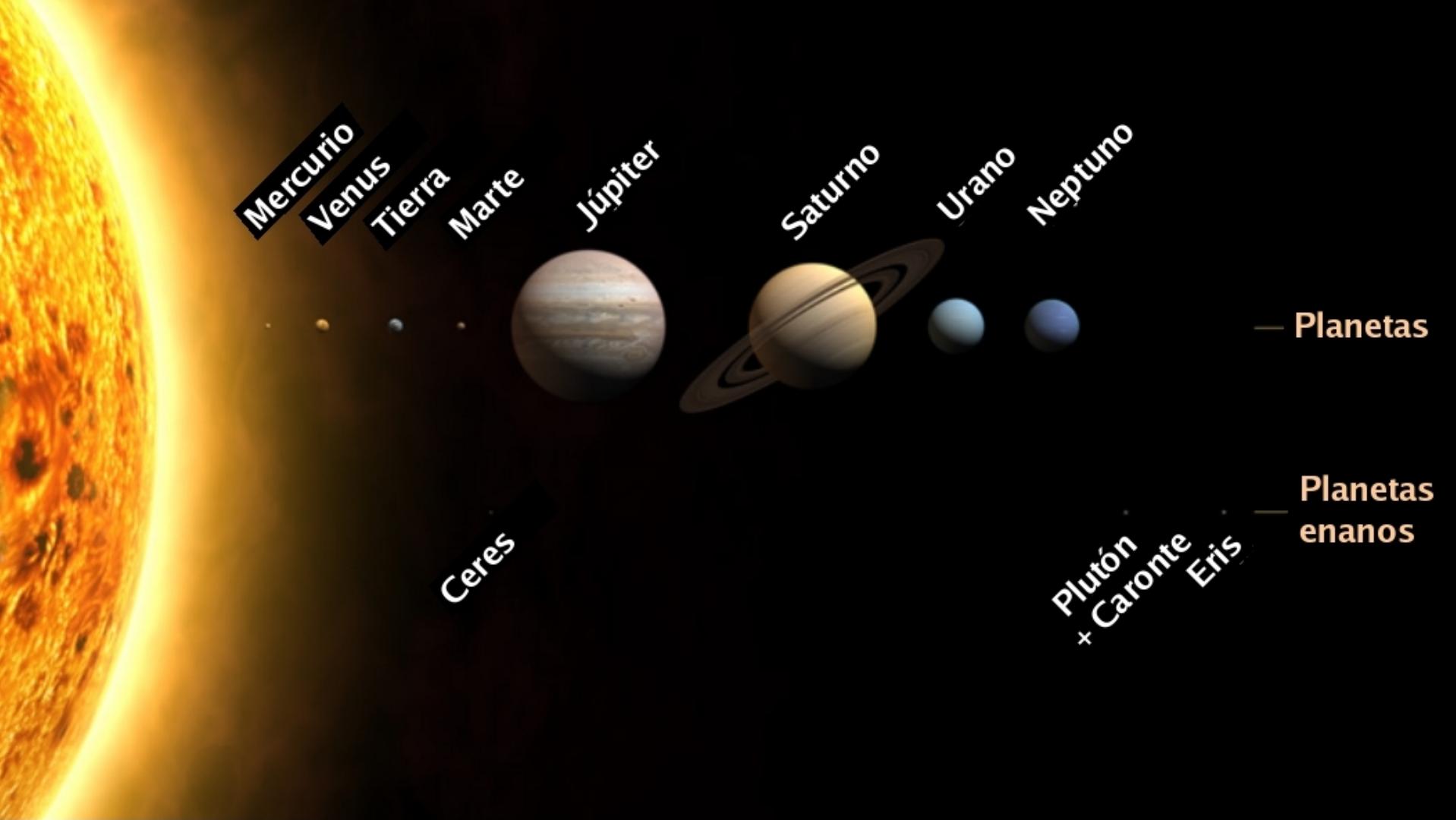
11:59:45pm

Invention of writing

11:59:50pm

Pyramids built in Egypt

1 second before midnight: Voyage of Christopher Columbus



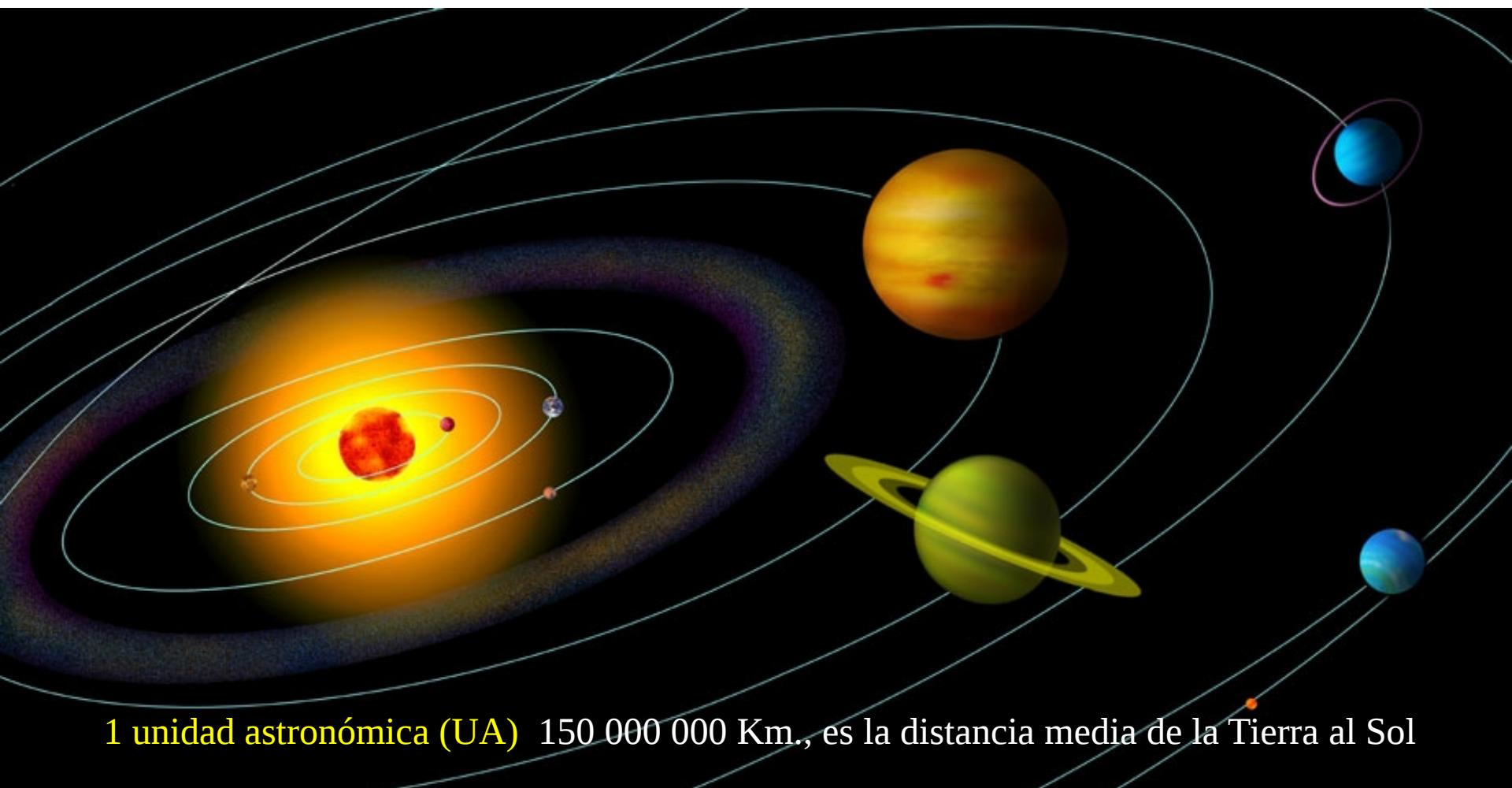
NUESTRO LUGAR EN EL ESPACIO: TAMAÑOS

ver comparativa de estrellas [SizePlanetStars]

TAMAÑOS DE LUNAS

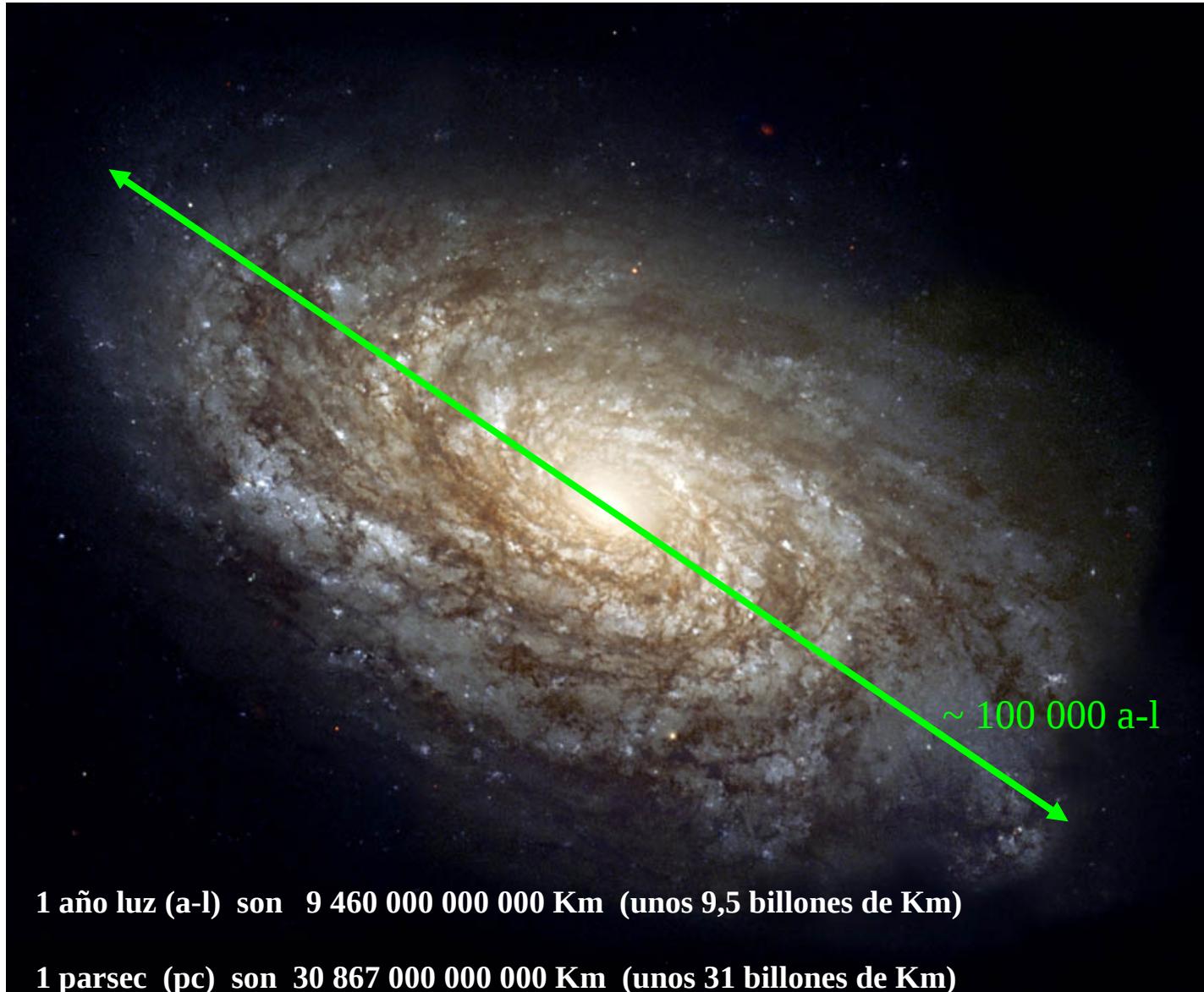


DISTANCIAS: EL SISTEMA SOLAR



1 unidad astronómica (UA) 150 000 000 Km., es la distancia media de la Tierra al Sol

DISTANCIAS: LA VÍA LÁCTEA



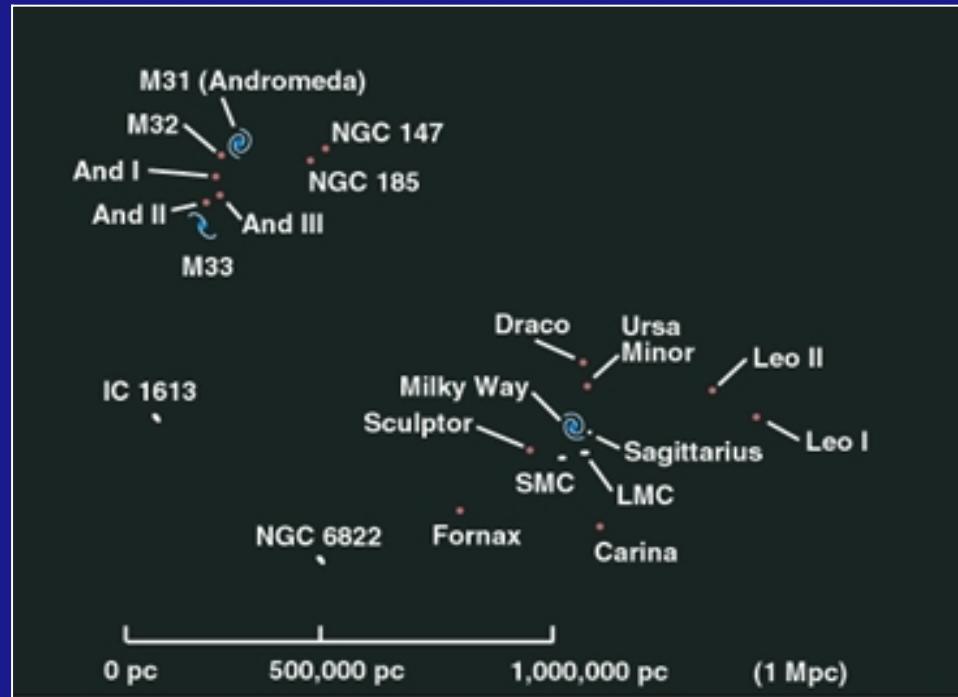
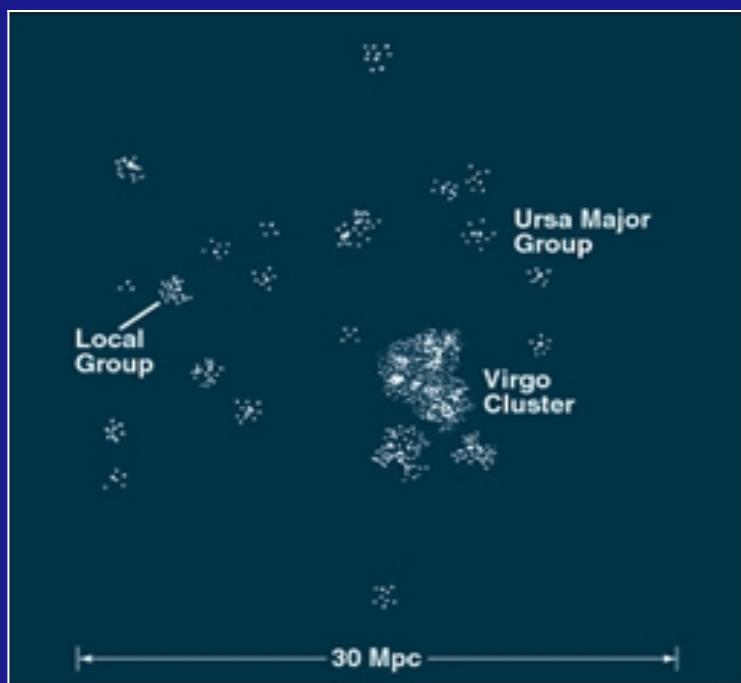
1 año luz (a-l) son 9 460 000 000 000 Km (unos 9,5 billones de Km)

1 parsec (pc) son 30 867 000 000 000 Km (unos 31 billones de Km)

JERARQUÍAS: NUESTRA DIRECCIÓN POSTAL EN EL UNIVERSO

- Campus de Espinardo, Murcia
- Región de Murcia, España, Europa
- Planeta Tierra

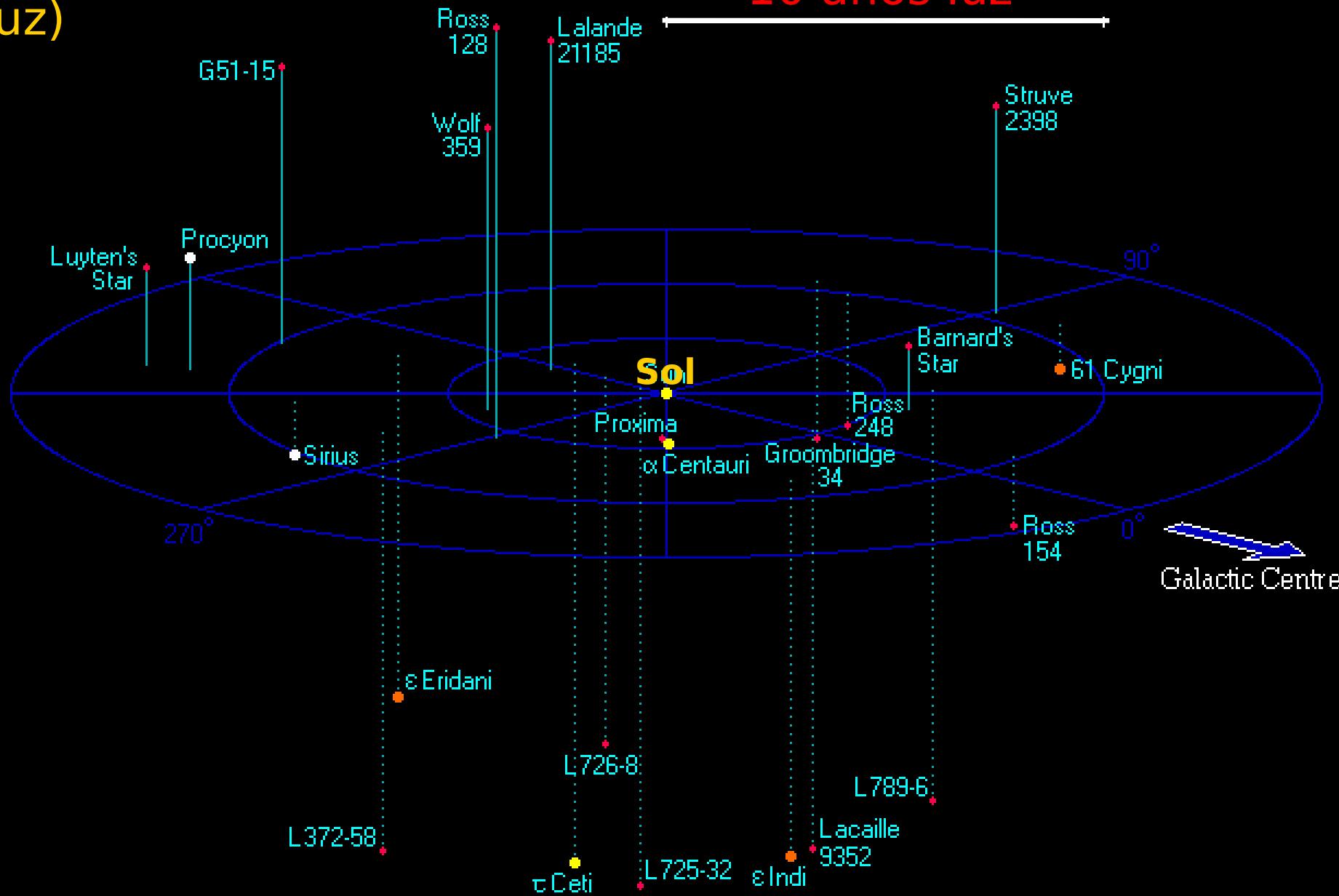
- Sistema Solar
- Galaxia “Vía Láctea”
- Grupo (o cúmulo) Local (de galaxias)
- Supercúmulo Local (de Virgo)



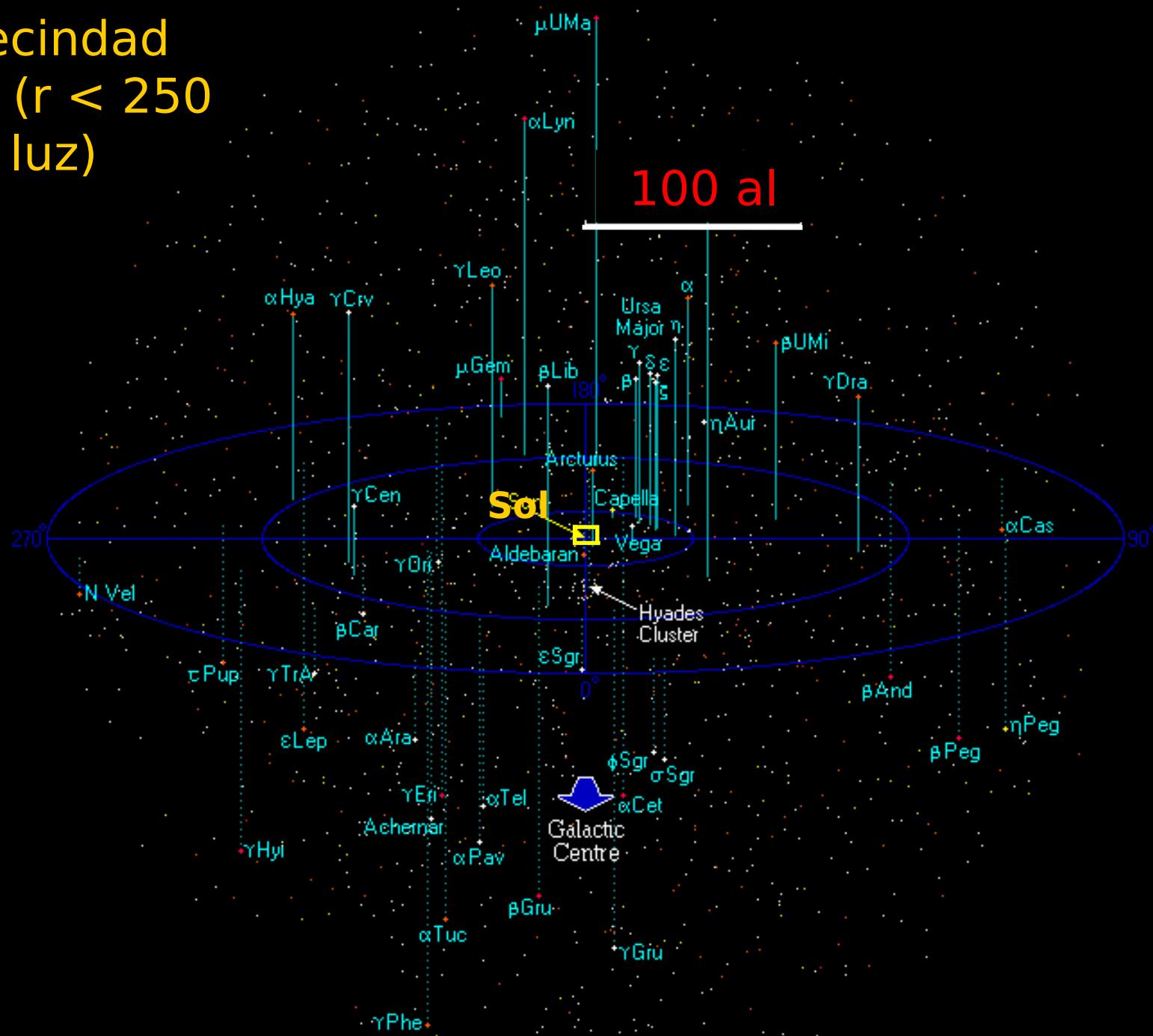
[Videos: grupo local y Monty Python]

Las estrellas más próximas ($r < 12.5$ años luz)

10 años luz

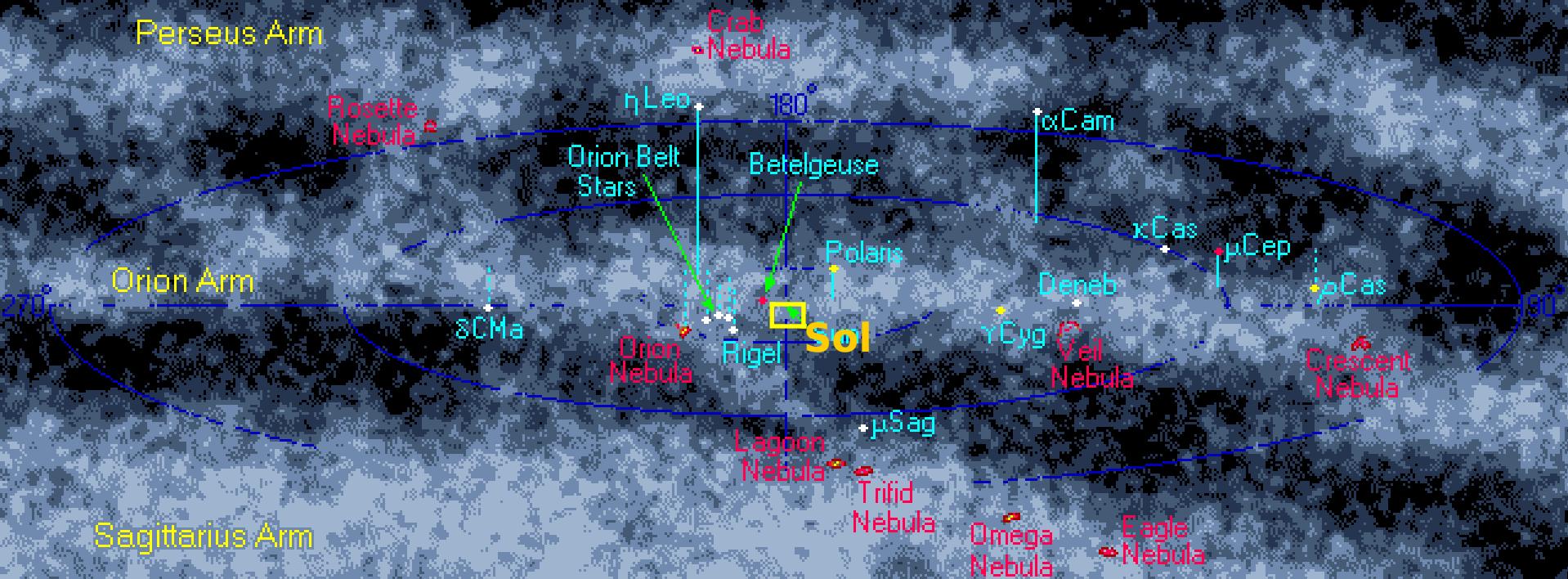


La vecindad solar ($r < 250$ años luz)

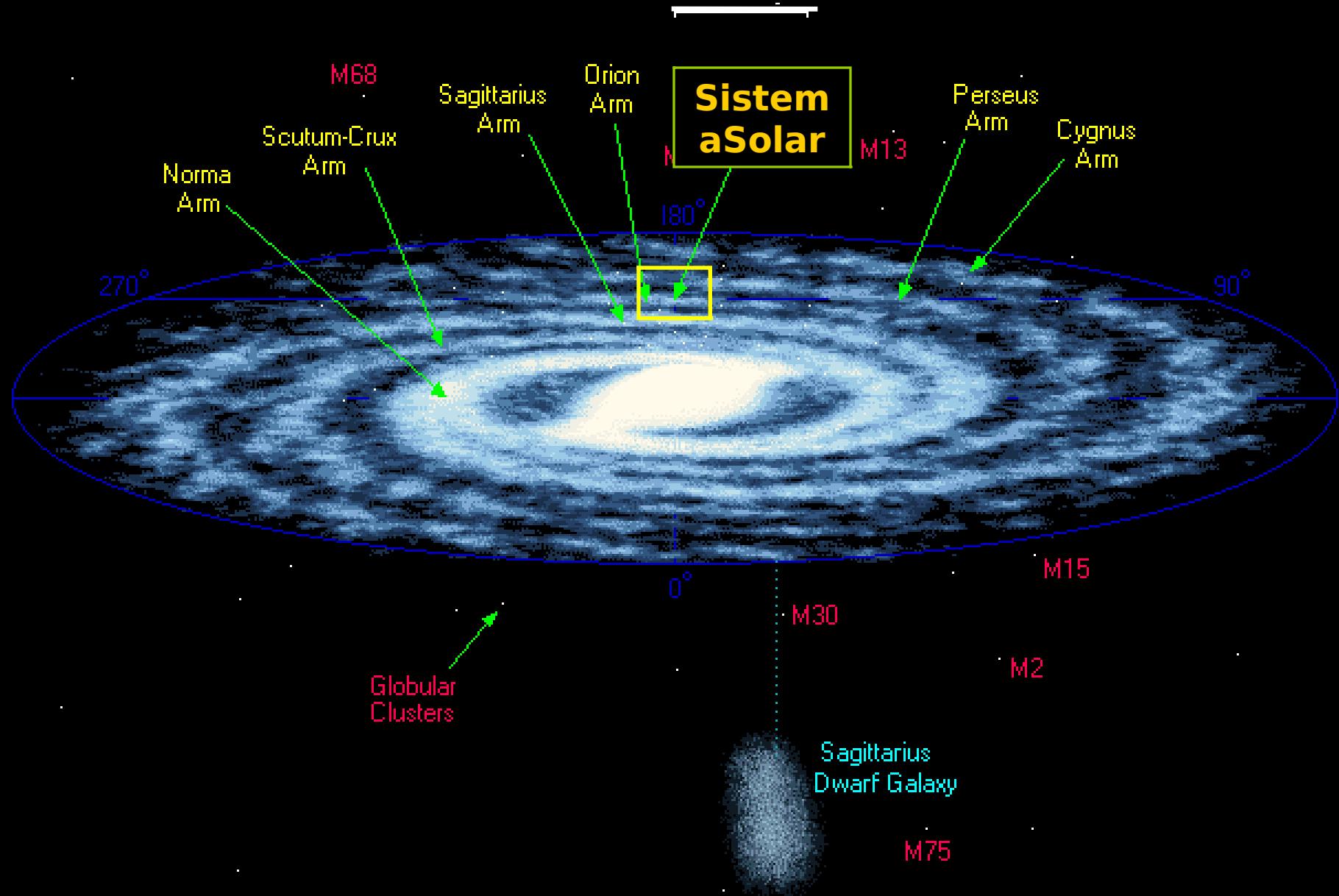


El brazo de Orión ($r < 5000$ años luz)

1000 al

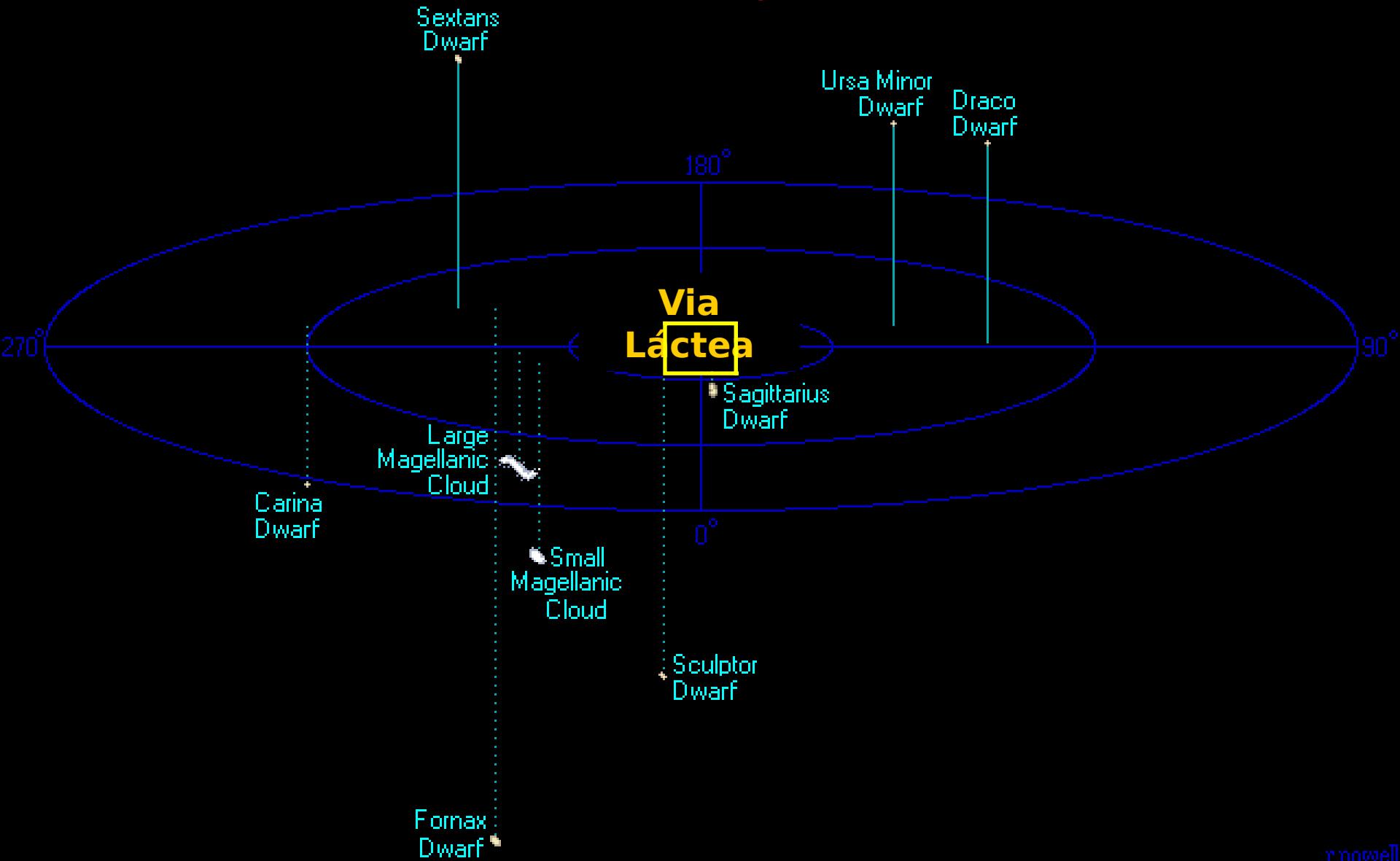


Nuestra Galaxia, la Vía Láctea ($r < 50.000$ años luz) 10.000 al



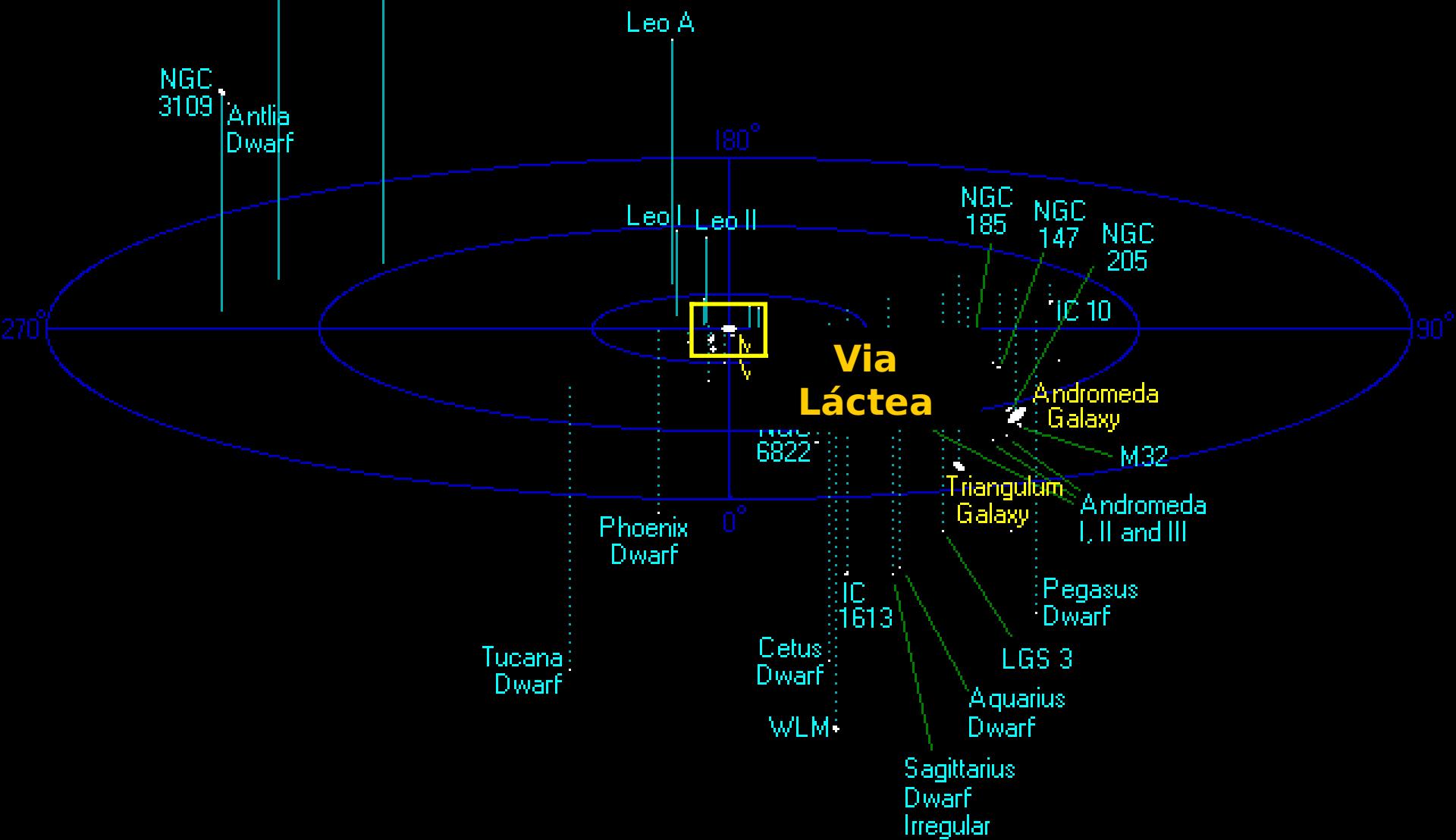
Las galaxias “satélites” ($r < 500.000$ años luz)

100.000
al



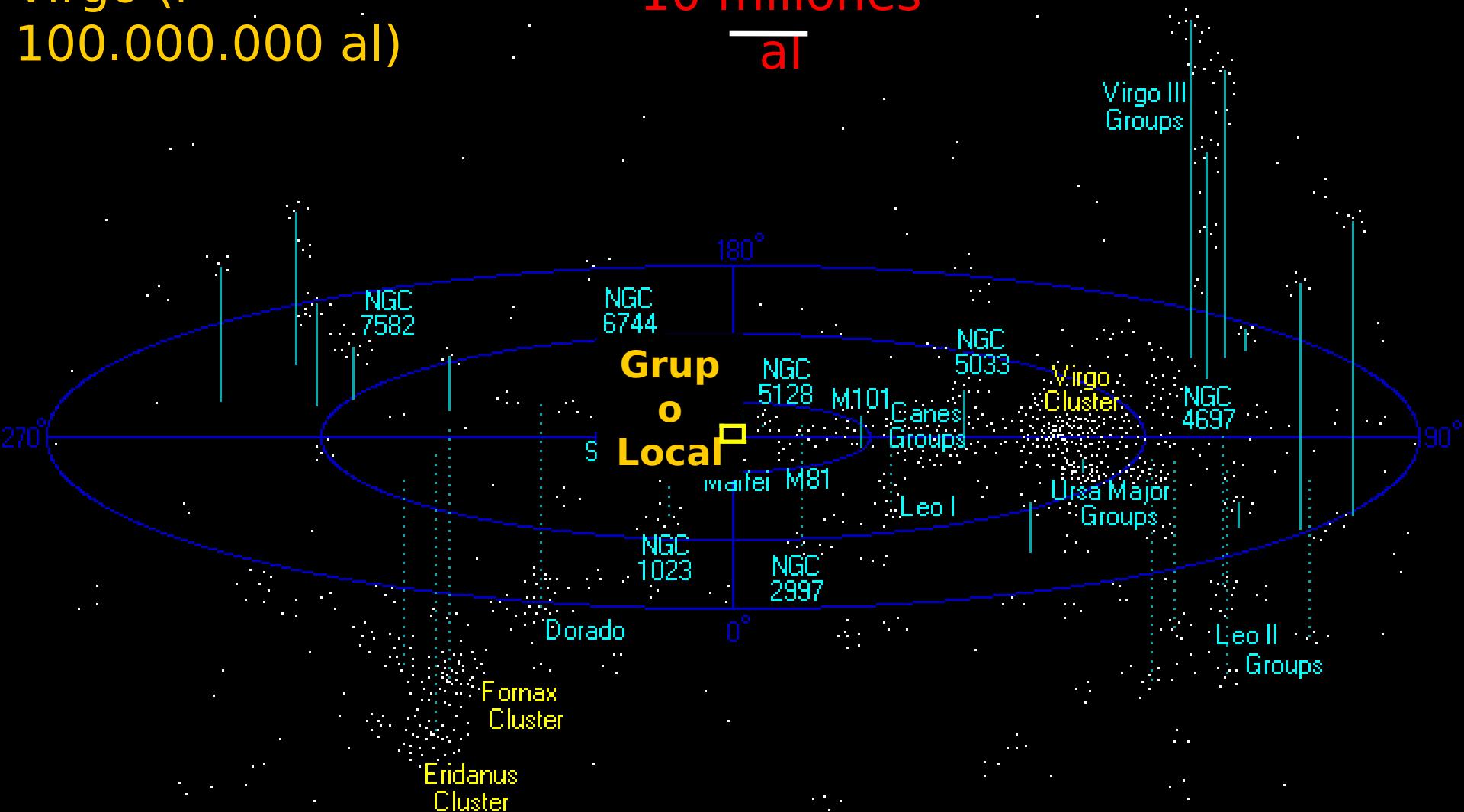
El Grupo Local ($r < 5.000.000$ al)

1 millón
al



El supercúmulo de Virgo ($r < 100.000.000$ al)

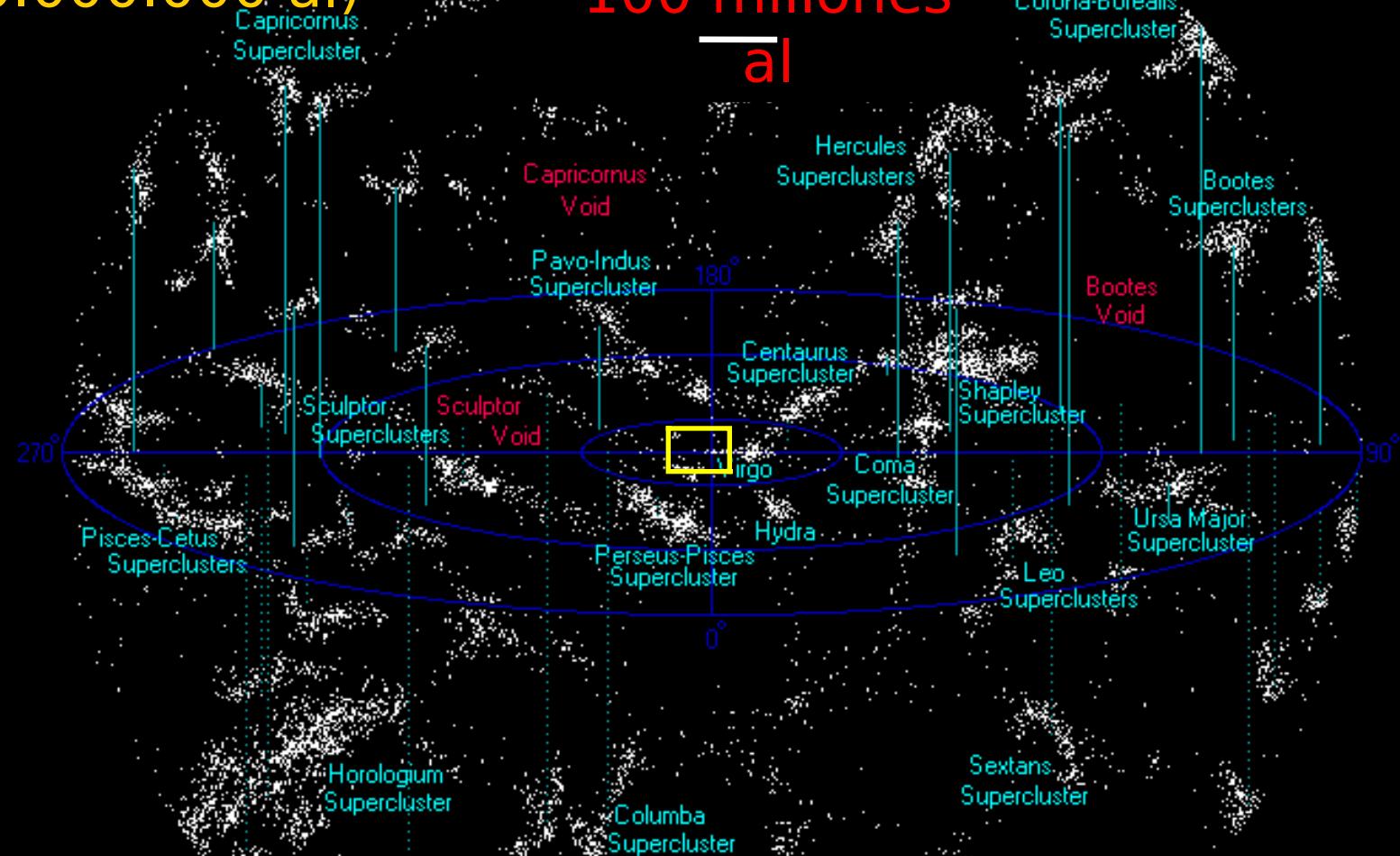
10 millones
al



Los supercúmulos vecinos ($r < 1.000.000.000$ al)

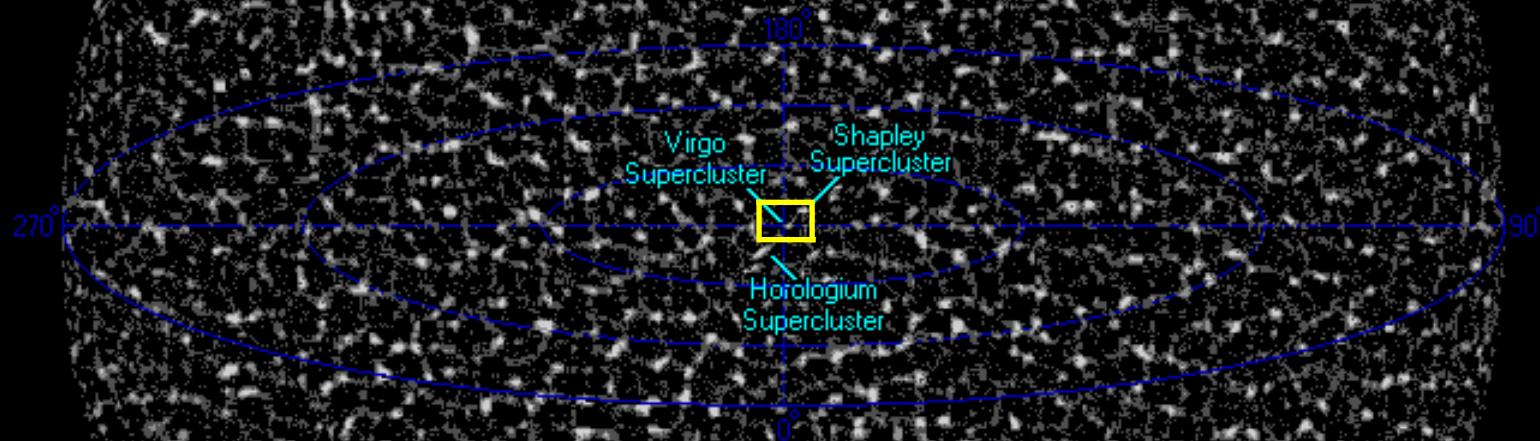
100 millones

al



El Universo visible
($r < 13.700.000.000$
al)

1000 millones al



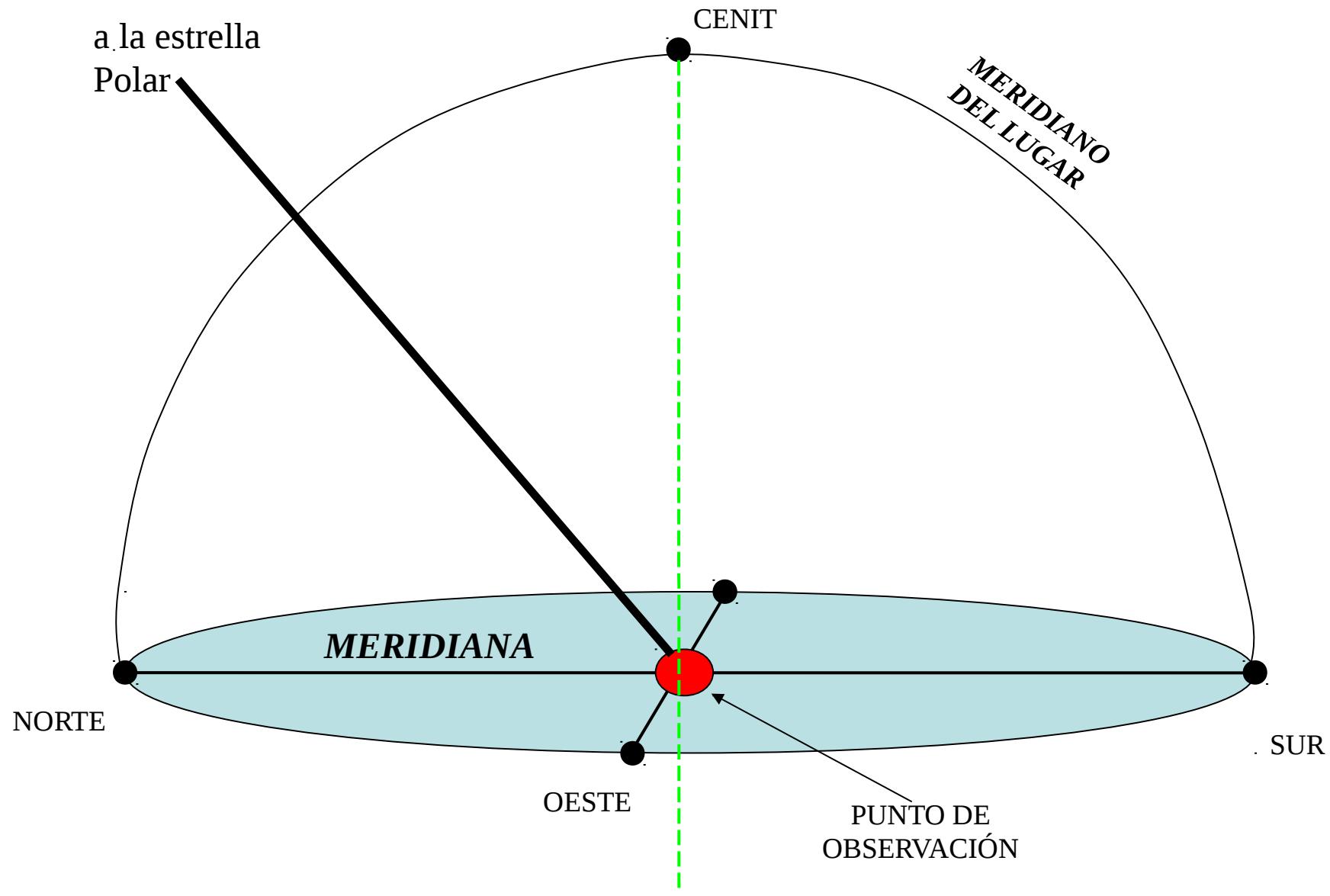
Conceptos básicos vistos en Stellarium y Celestia

- Esfera celeste
 - Horizonte, zenith, puntos cardinales, azimut y elevación.
 - Altura de la polar,
 - Rotación terrestre. Puntos cardinales. Día y noche. Movimiento aparente de los astros: salida (E?), culminación y ocaso (W).
 - Altura del Sol: mismo día en varias latitudes; misma latitud en varios meses.
 - Cuatro minutos de adelanto cada día.
 - Eclíptica y zodíaco.
 - Cielo nocturno: constelaciones (circumpolares y las más conocidas) + planetas visibles, nebulosas, galaxias.
 - Osa Mayor en las distintas estaciones

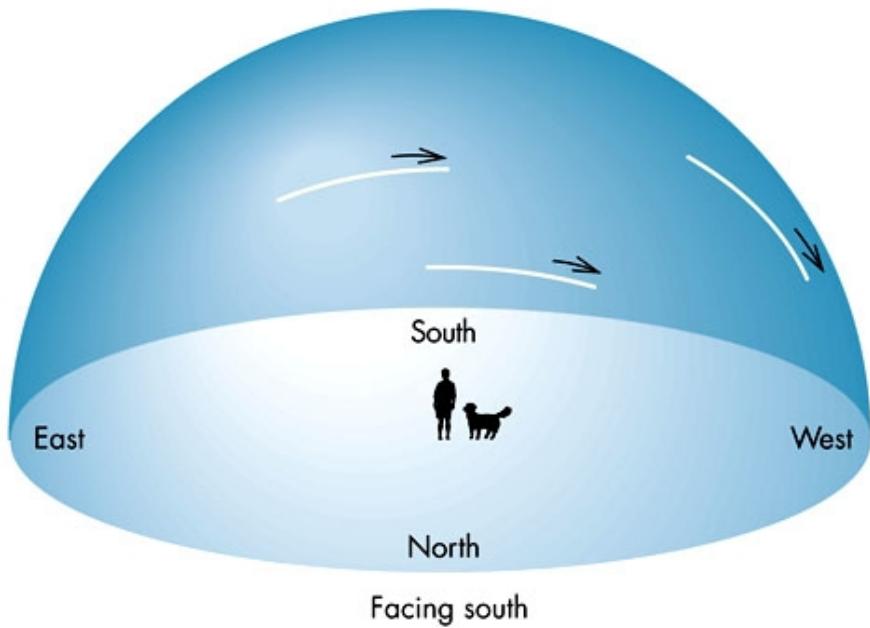
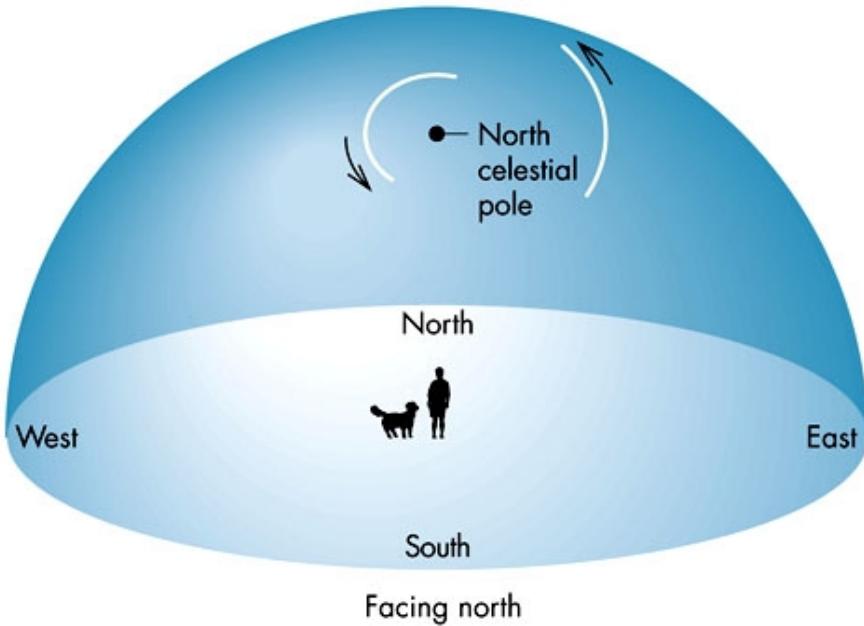
Coordenadas



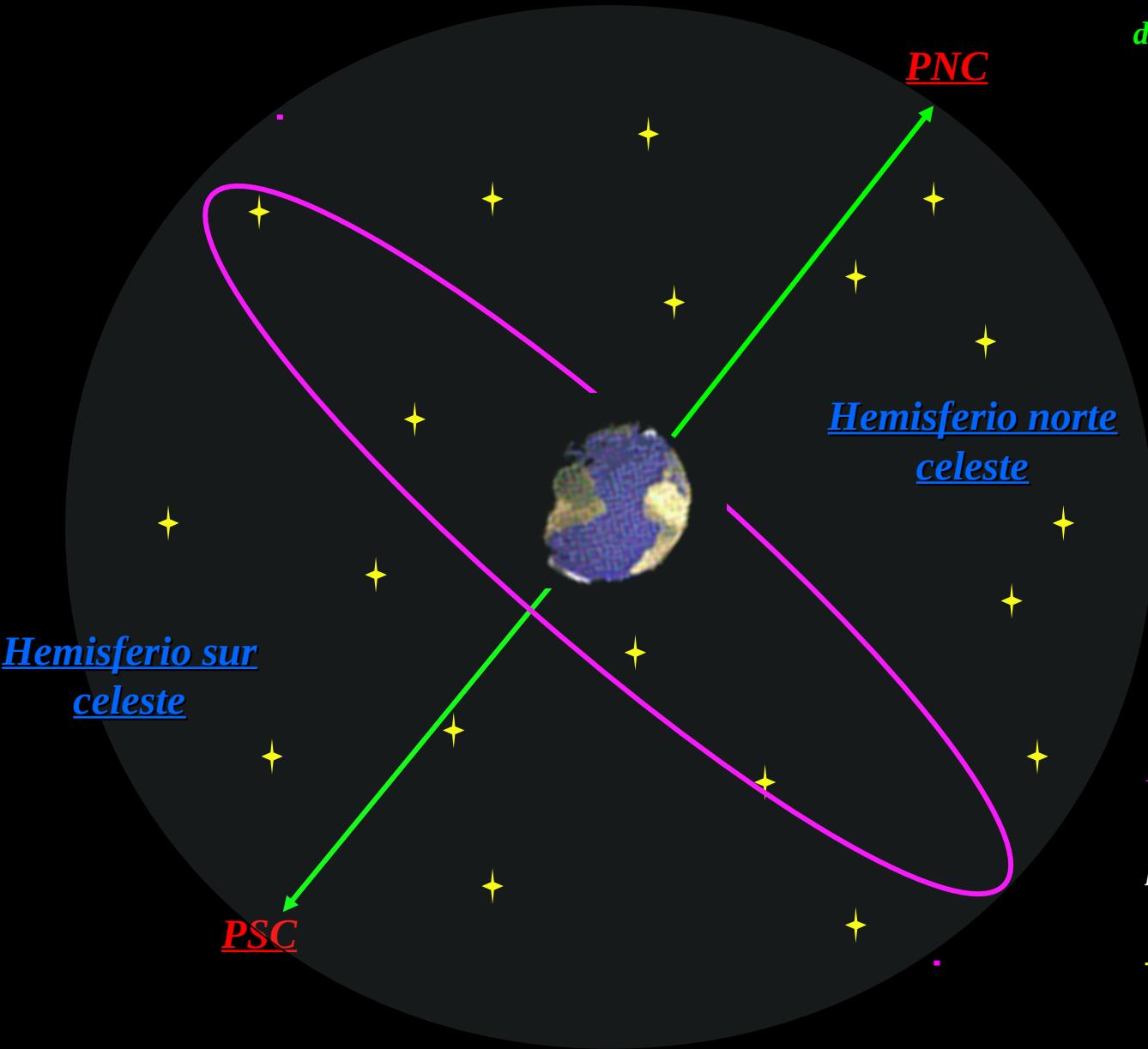
NUESTRO PUNTO DE OBSERVACIÓN.-



Coordenadas alto-acimutales: problemas



- Trayectoria estrellas complicada
- Sistema depende del observador



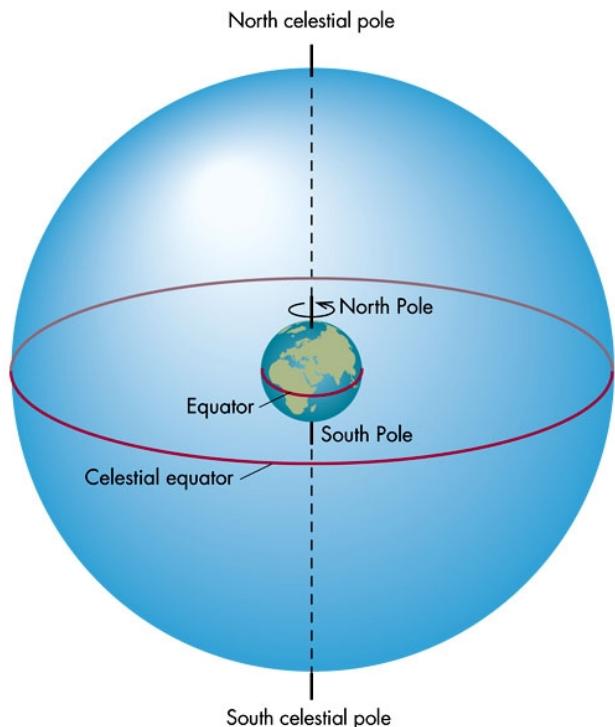
-La prolongación del eje del mundo nos genera los **POLOS CELESTES**.

-Son puntos inmóviles

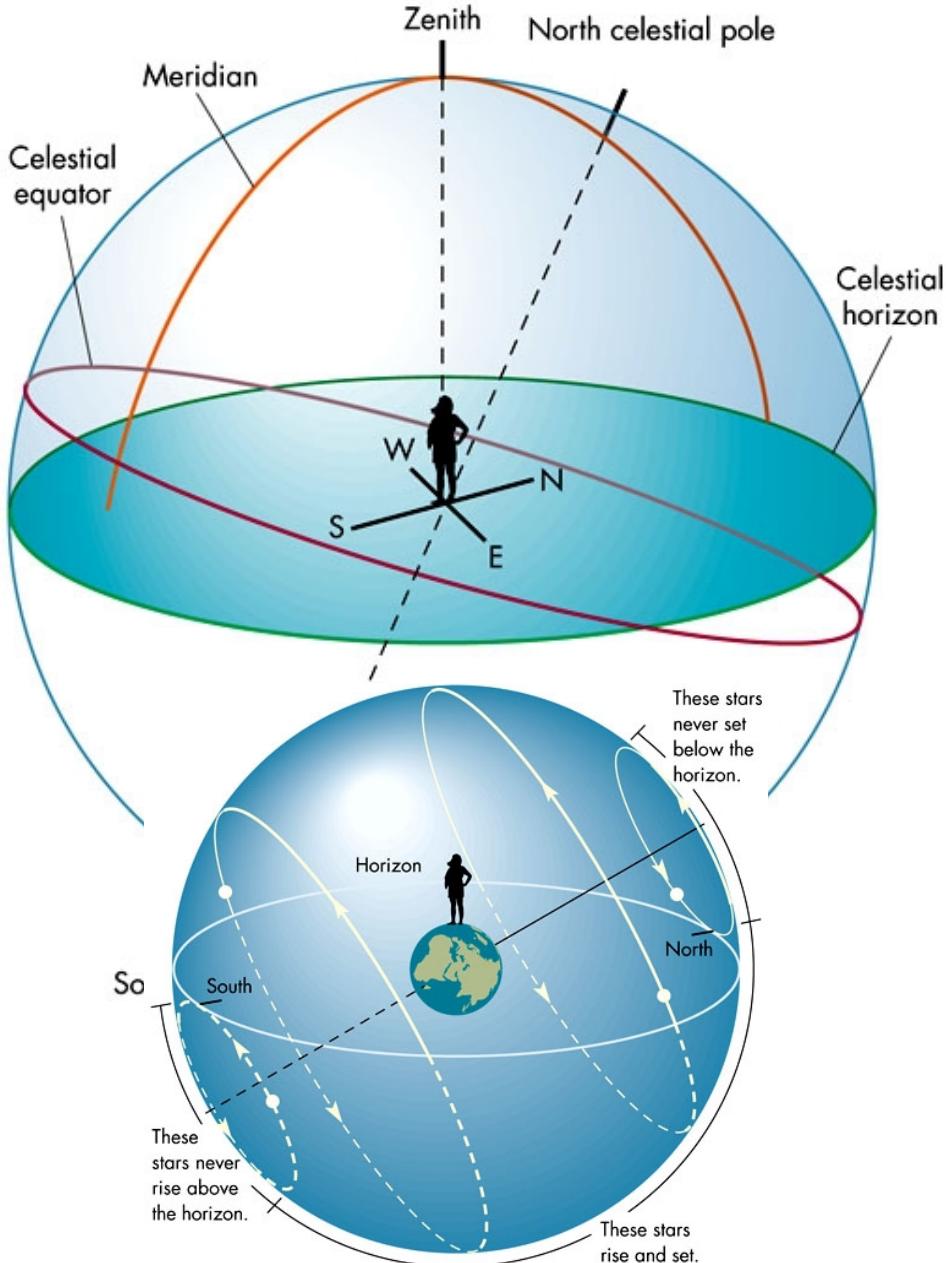
- La proyección del ecuador terrestre nos proporciona **EL ECUADOR CELESTE**.

-Es el círculo máximo perpendicular al eje del mundo.

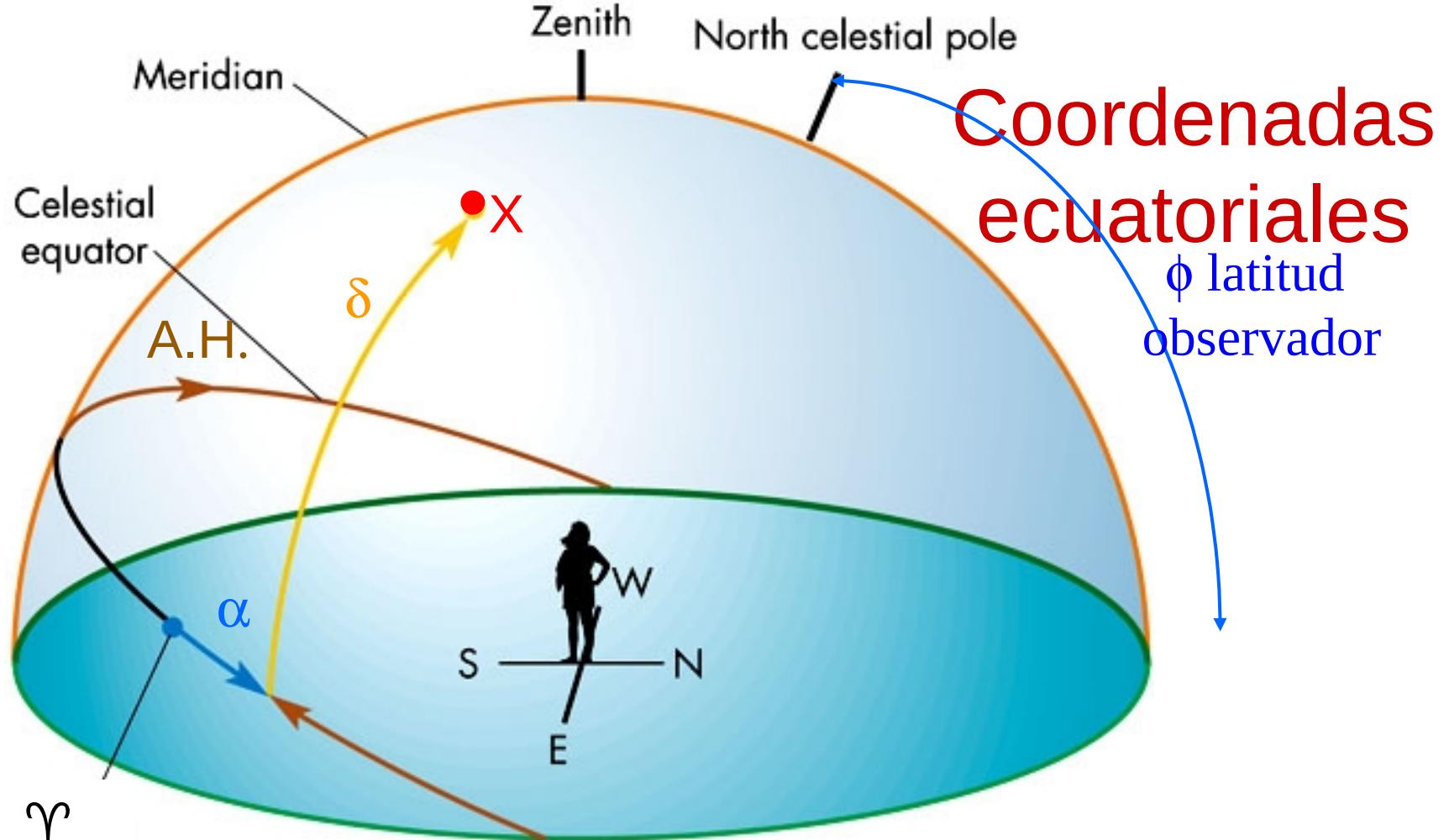
-... y por tanto, tenemos dos **HEMISFERIOS CELESTES**



Coord. ecuatoriales

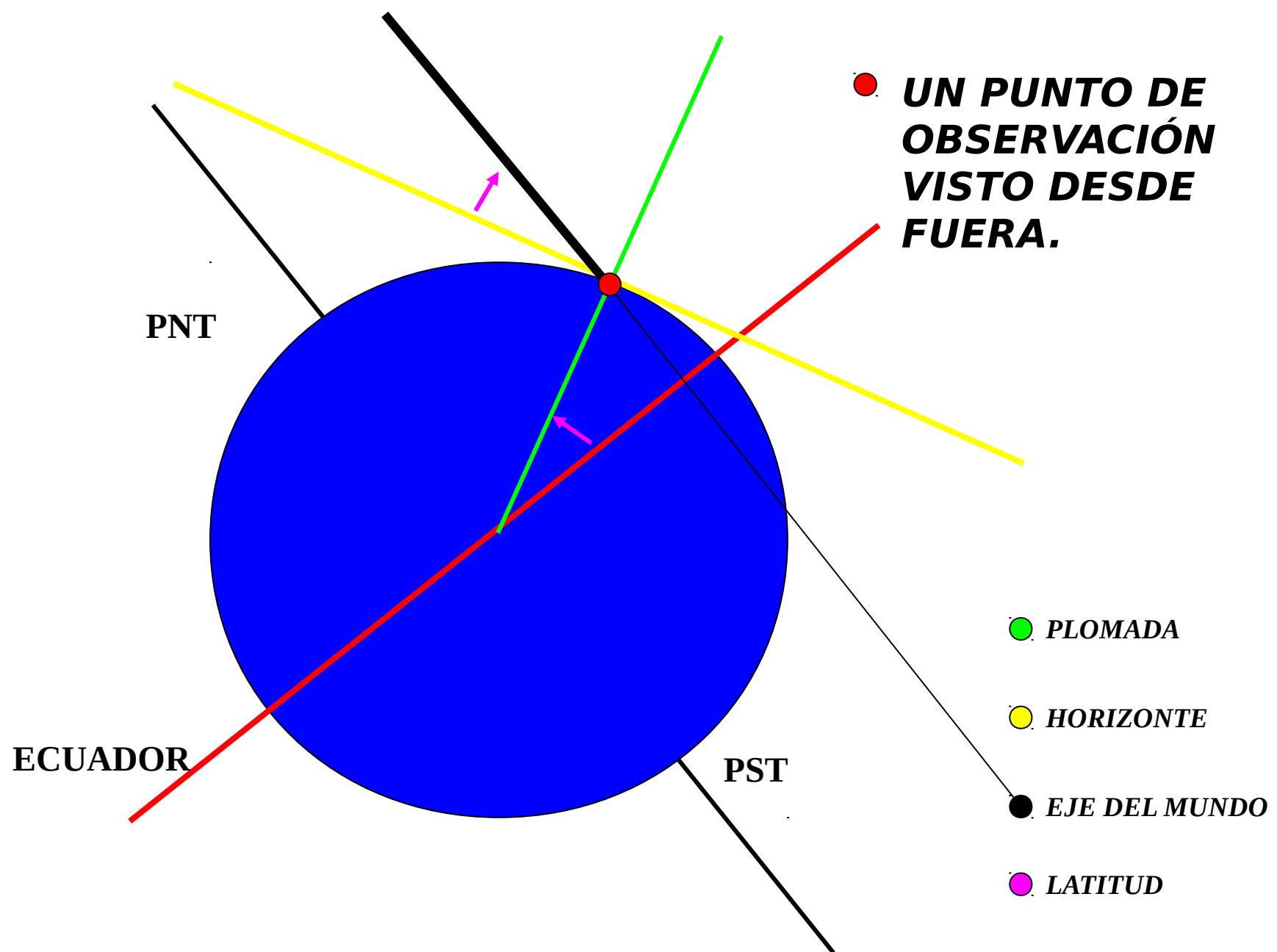


- Proyección del Ecuador y los Polos terrestres sobre la esfera celeste
- Descripción “natural” del firmamento
- Objetos se mueven por “paralelos”

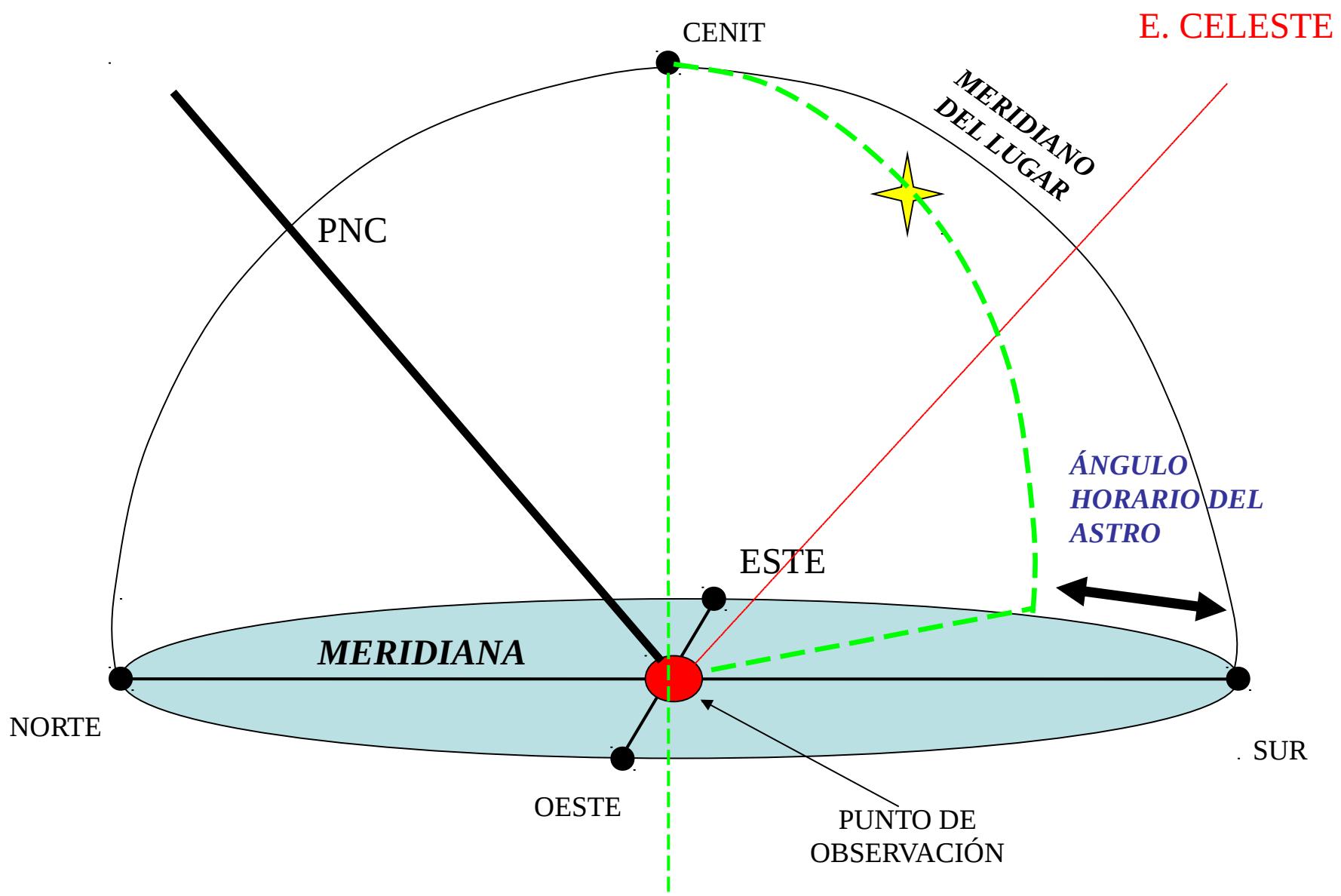


- **Coordenadas X:**
 - declinación δ (-90° a 90°) altura desde el ecuador, $\phi=\delta$ cénit
 - ángulo horario **A.H.** (0^h a 24^h) desde el meridiano: tiempo que ha pasado desde que la estrella culminó
 - ascensión recta α (0^h a 24^h) desde un punto fijo: γ equinoccio vernal

● **UN PUNTO DE
OBSERVACIÓN
VISTO DESDE
FUERA.**



NUESTRO PUNTO DE OBSERVACIÓN.-



Rotación terrestre

¿ por qué gira el cielo.....?

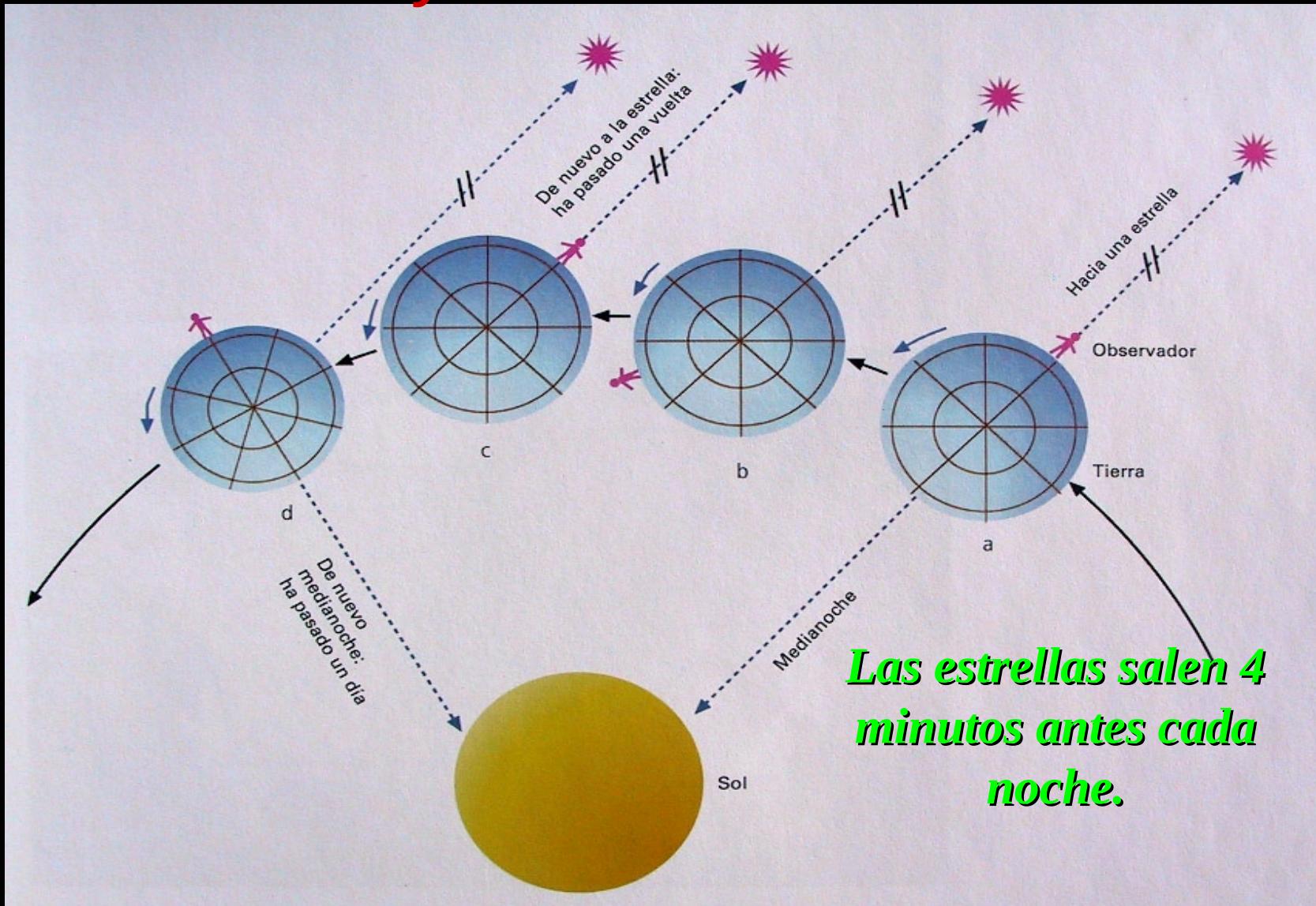


*La **ESFERA CELESTE** “parece” girar en torno nuestro, de Este a Oeste en 23 horas, 56 minutos (medid el periodo de tiempo que tarda una estrella de una noche a la siguiente en ocupar el mismo lugar)...*

...la razón de que las estrellas, “caminen” en el cielo de izquierda a derecha se debe a que nuestro planeta gira, de oeste a este, en ese mismo periodo de tiempo con respecto a ellas...

*.....Estamos comprobando los efectos de **LA ROTACIÓN TERRESTRE**.*

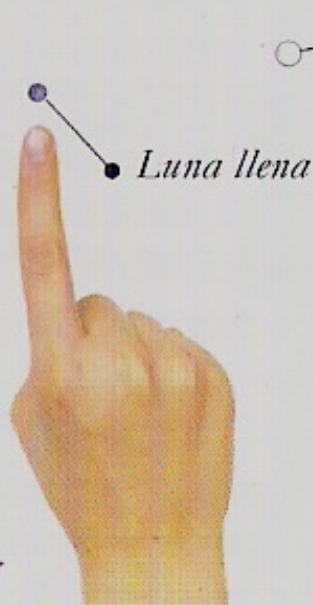
Día sidéreo y día solar



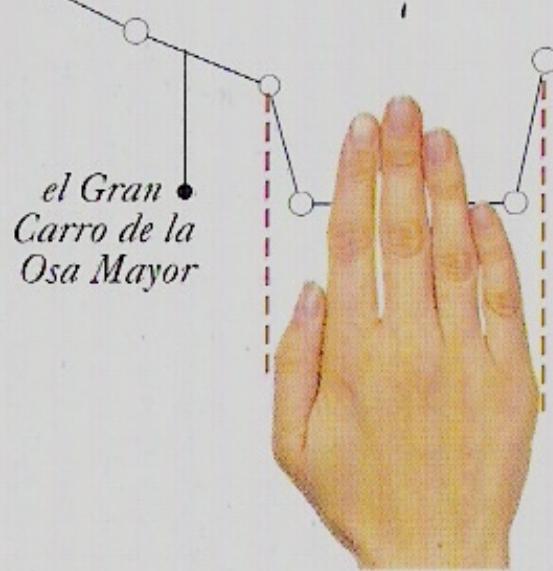
Día sidéreo: 23h56m.

Día Solar 24h.

Medio $^{\circ}$



10 $^{\circ}$



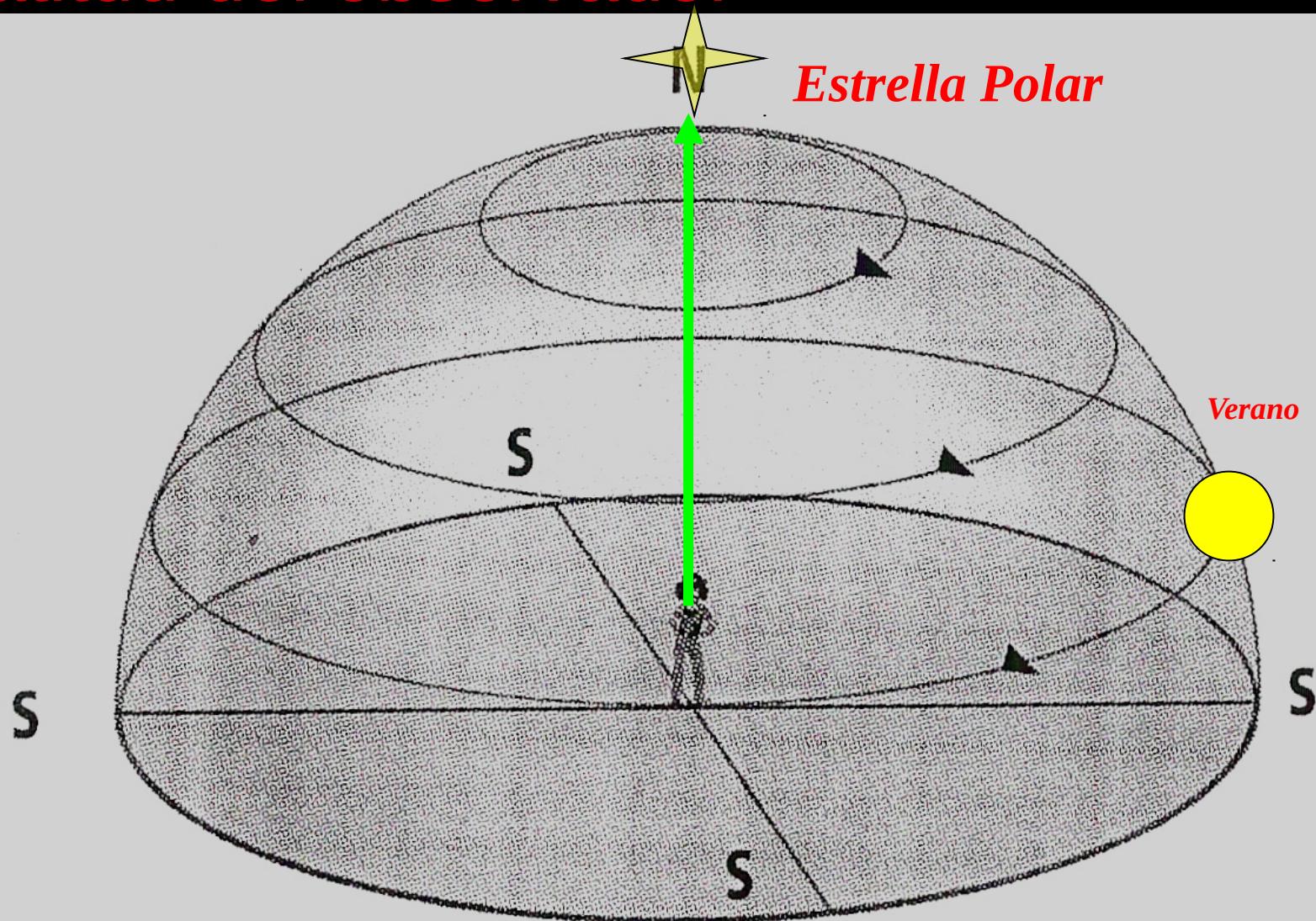
15 $^{\circ}$



UNA ESCALA PARA MEDIR EN EL CIELO.

La esfera celeste gira 15 $^{\circ}$ cada hora

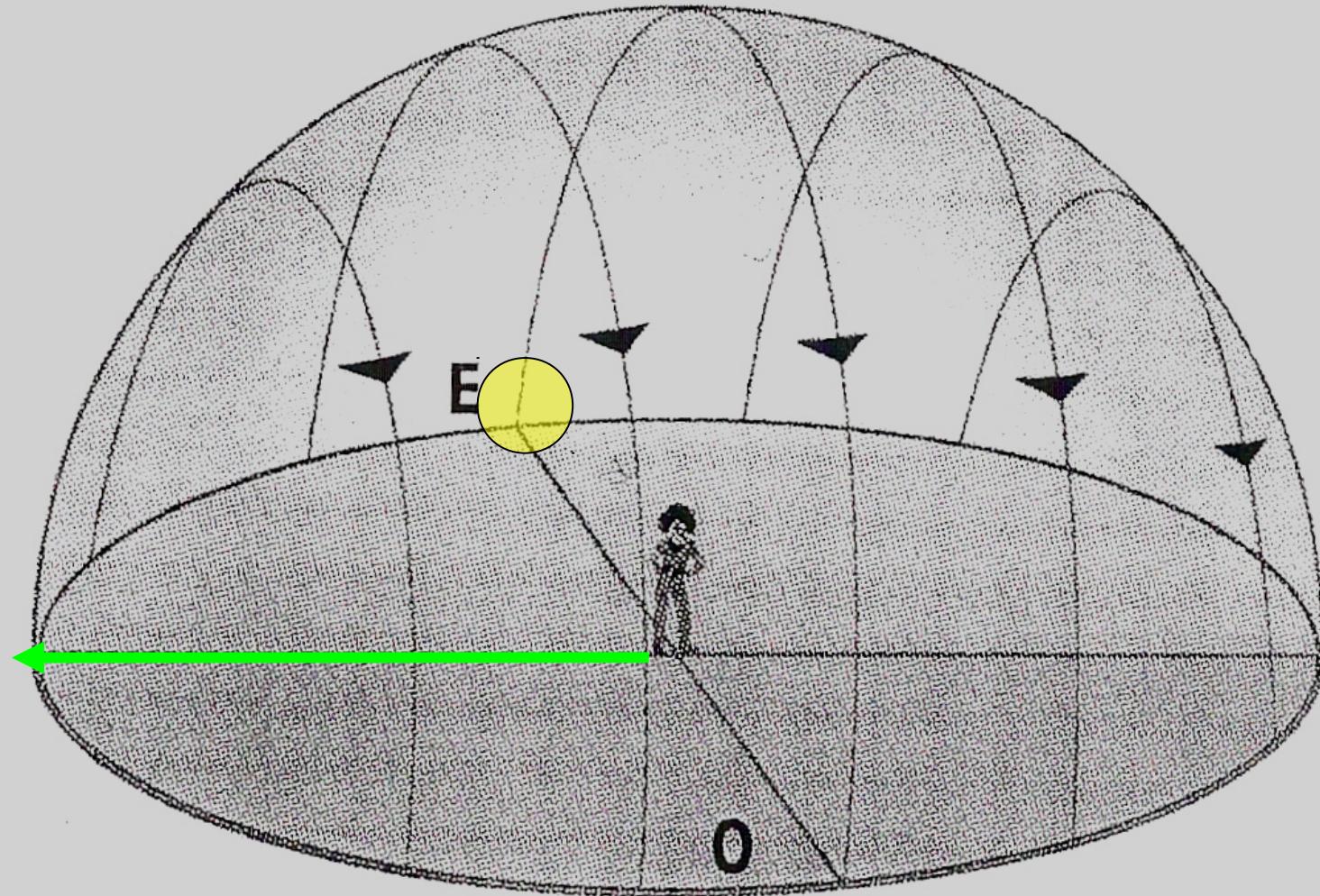
Latitud del observador



En el polo norte (90°N)



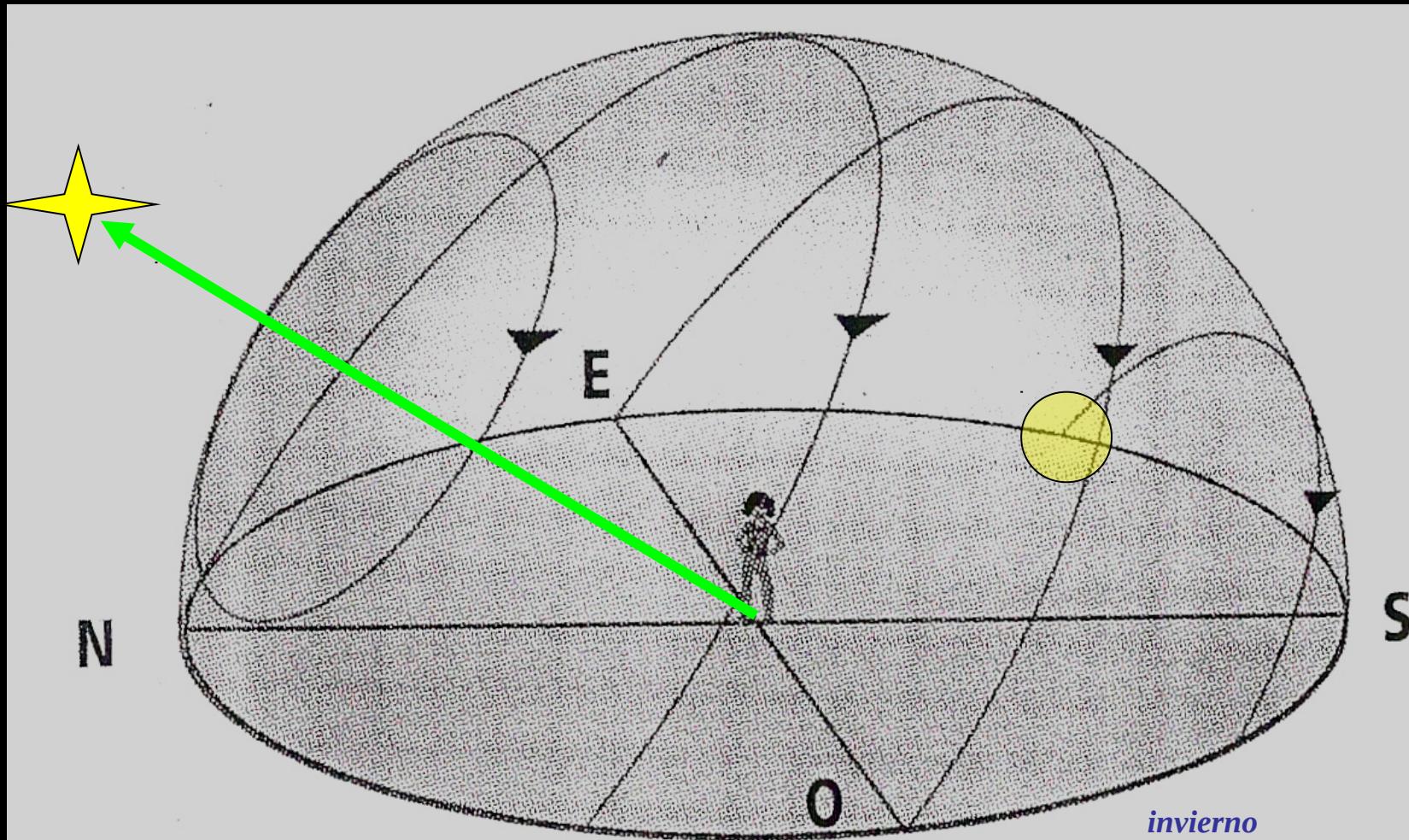
N



Primavera /
otoño

En el ecuador (0°)

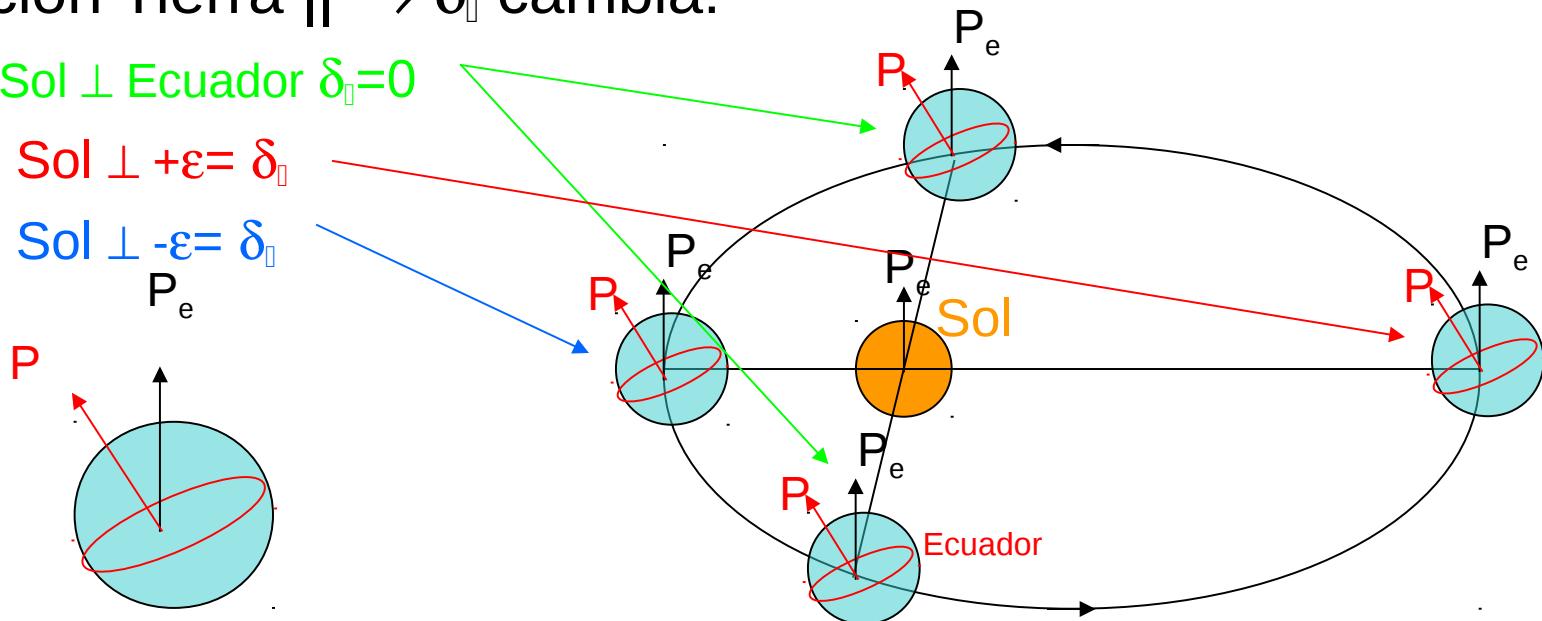
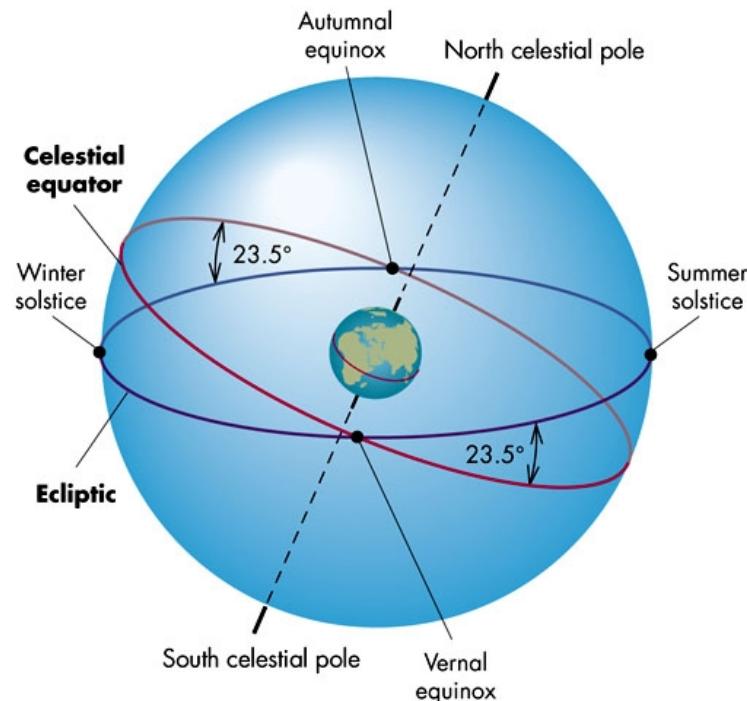
.- desde **MURCIA**

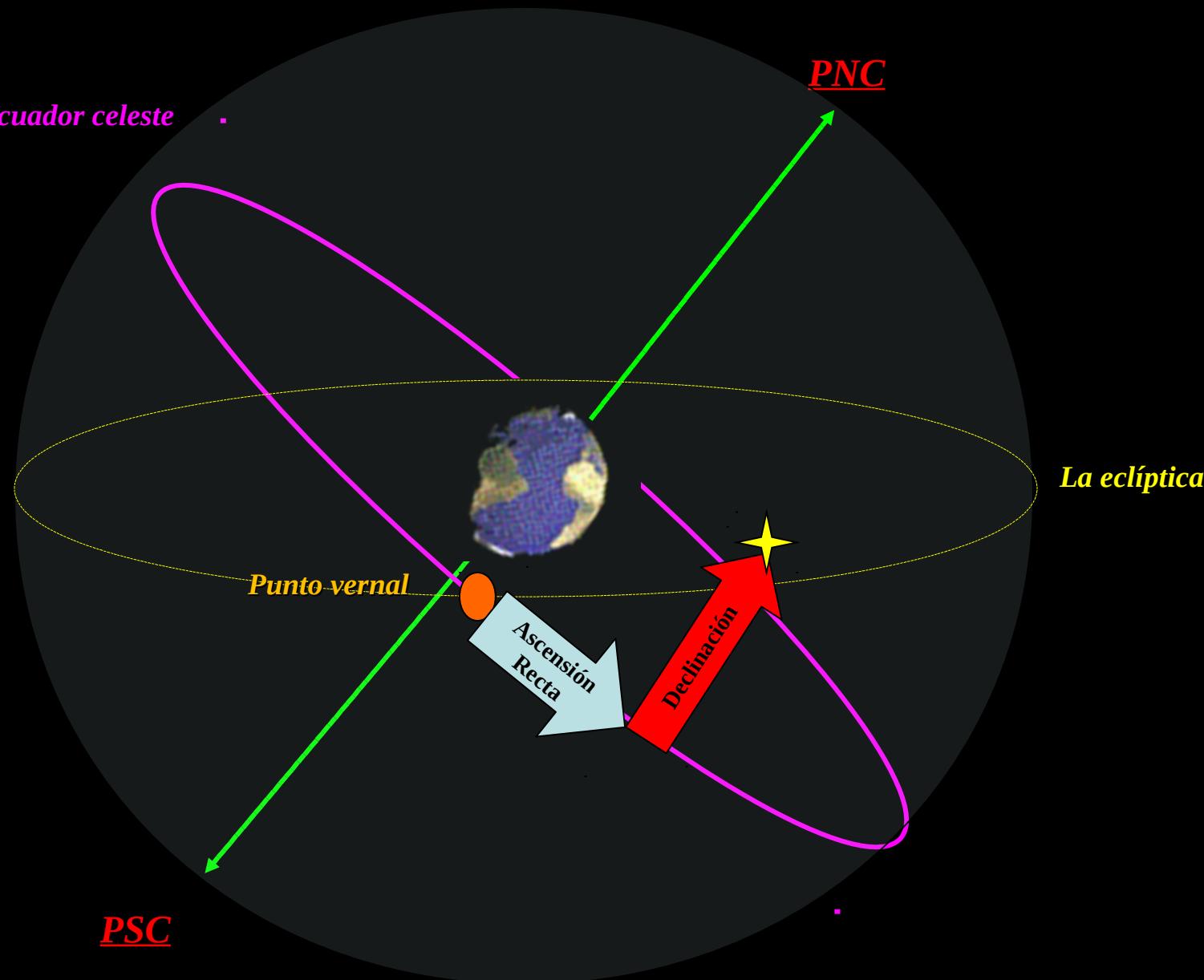


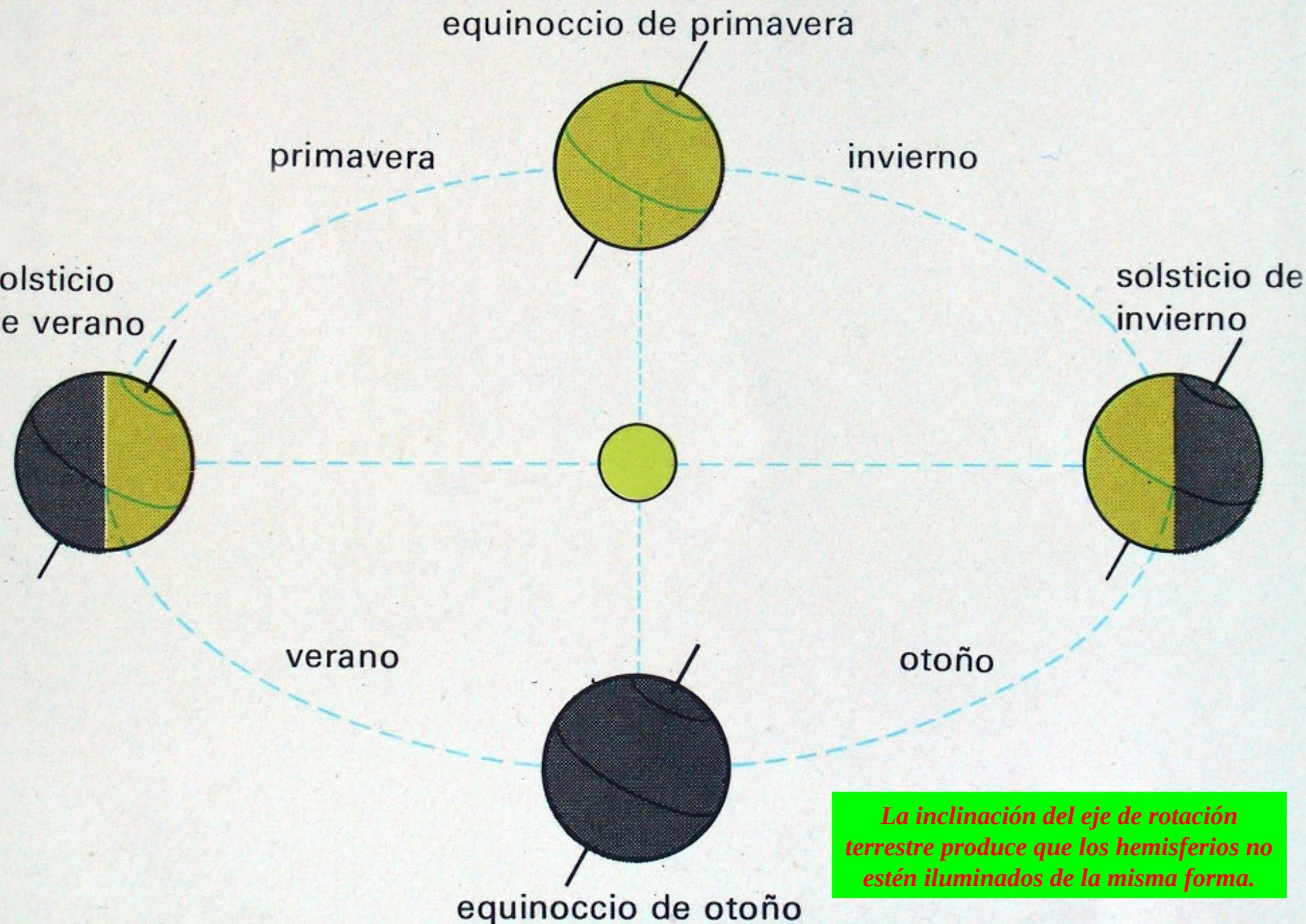
En latitudes boreales medias (40°N)

La eclíptica

- La Tierra alrededor del Sol en plano eclíptica → Sol en eclíptica
- Ángulo entre ecuador y eclíptica $\varepsilon=23^{\circ}26'29''$ *oblicuidad de la eclíptica*
- Eje rotación Tierra $\parallel \rightarrow \delta_i$ cambia:
 - Rayos Sol \perp Ecuador $\delta_i=0$
 - Rayos Sol $\perp +\varepsilon = \delta_i$
 - Rayos Sol $\perp -\varepsilon = \delta_i$







La inclinación del eje de rotación terrestre produce que los hemisferios no estén iluminados de la misma forma.

El Sol, La Tierra y la Esfera Celeste.

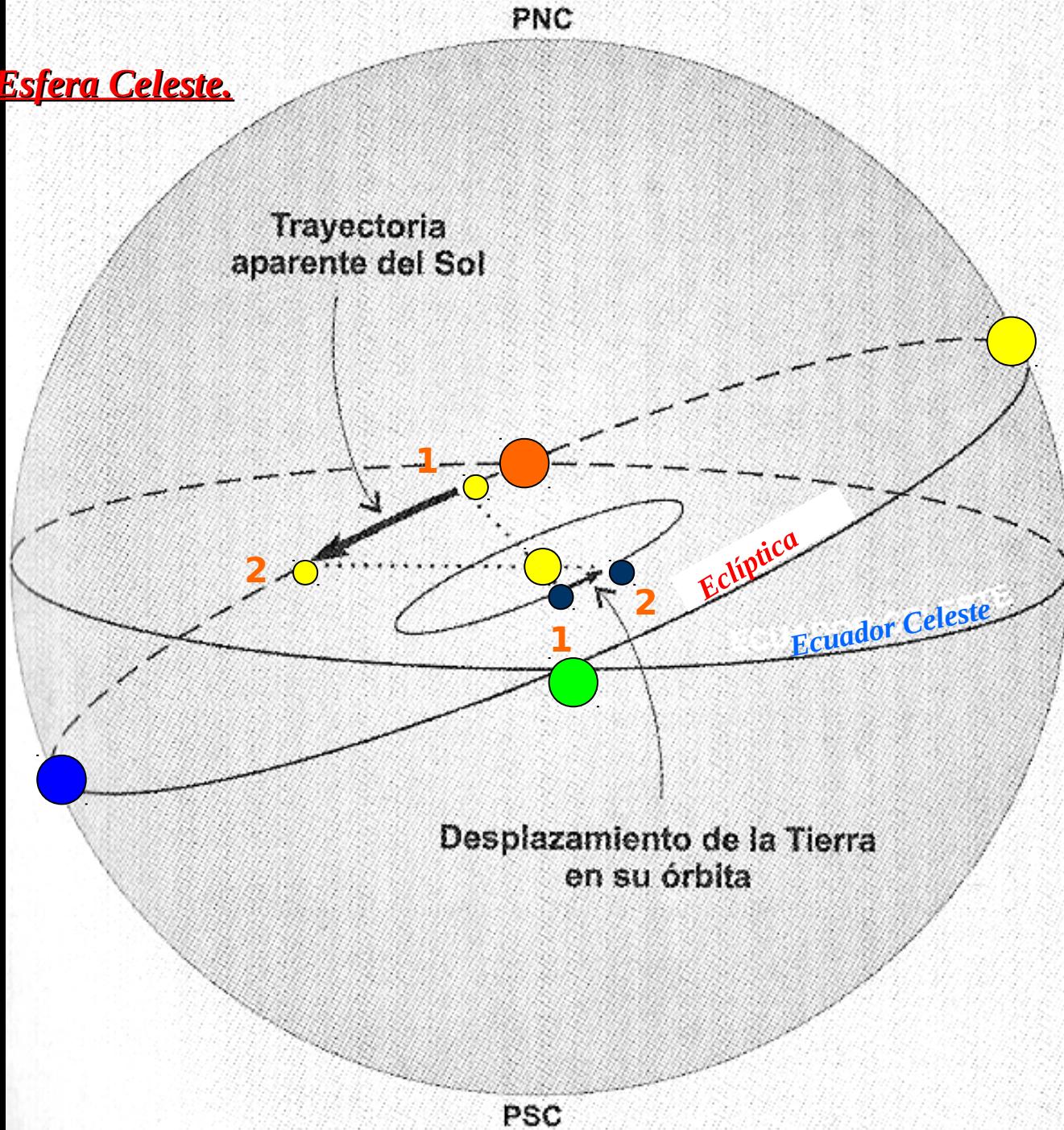
-Solsticio de verano
21-22 de junio.

-Equinoccio de
otoño 22-23 de
septiembre.

-Solsticio de
invierno. 21-22 de
diciembre.

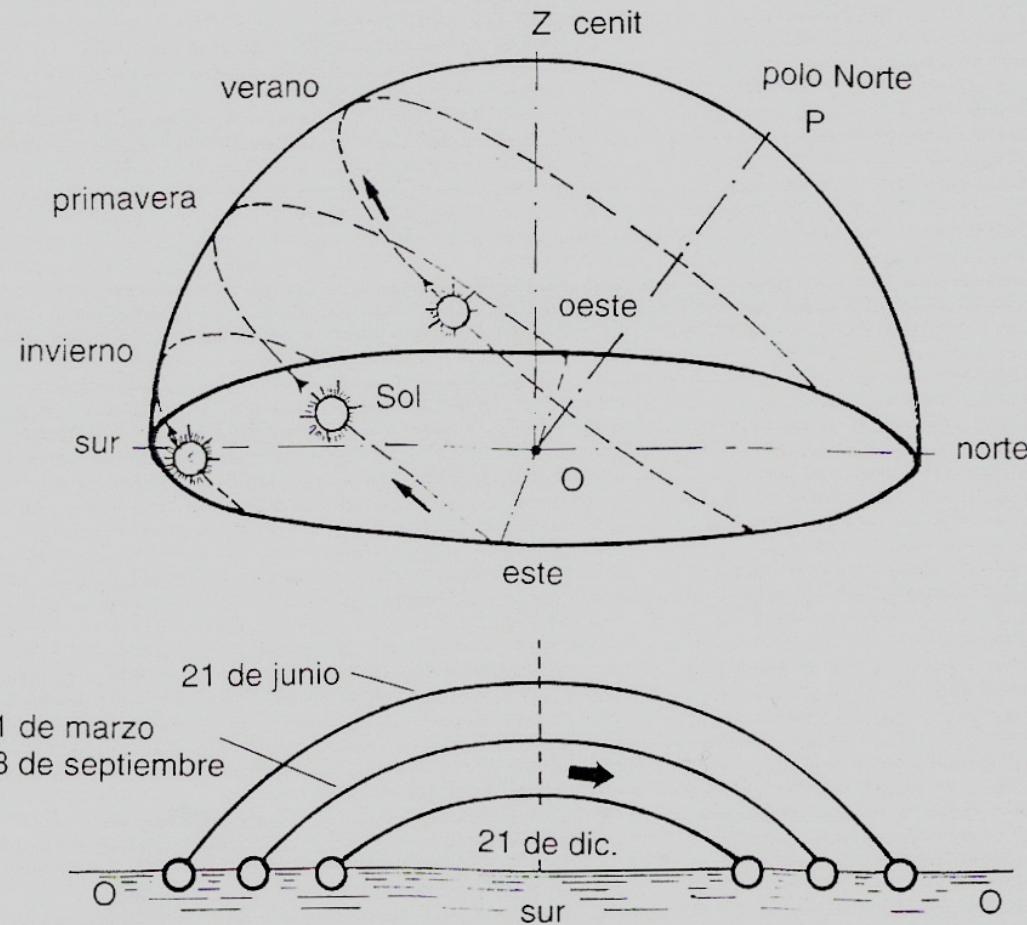
-Equinoccio de
primavera 21-22 de
marzo.

PUNTO VERNAL



EL SOL EN LOS EQUINOCCIOS Y SOLSTICIOS

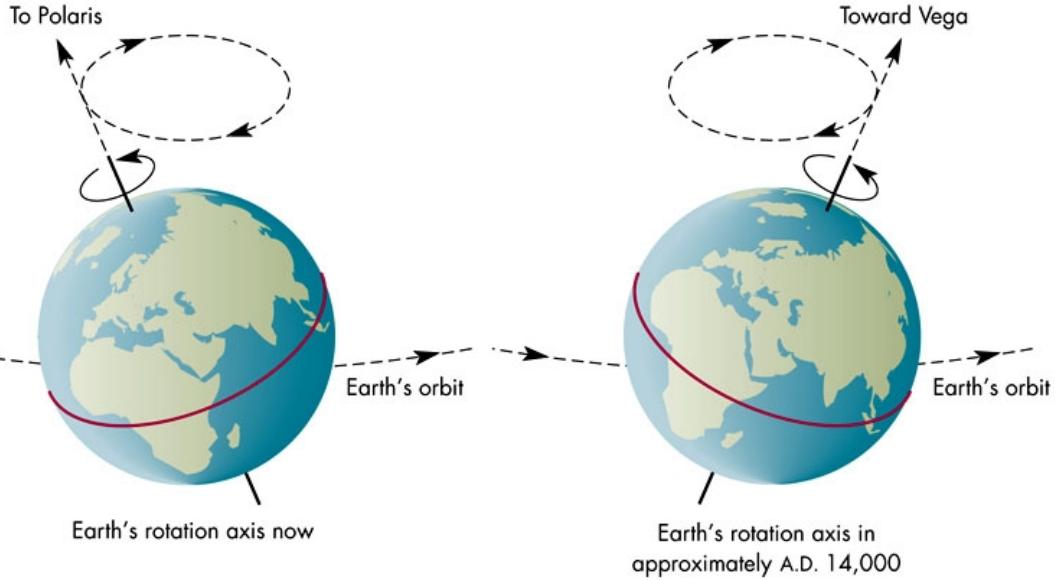
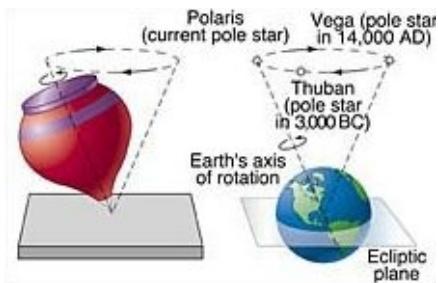
MOVIMIENTO DIURNO DEL SOL VISTO POR UN OBSERVADOR



El Sol en los equinoccios y solsticios. (A) Los movimientos del Sol en el cielo visto por un observador.

Precesión

- La Tierra es achatada
- La atracción asimétrica del Sol provoca bamboleo del eje Polar en torno a eje eclíptica
- $P=25781$ años o $50''.27/\text{año}$
- Ahora a 1° de estrella polar, en 12000 años Vega

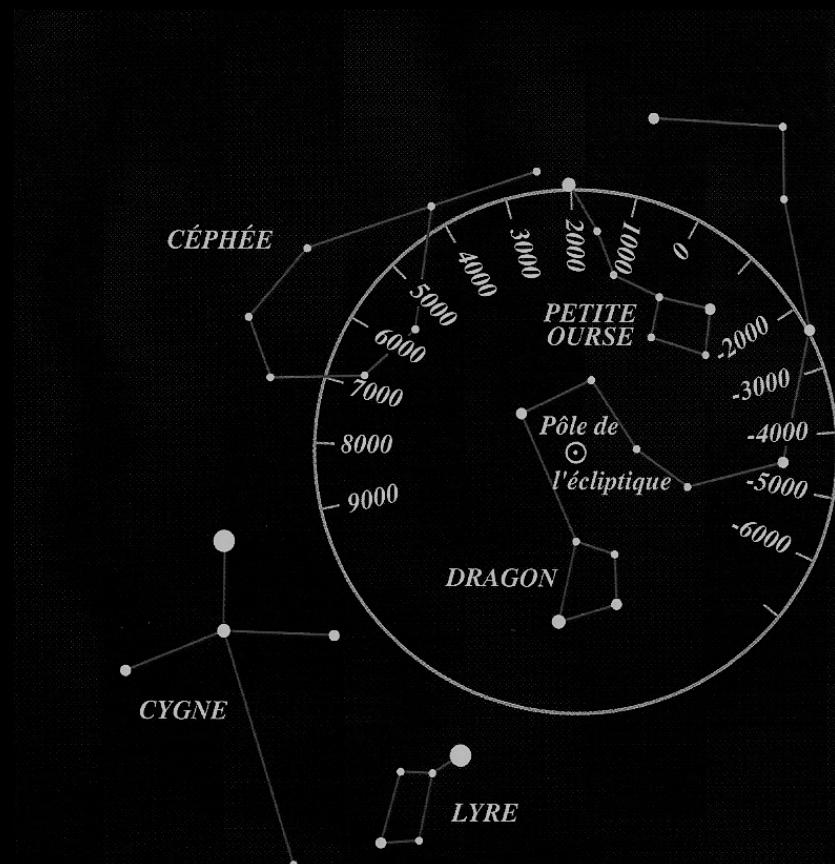


Nutación

La atracción de la Luna y el Sol cambian constantemente debido al movimiento de ambos y esto provoca pequeñas oscilaciones del eje de rotación de la Tierra

Consecuencias de la precesión:

- **La POLAR dejará de ser la estrella del norte.**
- **El PUNTO VERNAL se mueve sobre la eclíptica. Las coordenadas ecuatoriales varían.**
- **Las constelaciones típicas de verano lo serán de invierno.**
- **Los signos astrológicos no coinciden con las constelaciones del zodiaco.**



Las constelaciones y el zodíaco



Las estrellas que conforman una constelación no tienen, generalmente, ninguna relación “intima” en el espacio Simplemente es cuestión de perspectiva ... nuestra esfera no tiene profundidad,.... observamos en dos dimensiones.

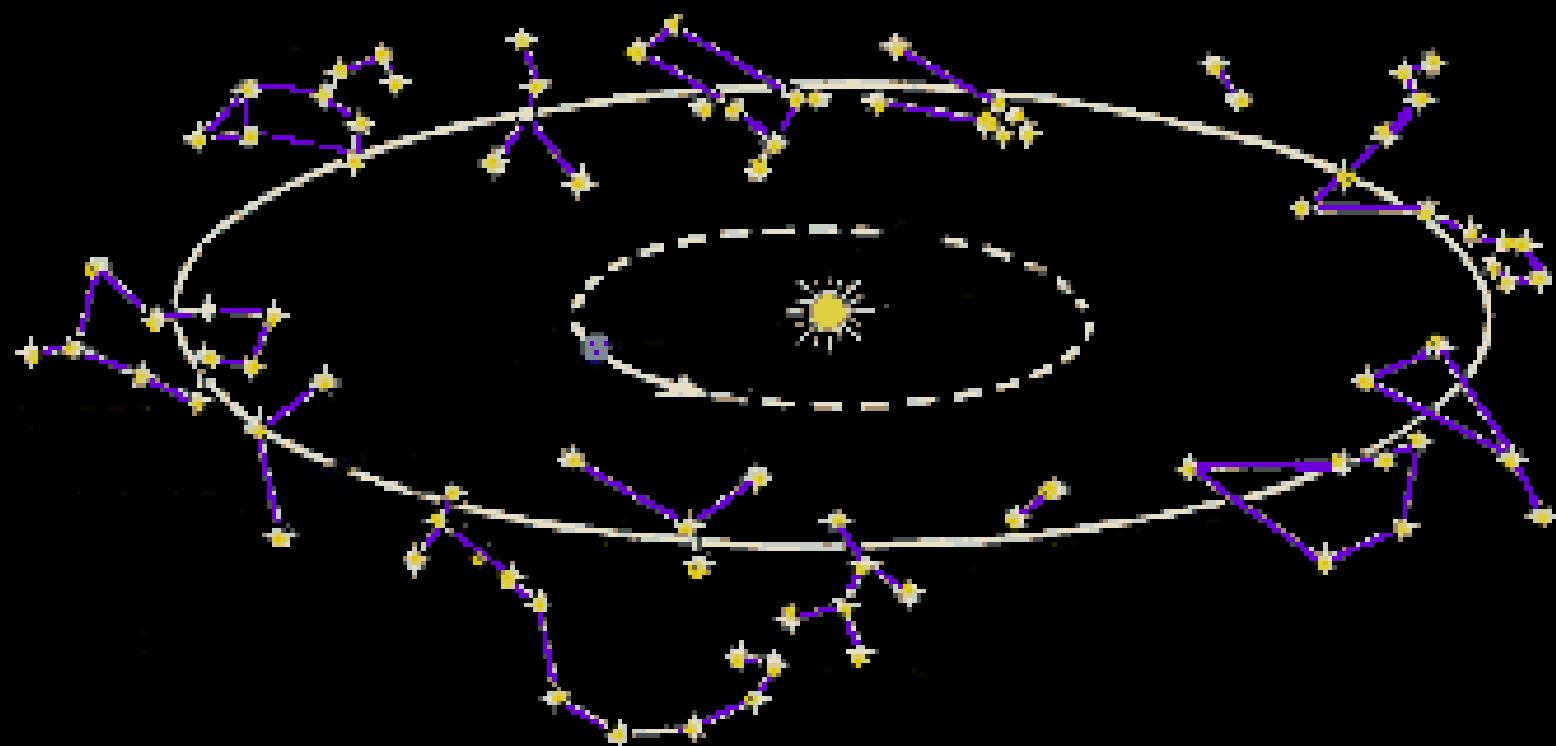
... y, las constelaciones rara vez se asemejan al animal, héroe u objeto al que representan Hay excepciones.

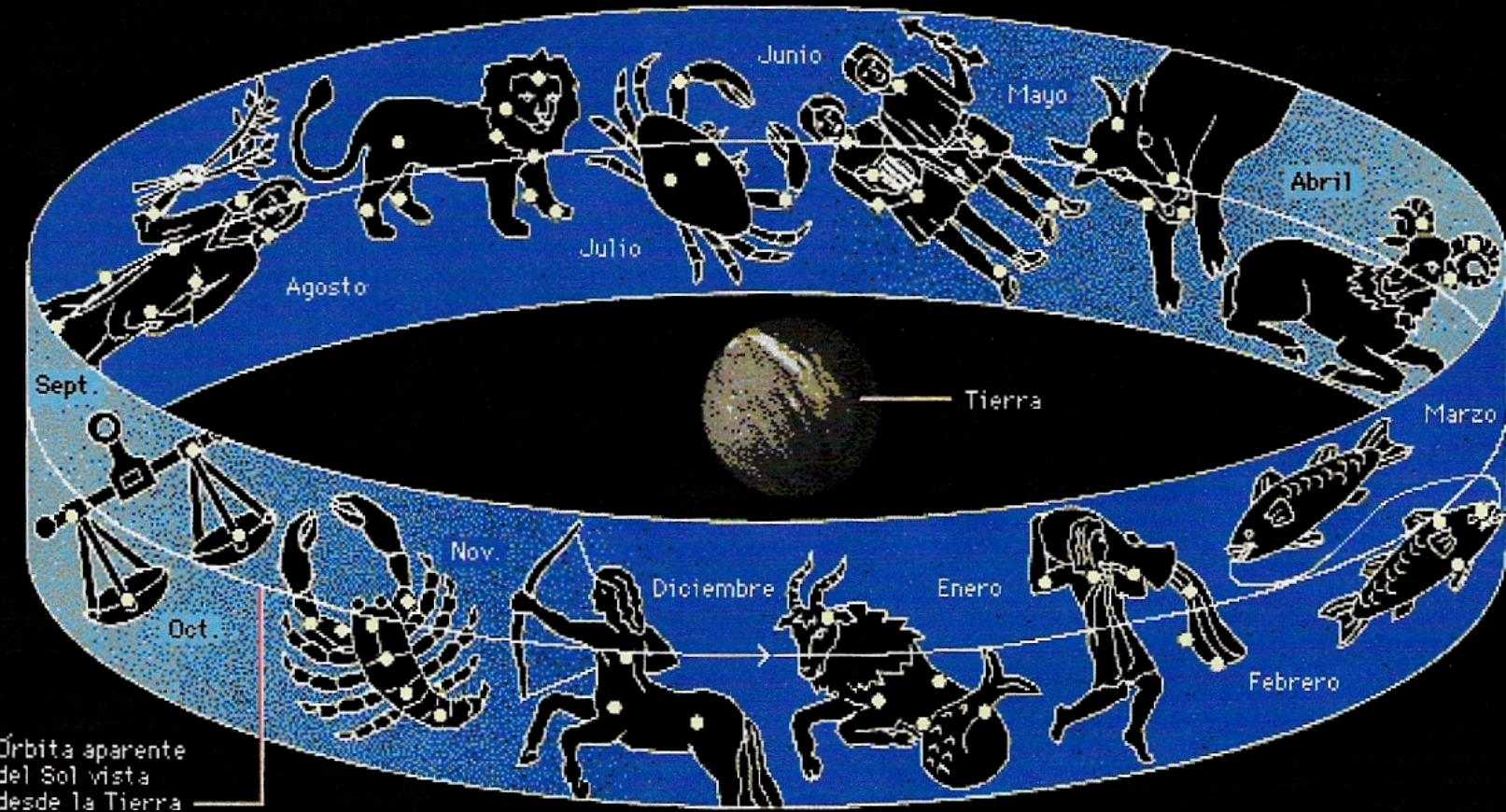
LA ESTRELLA
POLAR



EL CARRO
PEQUEÑO

EL GRAN CARRO.



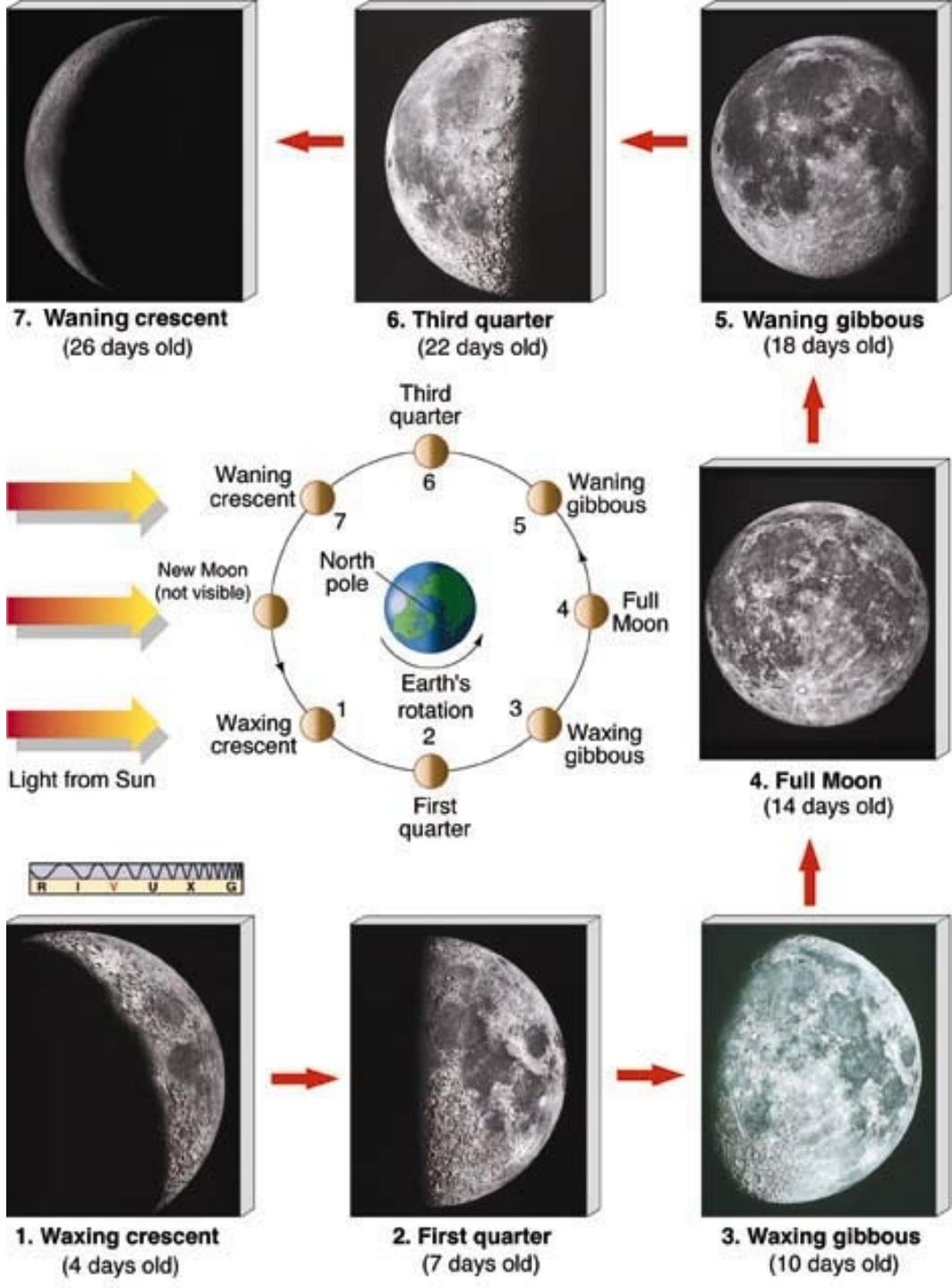


Hay 12/13 "zonas zodiacales" y cada una tiene una extensión variable sobre la eclíptica.

La franja zodiacal tiene una anchura de 8° por encima y por debajo de la eclíptica.

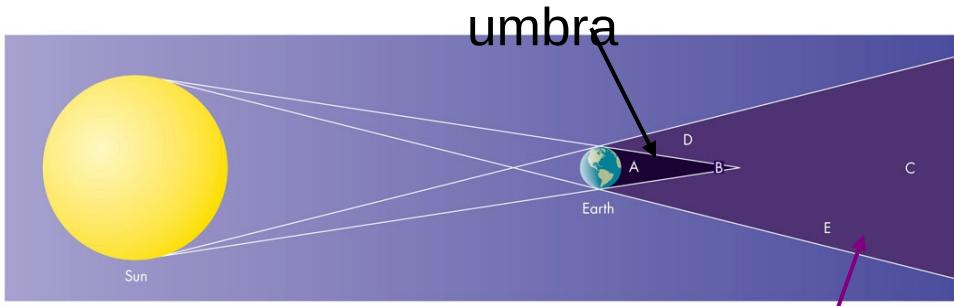
Fases de la Luna

- La Luna no emite luz propia, sólo luz reflejada del Sol
- La Luna hacia el E más rápido que el Sol
- Dependiendo de la geometría Tierra-Luna-Sol



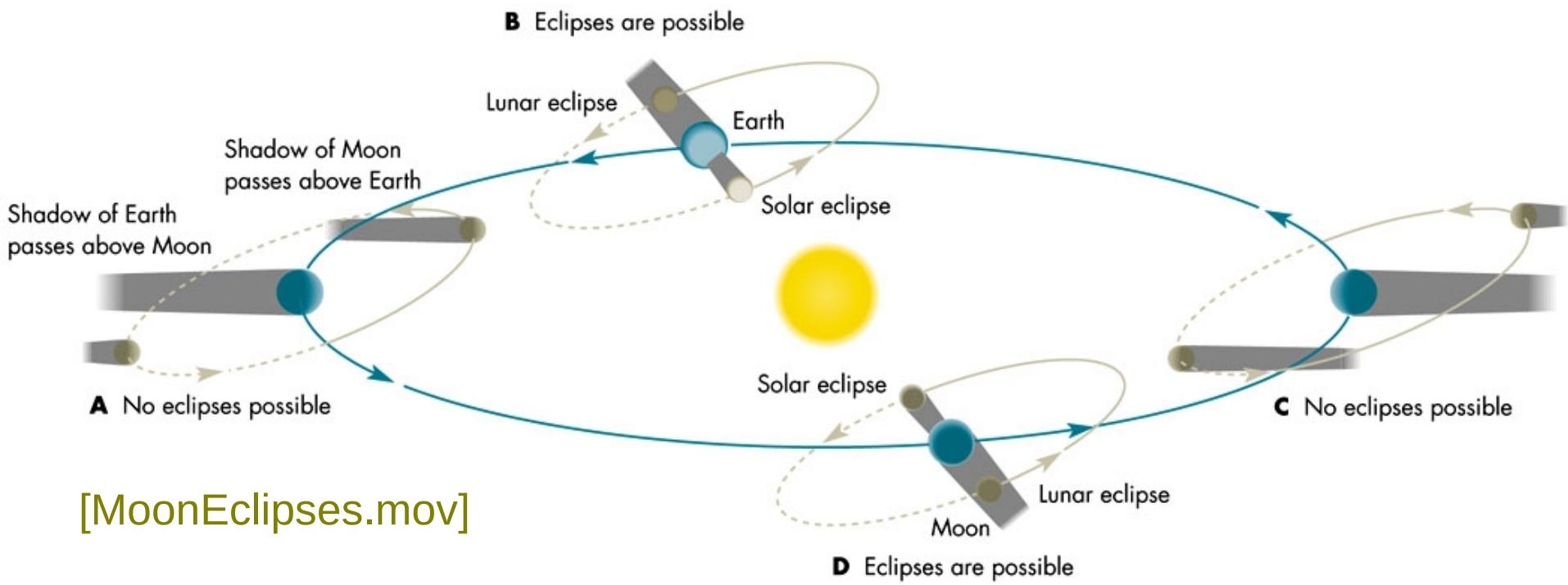
Eclipses

- Cuando Luna llena o nueva Y en línea de nodos: Sol-Tierra-Luna en línea → Eclipses
- Zonas sombra: **umbra** y **penumbra**



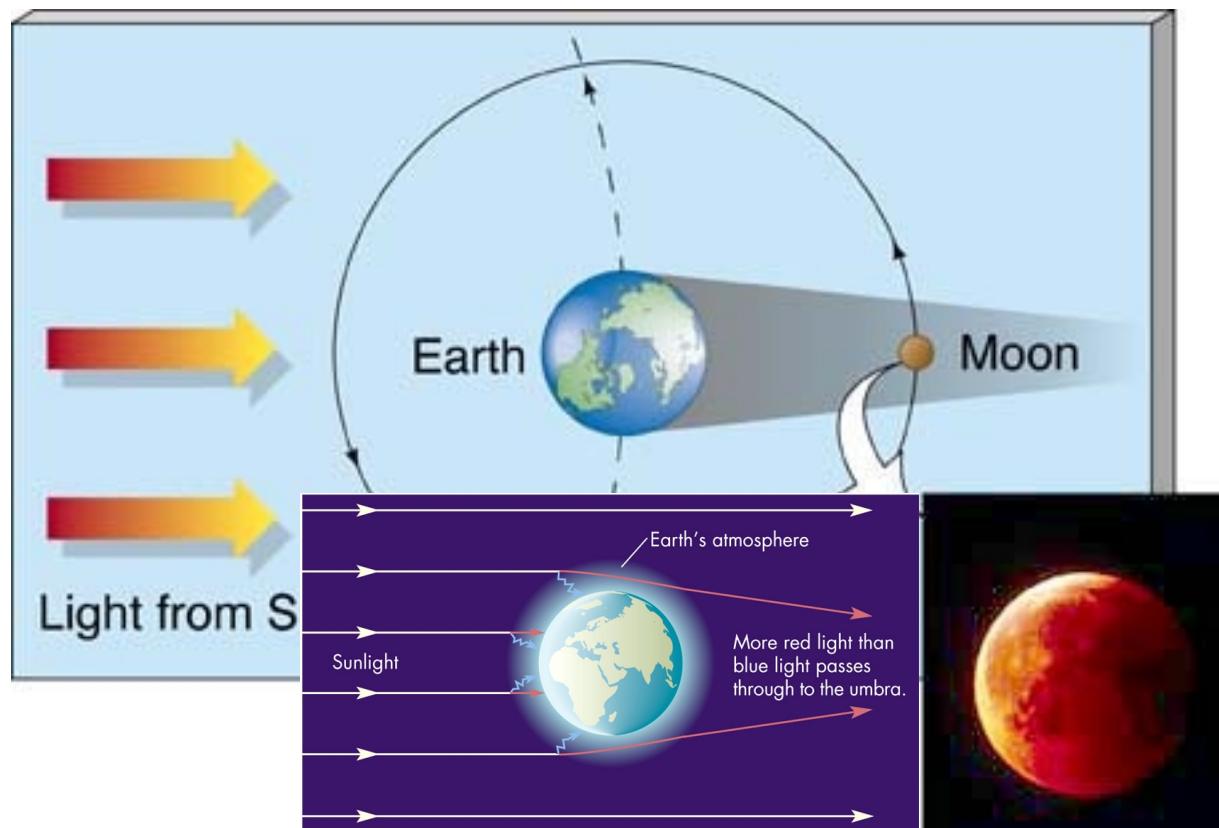
Location of observer	What the observer sees there
Point A (umbra)	Total eclipse
Point B (umbra)	Total eclipse
Point C (penumbra)	Annular eclipse
Point D (penumbra)	Partial eclipse
Point E (penumbra)	Partial eclipse

penumbra



[MoonEclipses.mov]

Eclipses de Luna



- Anchura umbra Tierra $1^{\circ}.3 > \varnothing$ Luna $0^{\circ}.5$:
 - siempre que hay alineamiento con luna llena hay eclipse total de Luna
 - Luna en umbra ~ 3 h, totalidad ~ 100 min
- Un hemisferio completo ve el eclipse
- Luz Sol dispersada por atmósfera Tierra ilumina Luna en eclipse: color rojo

Eclipses de Sol

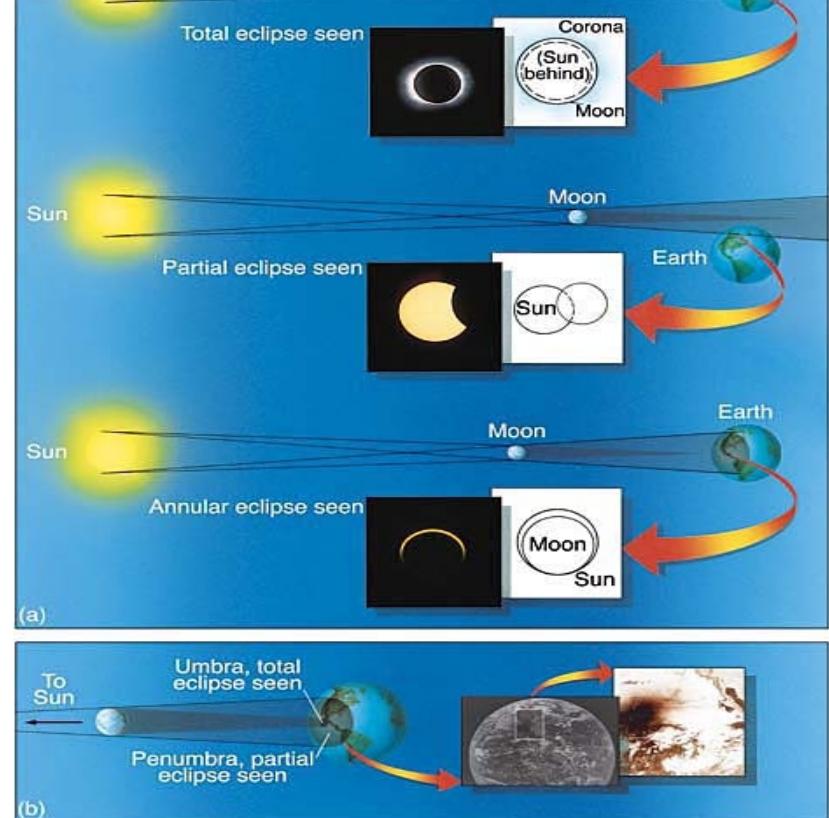
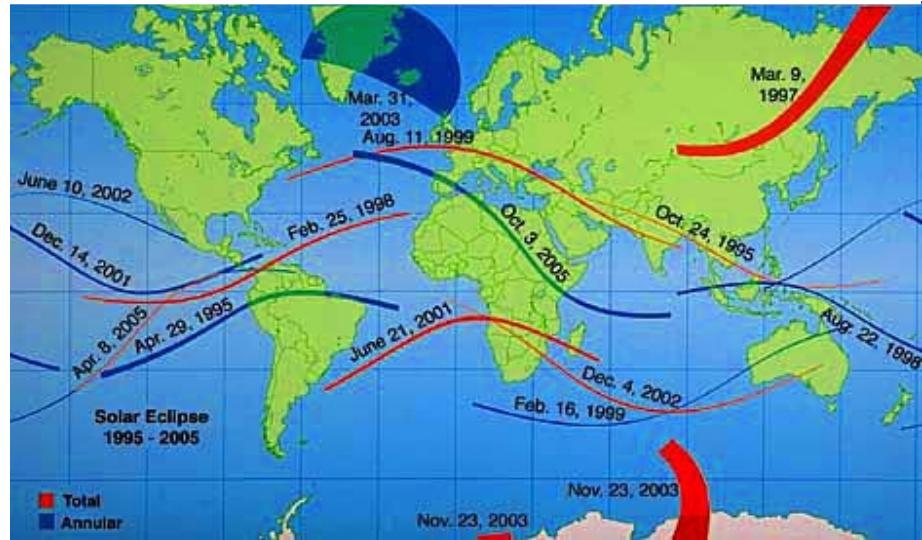


(a)



(b)

- Según geometría:
 - totales
 - parciales
 - anulares
- Anchura sombra<270km
 - traza: ~150km x 10 000km (0.3% superficie)
 - total<7min 40s (~2-3min)



Predicción de los eclipses

- Sólo se producen cuando línea nodos apunta Sol: **estación de eclipses**
 - separadas 5.7 meses (nodos retrogradan, van en busca de la Tierra): 2 en muchos años, 3 en algunos
 - **año de eclipse**= $2 \times \text{estación} = 346.6$ días = $\text{SIN} * \text{DRAC} / (\text{SIN}-\text{DRAC})$
- **Saros** $6585\frac{1}{3}$ días = 18 años $11\frac{1}{3}$ días = 223 lunas (sin.) = 242 nodos (drac.) = 239 apo/peri (anomal.) = 19 años eclípticos
- Babilonios conocían saros (600 AC)
- 240 eclipses Sol/siglo:
 - 35% parciales
 - 32% anulares
 - 33% totales
- # eclipses Sol ~# eclipses Luna pero impresión es más Luna

Mareas

[MoonTides.mov]

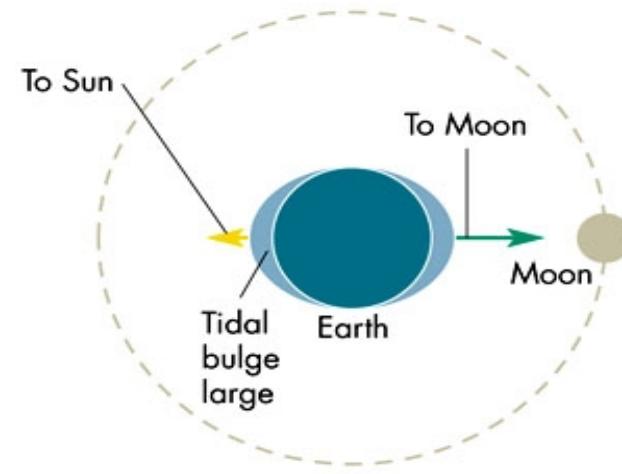
- **Fuerzas de marea:** aceleraciones gravitatorias relativas de una parte de un cuerpo respecto a otra
 - efecto neto es alargar el cuerpo en la dirección de \mathbf{r}
- **Sistema Tierra-Luna:**
 - Corteza Tierra deformada en ~dirección luna ~cm
 - Océanos $\leq 15\text{m}$: 2x día
 - Sol: mareas vivas y muertas
- **Mareas generan fricción:**
 - rotación Tierra: día $<0.002\text{s/siglo}$
 - distancia Luna $>4\text{cm/año}$
 - en muchos Gy: $P_{\oplus}=P_{\odot}=47$ “días”



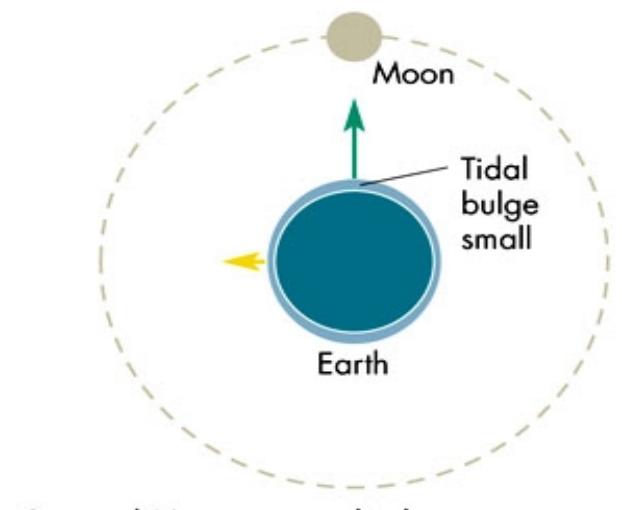
A



B



Spring tide: Sun and Moon aligned



Neap tide: Sun and Moon perpendicular

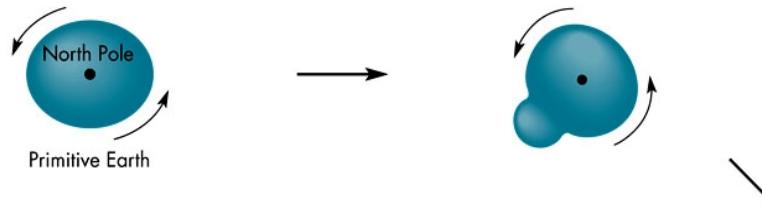
Teorías de formación antiguas

Teoría fisión

Órbita luna <> Ecuador

¿Cómo pudo haber
rotación tan rápida?

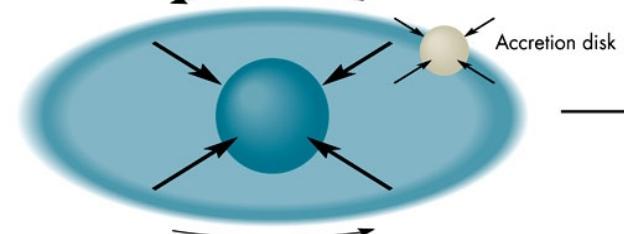
Fission theory



Teoría acreción binaria

¿Por qué Fe<<
Luna?

Binary accretion theory



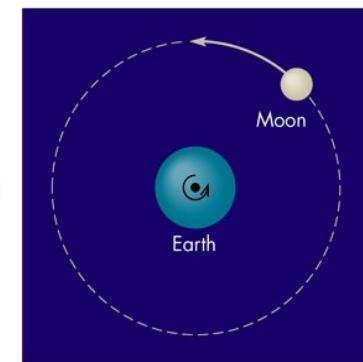
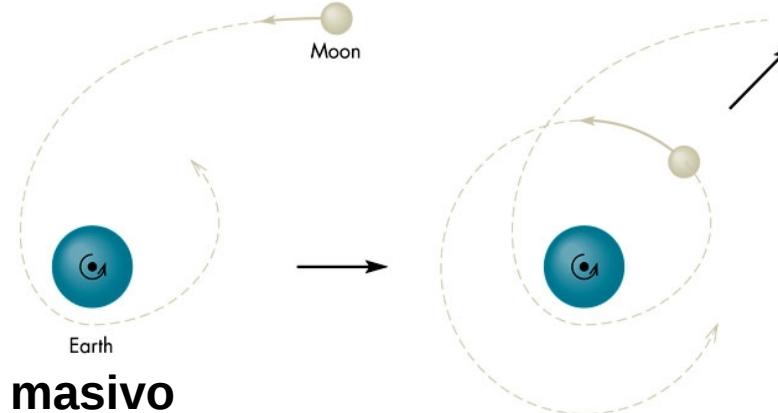
Teoría captura

Captura improb. De objeto tan masivo

¿Disipación energía?

¿Por qué composición química (isótopos O) ~ ?

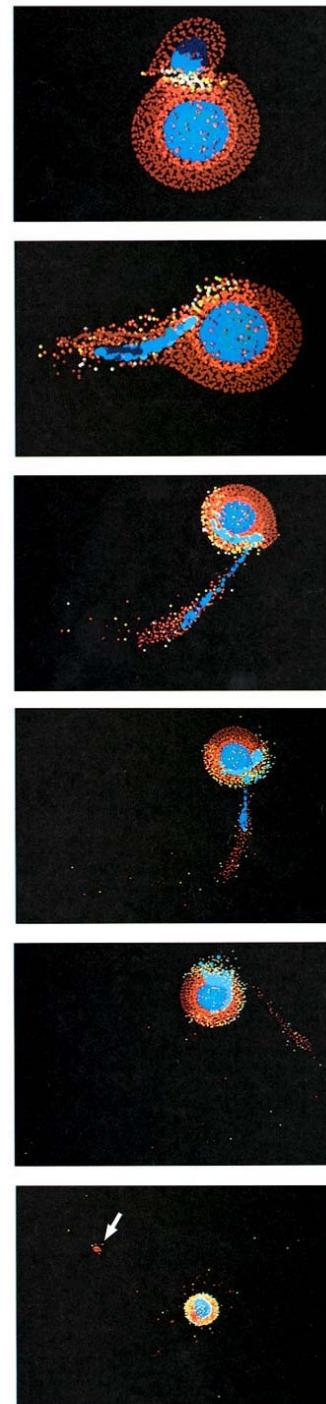
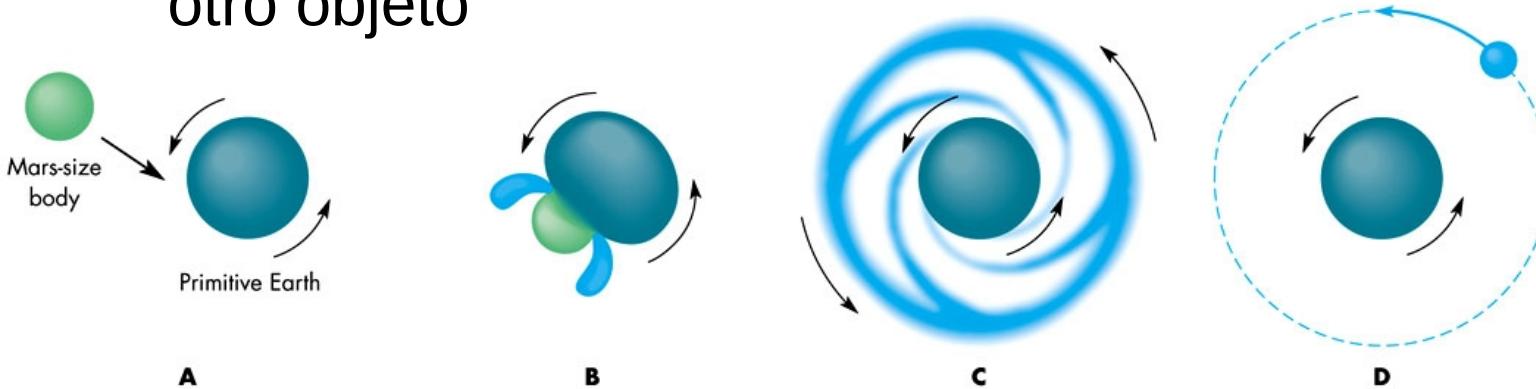
Capture theory



Teoría del impacto gigante

[MoonEvol.mov]

- Objeto de varias veces la masa de Marte
- Choque “rasante” con la Tierra
 - vaporizó objeto, y parte manto y corteza Tierra
- Parte del material orbitó la Tierra:
 - materiales ligeros escaparon
- Colisión tras formación núcleo Fe Tierra
 - poco Fe arrancado por colisión
- Composiciones parecidas porque mayor parte material Luna de corteza Tierra
- Diferencias podrían venir de aportaciones del otro objeto



LA FORMACIÓN DE LA TIERRA

- Nuestra galaxia (**Vía Láctea**) se formó dentro de estructuras superiores (supercúmulos, cúmulos y grupos de galaxias) a partir de inhomogeneidades en la distribución de materia existente cientos de millones de años tras el Big Bang.
- El **Sistema Solar** se formó a partir de una nebulosa enriquecida dentro de nuestra galaxia (el Sol es estrella de segunda generación) hace más de 4500 millones de años:
 - Giro + colisiones = achatamiento con proto-Sol en centro
 - Agregación de gas+polvo en planetesimales que crecen
 - Interior (caliente): planetas rocosos que no pueden retener gas
 - Exterior (frío): planetas gaseosos y masivos
 - Cuando Sol se enciende, limpia restos de gas en planetas interiores
- La **Tierra** sufre muchos impactos de asteroides en primeras fases. Su paulatino enfriamiento y consiguiente decantación de materiales determinan su estructura interna: núcleo, manto, corteza
- Formación de la **Luna** (hipótesis)

[Video: nebulosa protosolar]

Características orbitales	
Semieje mayor (a)	149 597 887.5 km
Semieje menor (b)	149 576 999.826 km
Perihelio	0,983 UA
Afelio	1,017 UA
Excentricidad (e)	0,0167
Periodo orbital	365,2564 días
Máxima velocidad orbital	30,287 km/s
Velocidad angular de la Tierra	$7,27 \times 10^{-5}$ rad/s
Satélite	1 (Luna)

Características físicas	
Diámetro ecuatorial	12.756,28 km
Diámetro polar	12.713,50 km
Diámetro medio	12.742,00 km
Superficie	510.065.284,702 km ²
Volumen	$1,0832073 \times 10^{12}$ km ³
Masa	$5,974 \times 10^{24}$ kg
Densidad media	5,515 g/cm ³
Gravedad superficial	9,78 m/s ²
Velocidad de escape	11,186 km/s
Período de rotación	23,9345 horas
Inclinación axial	23,45 °
Albedo	31-32%
Temperatura superficial	min media max
	182 K 282 K 333 K
Presión atmosférica	101.325 Pa

PARÁMETROS RESULTANTES

Distinta duración de las estaciones

Definición de año (calendarios solares y lunares)

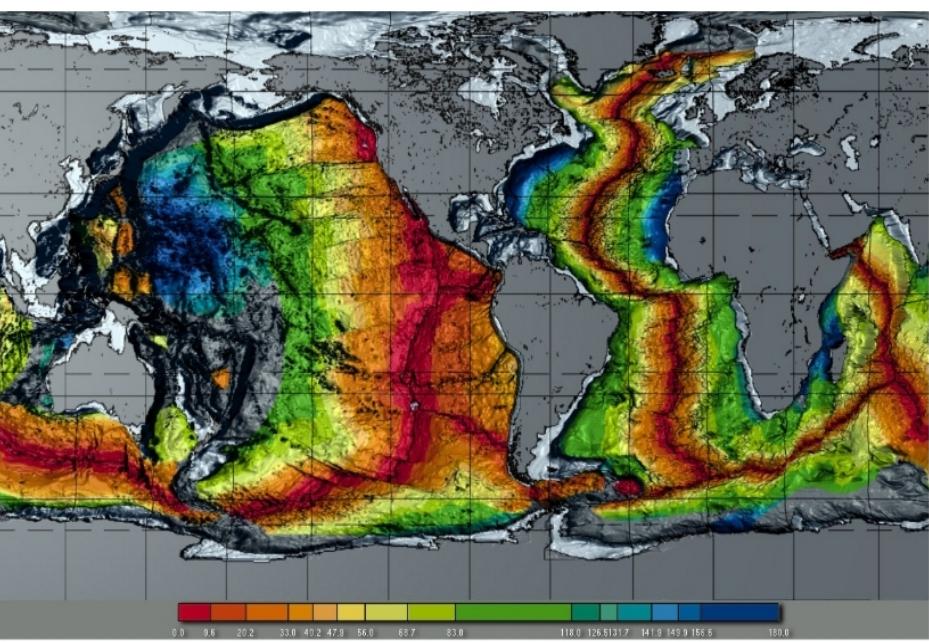
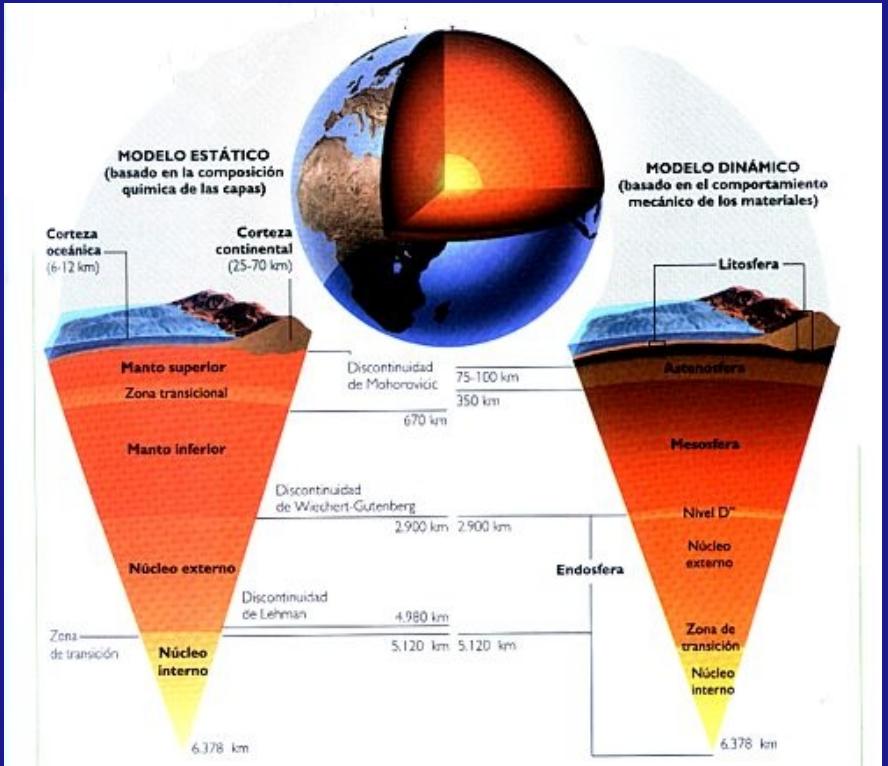
Aesfericidad: par de fuerzas solar produce precesión

Gravedad: retención de atmósfera, agua líquida

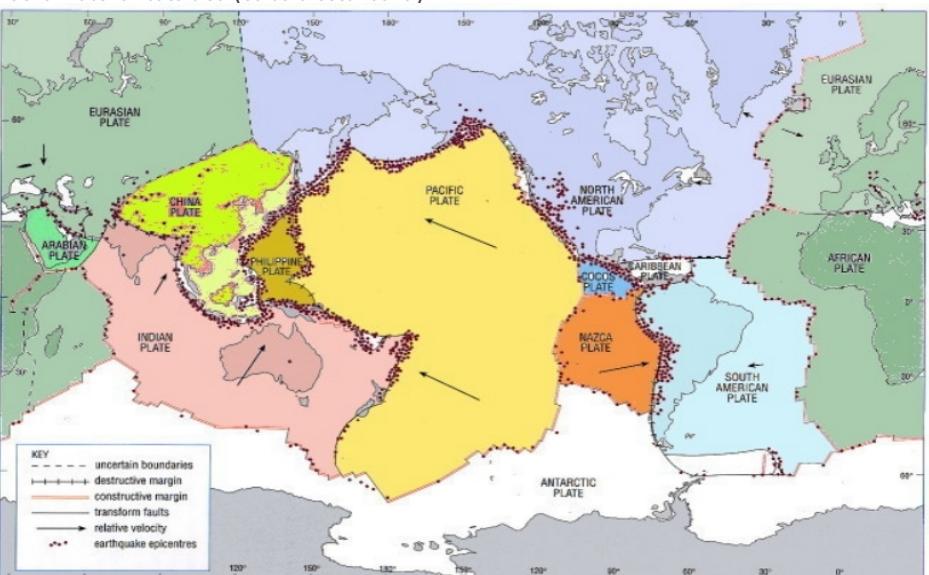
Definición de día y horario civil
Estaciones, latitud y clima

Balance radiativo y efecto invernadero

ESTRUCTURA INTERNA



- Núcleo: origina **campo magnético** intenso
- Manto: convección origina **tectónica** y **vulcanismo**
- Corteza: joven, con **erosión** y **orogénesis**



Mapa de las distintas placas tectónicas que componen la corteza terrestre, y de sus movimiento relativos. Puede verse cómo las placas se separan en las dorsales oceánicas, y colisionan en las zonas de subducción dando origen a cordilleras jóvenes. El vulcanismo y actividad sísmica terrestre se concentran a lo largo de la unión de las diferentes placas.

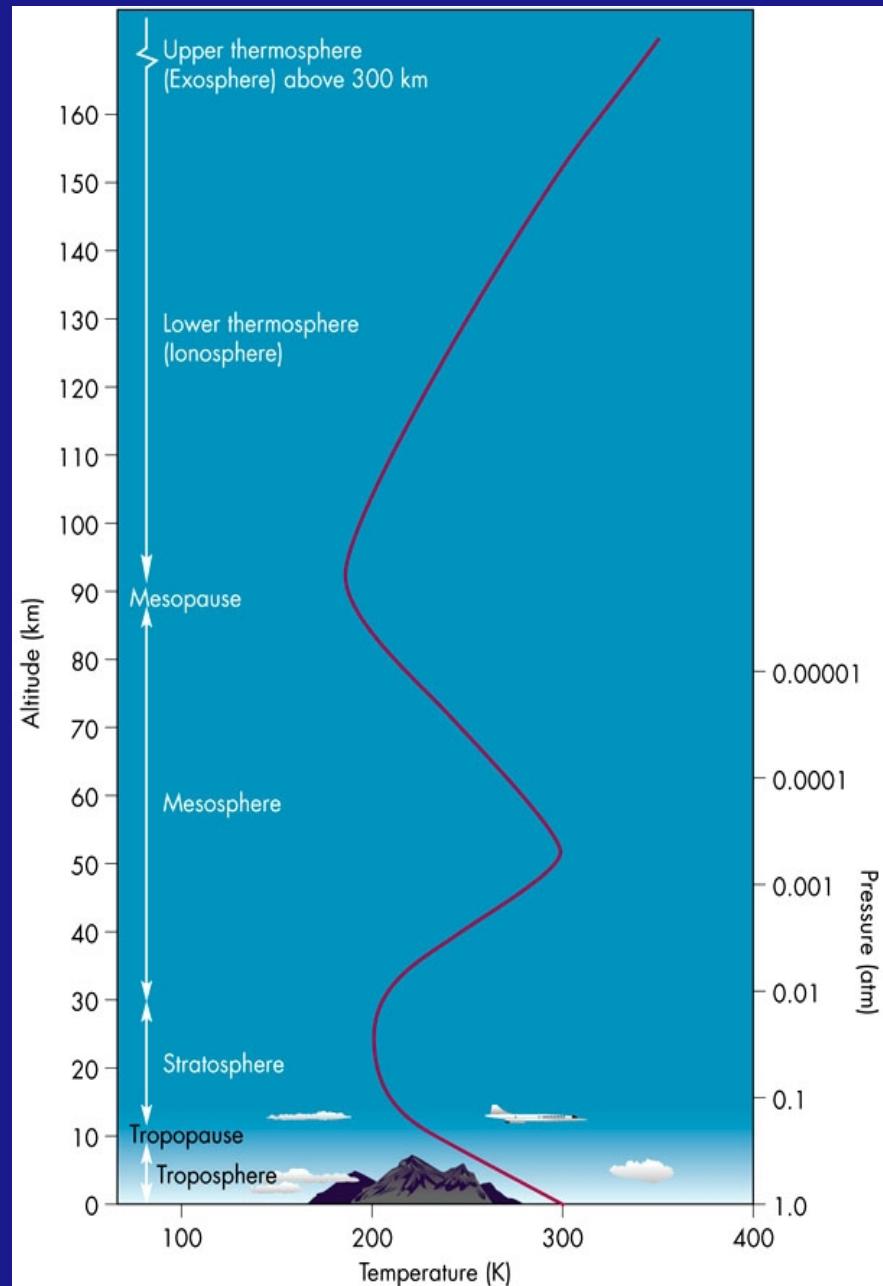
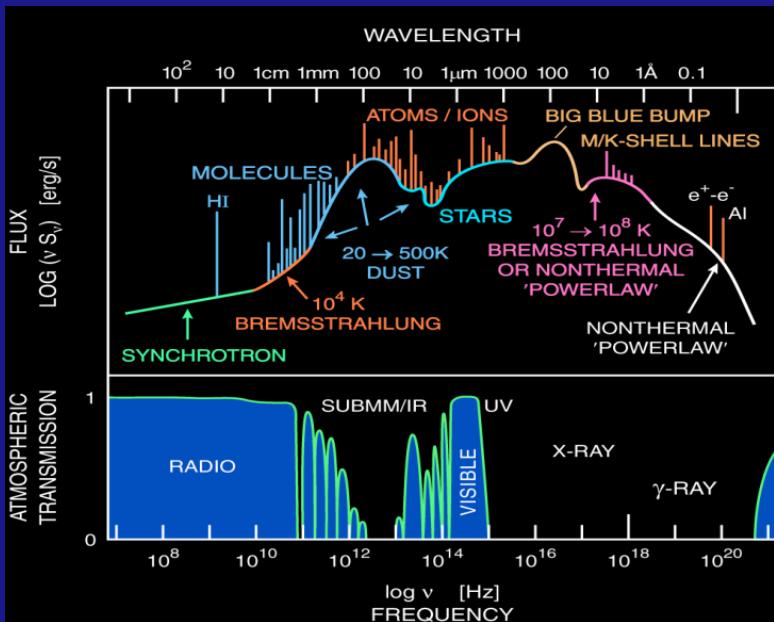
ATMÓSFERA

Origen: impactos de cometas (50% del agua) y liberación de volátiles interiores
Retención: escapan los más ligeros

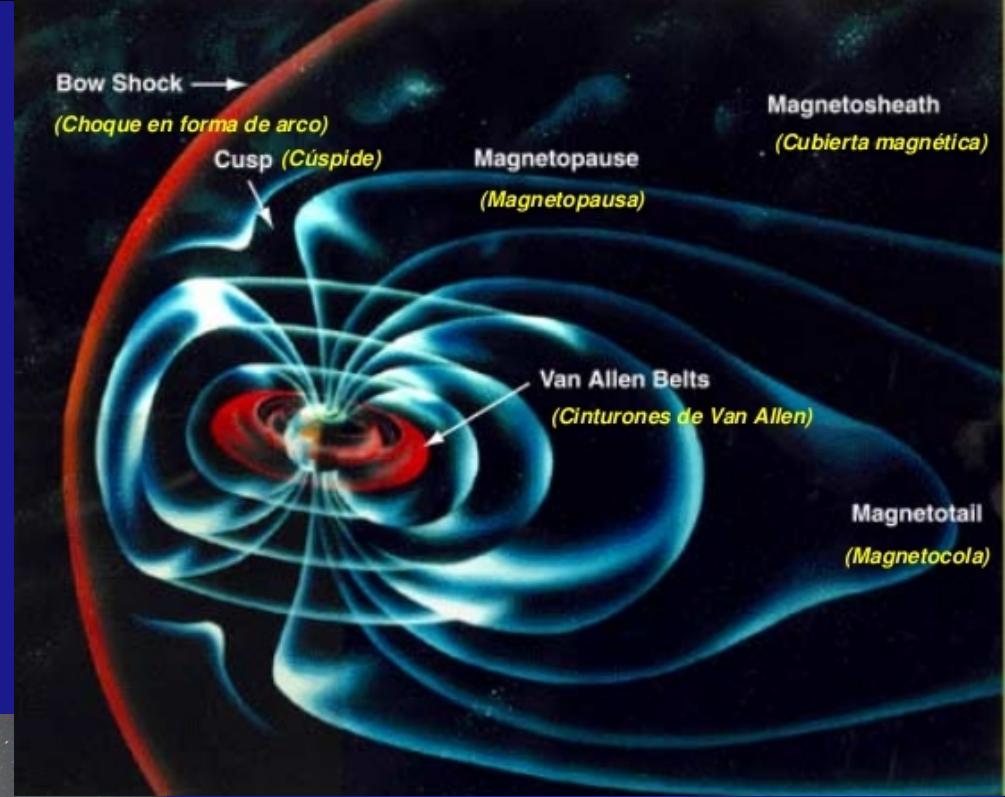
Similitud con Venus excepto: O₂ y O₃ (actividad biológica), H₂O, CO₂ (se disuelve en plantas y océanos).

Invernadero: 300 – 750K Venus
255 – 285K Tierra

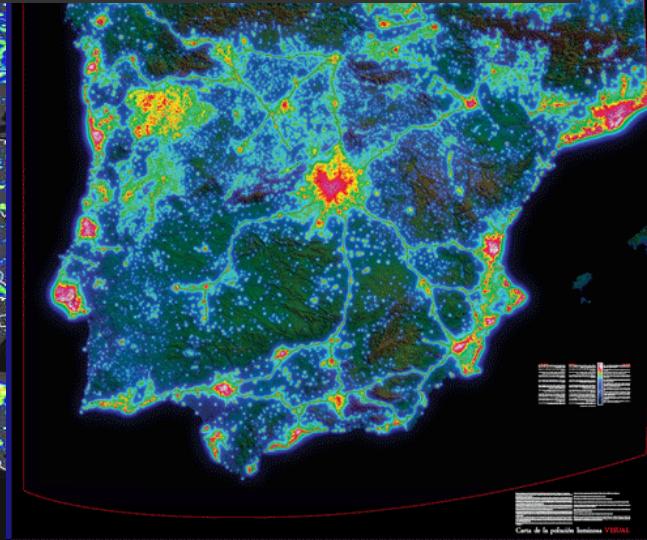
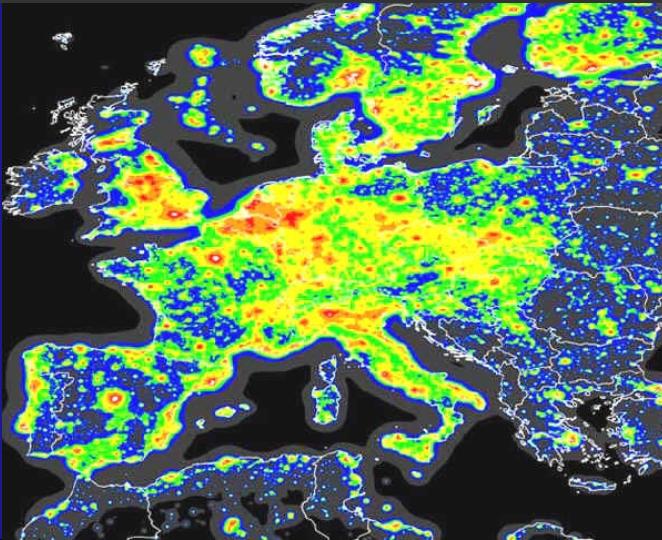
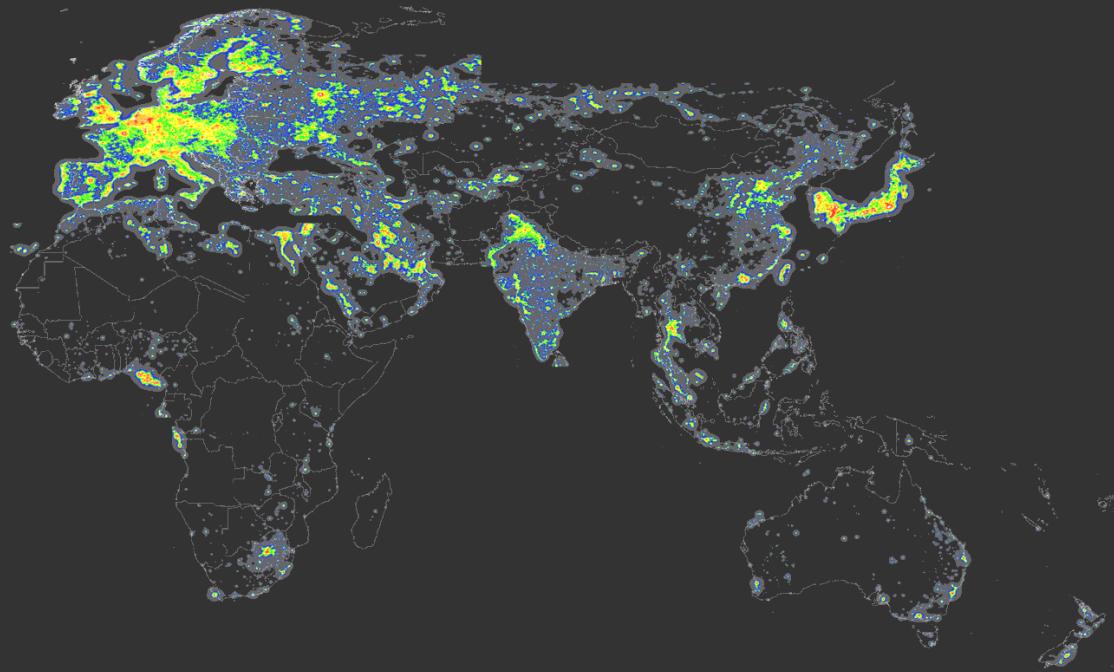
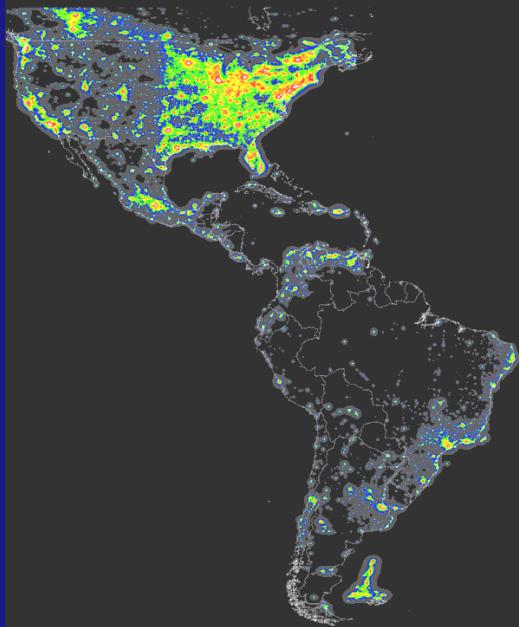
Responsable del color del cielo
Filtro de radiaciones y partículas



MAGNETOSFERA



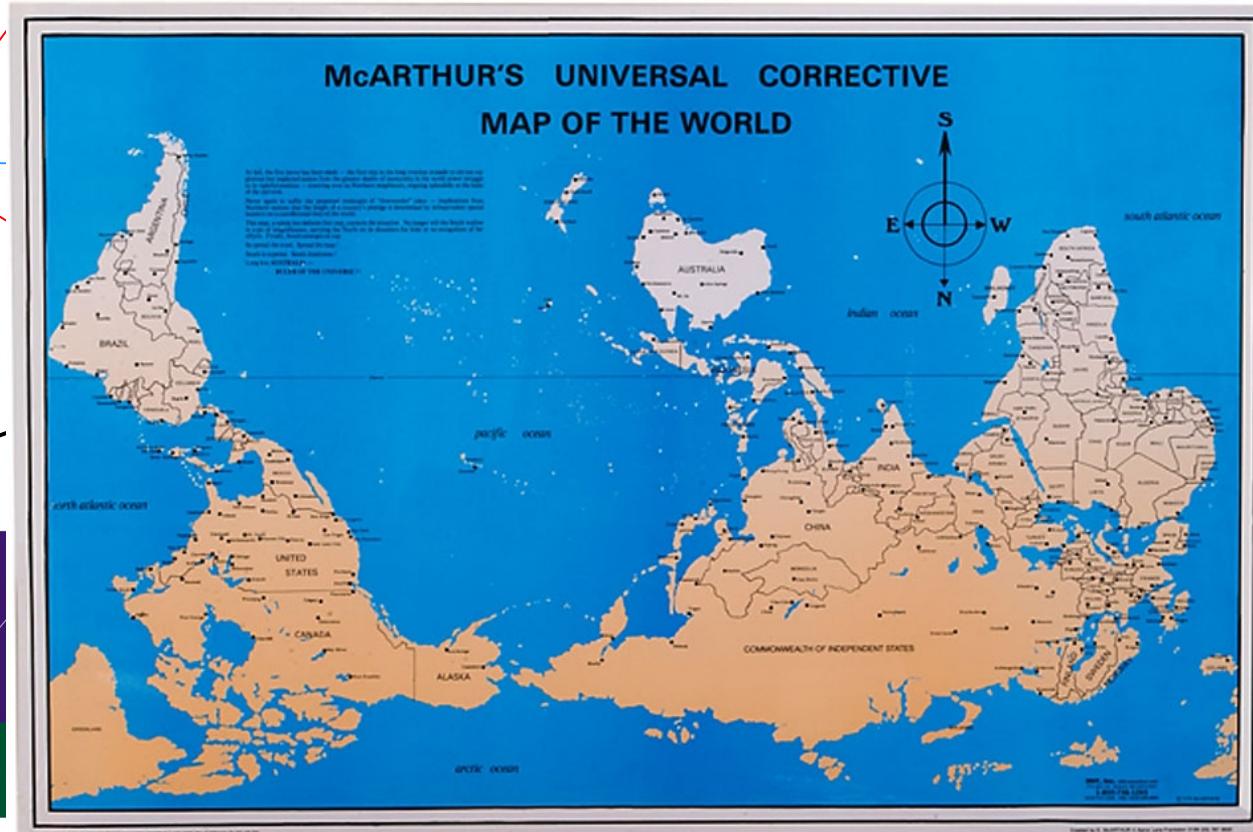
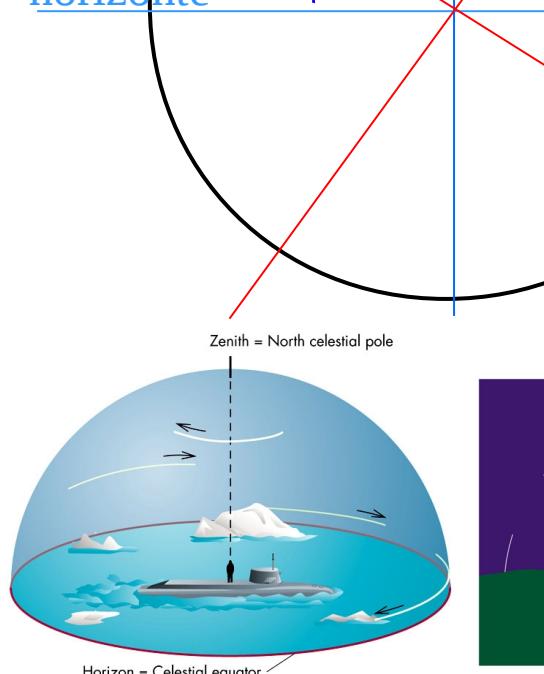
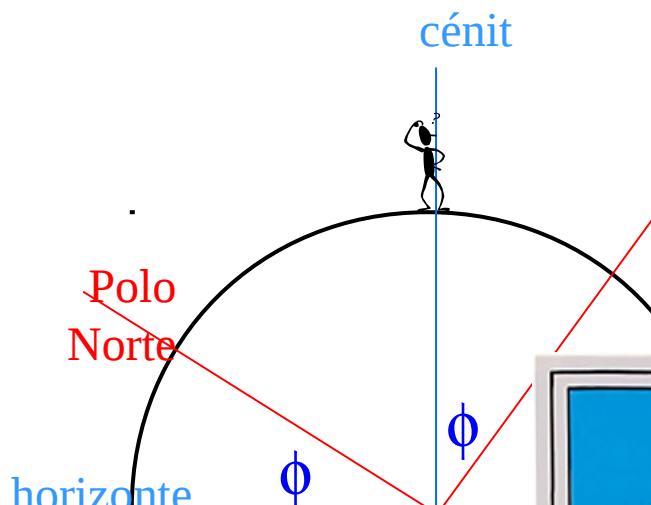
CONTAMINACIÓN LUMÍNICA



Visuelle

Carta de la contaminación lumínica

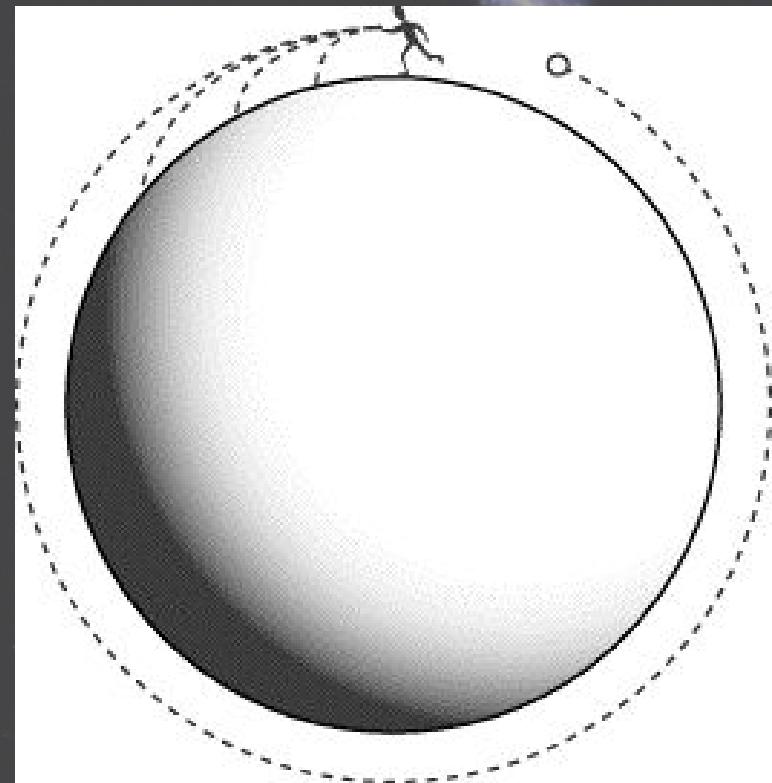
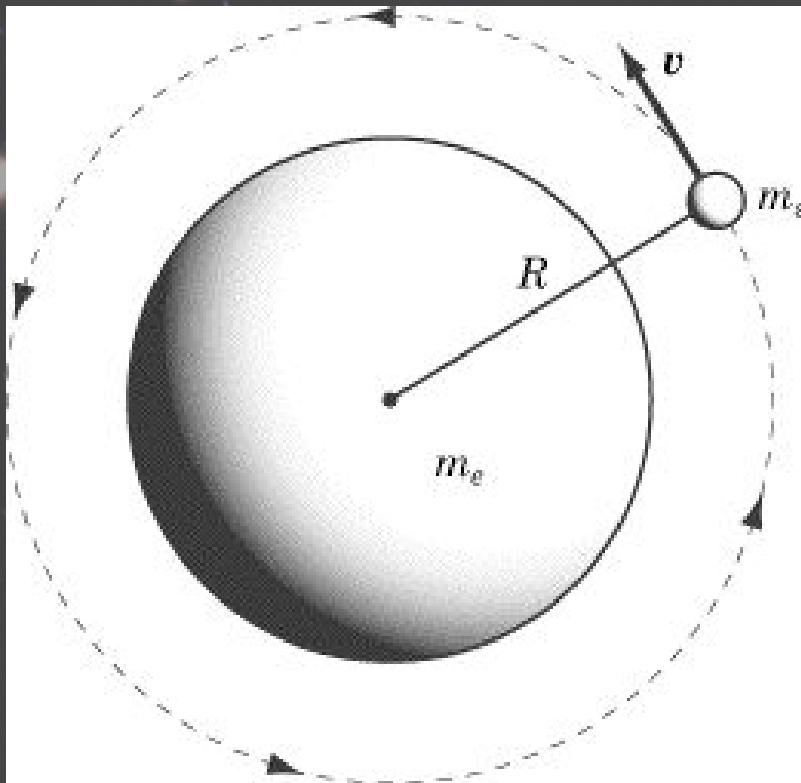
PERSPECTIVAS CULTURALES DIFERENTES



Entendiendo la gravedad

- Newton dijo: $F = G M m / r^2$
- Entonces... en el espacio no hay gravedad?
SI!!
- Pero... los astronautas flotan...
ESTÁN EN ÓRBITA!!

En órbita...



Por tanto...

- Dos cuerpos pueden sentir su mutua influencia gravitatoria *sin caer uno sobre el otro*
- La velocidad relativa a la que se mueven esos cuerpos esta relacionada con sus masas
- Teorema del virial (sistemas ligados gravitacionalmente que han tenido tiempo de llegar al equilibrio):

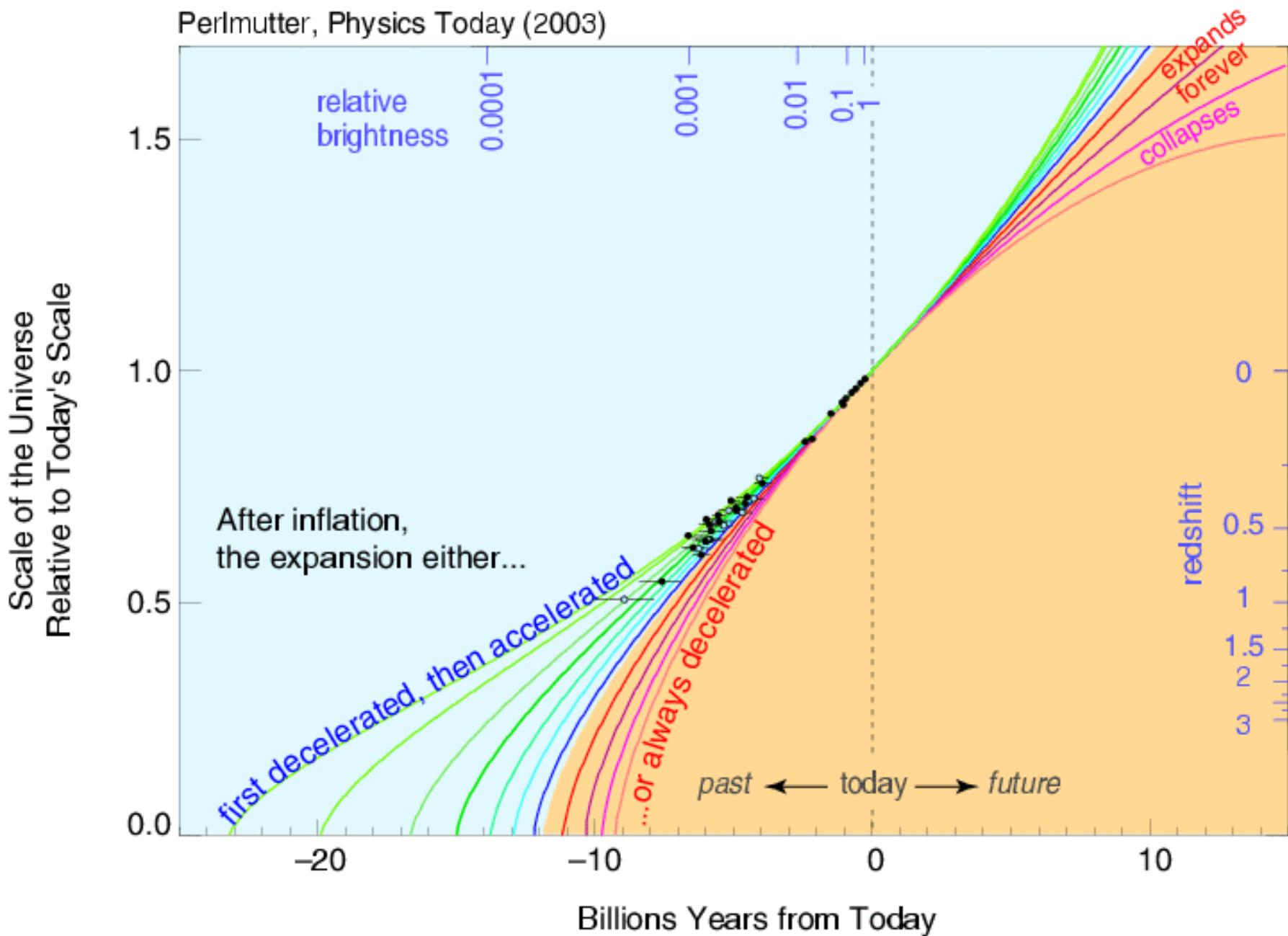
$$K + U = E$$

$$K + U = \frac{1}{2}U$$

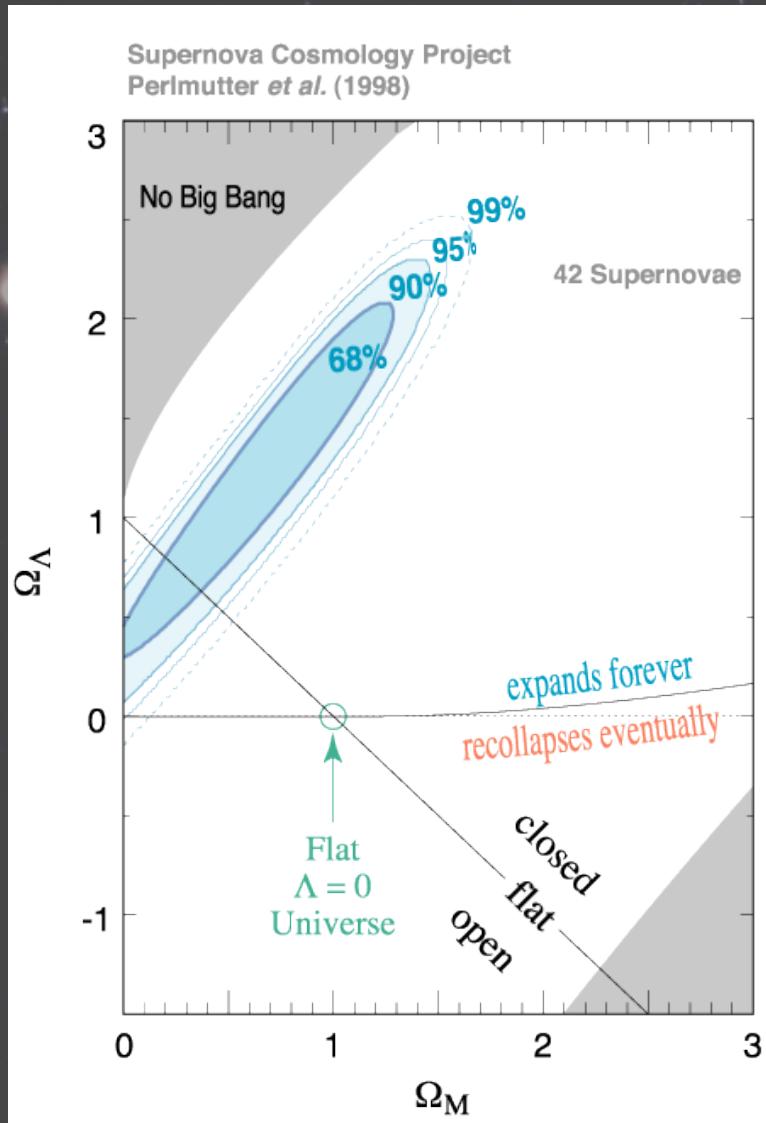
$$2K + U = 0$$

Expansion History of the Universe

Perlmutter, Physics Today (2003)

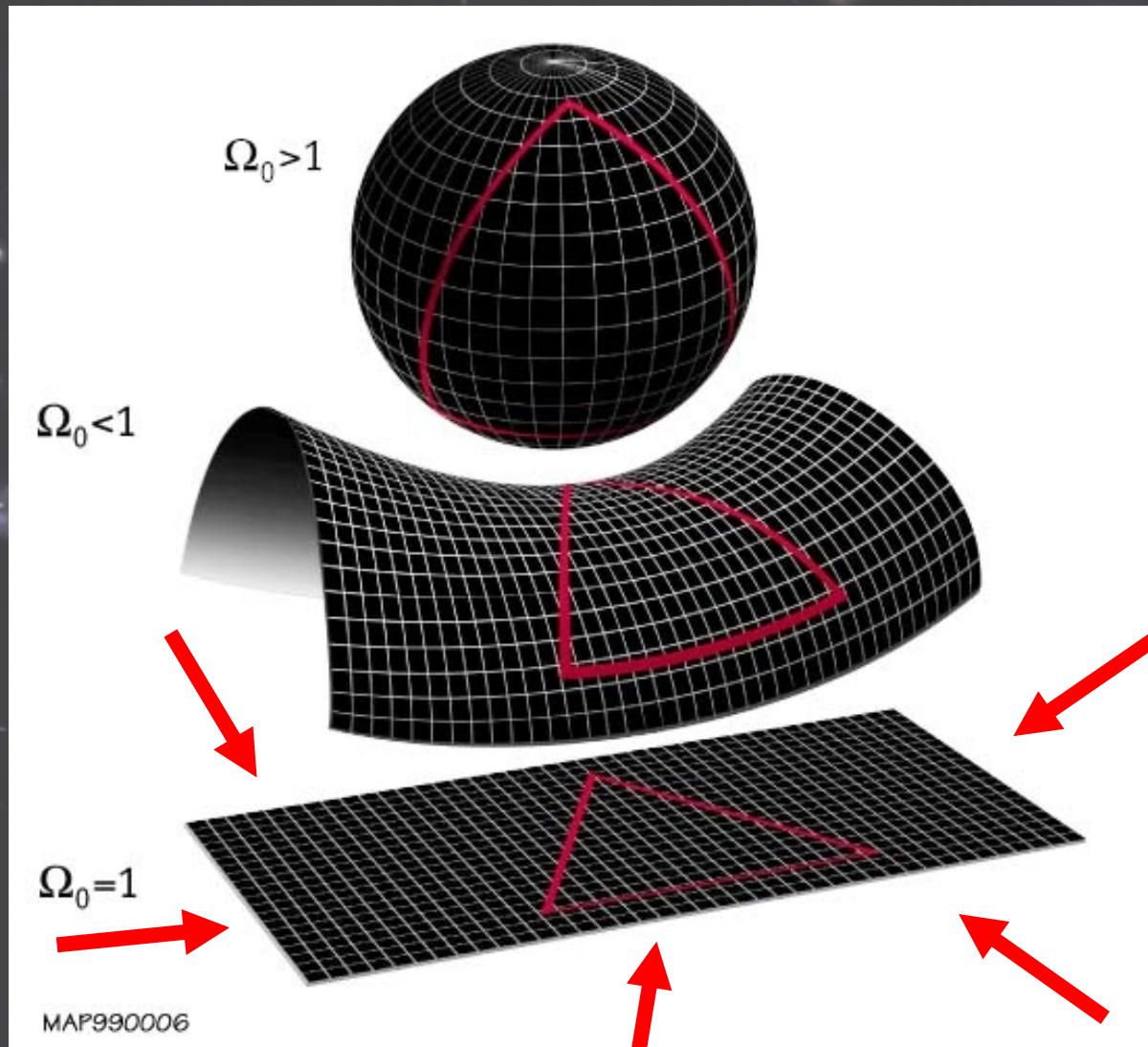


Materia-Energía oscuras



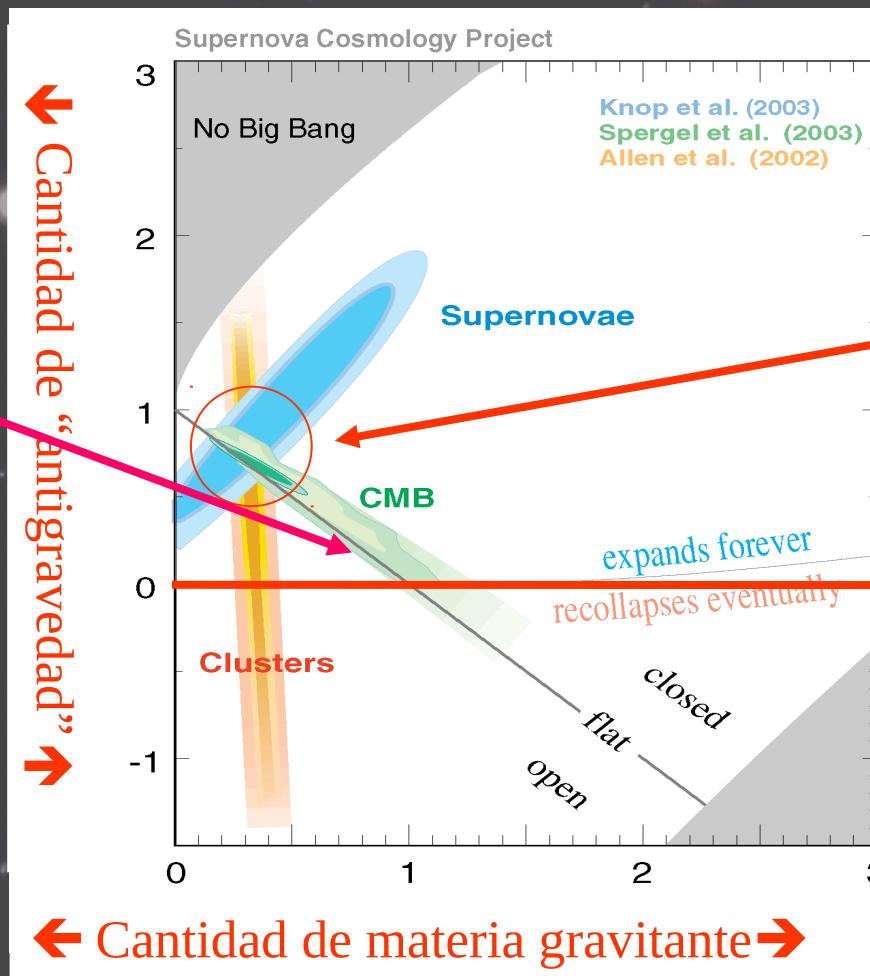
- El límite es en la diferencia $\Omega_\Lambda - \Omega_M$
- Descarta el Universo de Einstein - de Sitter
- Aparece solución válida para Universo plano...
- ...con Energía Oscura

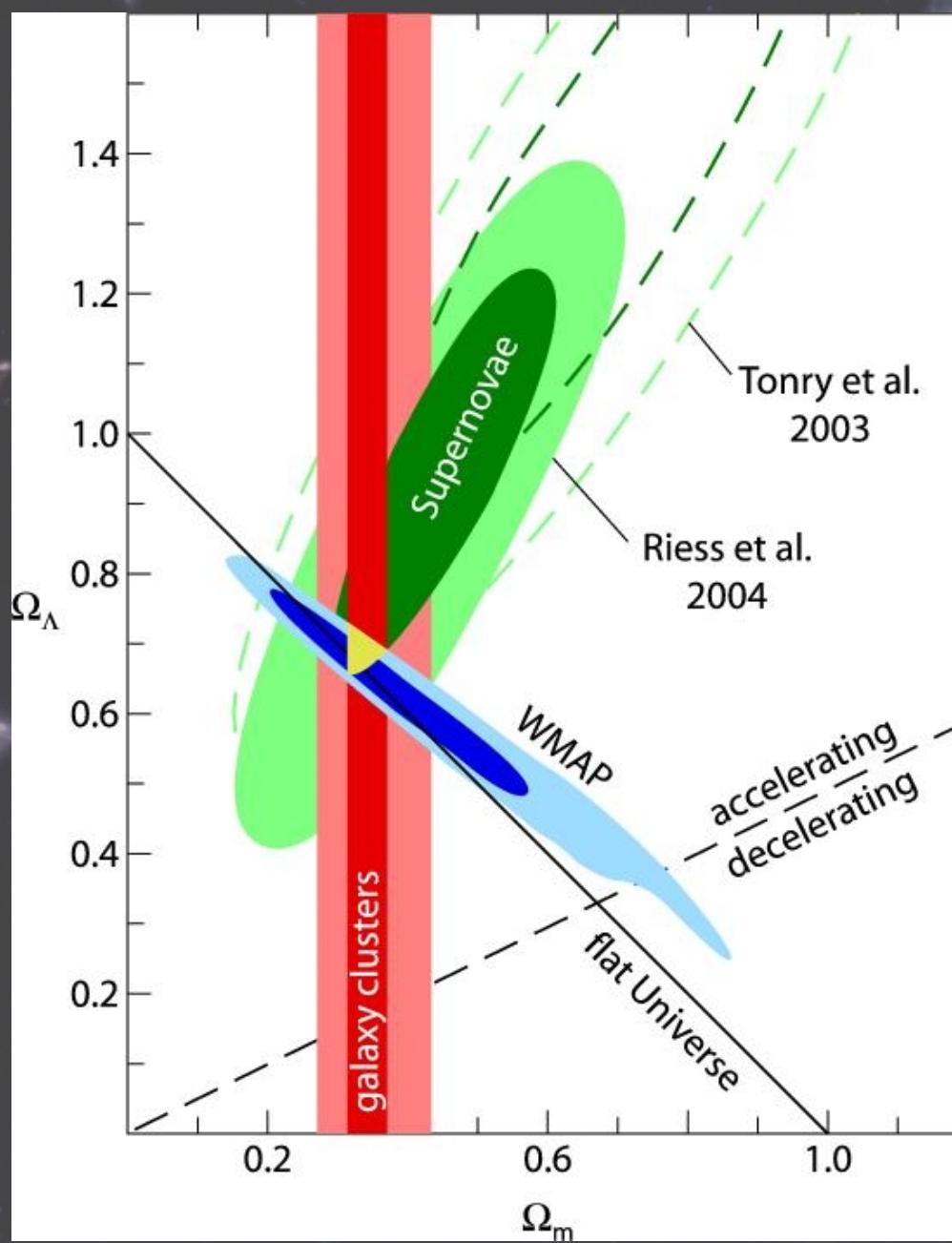
EL UNIVERSO ES PLANO CON PRECISIÓN DEL 1% (Eisenstein et al. 2005)



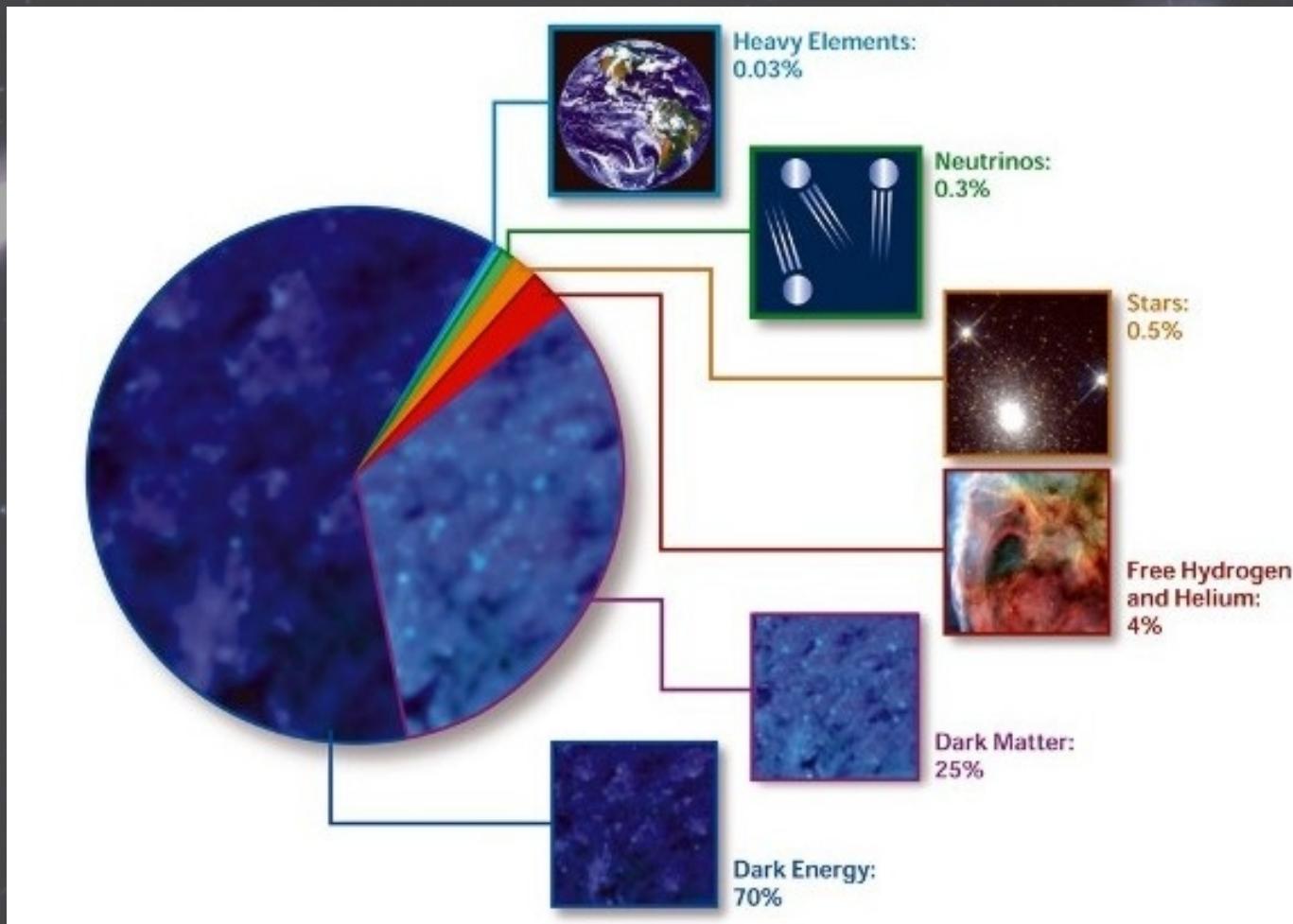
El “modelo de concordancia”

Inflación

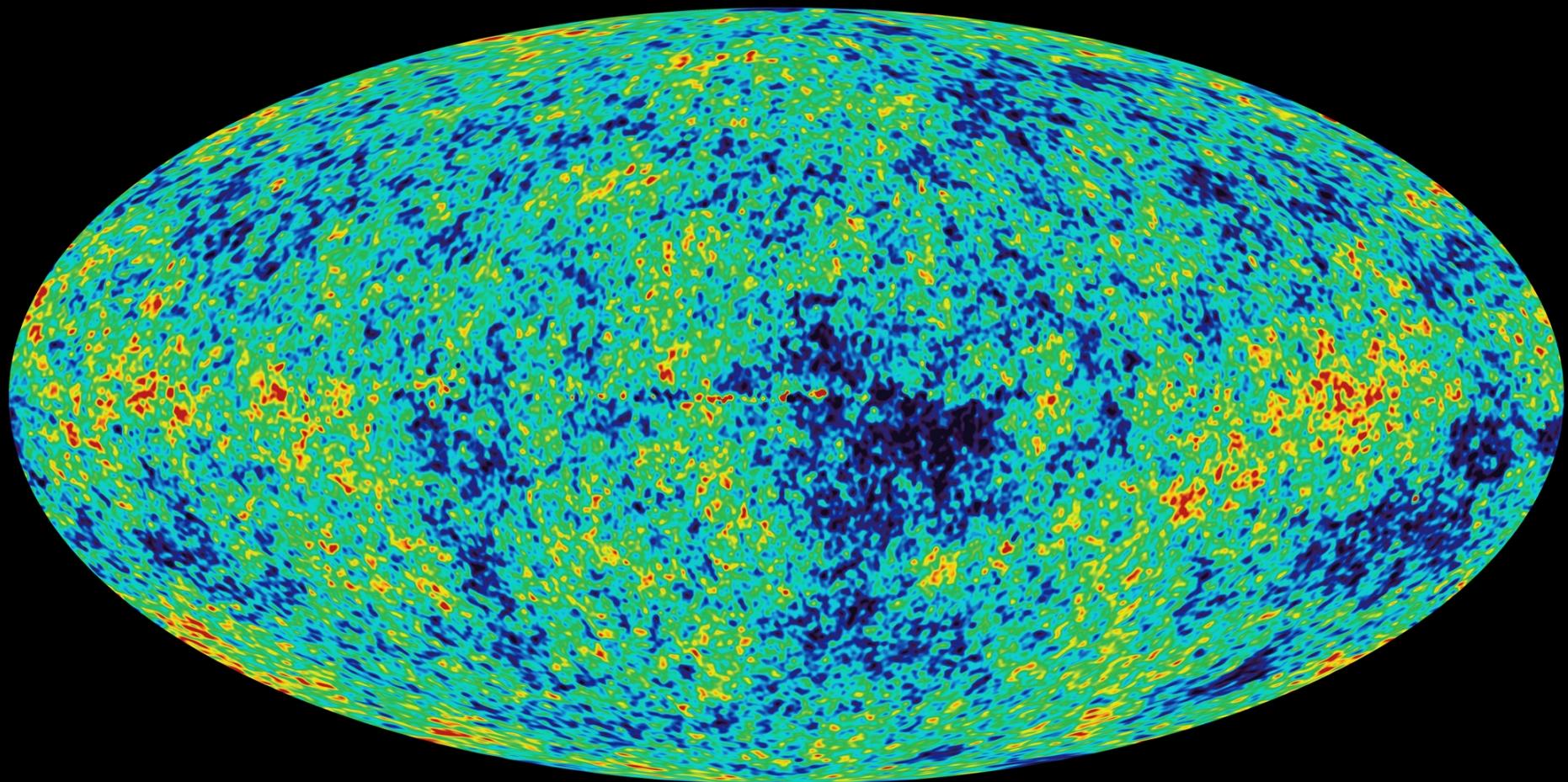




¿Qué hay en el Universo?



Anisotropías medidas por WMAP



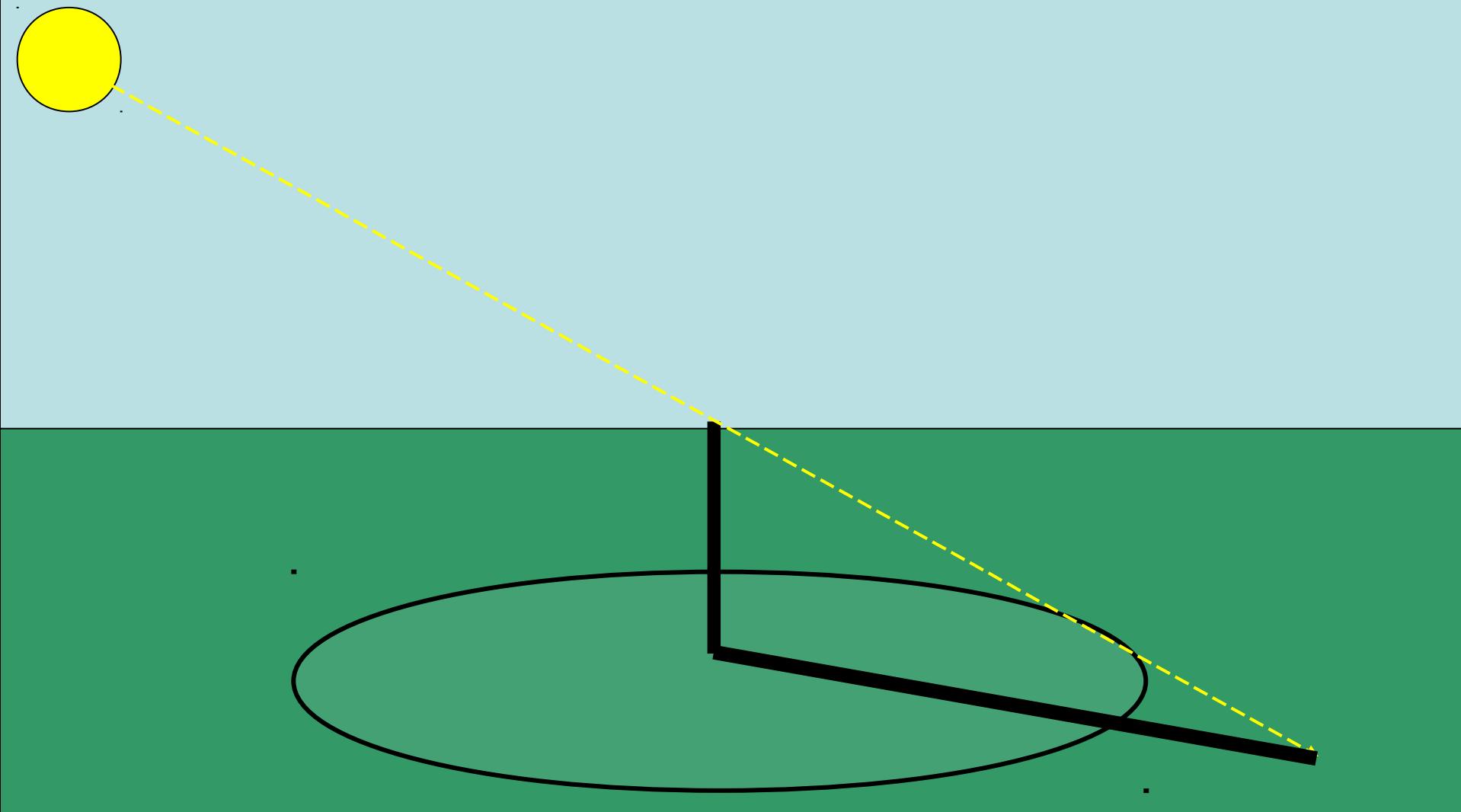
B. Herramientas astronómicas

- Uso de modelos, maquetas, etc.:
 - Planisferio, mapas mudos, contador de estrellas
 - Gnomon
 - Cuadrante
 - Nocturlabio
 - Declinador
 - Cuadrante lunar
- Instrumentación óptica
 - Prismáticos, telescopio
- Aplicaciones informáticas
 - Planetarios virtuales (Stellarium, Celestia)
 - Bases de datos (SDSS, NED)
 - Otros: prácticas CLEA, cursos web, ...

Modelos, maquetas y otros artilugios

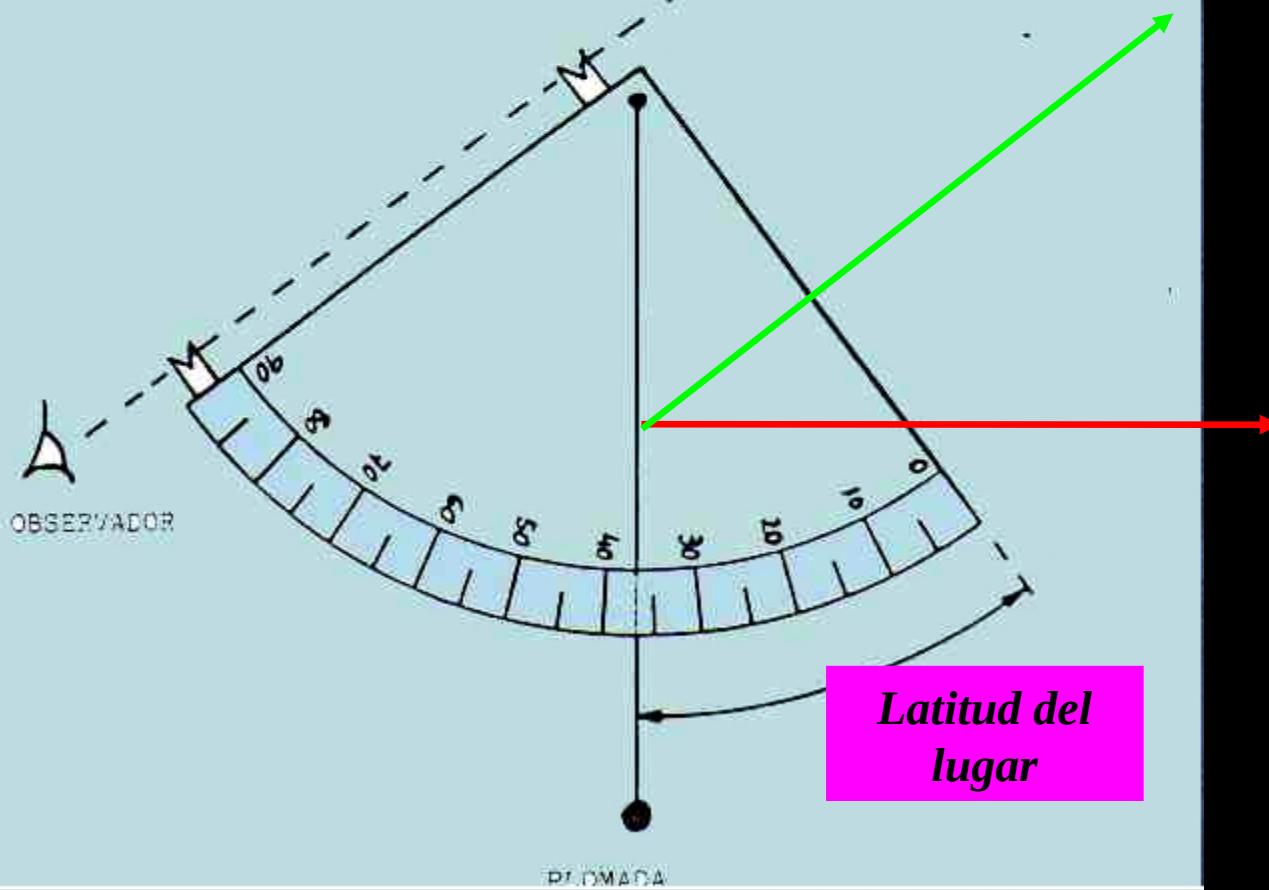
- Ejercicios que se pueden hacer con:
 - Planisferio, mapas mudos, contadores de estrellas
 - Gnomon
 - Cuadrante
 - Nocturlabio
 - Declinator
 - Cuadrante lunar

Método de los antiguos alarifes.



La polar

USO DEL CUADRANTE



Instrumentos ópticos

- Prismáticos
 - La primera herramienta
- Telescopio
 - Tipos (reflector, refractor) y monturas
 - Aumentos

MONTURAS ECUATORIALES:

-Su EJE PRINCIPAL es el ECUATORIAL o de ASCENSION RECTA que se coloca PARALELO AL EJE DEL MUNDO, es decir, dirigido hacia la POLAR. Este MONTAJE le permite CONTRARESTAR EL GIRO TERRESTRE y por tanto mantener alineado un objeto (nos habremos ayudado del EJE DE DECLINACION) accediendo sólo al eje de ascension recta (MOTORIZACION DE UN SOLO EJE).

-Hay varias clases de monturas ecuatoriales: LA ALEMANA, LA DE HORQUILLA, DE CUNA etc..



Planetarios virtuales: una herramienta imprescindible

- Stellarium www.stellarium.org/es
 - Experimentar los comandos básicos (cursos, zoom, ajustes)
 - Explorar su potencialidad
- Celestia www.celestia.es
 - Resumen de comandos:
 - Cursores mueven la nave
 - Shift+cursores: orbitar alrededor de objeto
 - J cambia sentido del tiempo, K más lento, L más rápido
 - Inicio/Fin: zoom o distancia
 - Velocidad de navegación: A más rápido, Z más lento, F1 stop

SDSS: una base de datos astronómicos reales muy accesible

- Sloan Digital Sky Survey

<http://cas.sdss.org/dr6/en/proj>

- Ginkana, juegos, ejercicios, guía para profesores

CLEA: un laboratorio astronómico simulado

- <http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>
 - Lunas de Júpiter
 - Ley de Hubble
 - Rotación solar