

Máster de formación de profesorado de educación secundaria

Módulo Específico Complementos de formación disciplinar

Física y Química para el mundo contemporáneo

Tema I.3

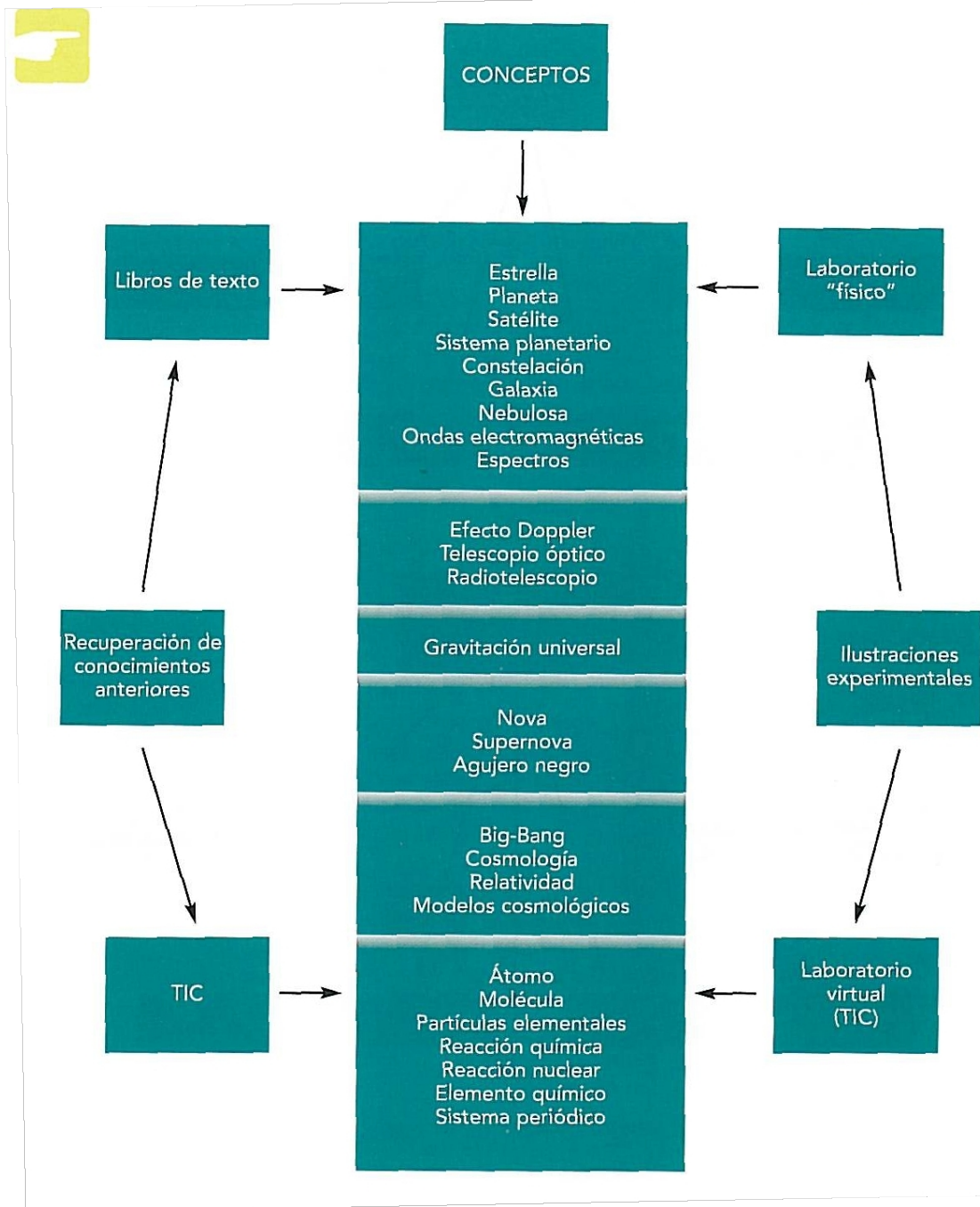
Nuestro lugar en el Universo

Javier Bussons 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

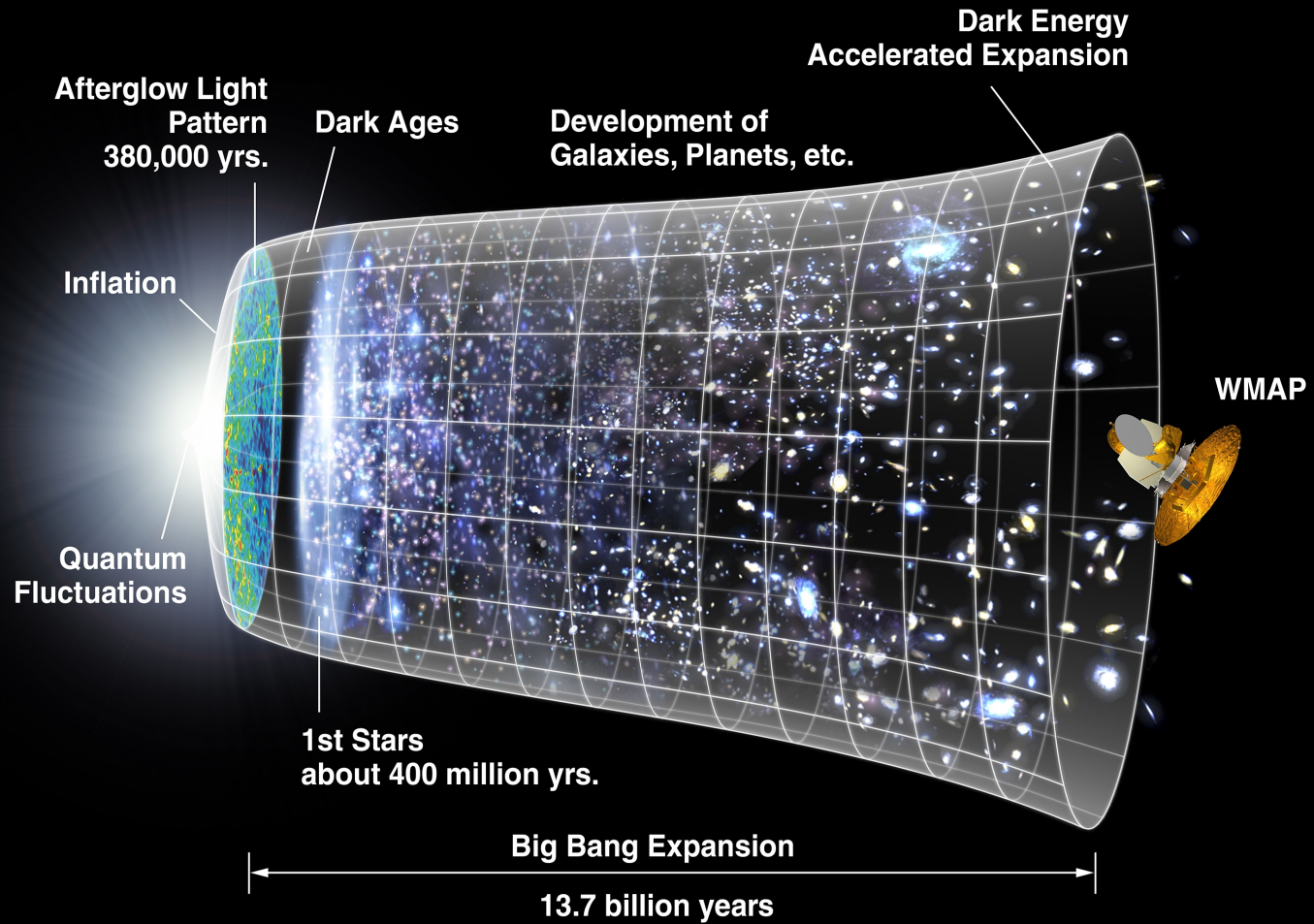
Aproximación didáctica



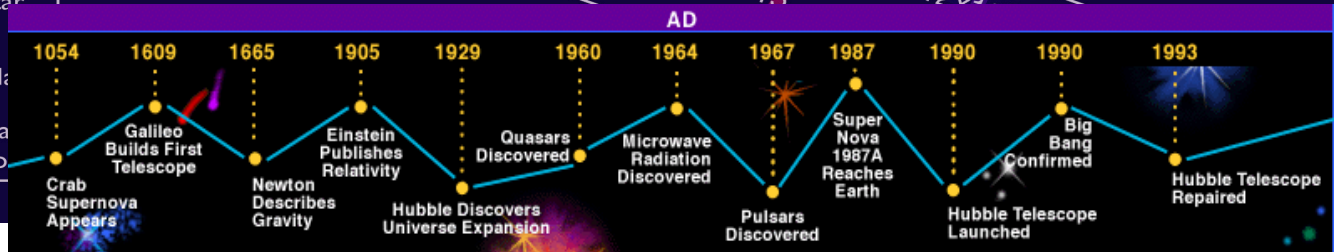
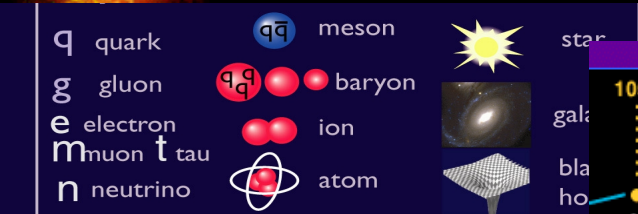
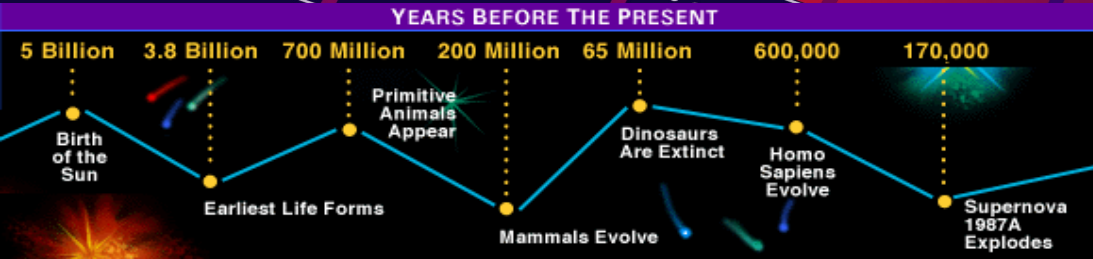
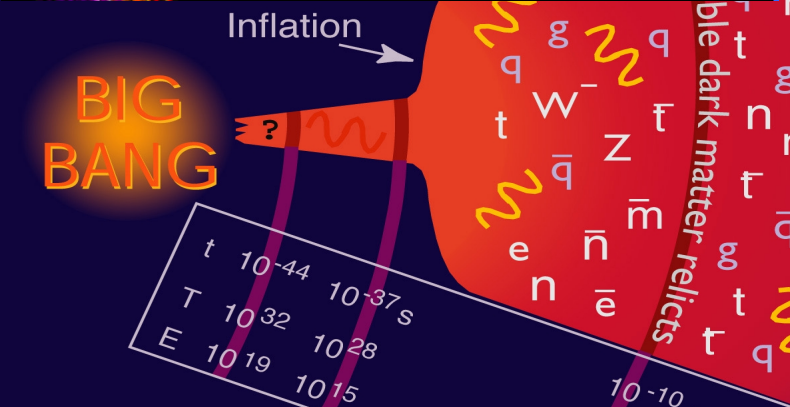
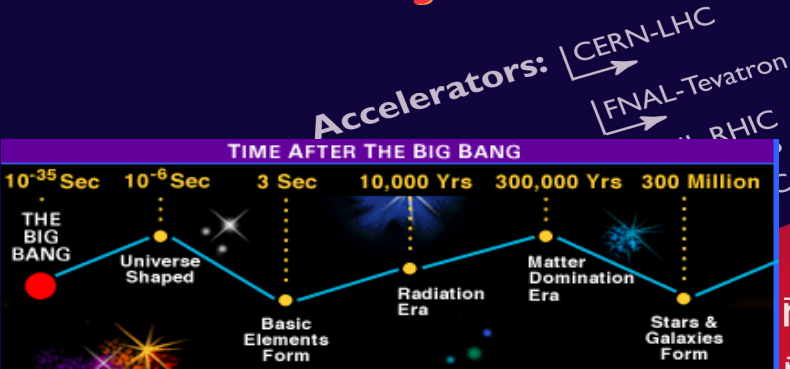
A. Conceptos básicos

- 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.

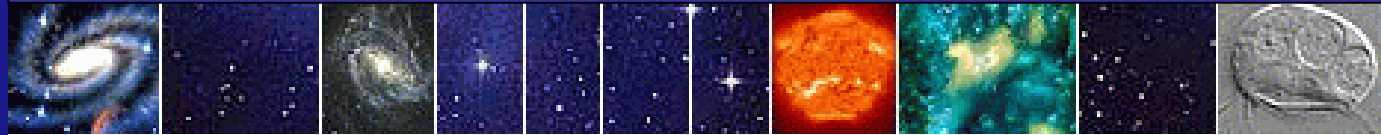
NUESTRO LUGAR EN EL TIEMPO



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

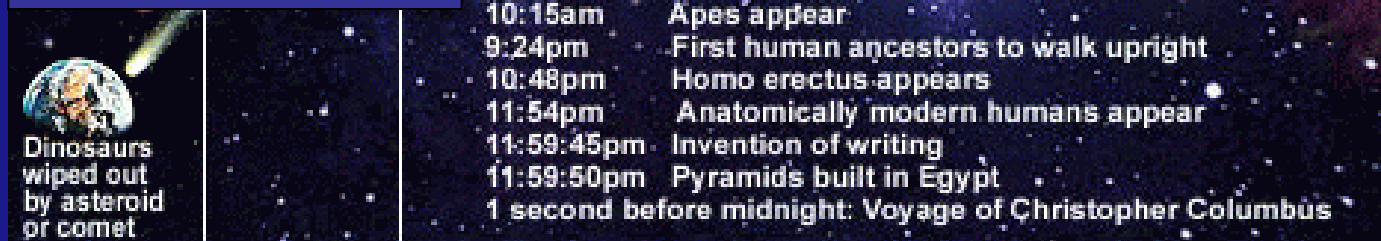
Variety of
insects begin
to flourish



First
dinosaurs
appear

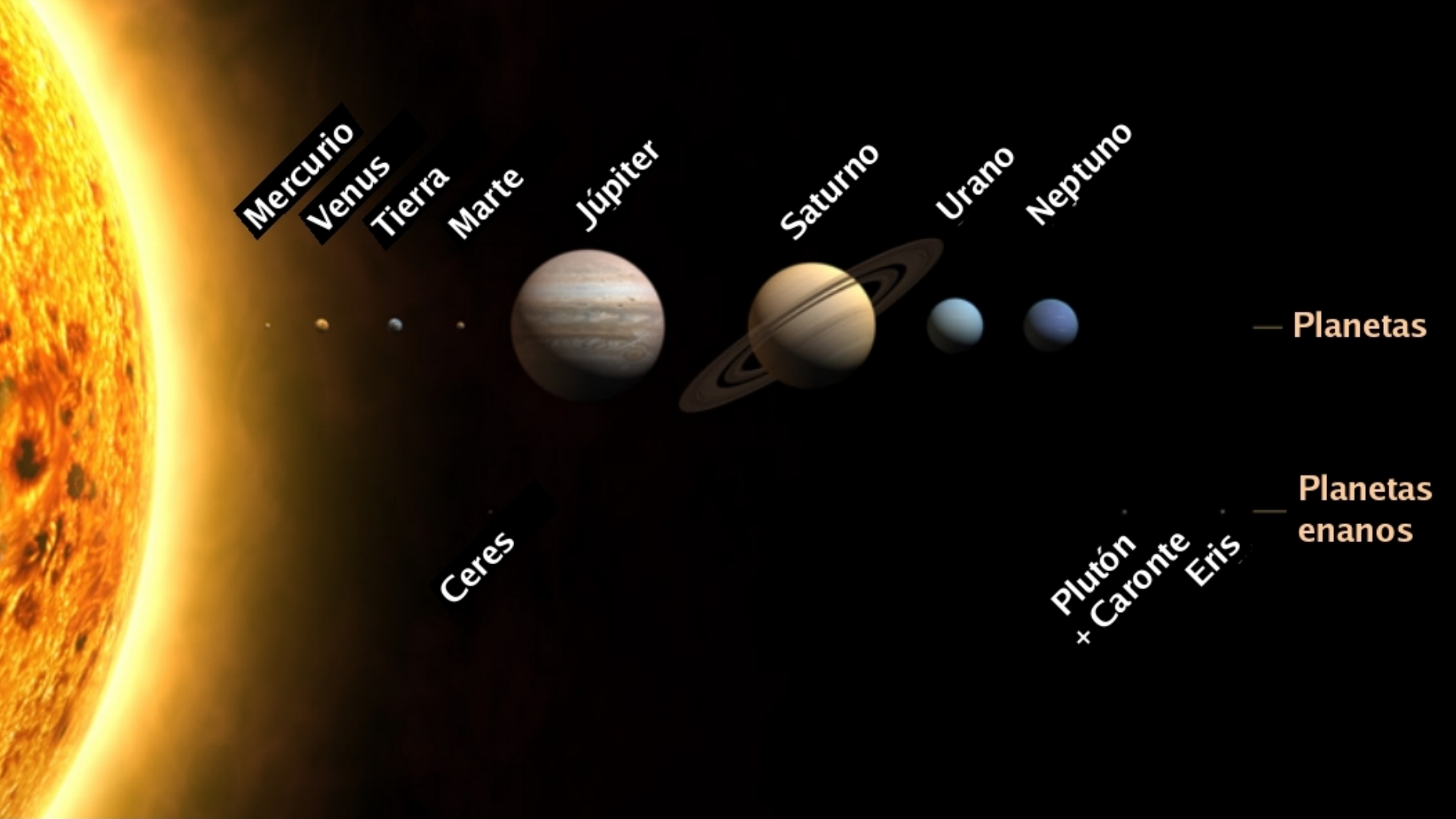
First
mammalian
ancestors
appear

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



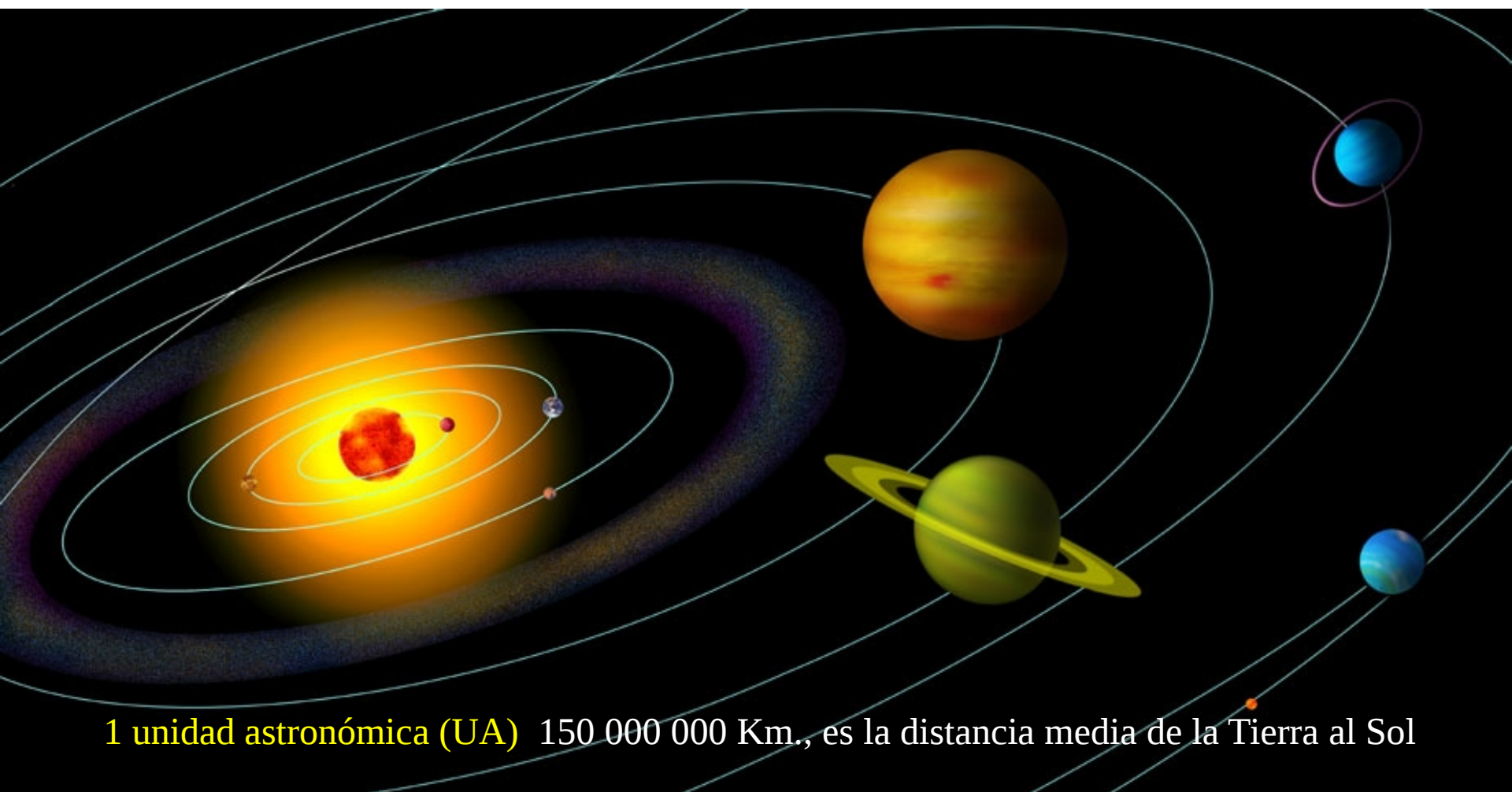
NUESTRO LUGAR EN EL ESPACIO: TAMAÑOS

ver comparativa de estrellas [SizePlanetStars]

TAMAÑOS DE LUNAS

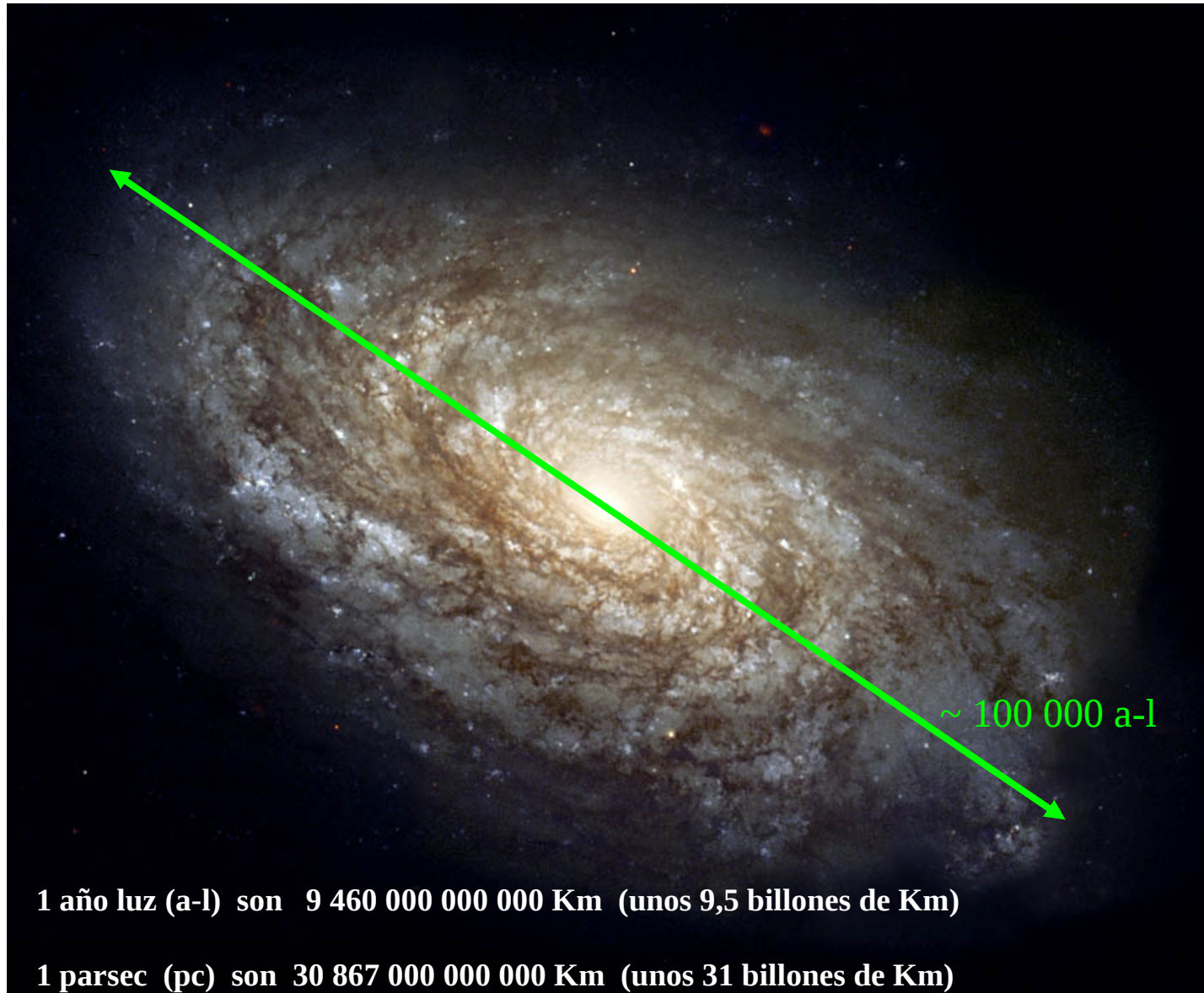


DISTANCIAS: EL SISTEMA SOLAR



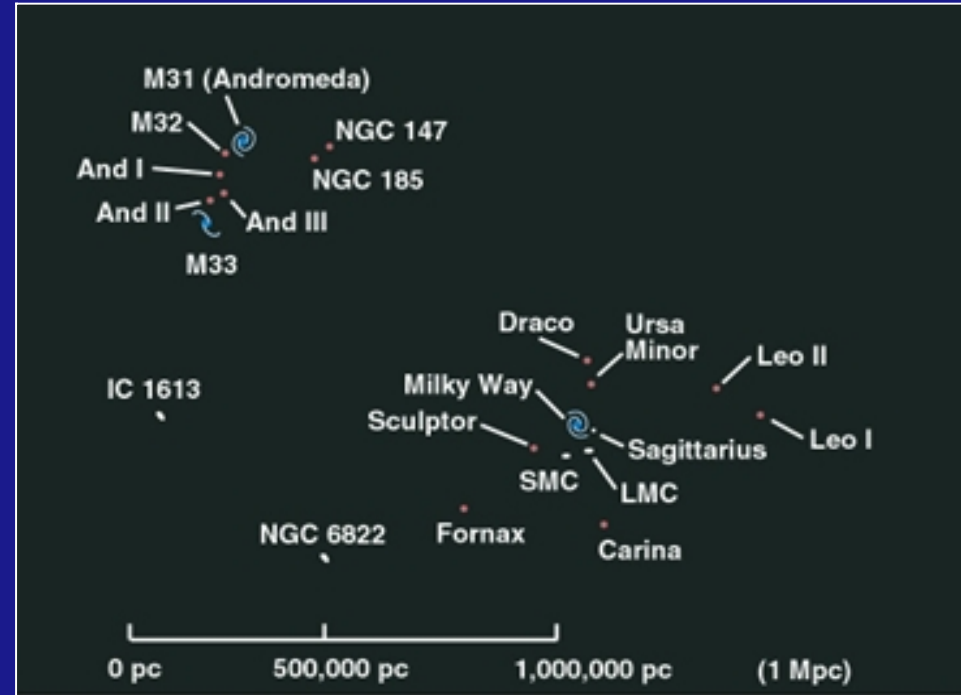
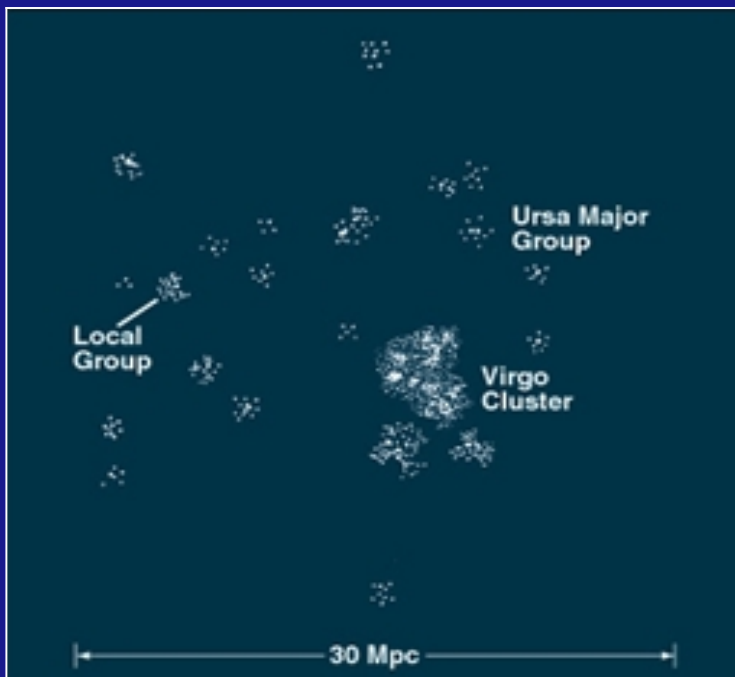
1 unidad astronómica (UA) 150 000 000 Km., es la distancia media de la Tierra al Sol

DISTANCIAS: LA VÍA LÁCTEA



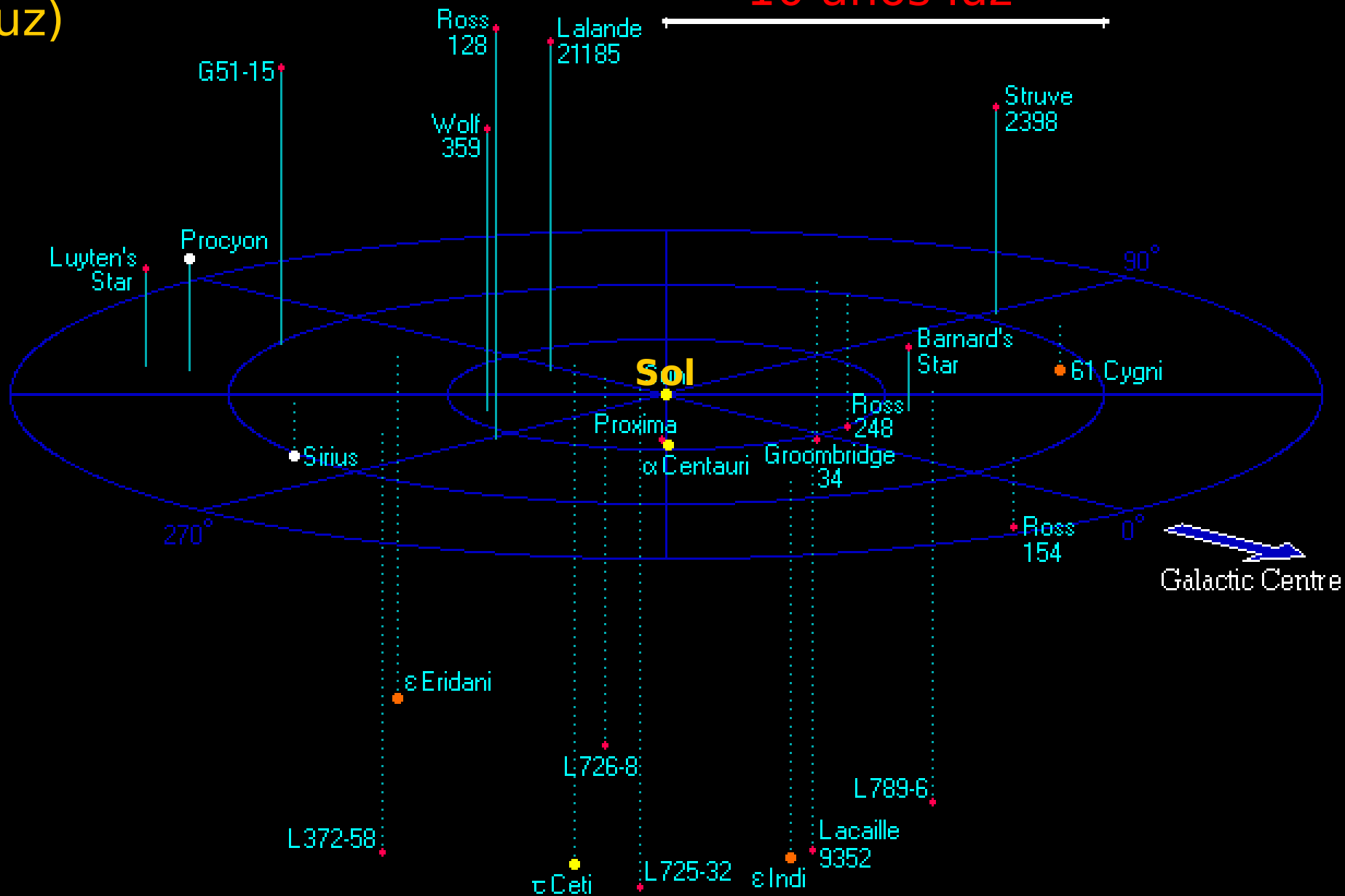
JERARQUÍAS: NUESTRA DIRECCIÓN POSTAL EN EL UNIVERSO

- 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)

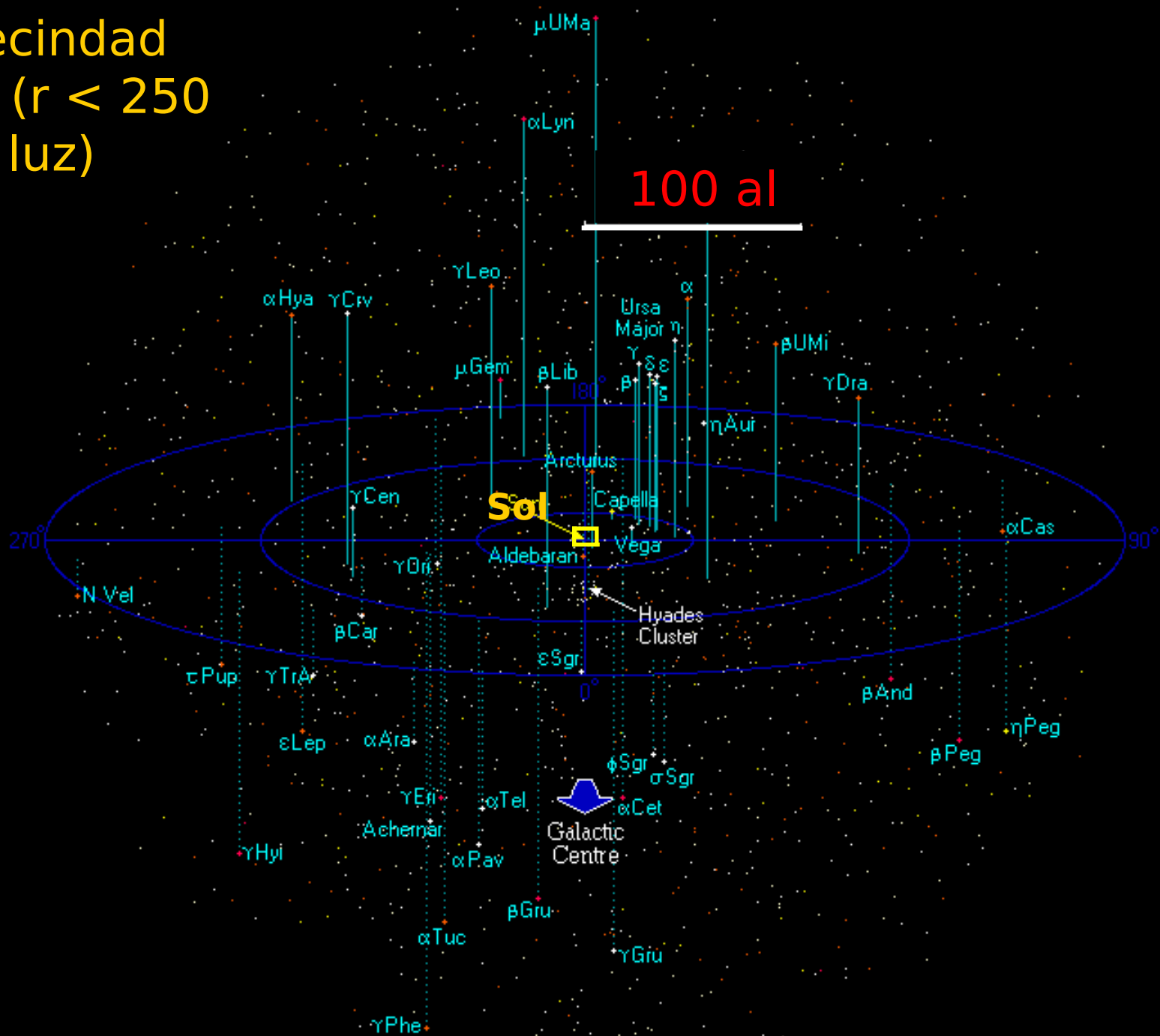


[Videos: grupo local y Monty Python]

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

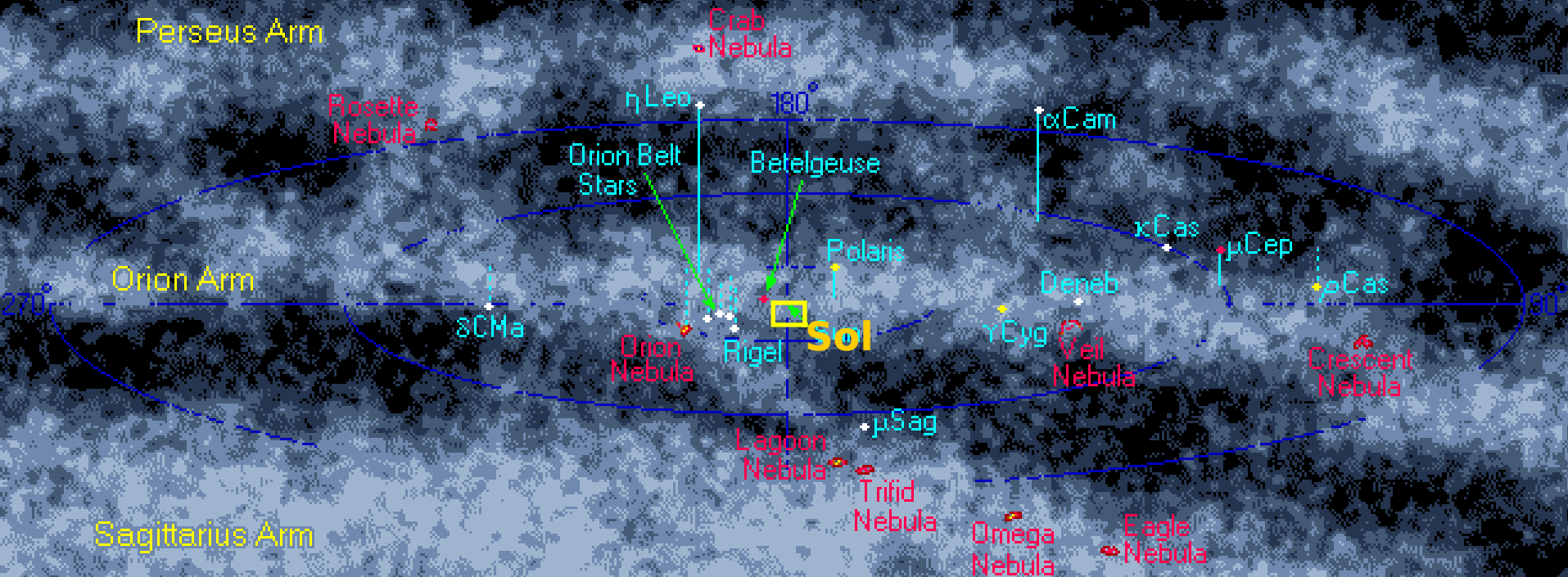


La vecindad
solar ($r < 250$
años luz)

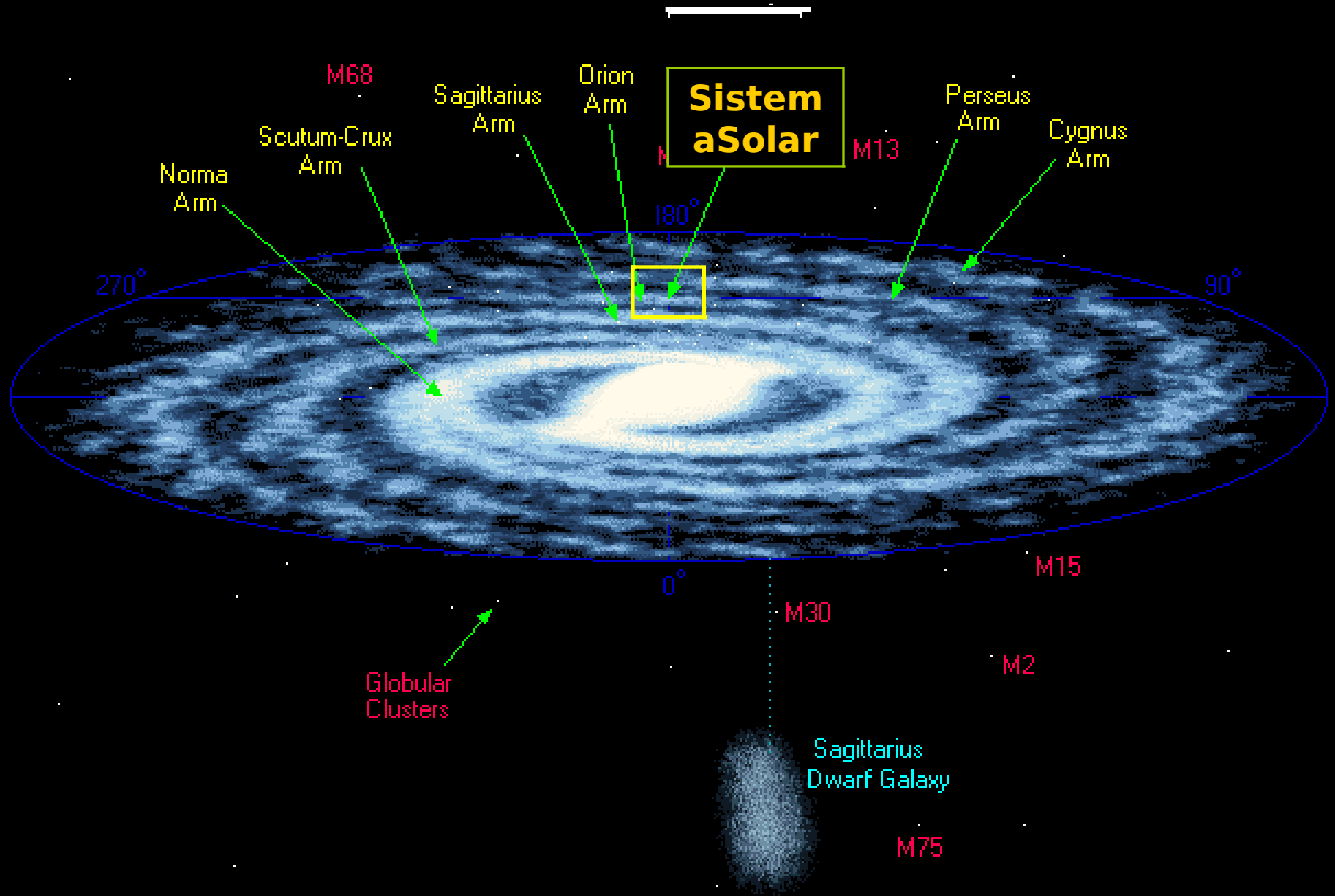


El brazo de Orión ($r < 5000$ años luz)

1000 al

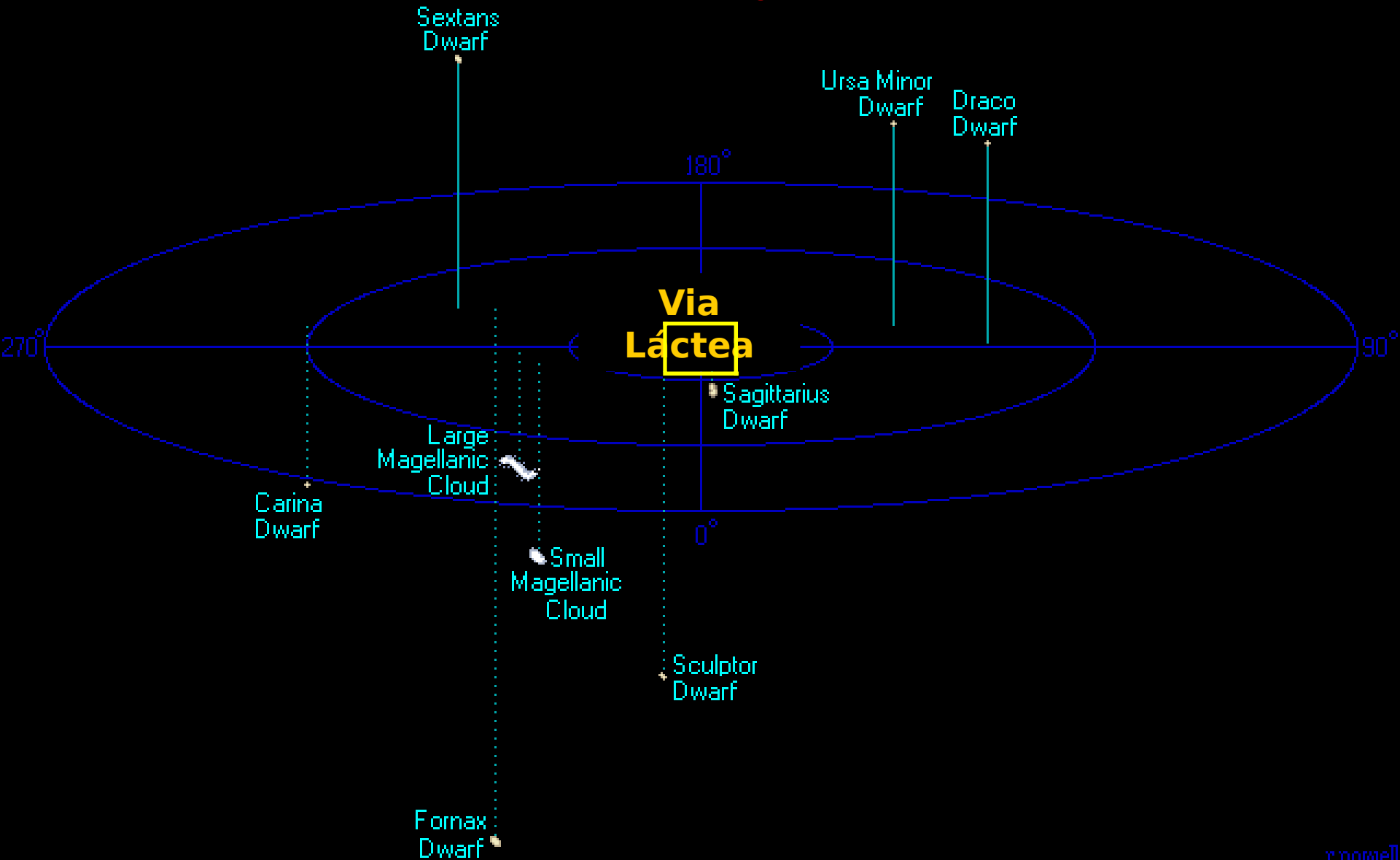


Nuestra Galaxia, la Vía Láctea ($r < 50.000$ años luz)

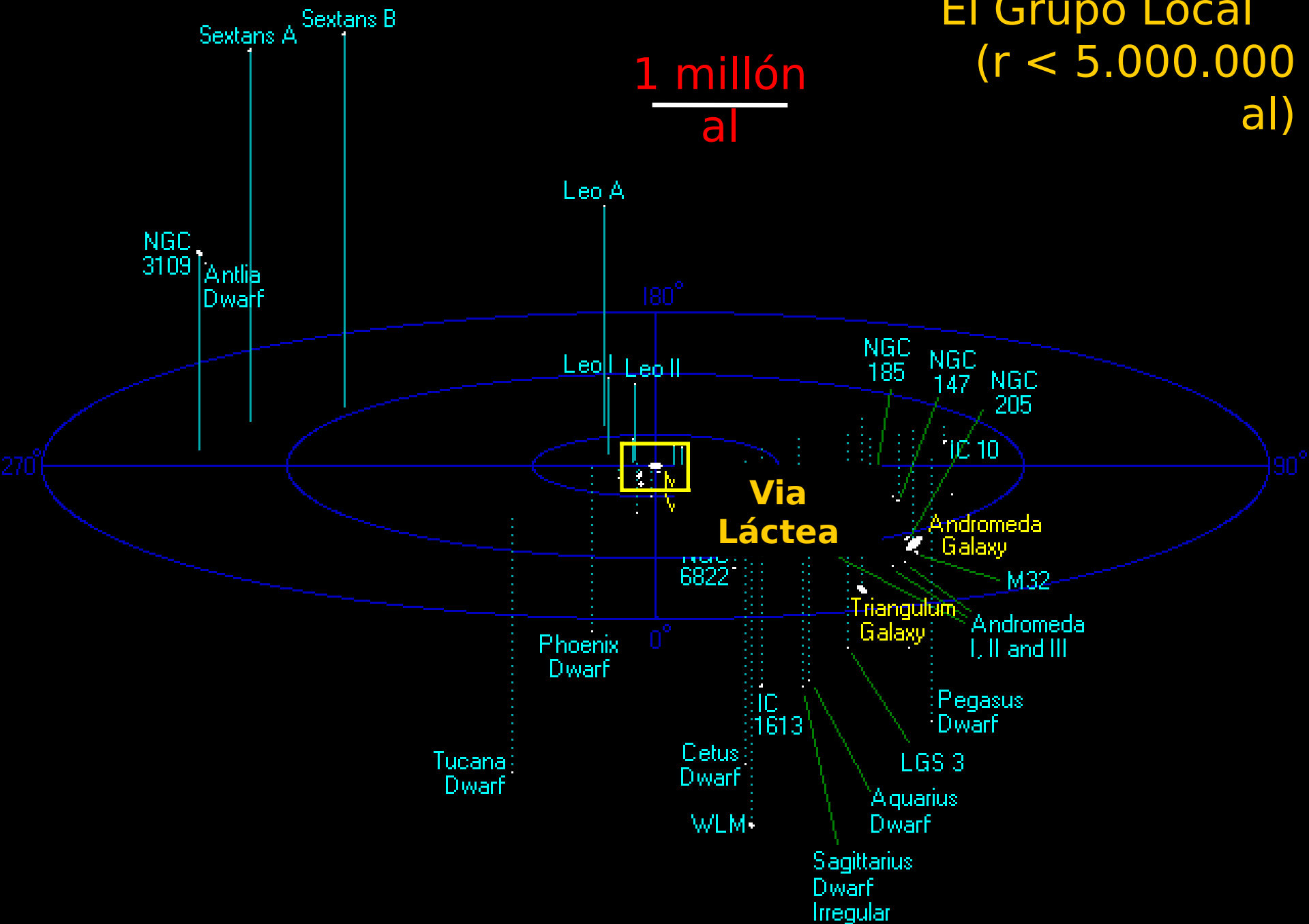


Las galaxias
“satélites” ($r <$
500.000 años luz)

100.000
al

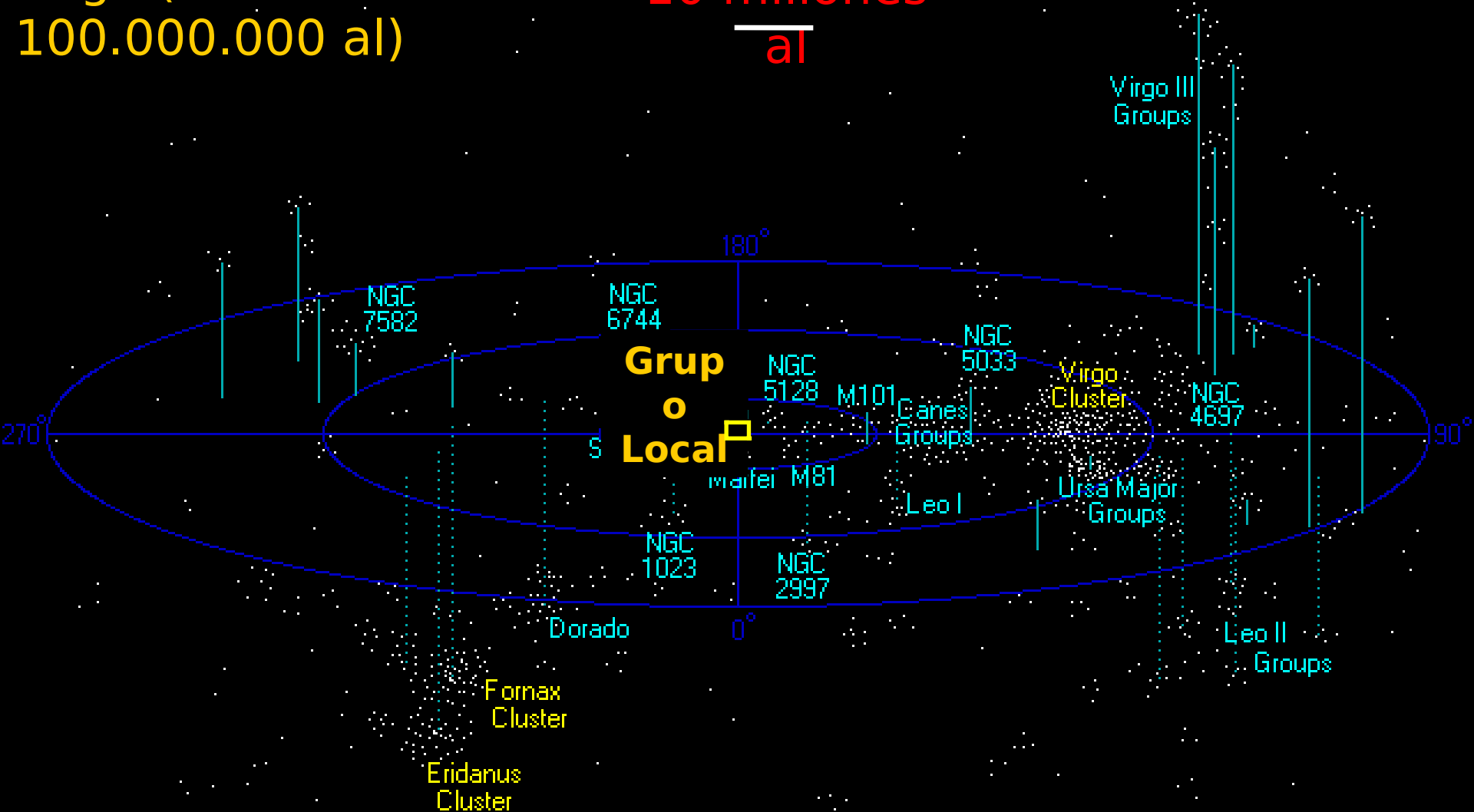


El Grupo Local ($r < 5.000.000$ al)

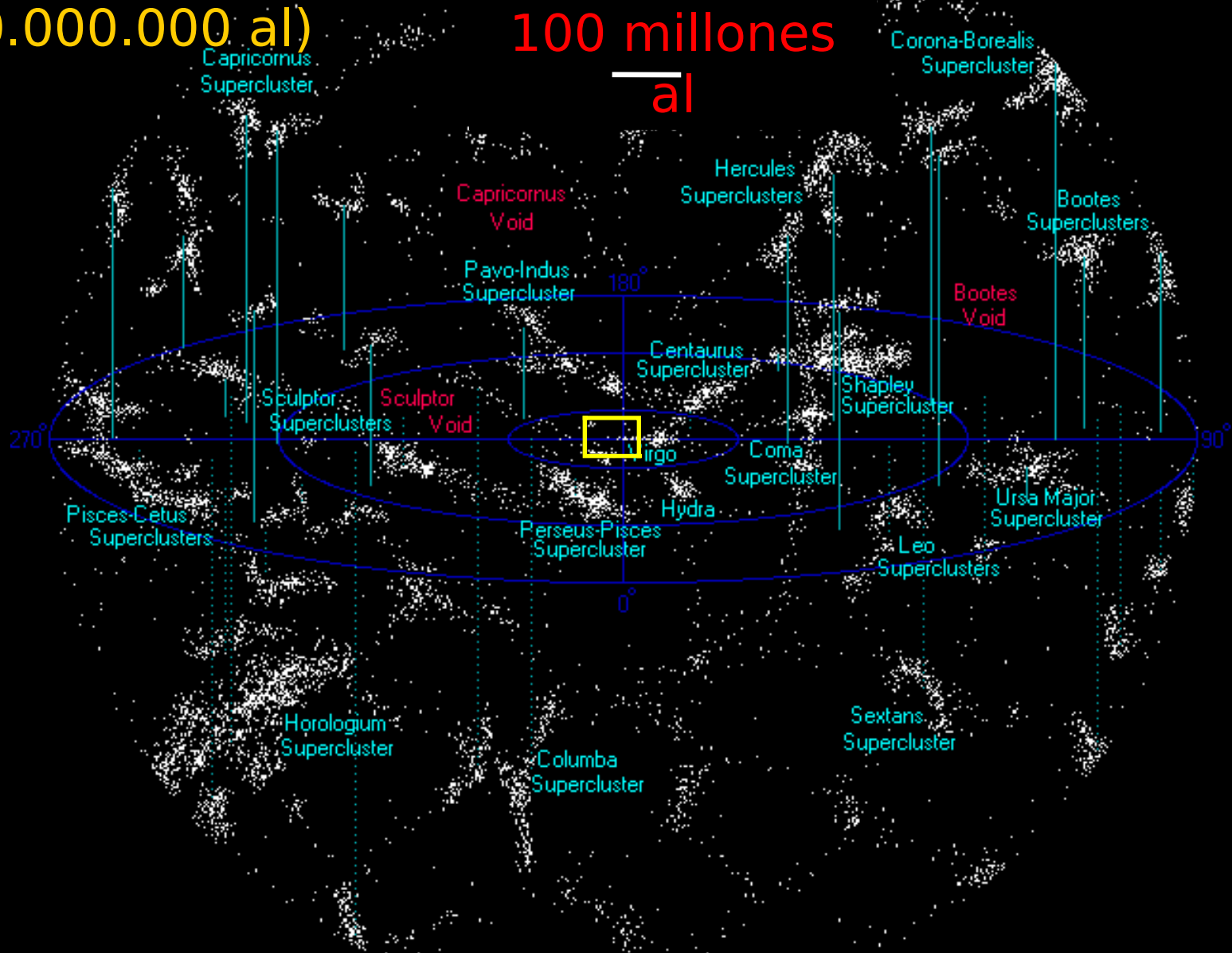


El supercúmulo de Virgo (r < 100.000.000 al)

10 millones
al

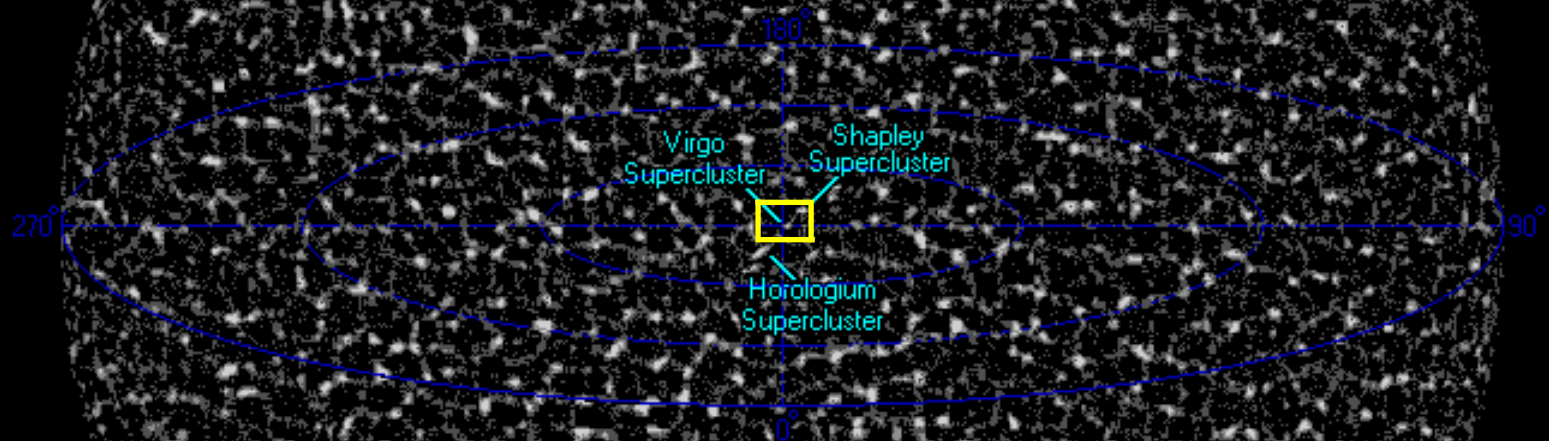


Los supercúmulos vecinos ($r <$ 1.000.000.000 al)



El Universo visible
($r < 13.700.000.000$
al)

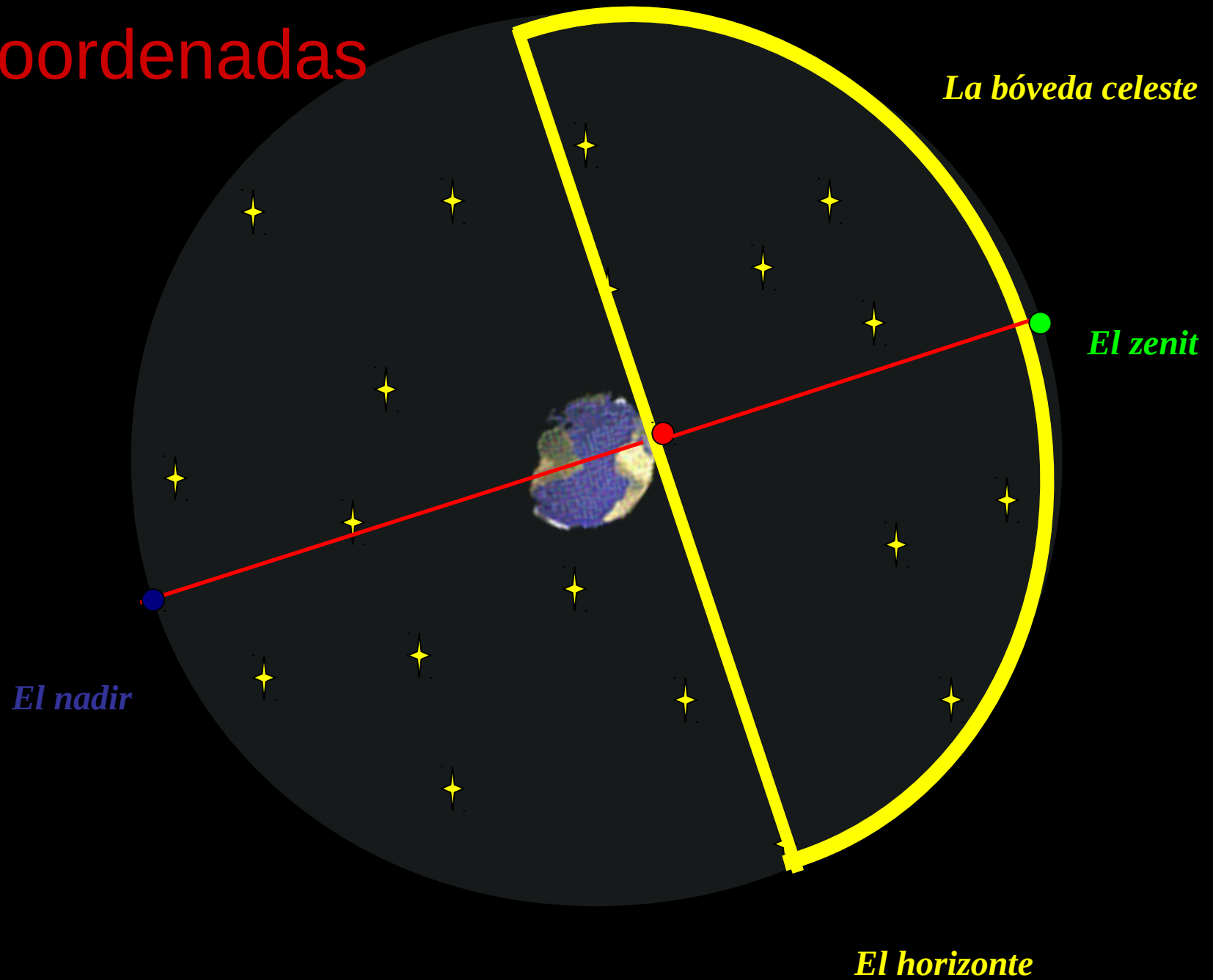
1000 millones al



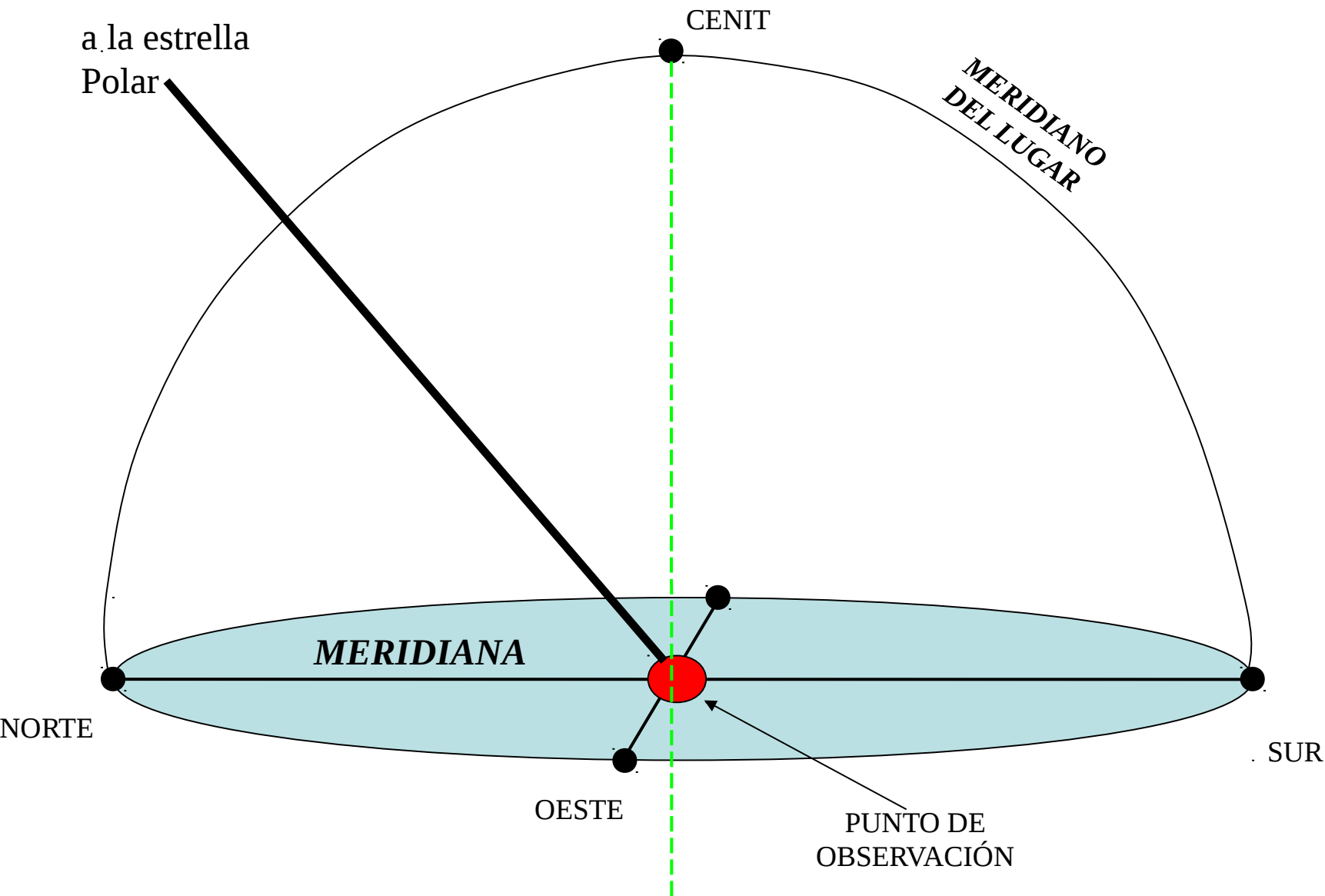
Conceptos básicos vistos en Stellarium y Celestia

- Esfera celeste
 - Horizonte, zenit, 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

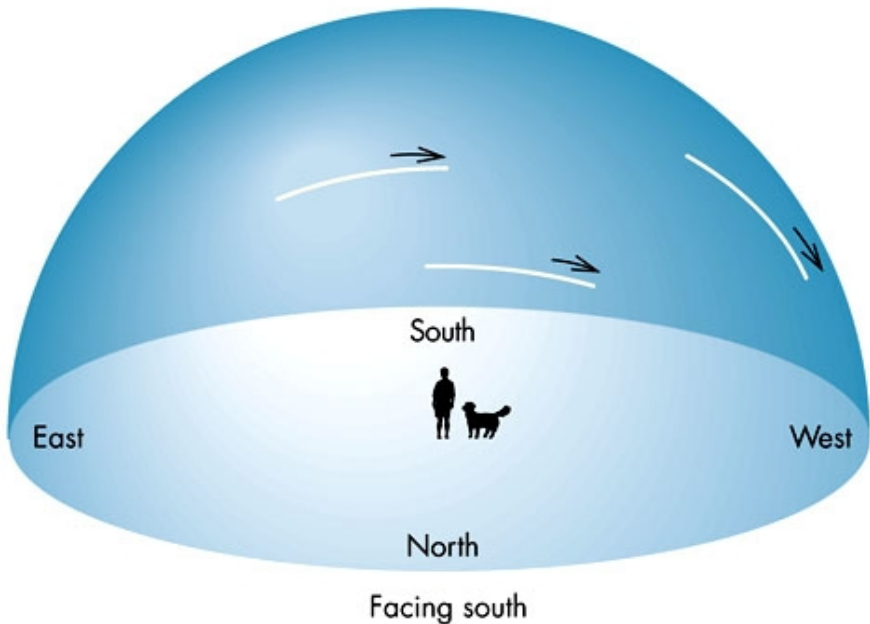
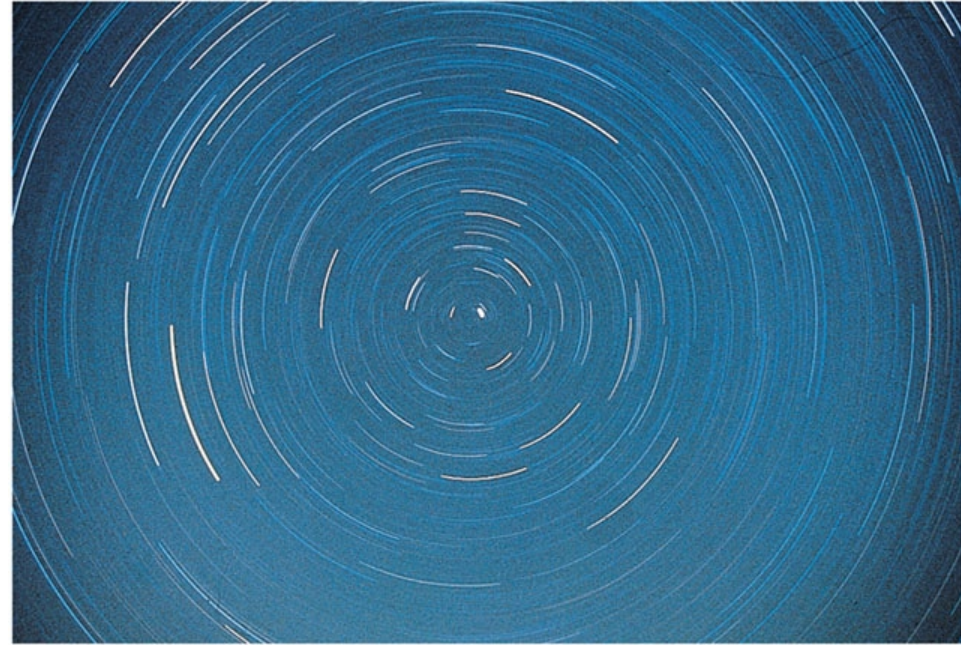
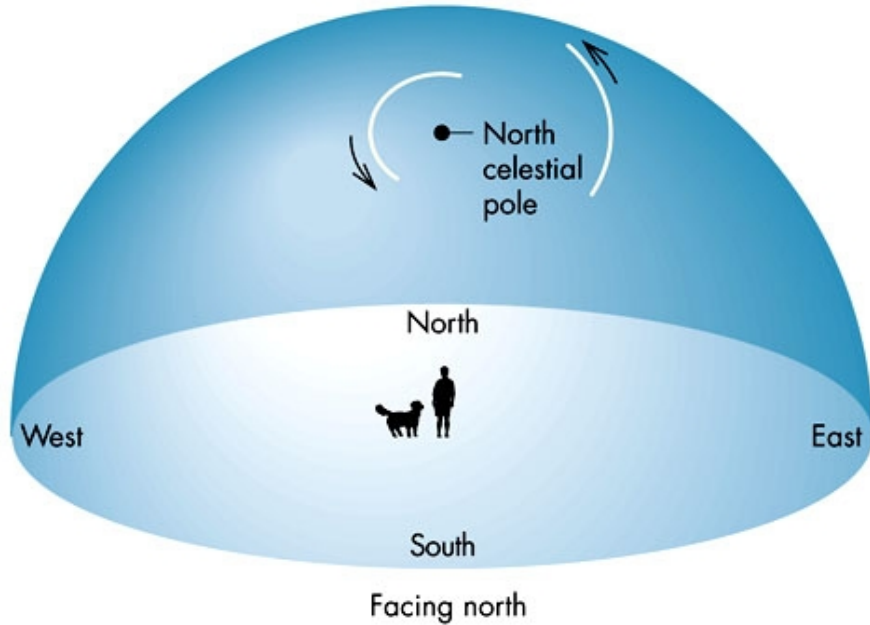
Coordenadas



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

Hemisferio sur celeste

Hemisferio norte celeste

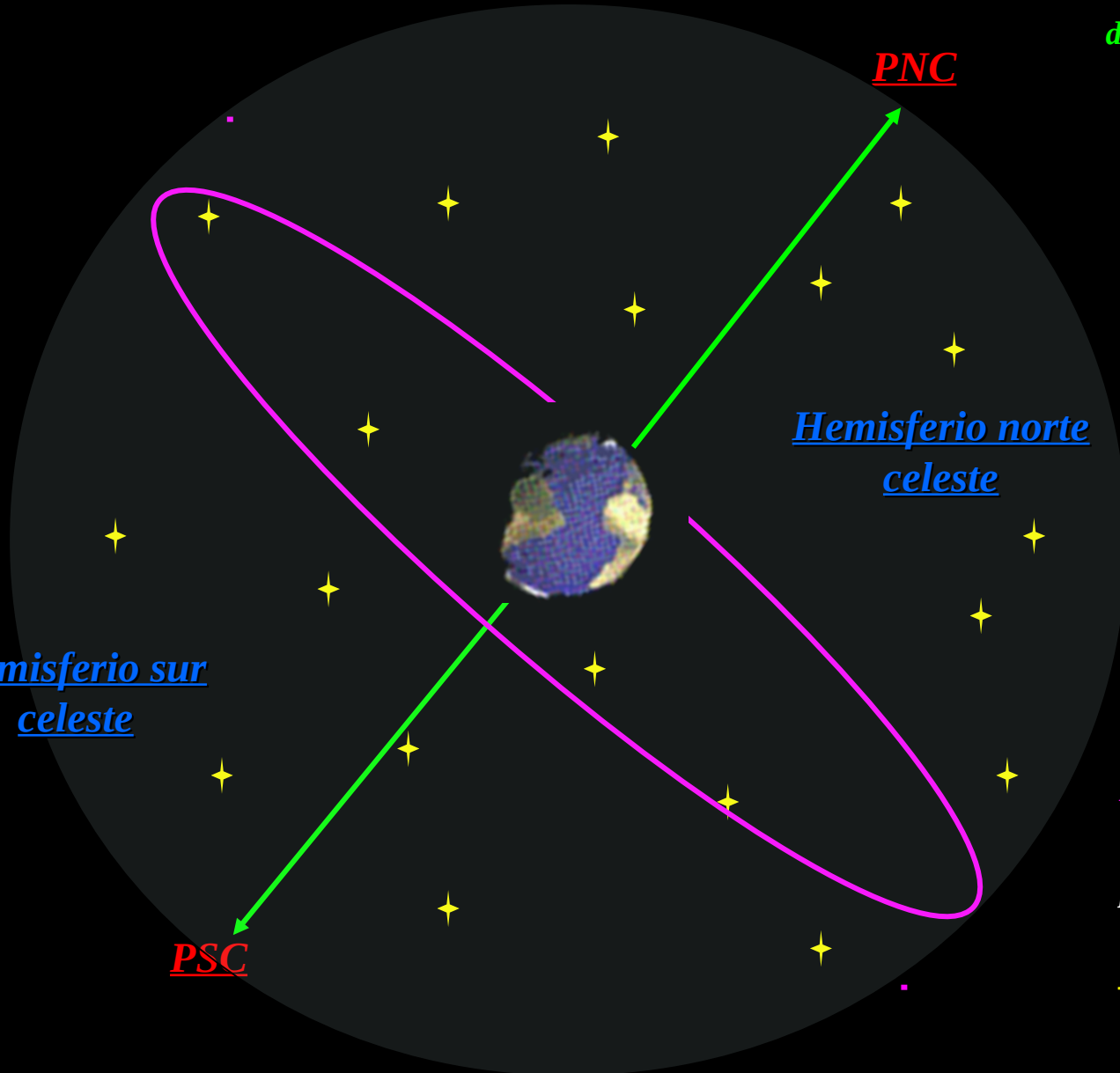
PSC

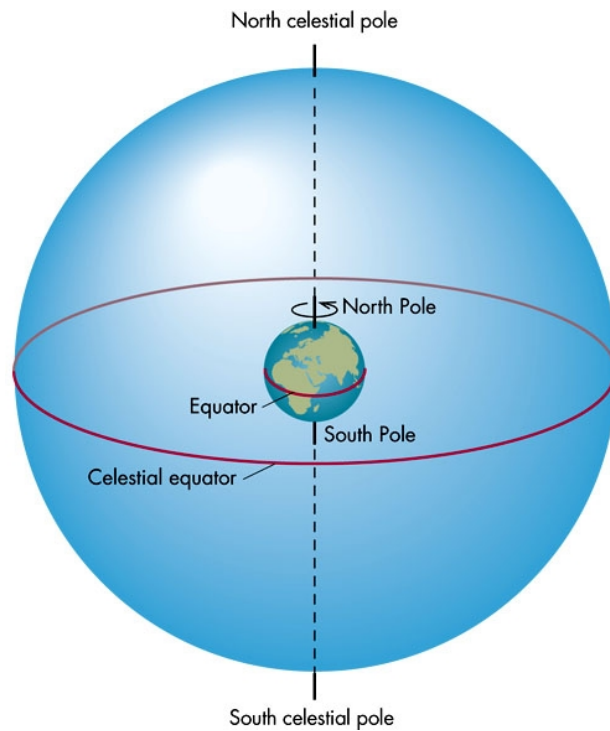
PNC

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

-Es el círculo máximo perpendicular al eje del mundo.

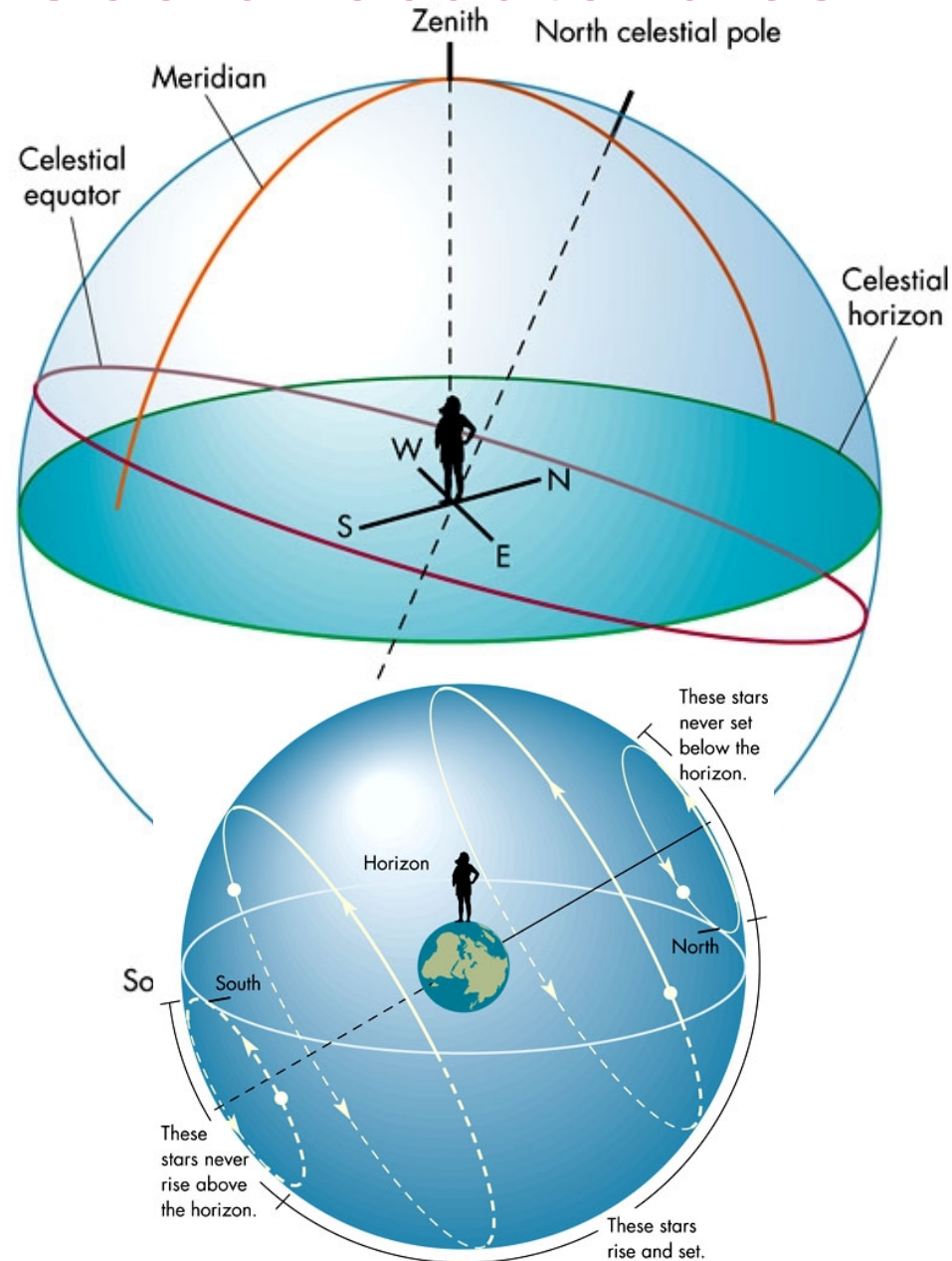
-... y por tanto, tenemos dos **HEMISFERIOS CELESTES**

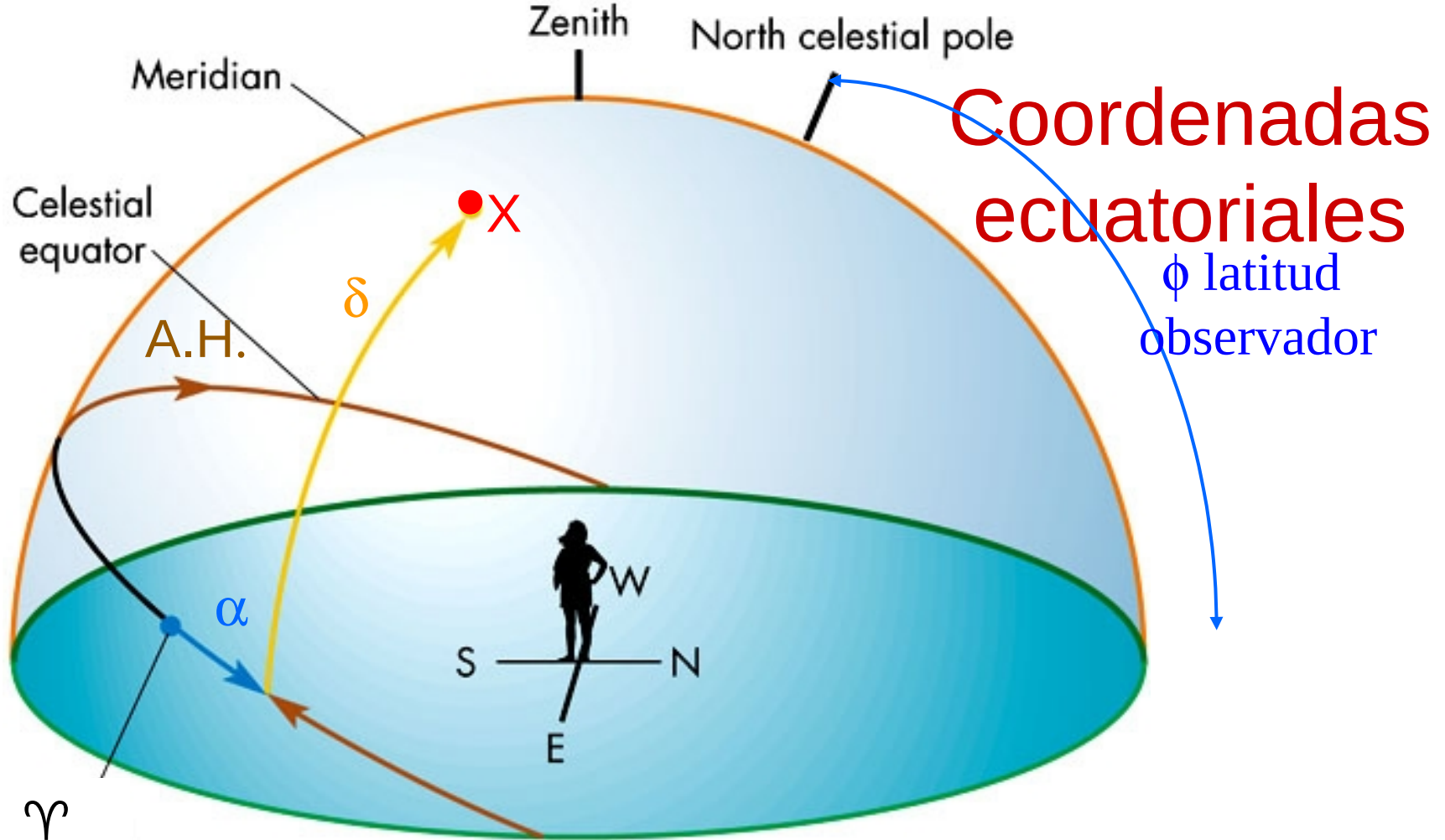




- Proyección del Ecuador y los Polos terrestres sobre la esfera celeste
- Descripción “natural” del firmamento
- Objetos se mueven por “paralelos”

Coord. ecuatoriales





- **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.**

 **PLOMADA**

 **HORIZONTE**

 **EJE DEL MUNDO**

 **LATITUD**

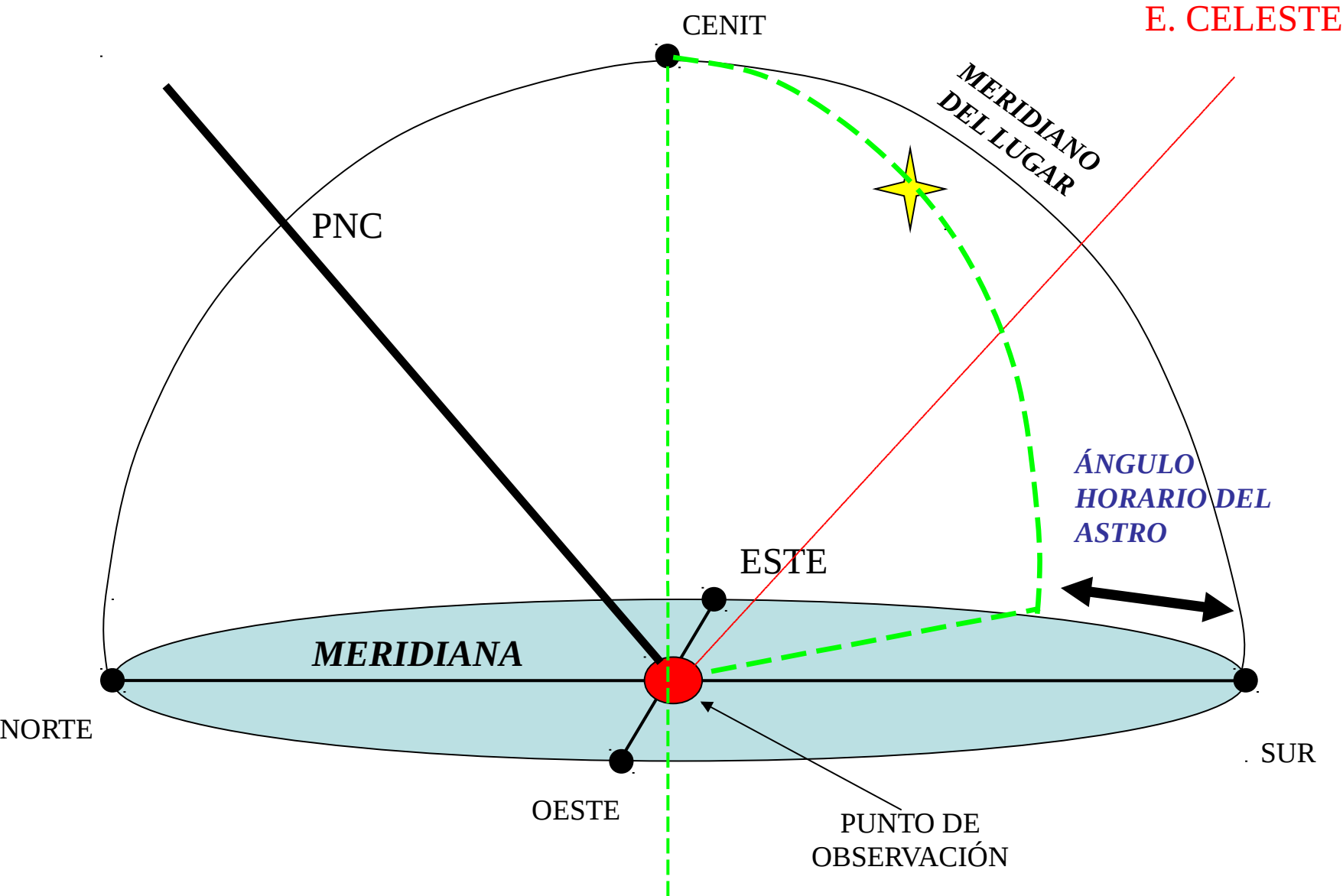
PNT

ECUADOR

PST



NUESTRO PUNTO DE OBSERVACIÓN.-



Rotación terrestre



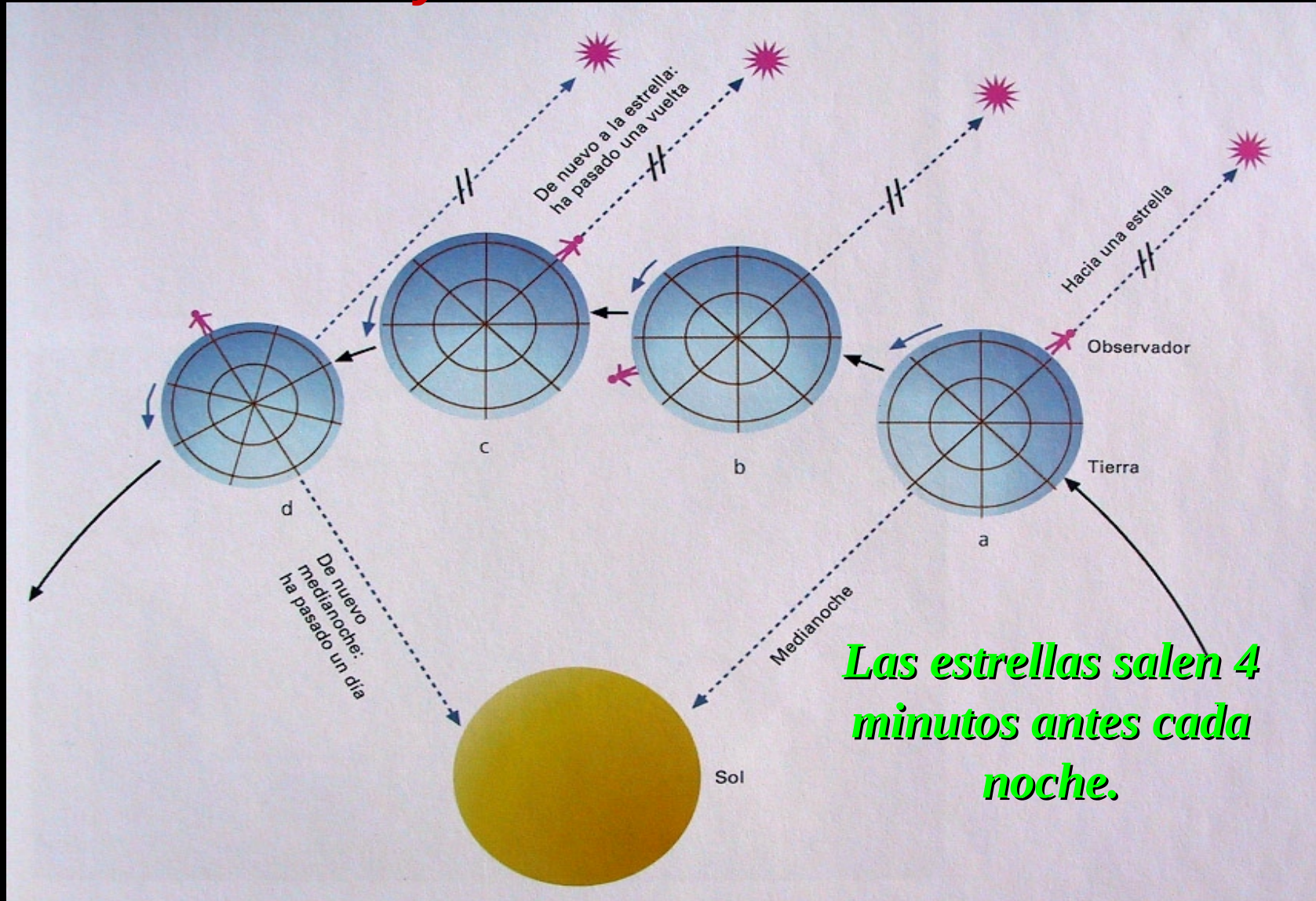
¿ por qué gira el cielo.....?

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



Las estrellas salen 4 minutos antes cada noche.

Día sidéreo: 23h56m.

Día Solar 24h.

Medio °

10 °

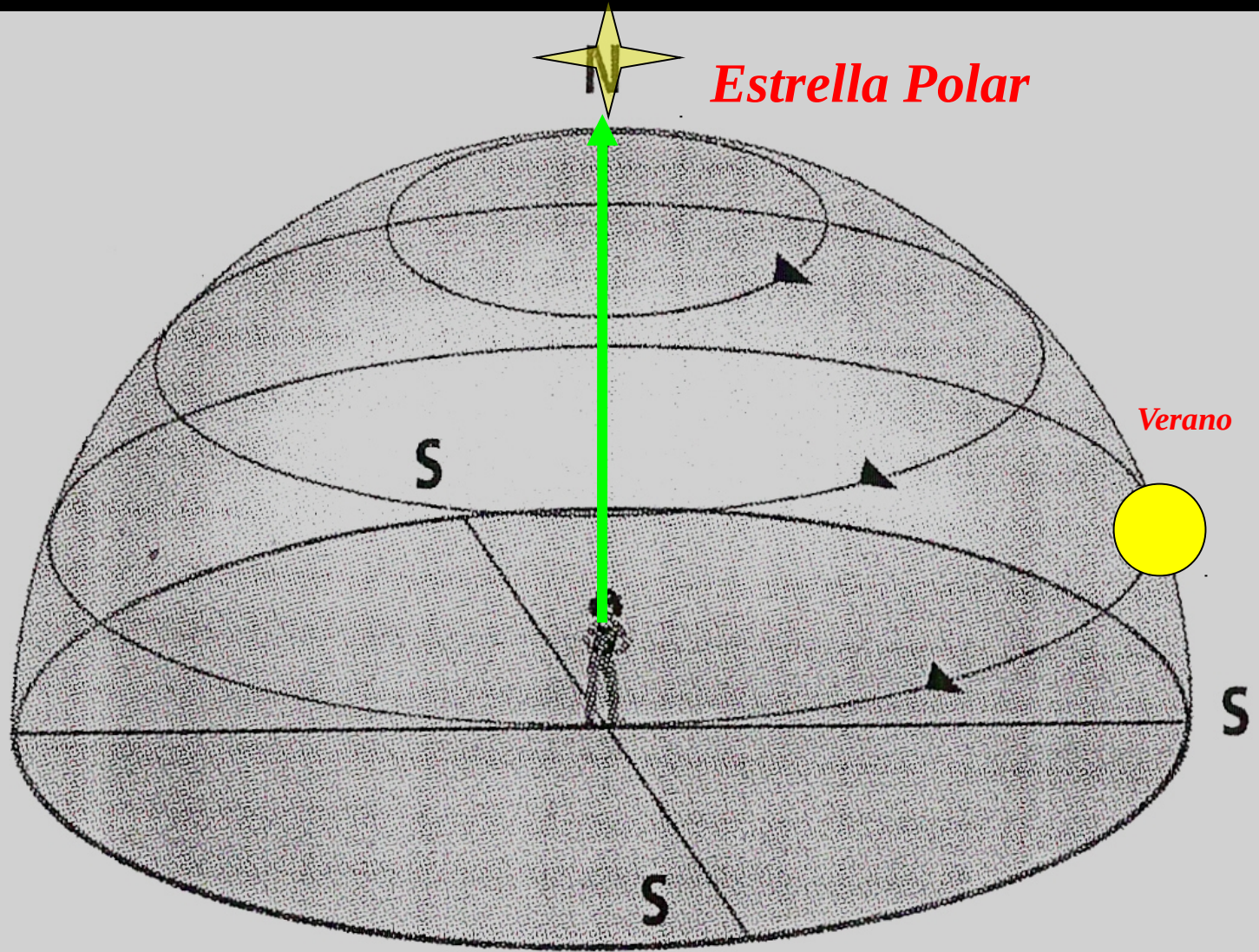
15 °



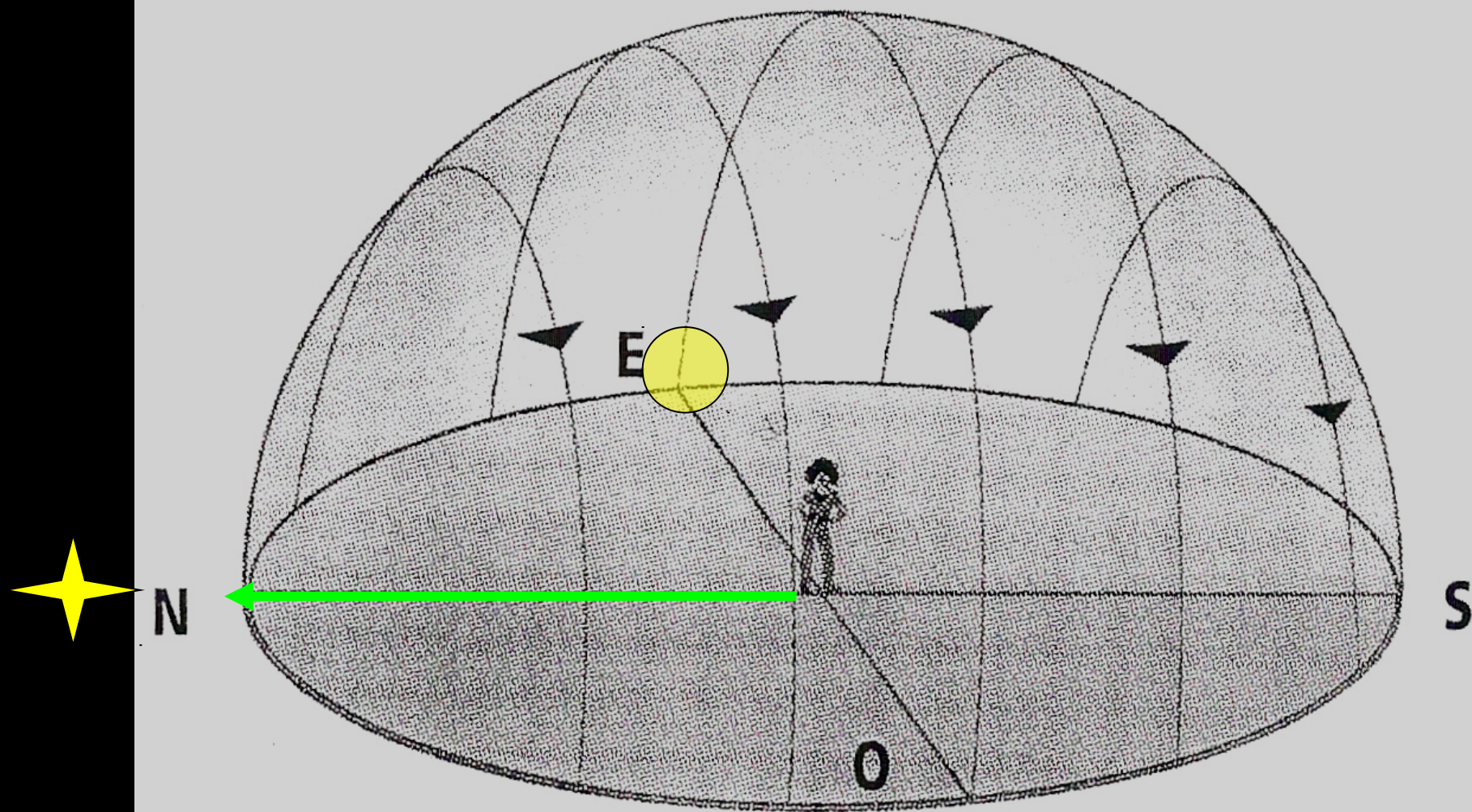
UNA ESCALA PARA MEDIR EN EL CIELO.

La esfera celeste gira 15° cada hora

Latitud del observador



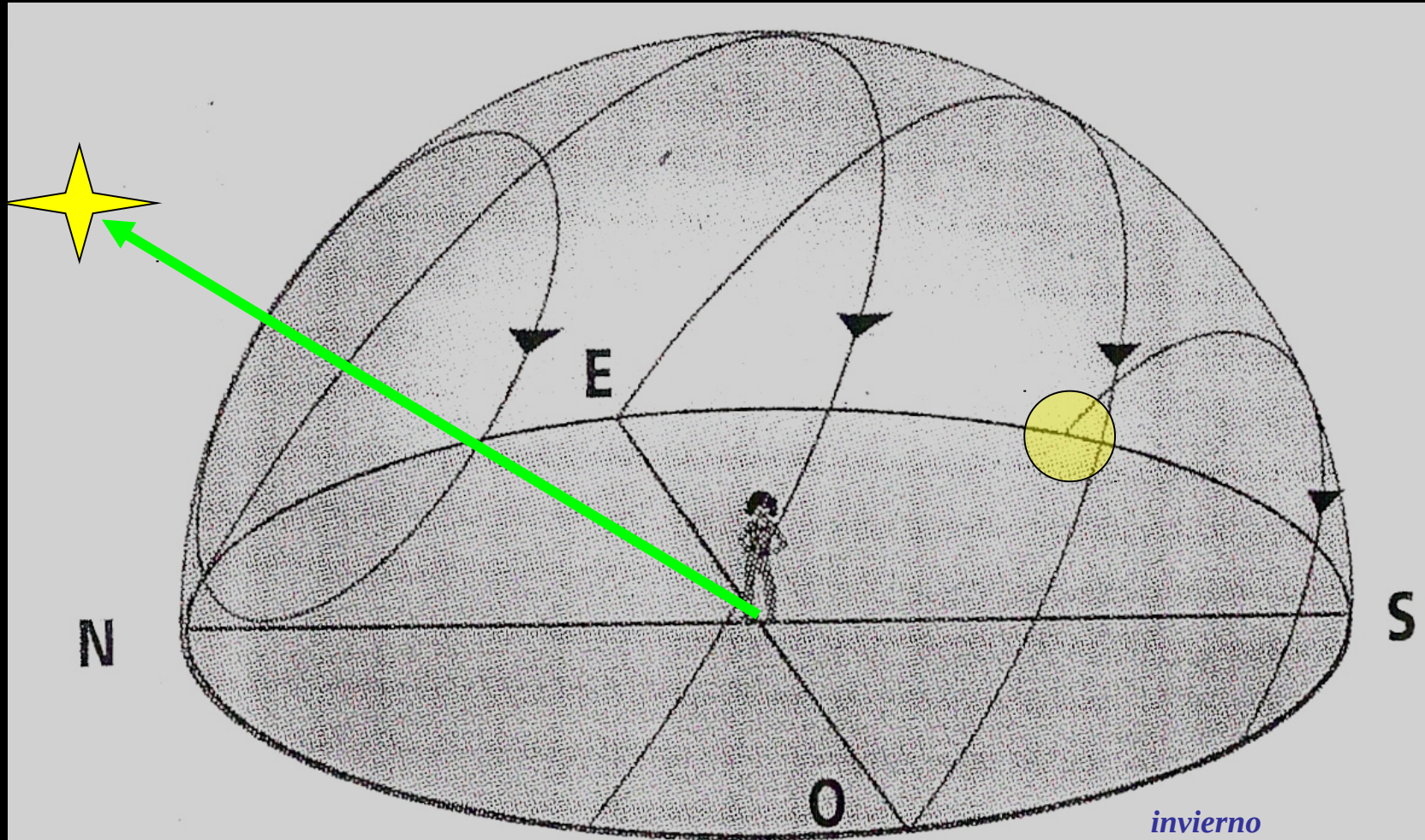
En el polo norte (90°N)



Primavera /
otoño

En el ecuador (0°)

.- desde MURCIA



En latitudes boreales medias (40°N)

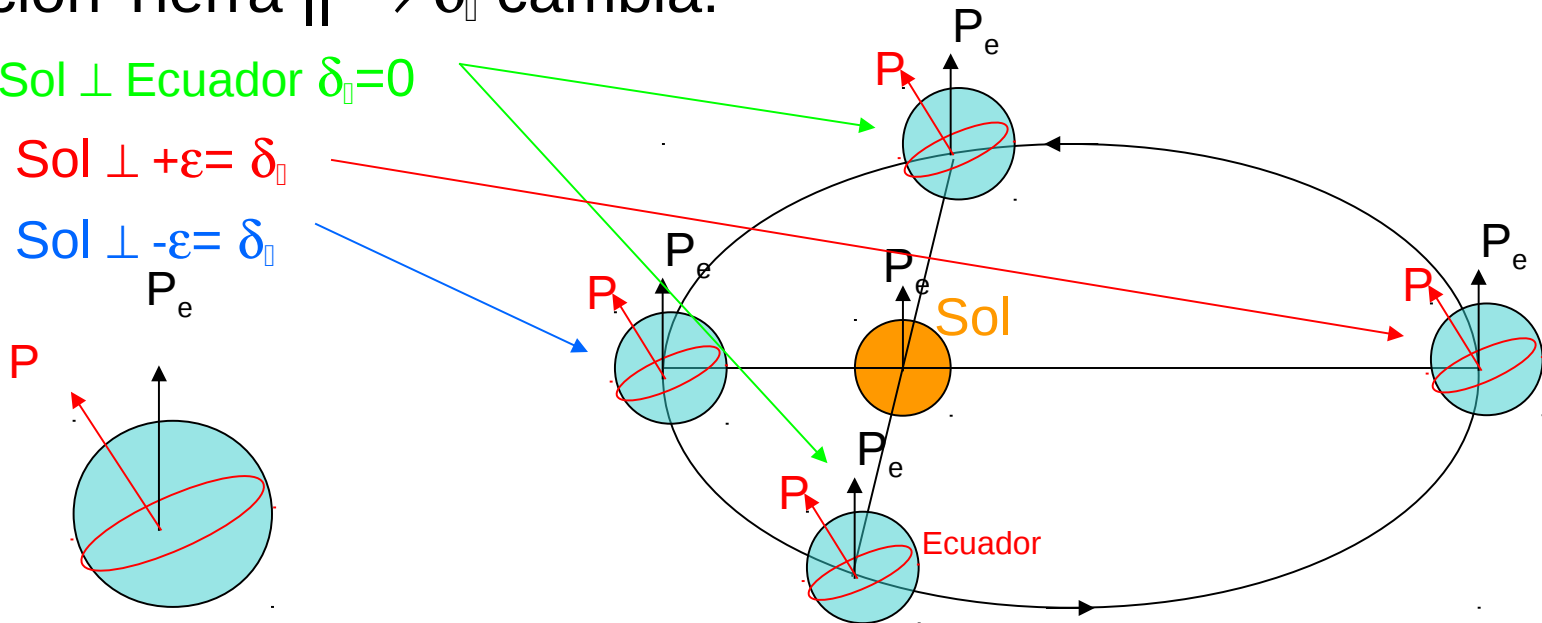
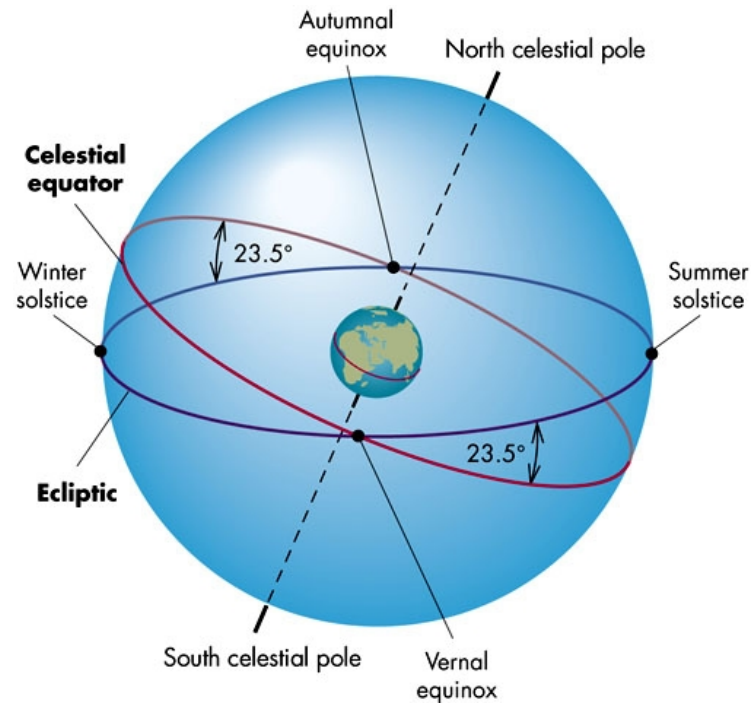
La eclíptica

- La Tierra alrededor del Sol en plano eclíptica → Sol en eclíptica
- Ángulo entre ecuador y eclíptica $\epsilon = 23^\circ 26' 29''$ *oblicuidad de la eclíptica*
- Eje rotación Tierra \parallel → δ_\odot cambia:

– Rayos Sol \perp Ecuador $\delta_\odot = 0$

– Rayos Sol $\perp +\epsilon = \delta_\odot$

– Rayos Sol $\perp -\epsilon = \delta_\odot$



Ecuador celeste

PNC

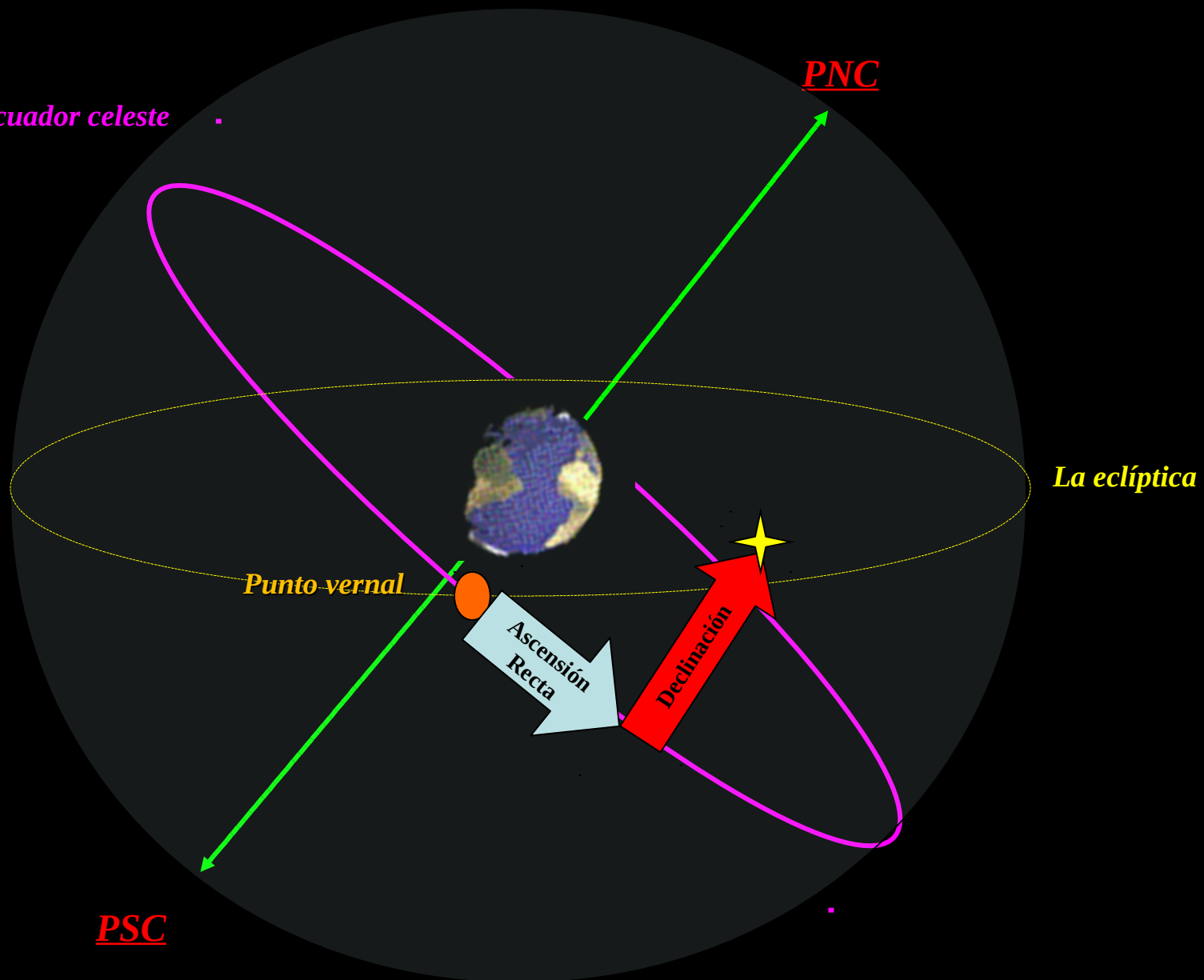
La eclíptica

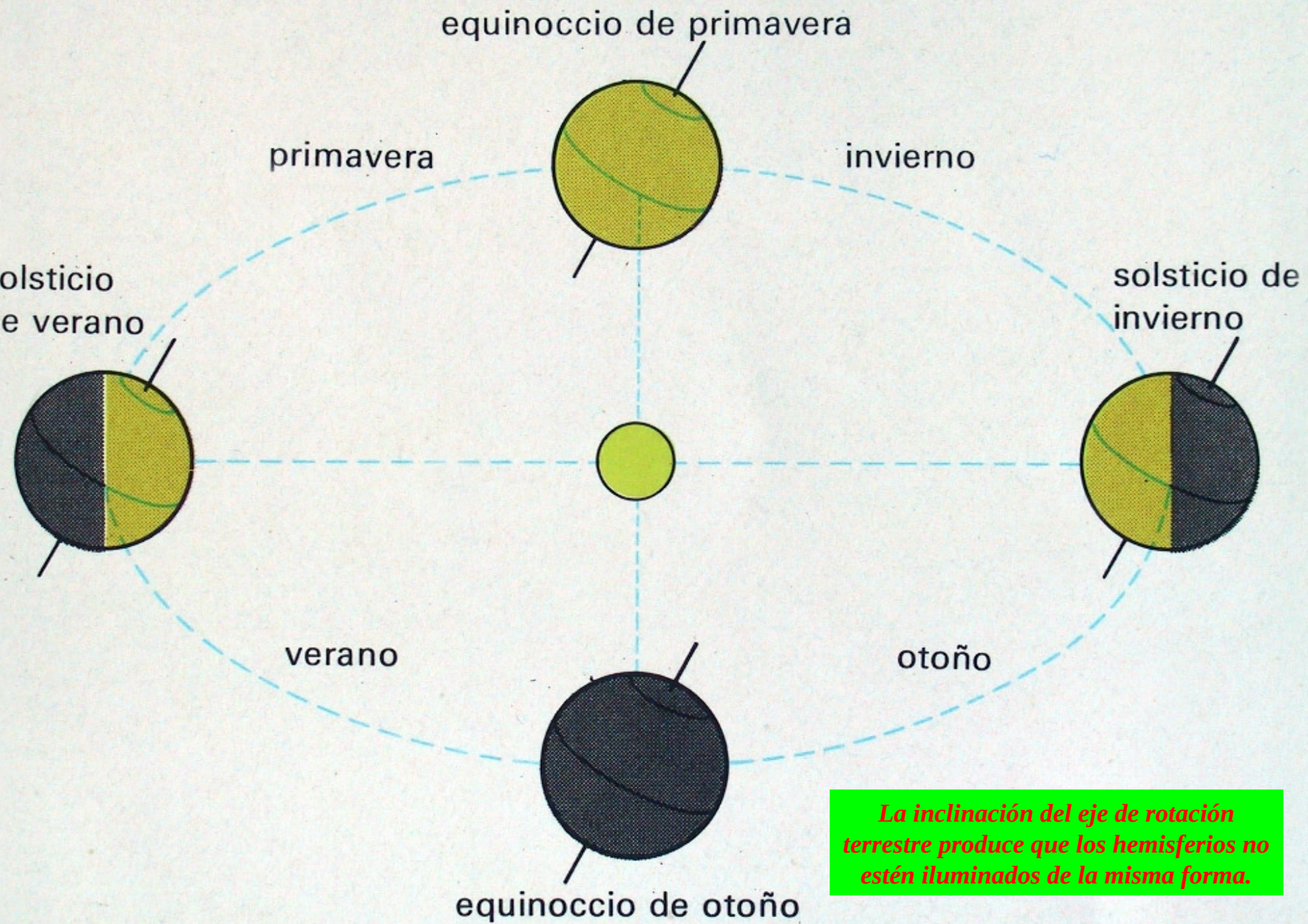
Punto vernal

Ascensión
Recta

Declinación

PSC





El Sol, La Tierra y la Esfera Celeste.

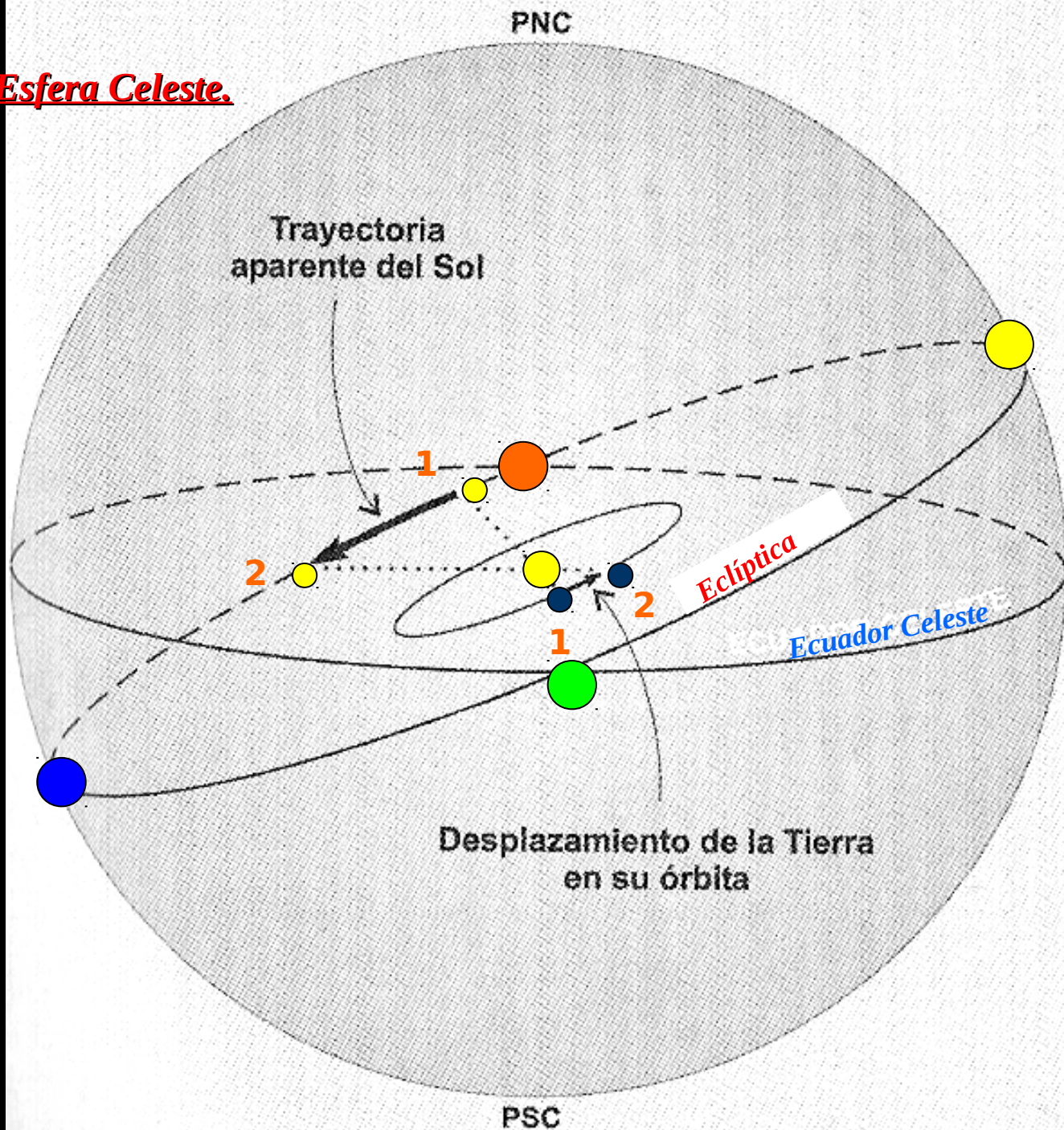
-Solsticio de verano
21-22 de junio.

-Equinoccio de
otoño 22-23 de
septiembre.

-Solsticio de
invierno. 21-22 de
diciembre.

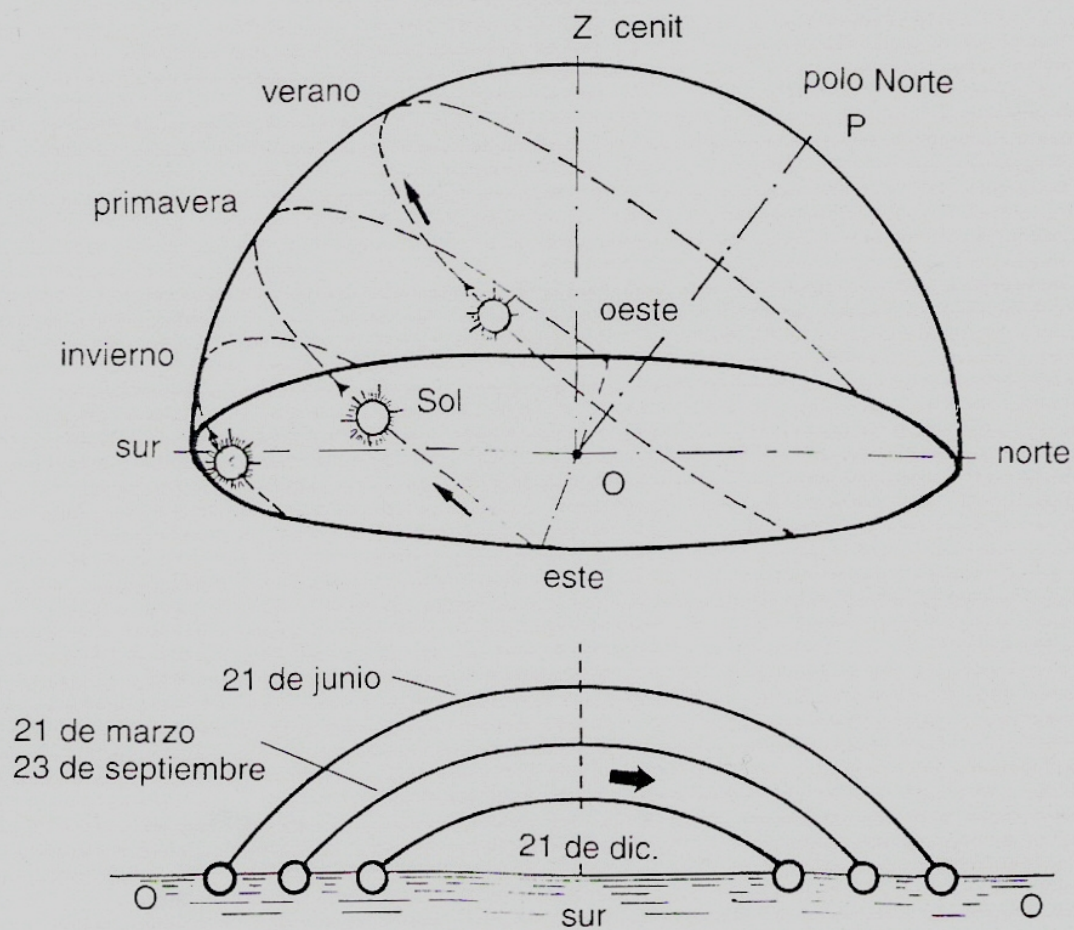
-Equinoccio de
primavera 21-22 de
marzo.

PUNTO VERNAL



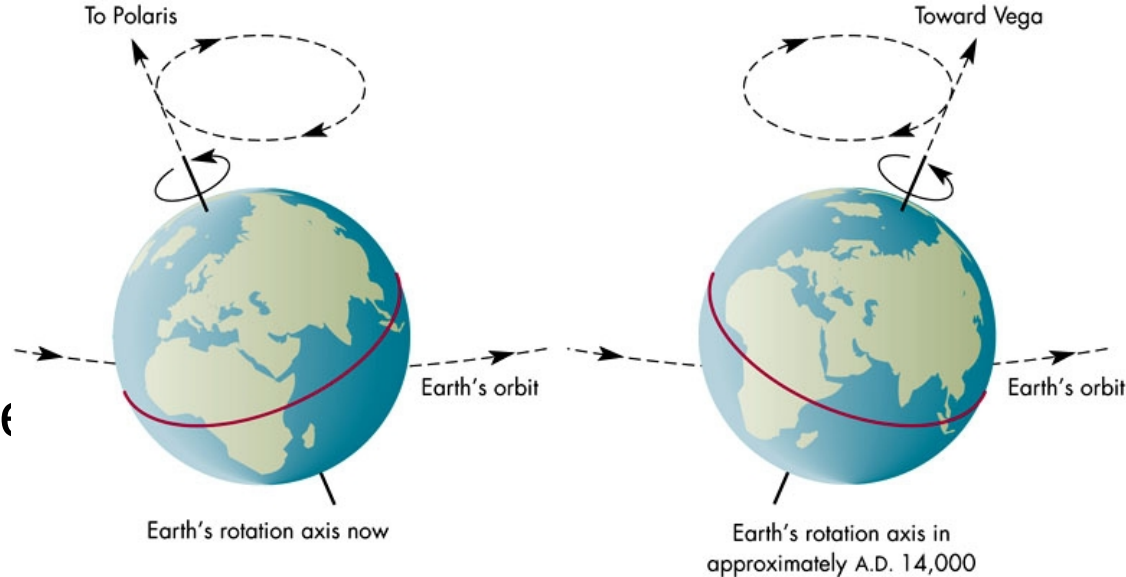
EL SOL EN LOS EQUINOCCIOS Y SOLSTICIOS

MOVIMIENTO DIURNO DEL SOL VISTO POR UN OBSERVADOR



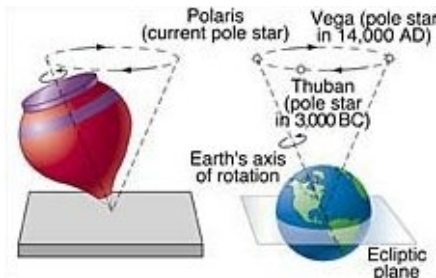
Precesión

- 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



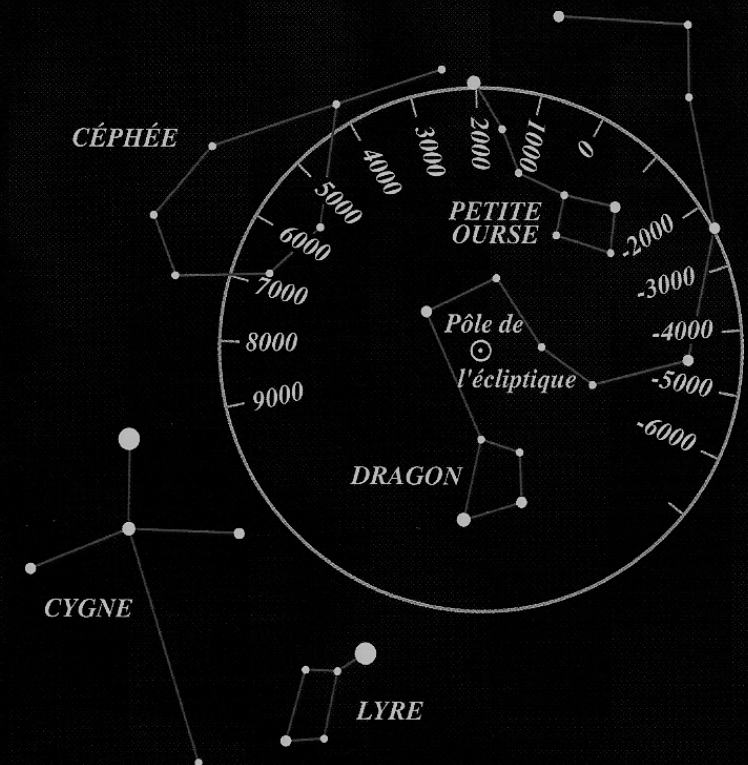
Nutación

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

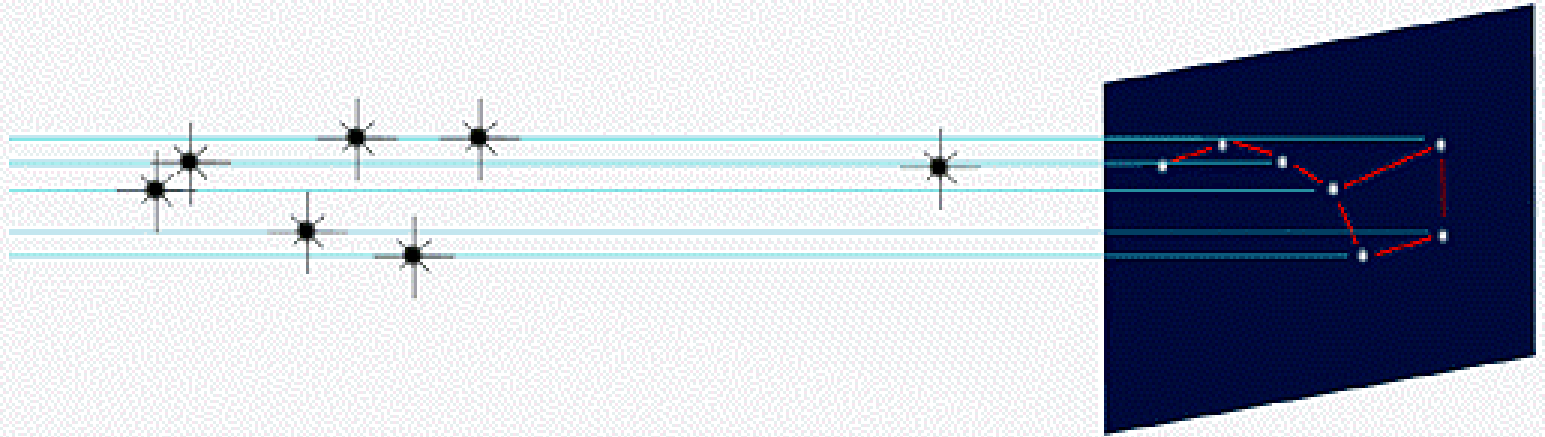


Consecuencias de la precesión:

- **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.

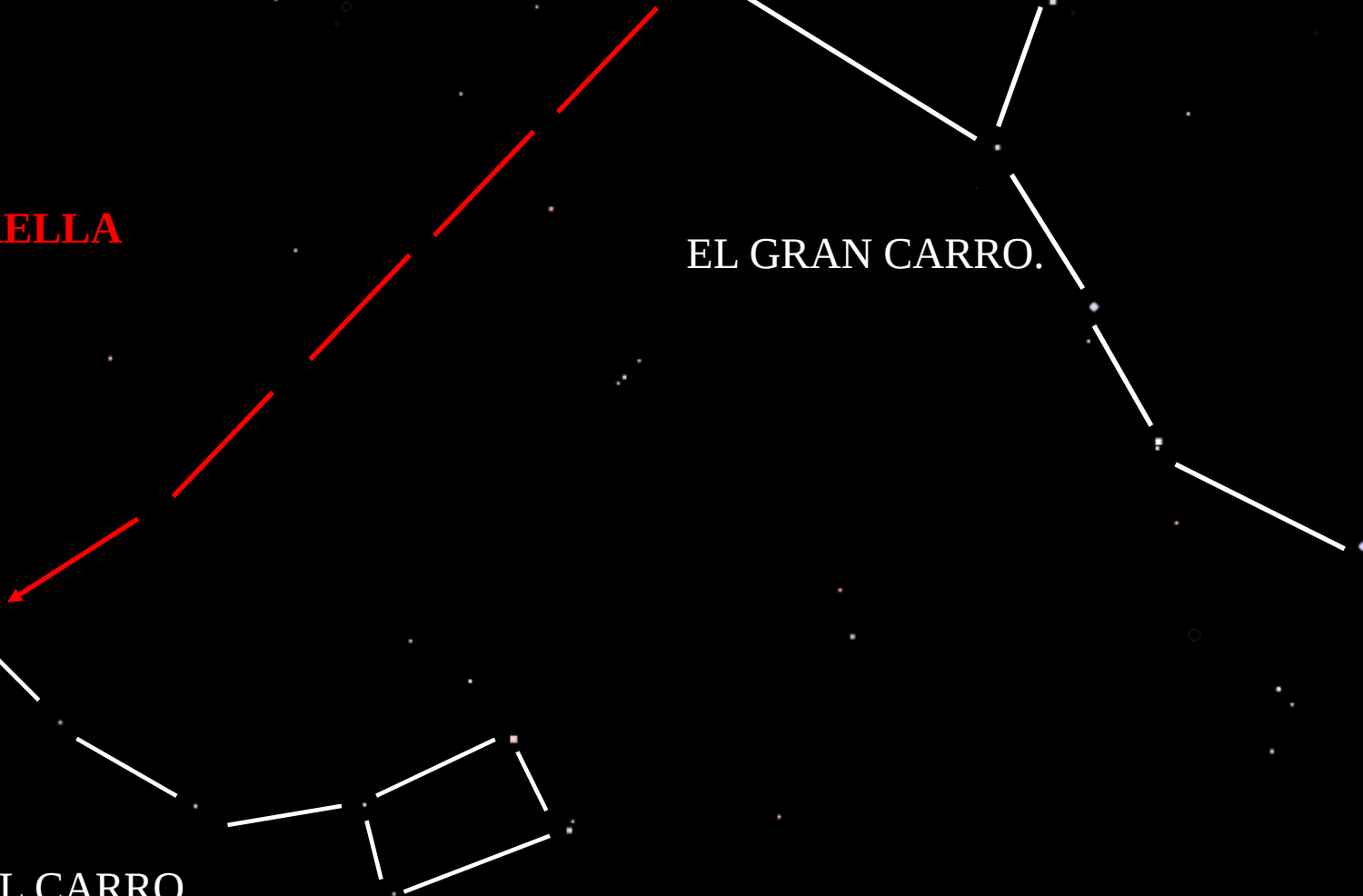
... y, las constelaciones rara vez se asemejan al animal, héroe u objeto al que representan Hay excepciones.

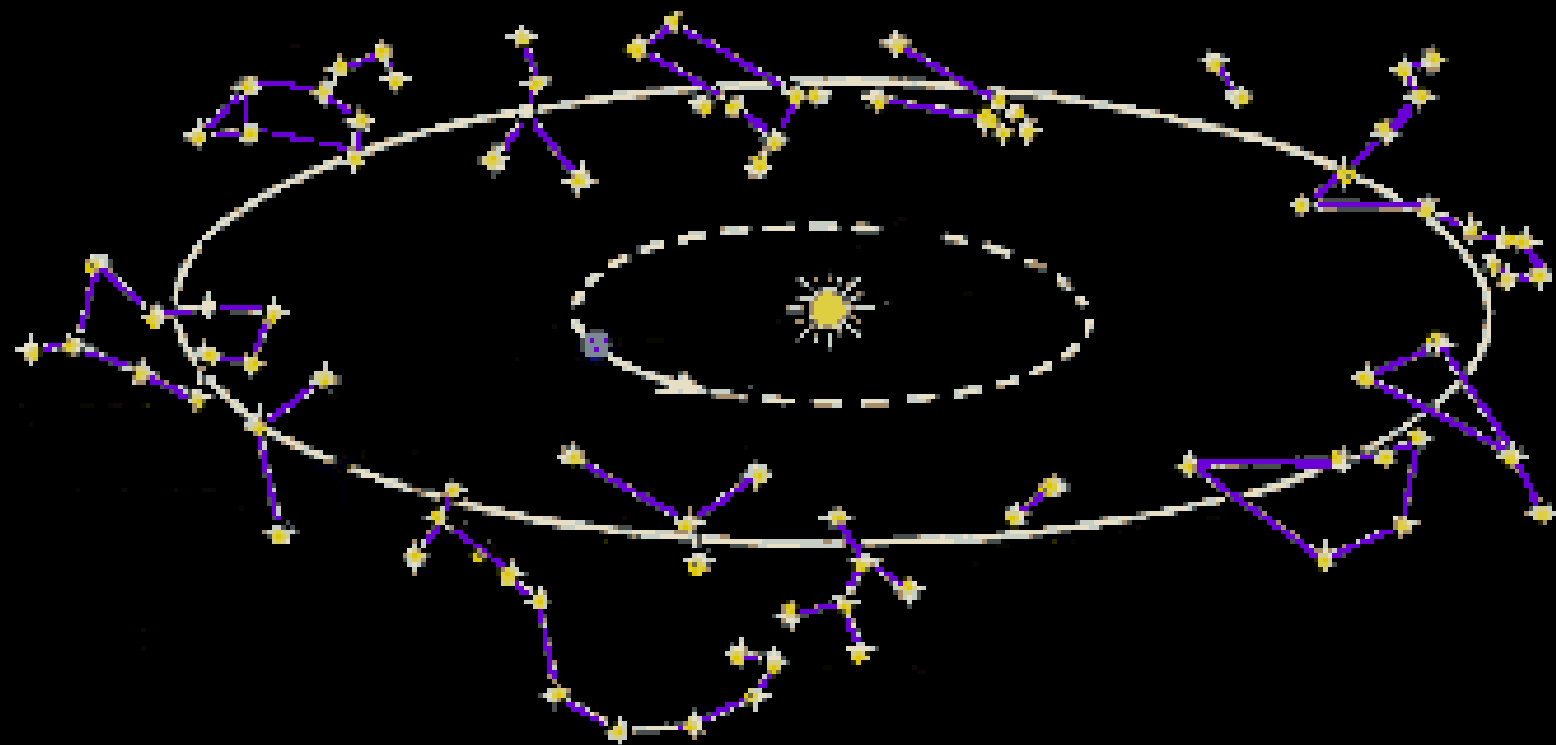
**LA ESTRELLA
POLAR**

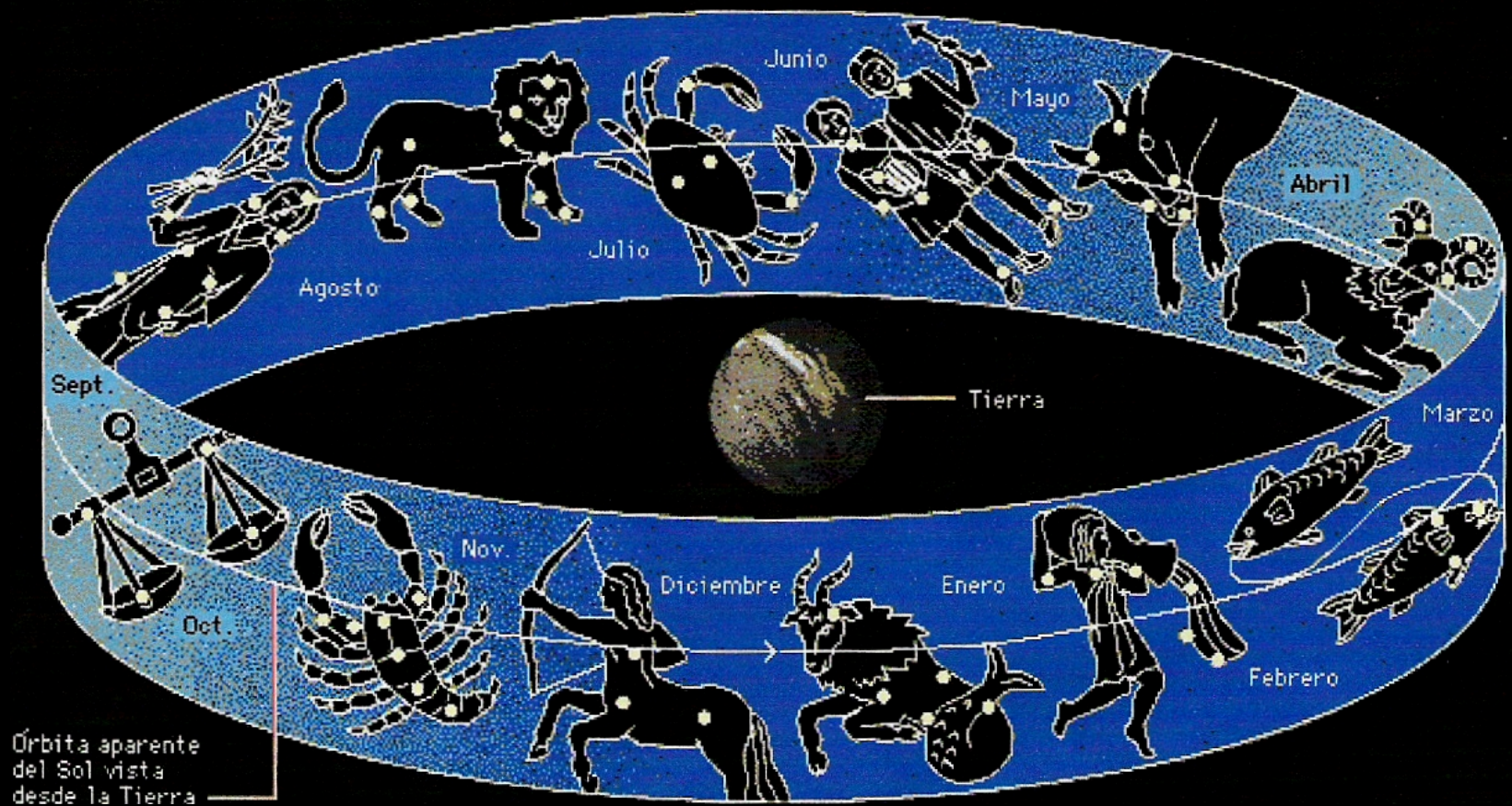


EL GRAN CARRO.

EL CARRO
PEQUEÑO





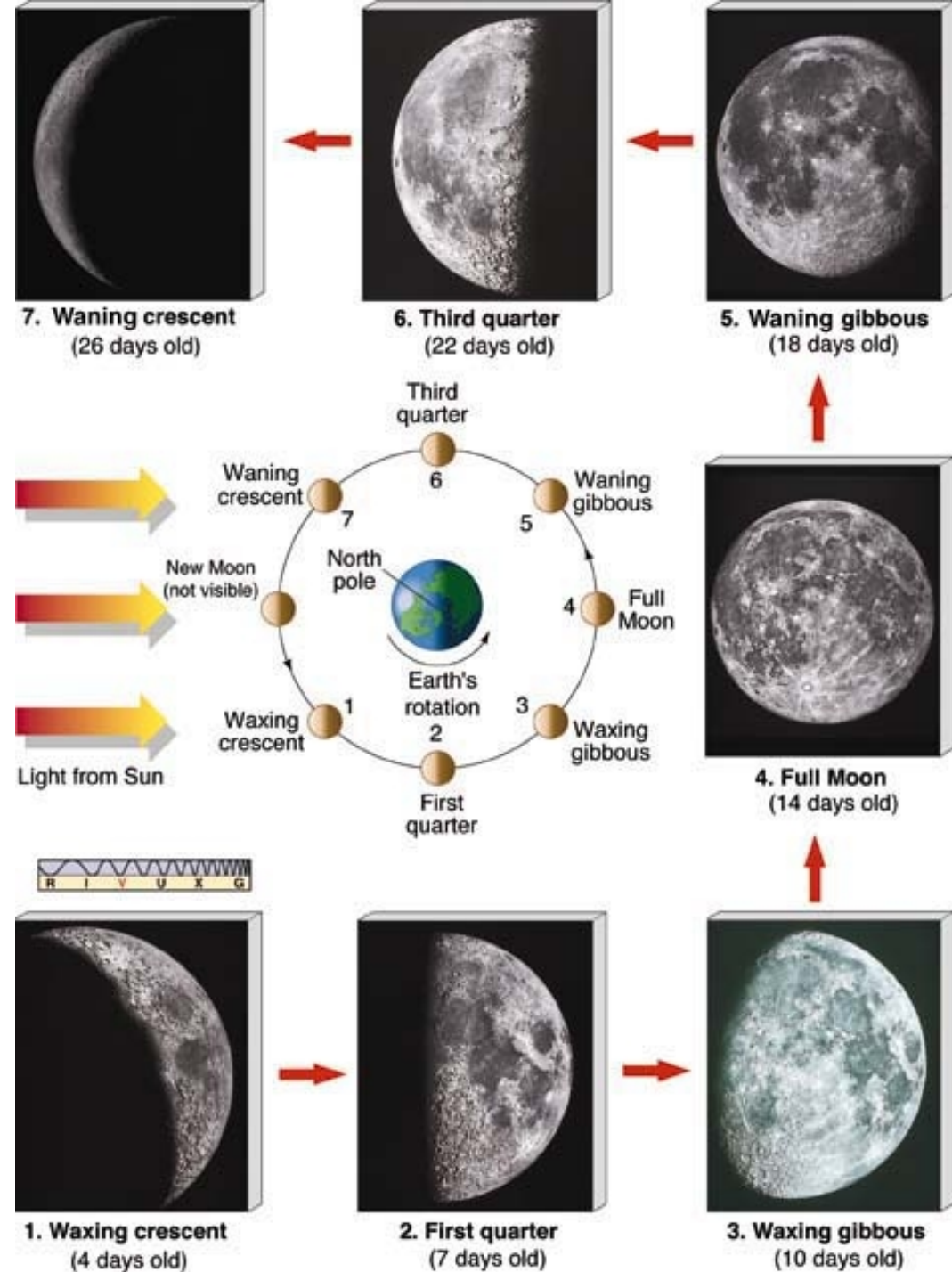


Hay 12/13 “zonas zodiacales” y cada una tiene una extensión variable sobre la eclíptica.

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

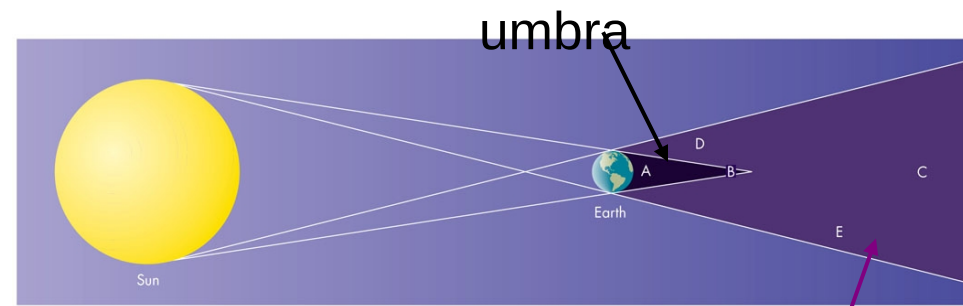
Fases de la Luna






- 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



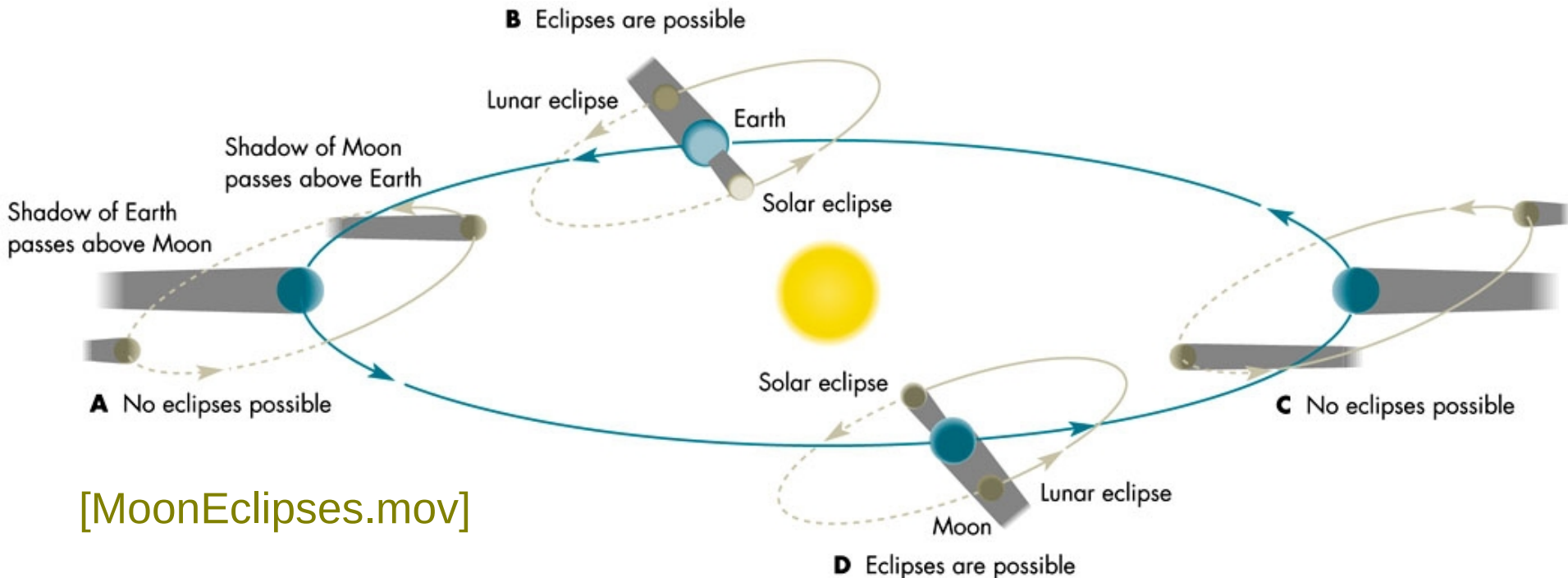
Eclipses

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



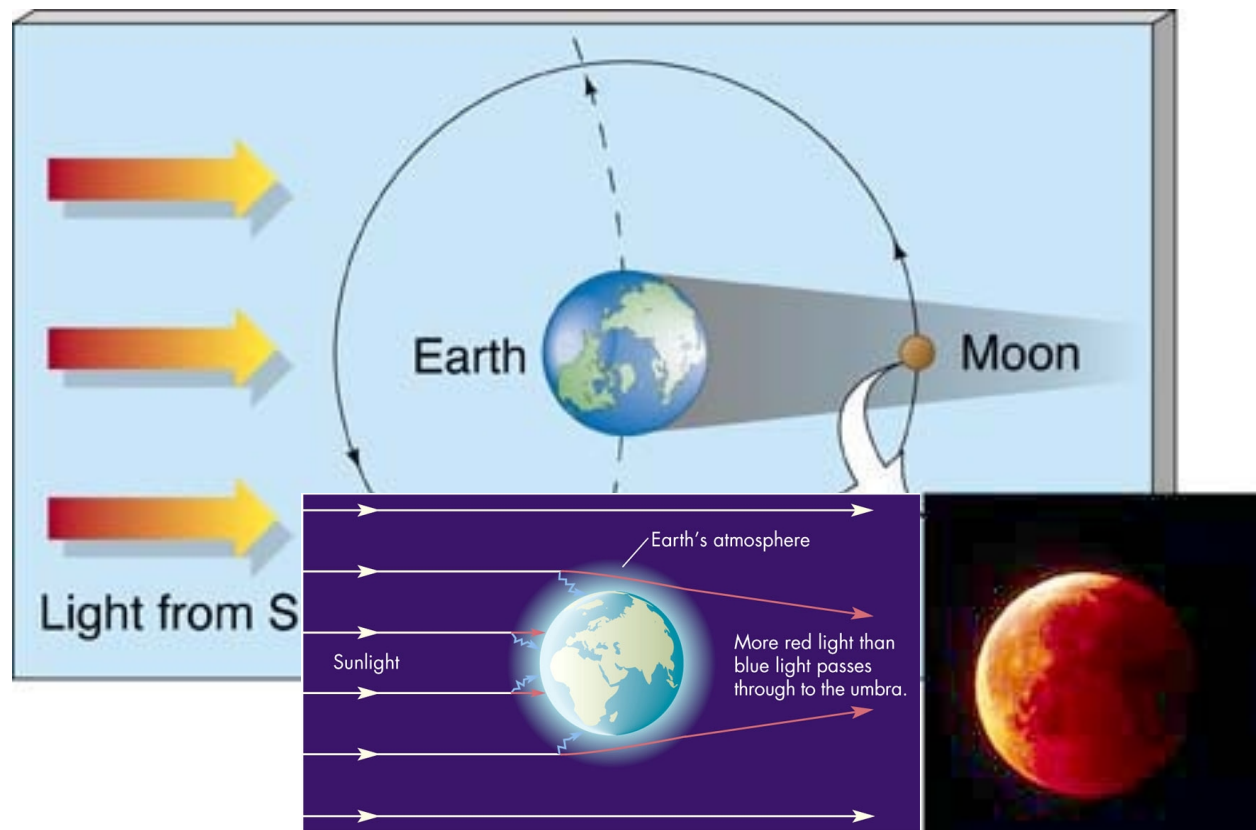
Location of observer	What the observer sees there
Point A (umbra)	 Total eclipse
Point B (umbra)	 Total eclipse
Point C (penumbra)	 Annular eclipse
Point D (penumbra)	 Partial eclipse
Point E (penumbra)	 Partial eclipse

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 $\sim 3\text{h}$, totalidad $\sim 100\text{ min}$
- Un hemisferio completo ve el eclipse
- Luz Sol dispersada por atmósfera Tierra ilumina Luna en eclipse: color rojo

Eclipses de Sol

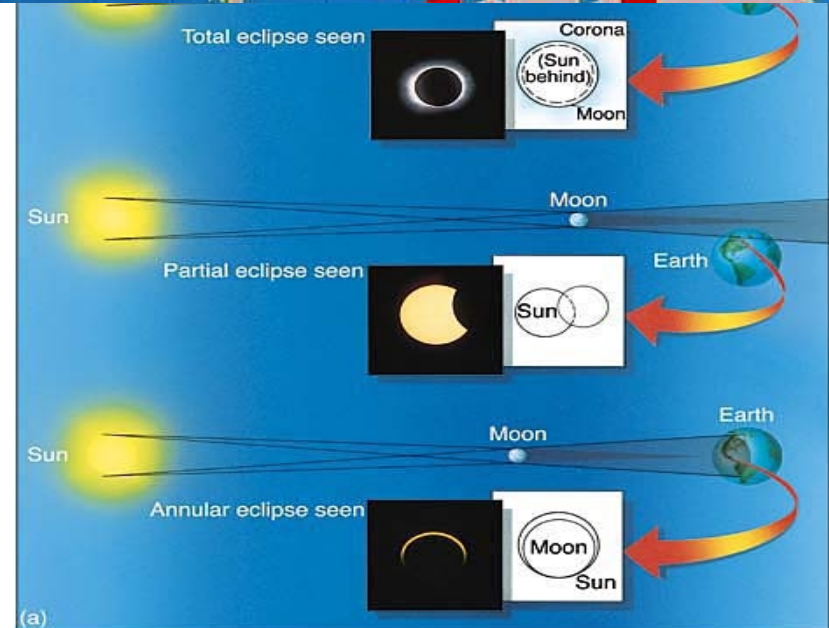


(a)

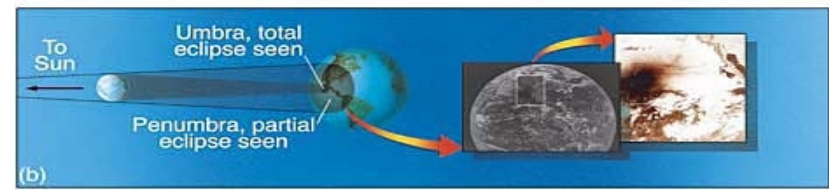


(b)

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



(a)



(b)

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**= $2 \times \text{estación} = 346.6 \text{ días} = \text{SIN} * \text{DRAC} / (\text{SIN} - \text{DRAC})$
- **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

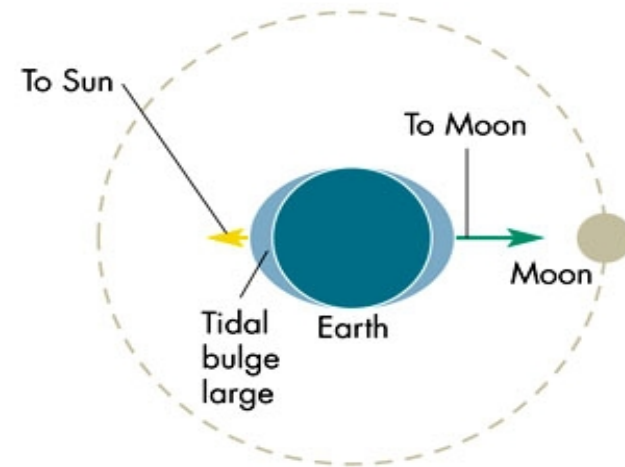
[MoonTides.mov]

- **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 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

Spring tide: Sun and Moon aligned



B

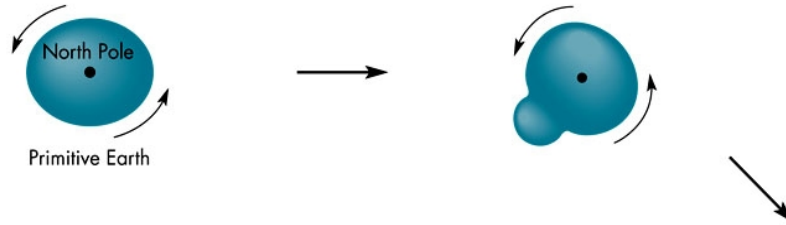
Neap tide: Sun and Moon perpendicular

Teorías de formación antiguas

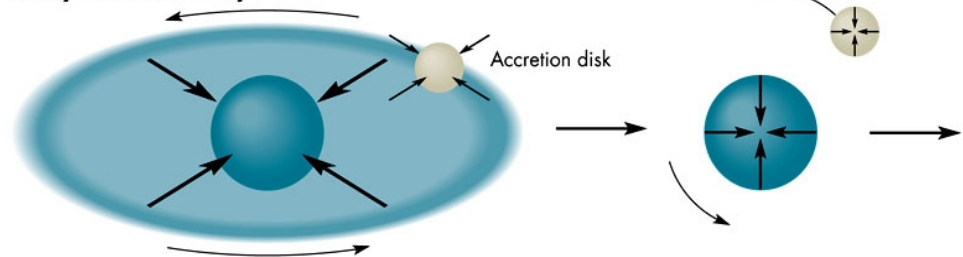
Teoría fisión

Órbita luna \leftrightarrow Ecuador
¿Cómo pudo haber
rotación tan rápida?

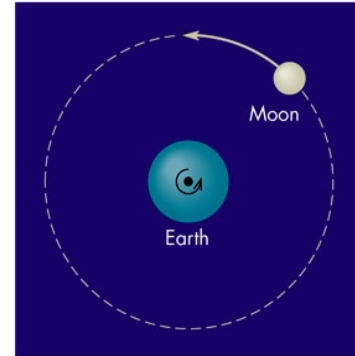
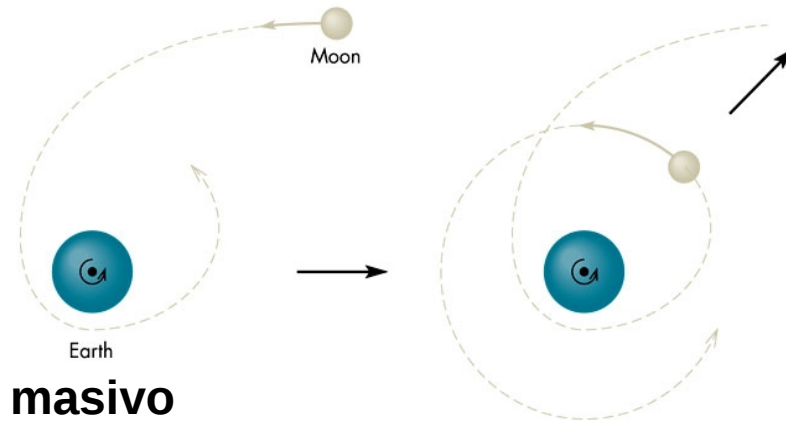
Fission theory



Binary accretion theory



Capture theory



Teoría acreción binaria

¿Por qué $Fe \ll$
Luna?

Teoría captura

Captura improb. De objeto tan masivo

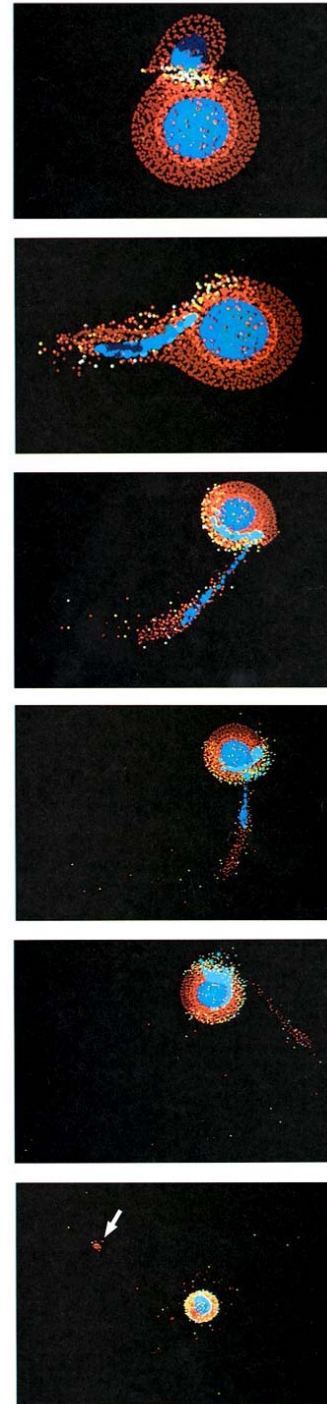
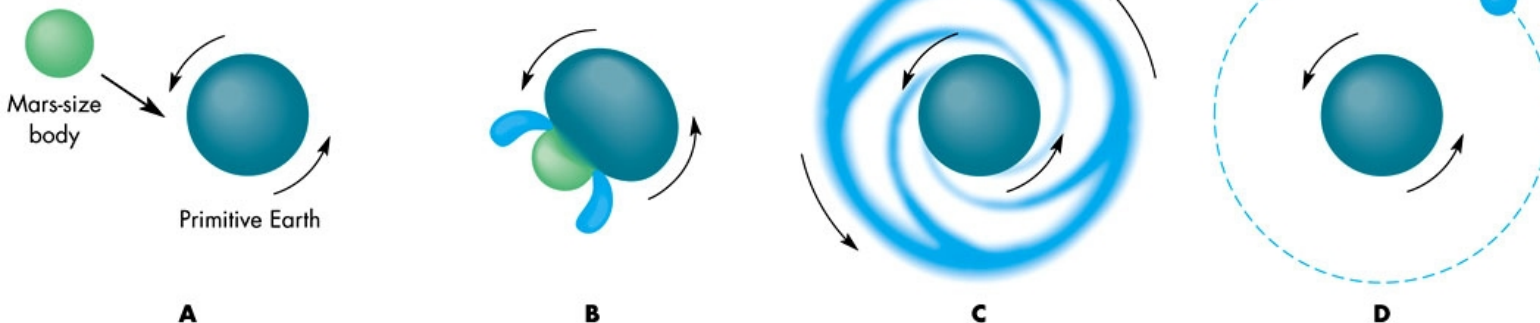
¿Disipación energía?

¿Por qué composición química (isótopos O) ~ ?

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 × 10 ¹² km ³						
Masa	5,974 × 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	<table><tr><th>min</th><th>media</th><th>max</th></tr><tr><td>182 K</td><td>282 K</td><td>333 K</td></tr></table>	min	media	max	182 K	282 K	333 K
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

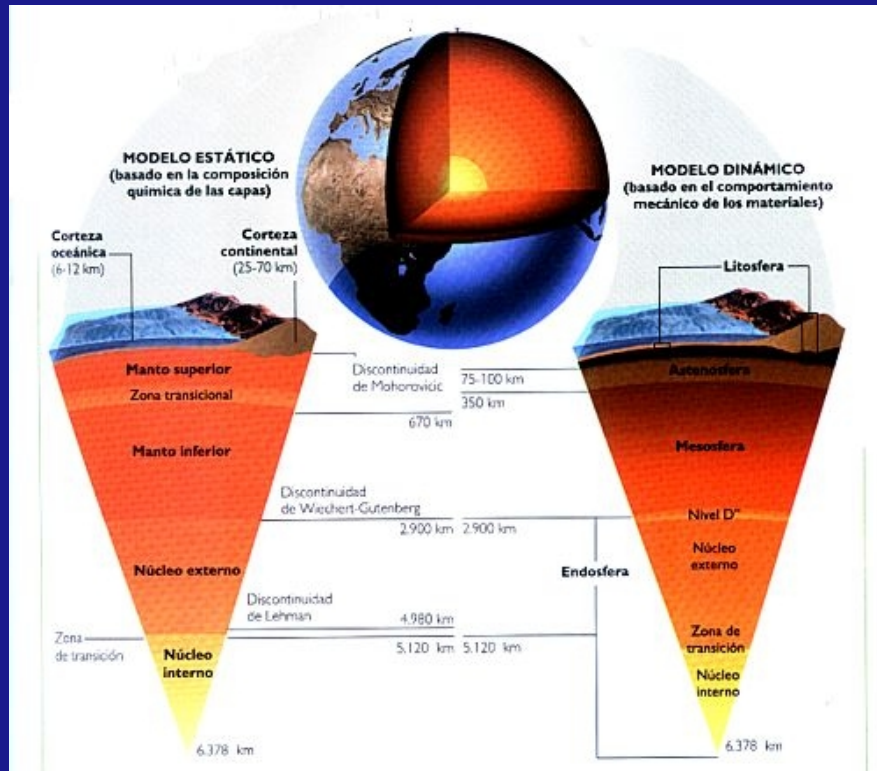
Gravedad: retención de atmósfera, agua líquida

Definición de día y horario civil

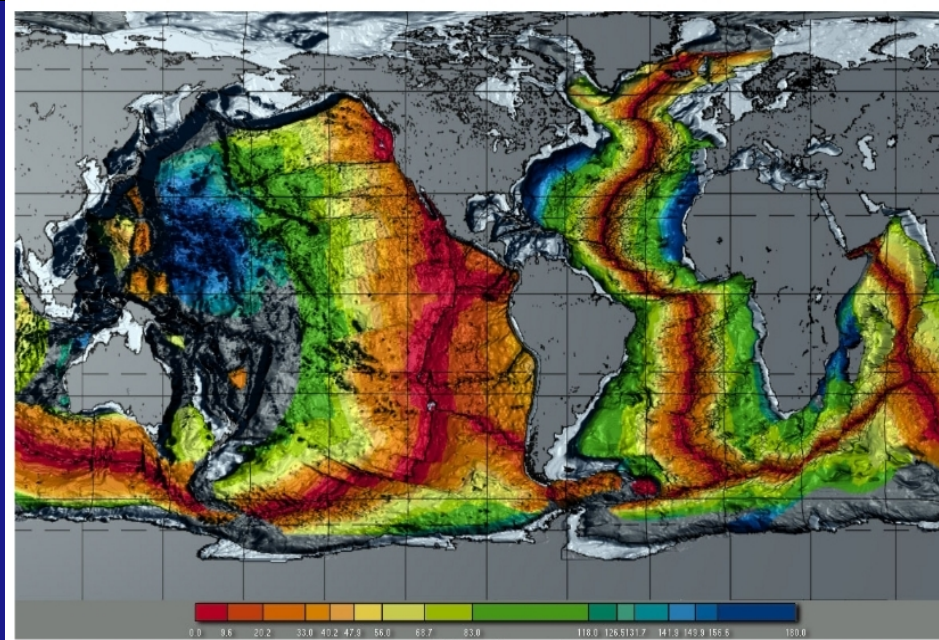
Estaciones, latitud y clima

Balance radiativo y efecto invernadero

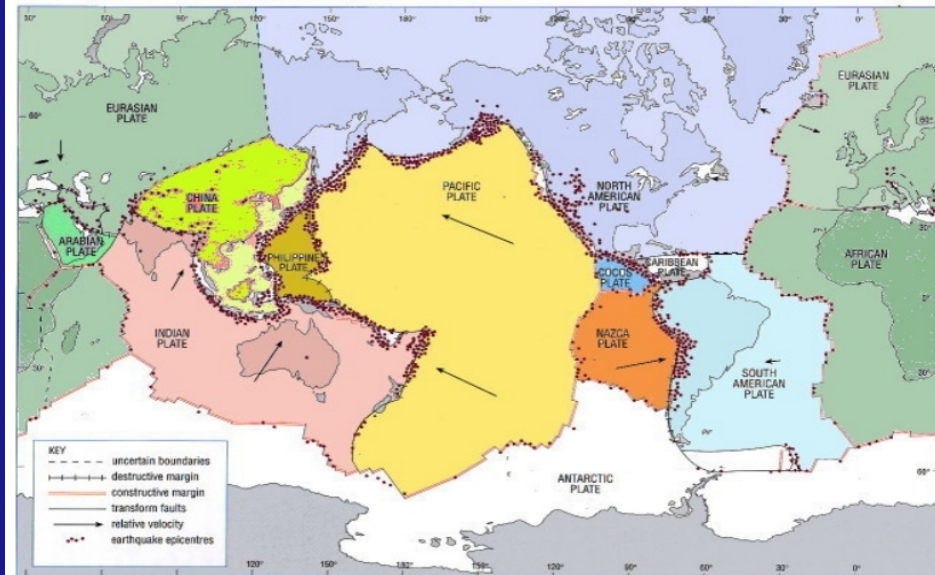
ESTRUCTURA INTERNA



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



Edad (en millones de años) del fondo marino. Se puede apreciar cómo las rocas más jóvenes se sitúan en las proximidades de las dorsales oceánicas, las líneas por las que aflora continuamente nuevo material basáltico (corteza secundaria).



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

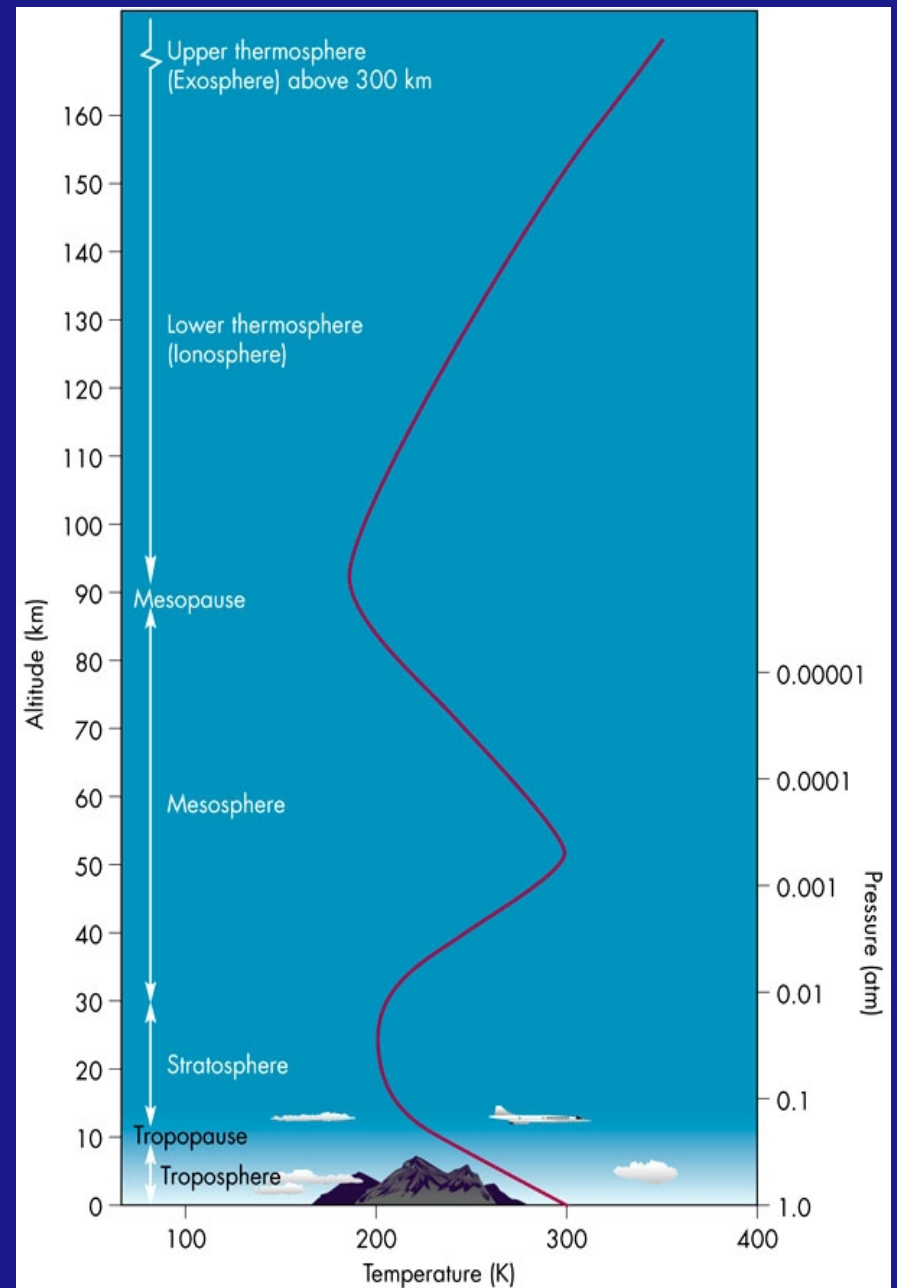
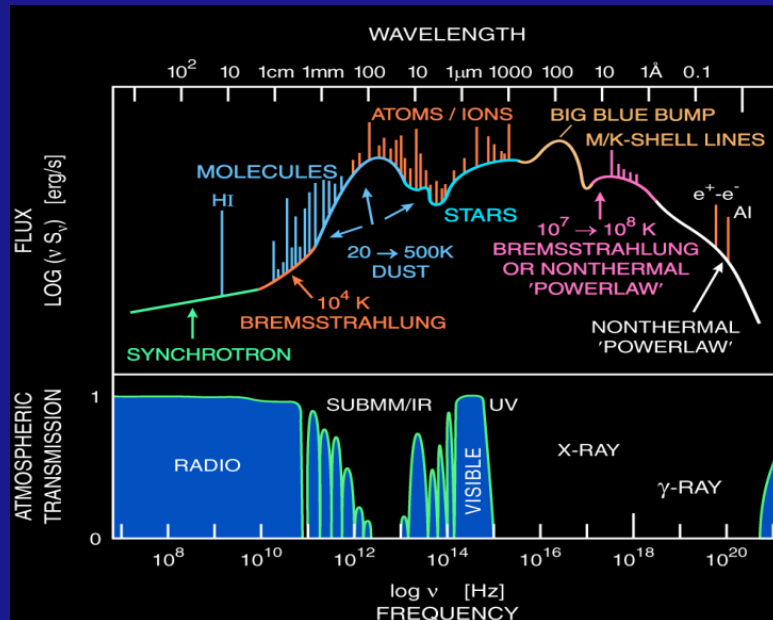
Similitud con Venus excepto: O₂ y O₃ (actividad biológica), H₂O, CO₂ (se disuelve en plantas y océanos).

Invernadero: 300 – 750K Venus

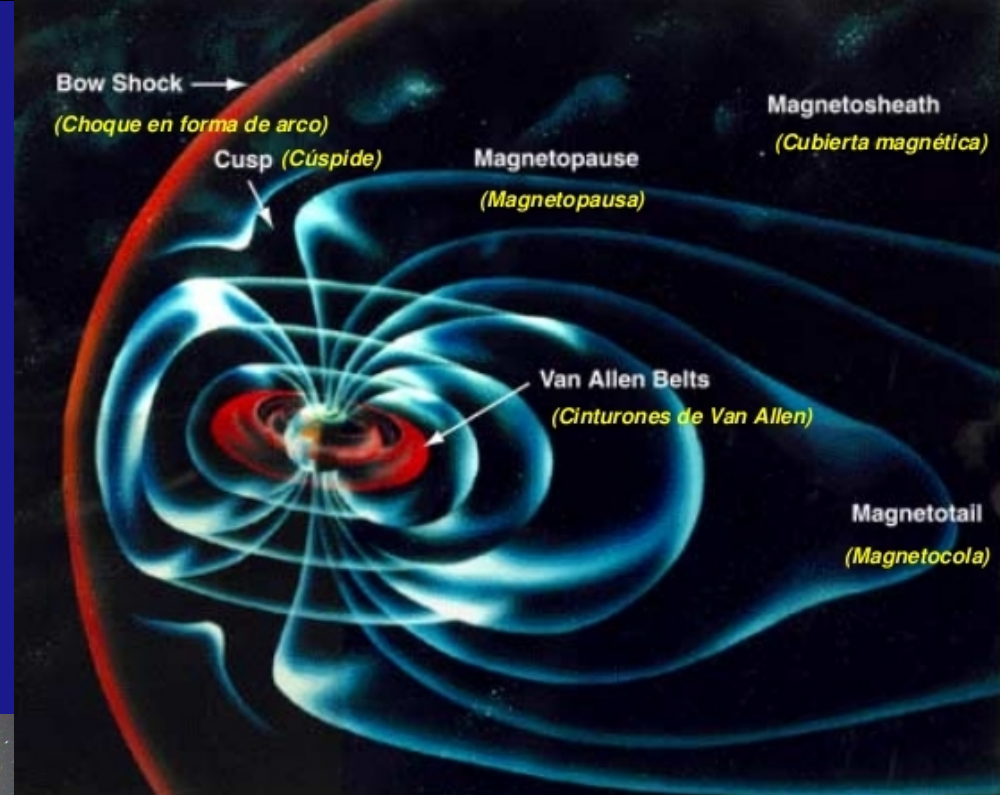
255 – 285K Tierra

Responsable del **color del cielo**

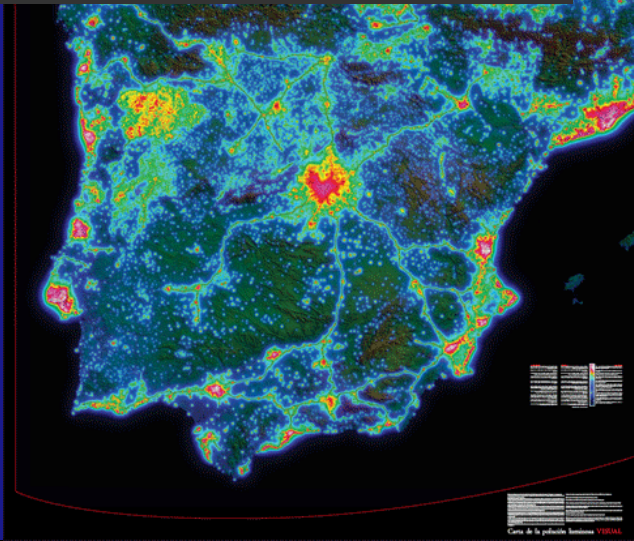
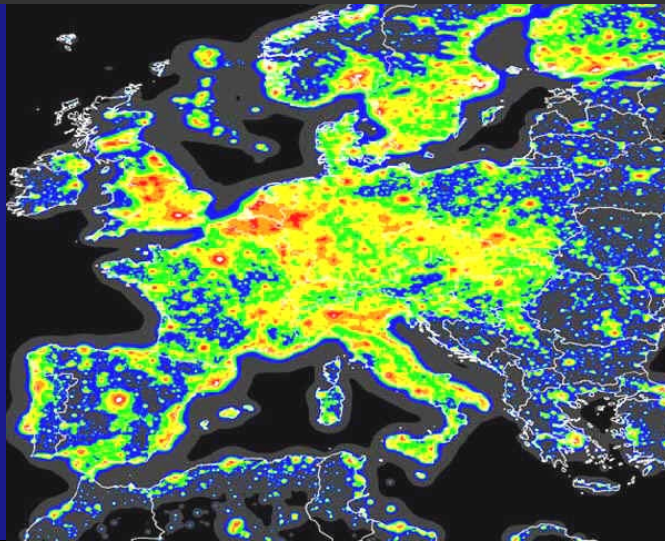
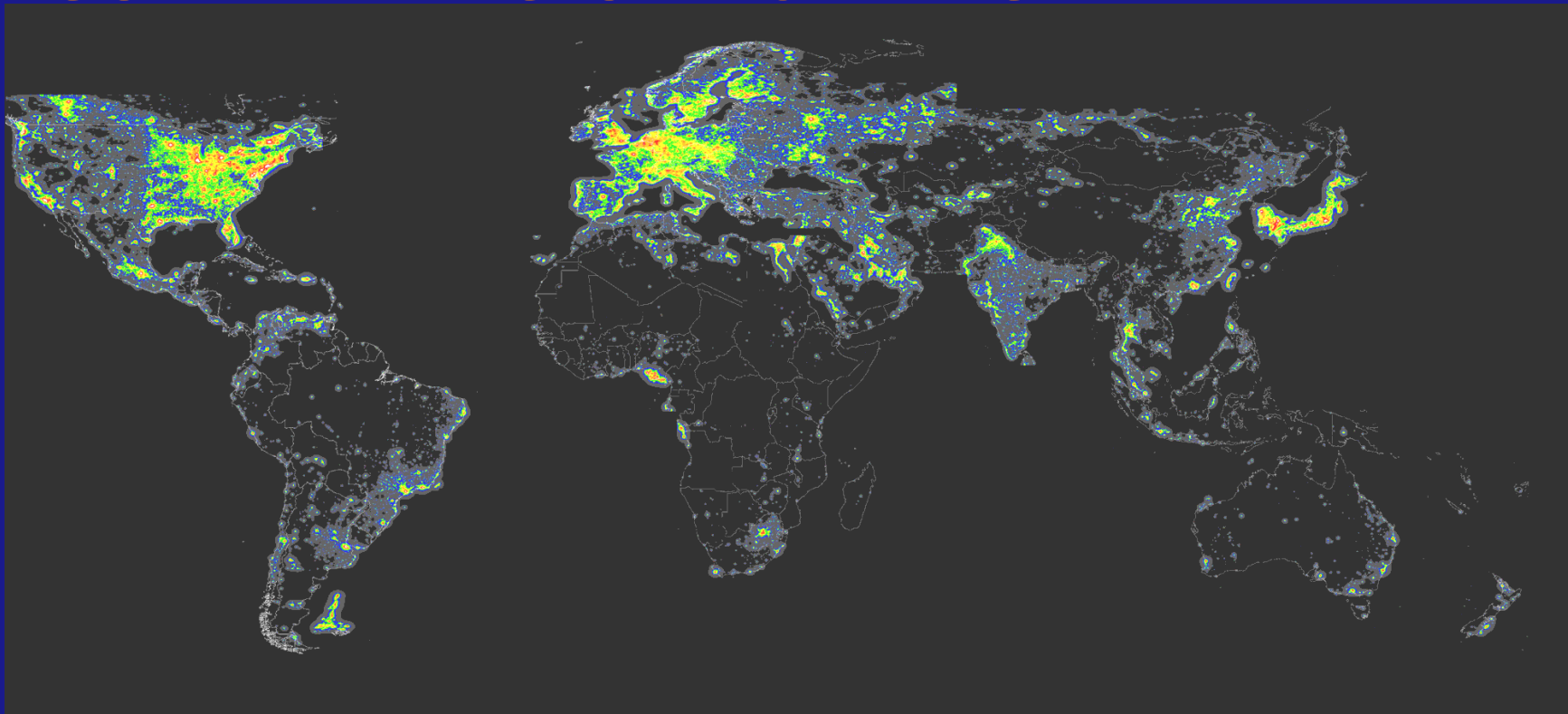
Filtro de radiaciones y partículas



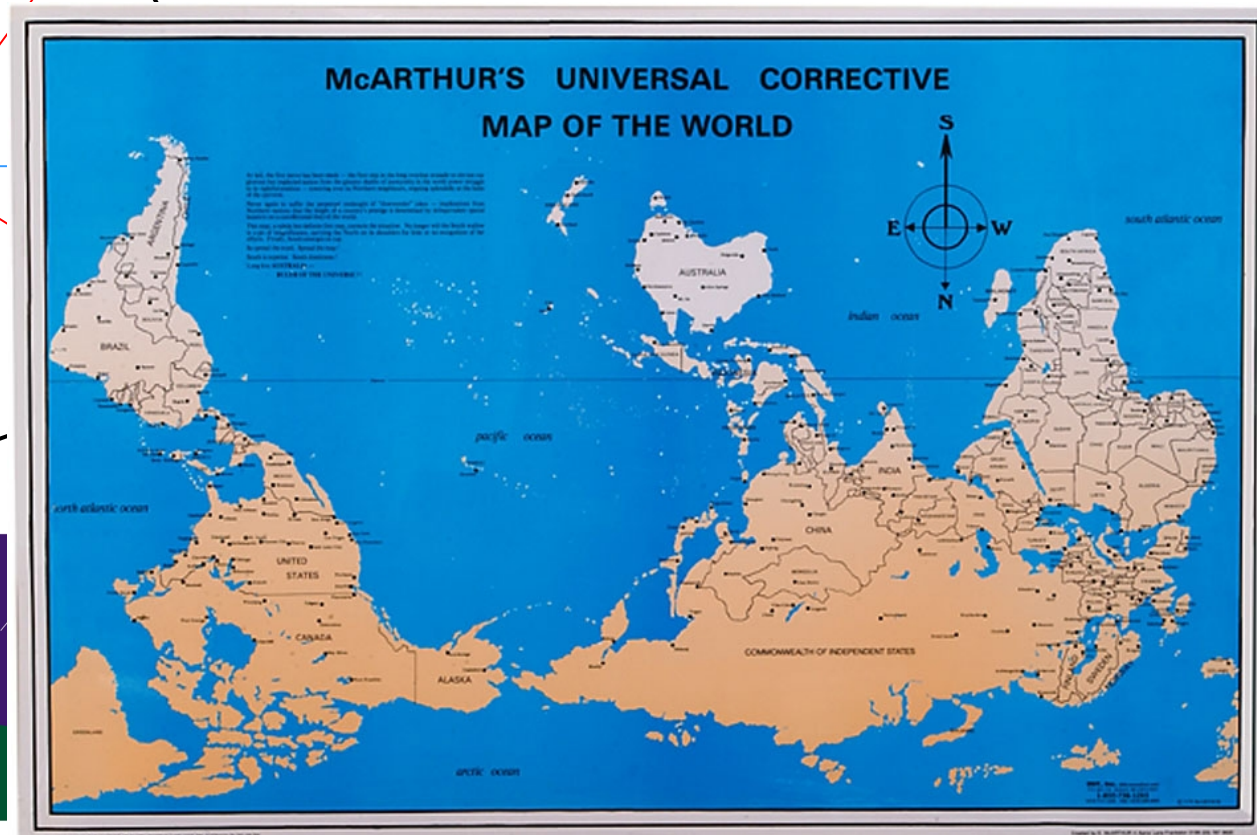
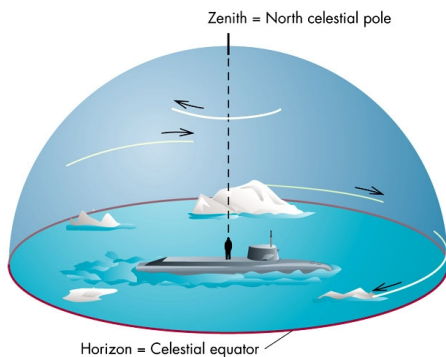
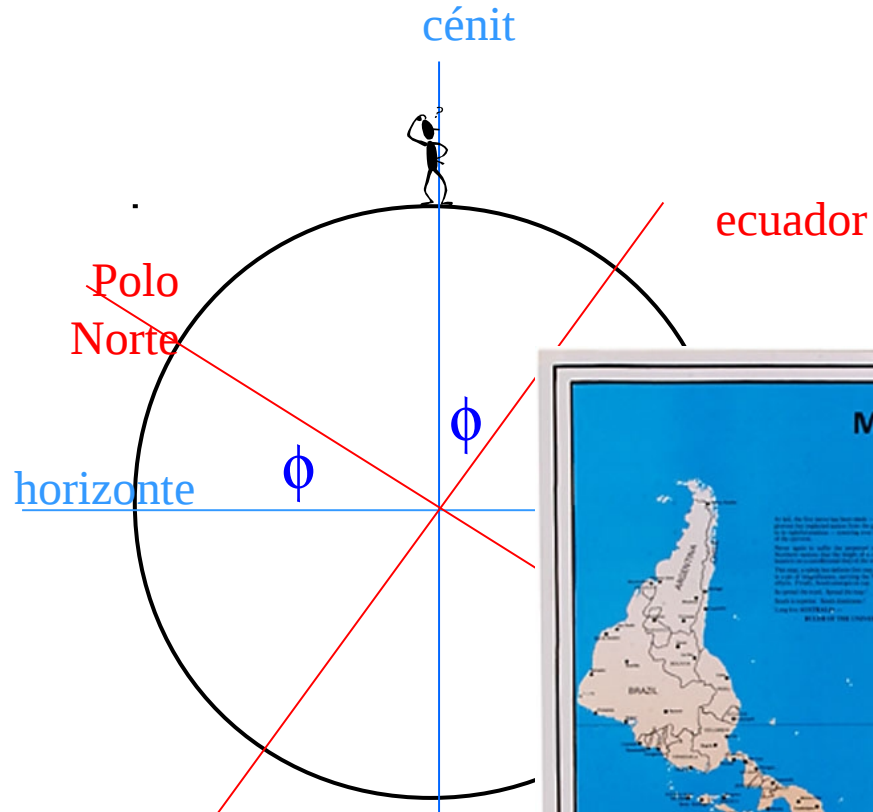
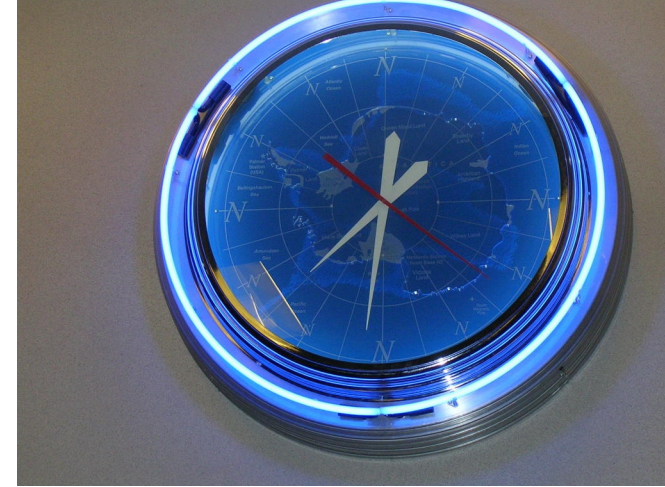
MAGNETOSFERA



CONTAMINACIÓN LUMÍNICA



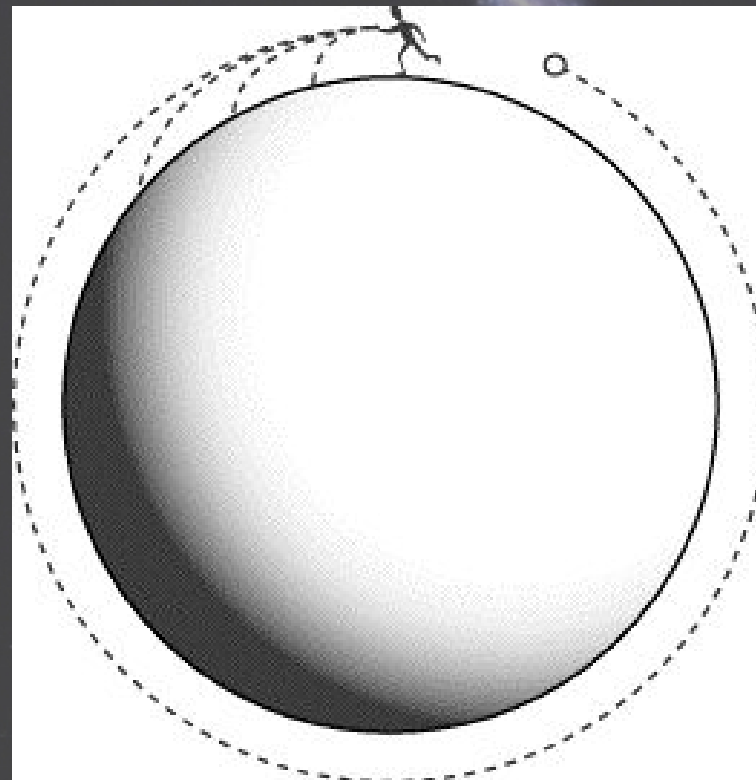
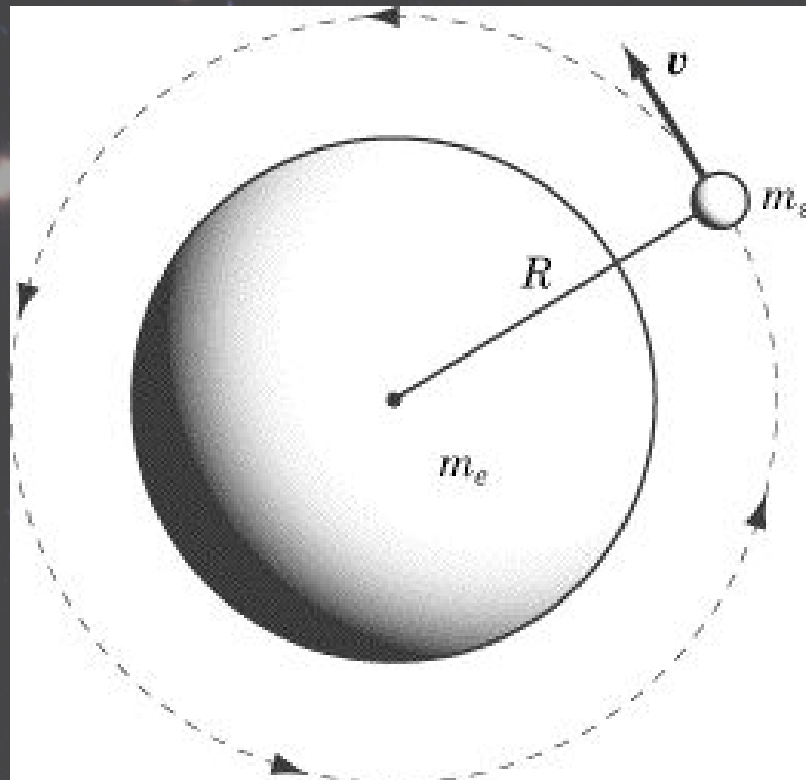
PERSPECTIVAS CULTURALES DIFERENTES



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):

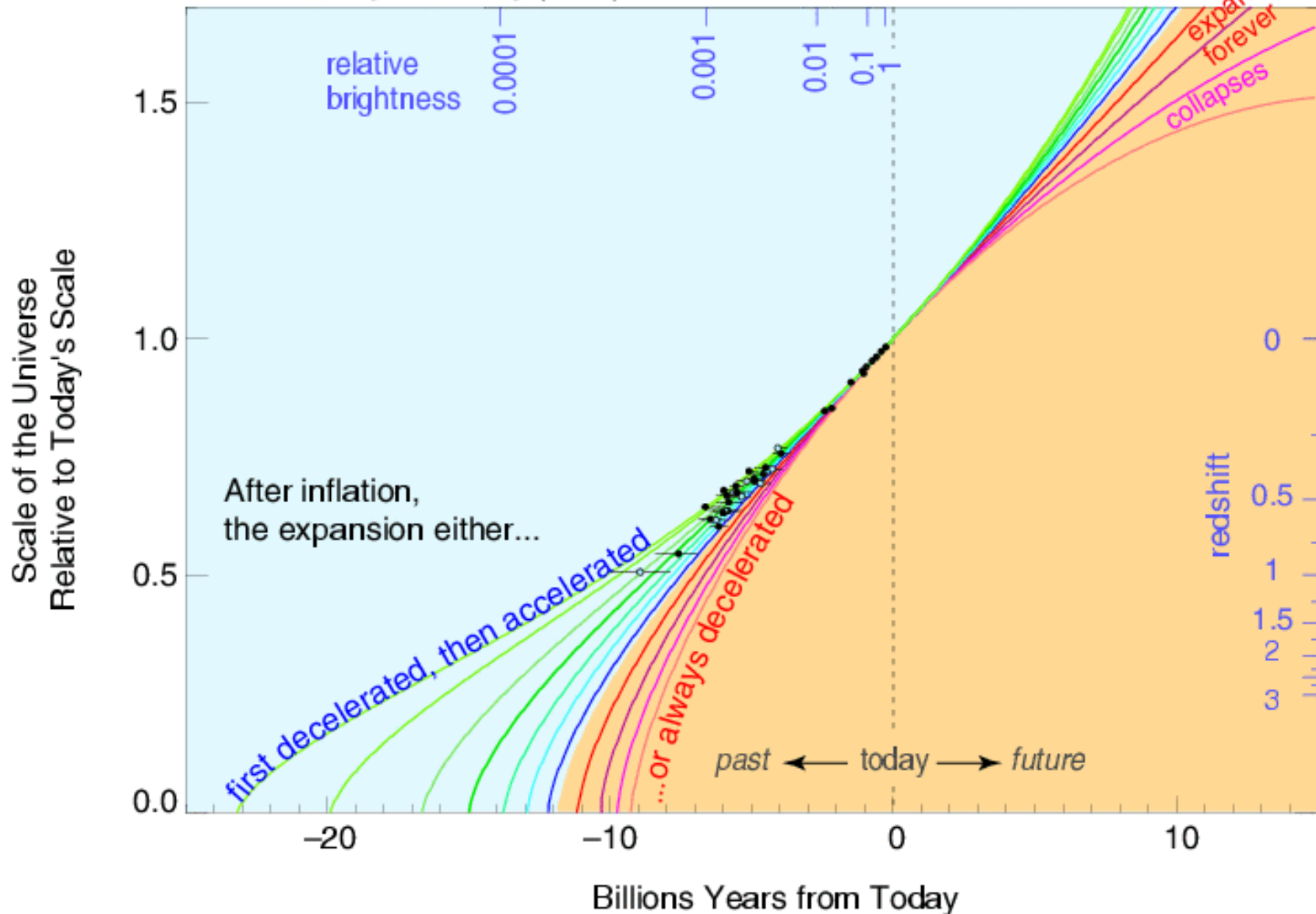
$$K + U = E$$

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

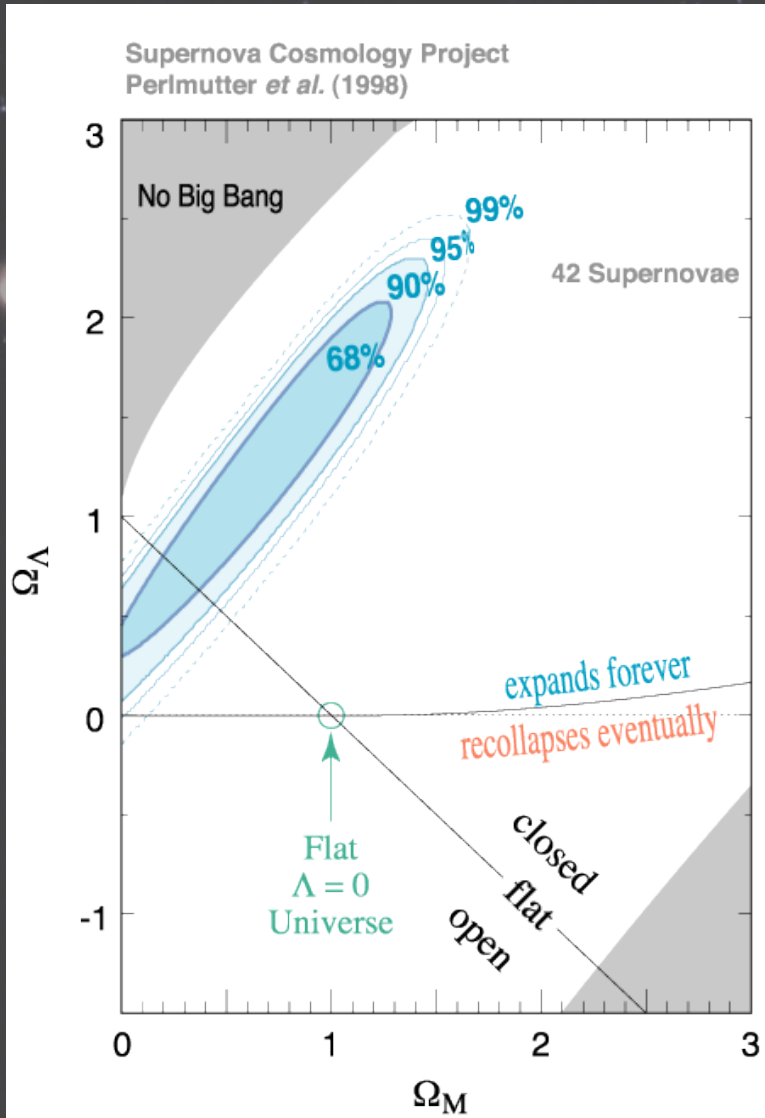
$$2K + U = 0$$

Expansion History of the Universe

Perlmutter, Physics Today (2003)

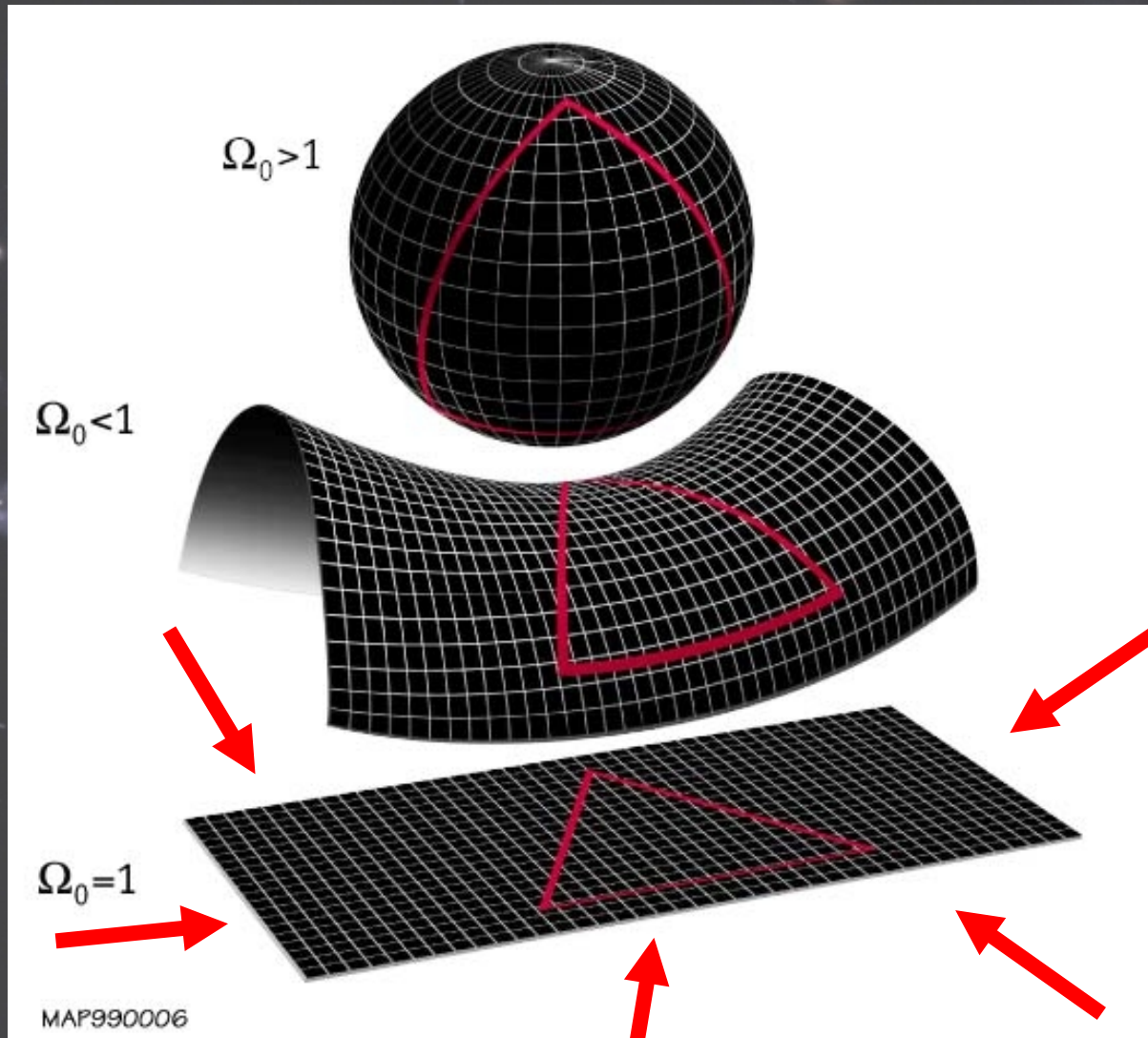


Materia-Energía oscuras



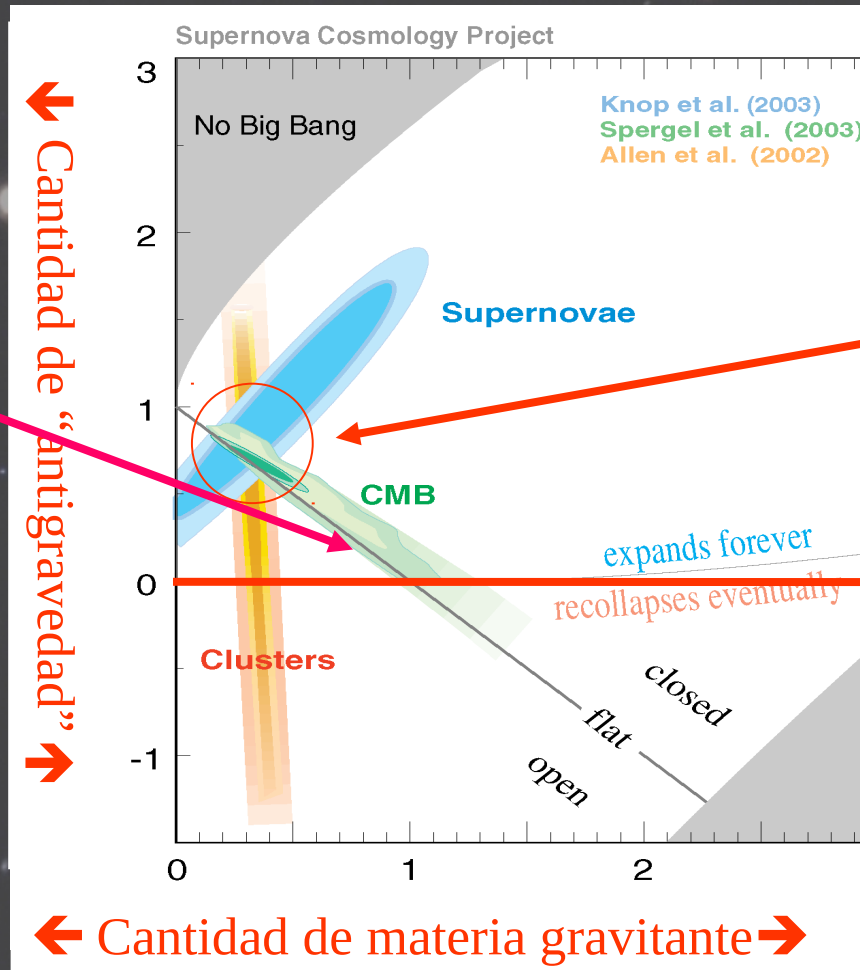
- El límite es en la diferencia
$$\Omega_\Lambda - \Omega_M$$
- Descarta el Universo de Einstein - de Sitter
- Aparece solución válida para Universo plano...
- ...con Energía Oscura

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

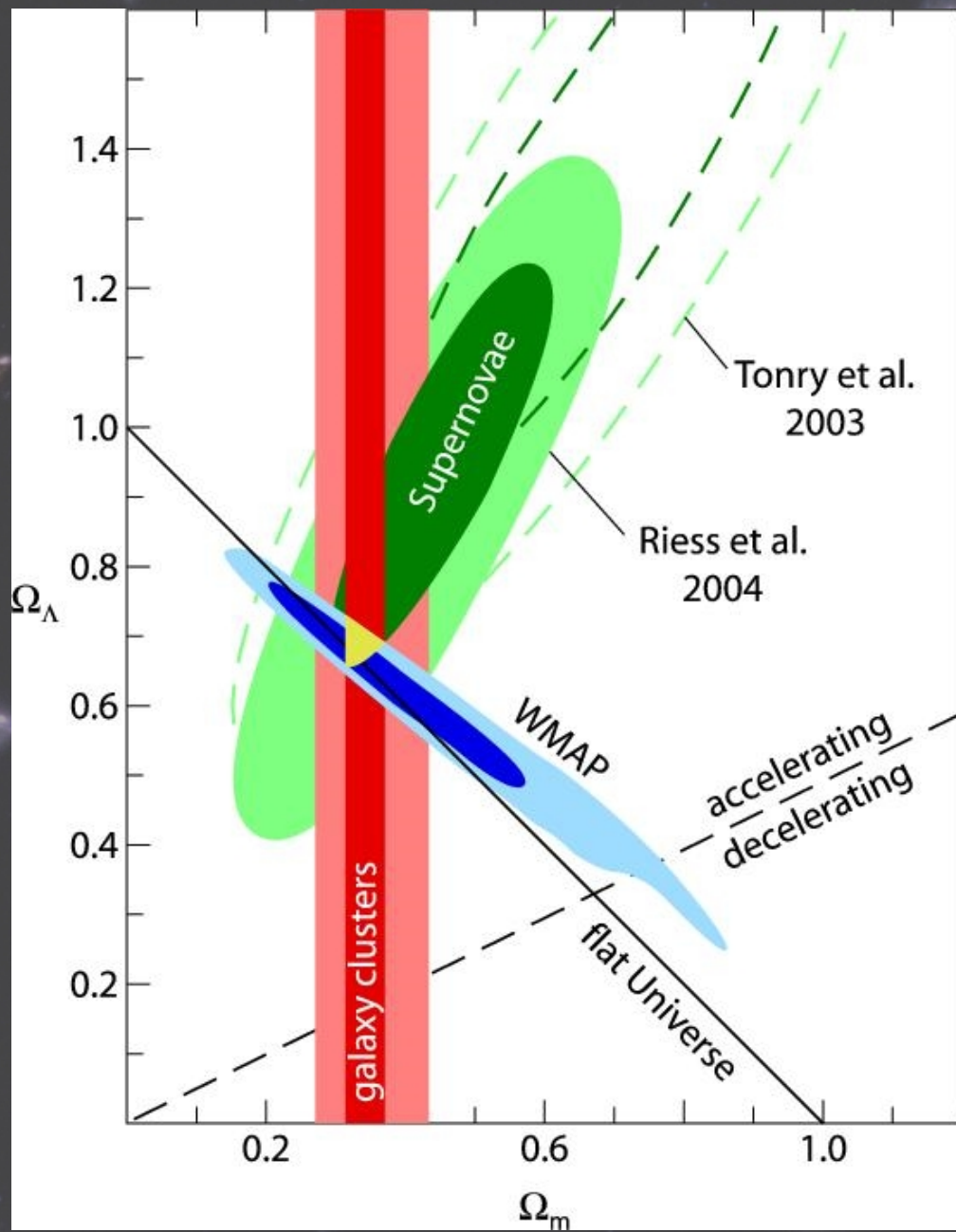


El “modelo de concordancia”

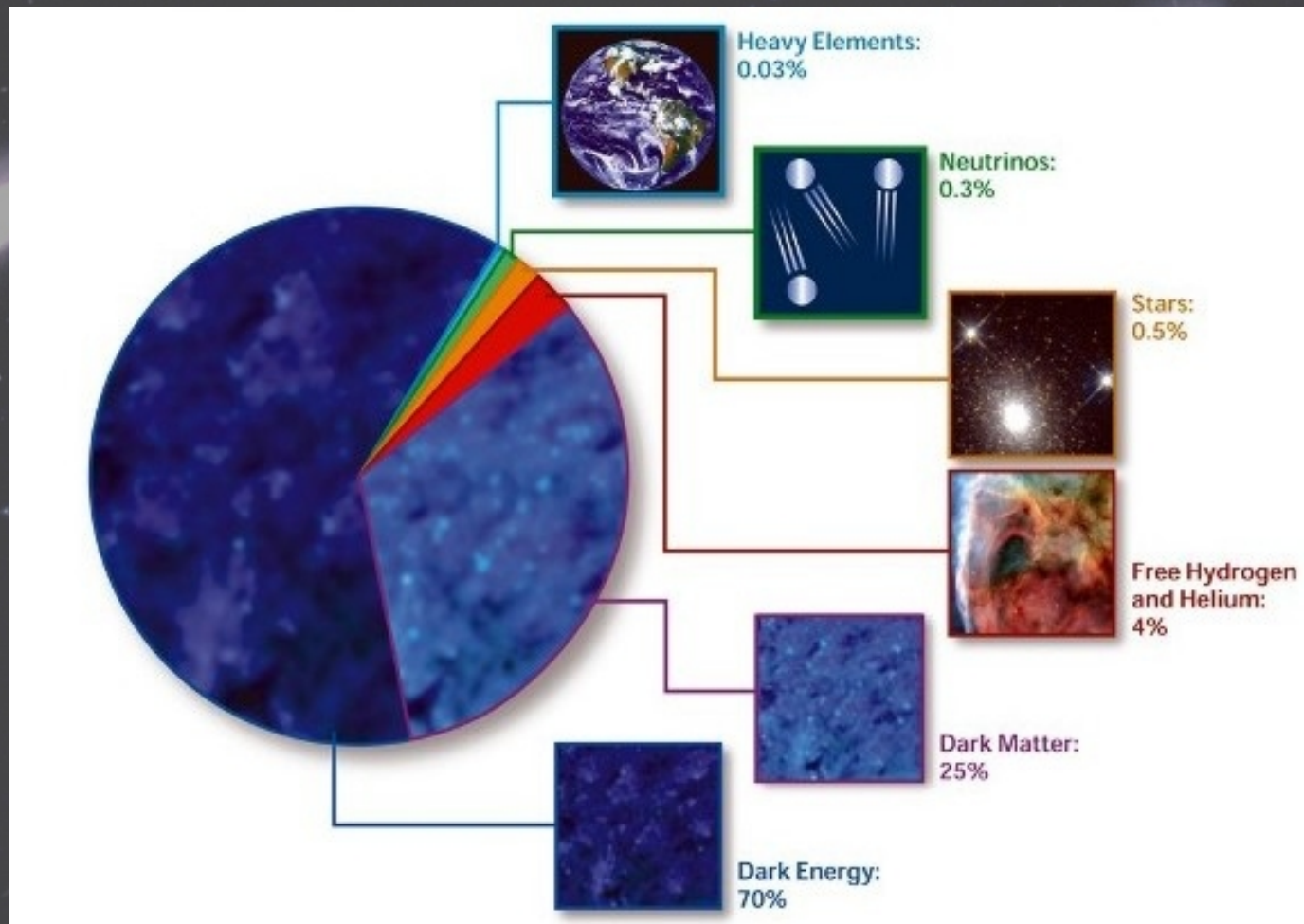
Inflación



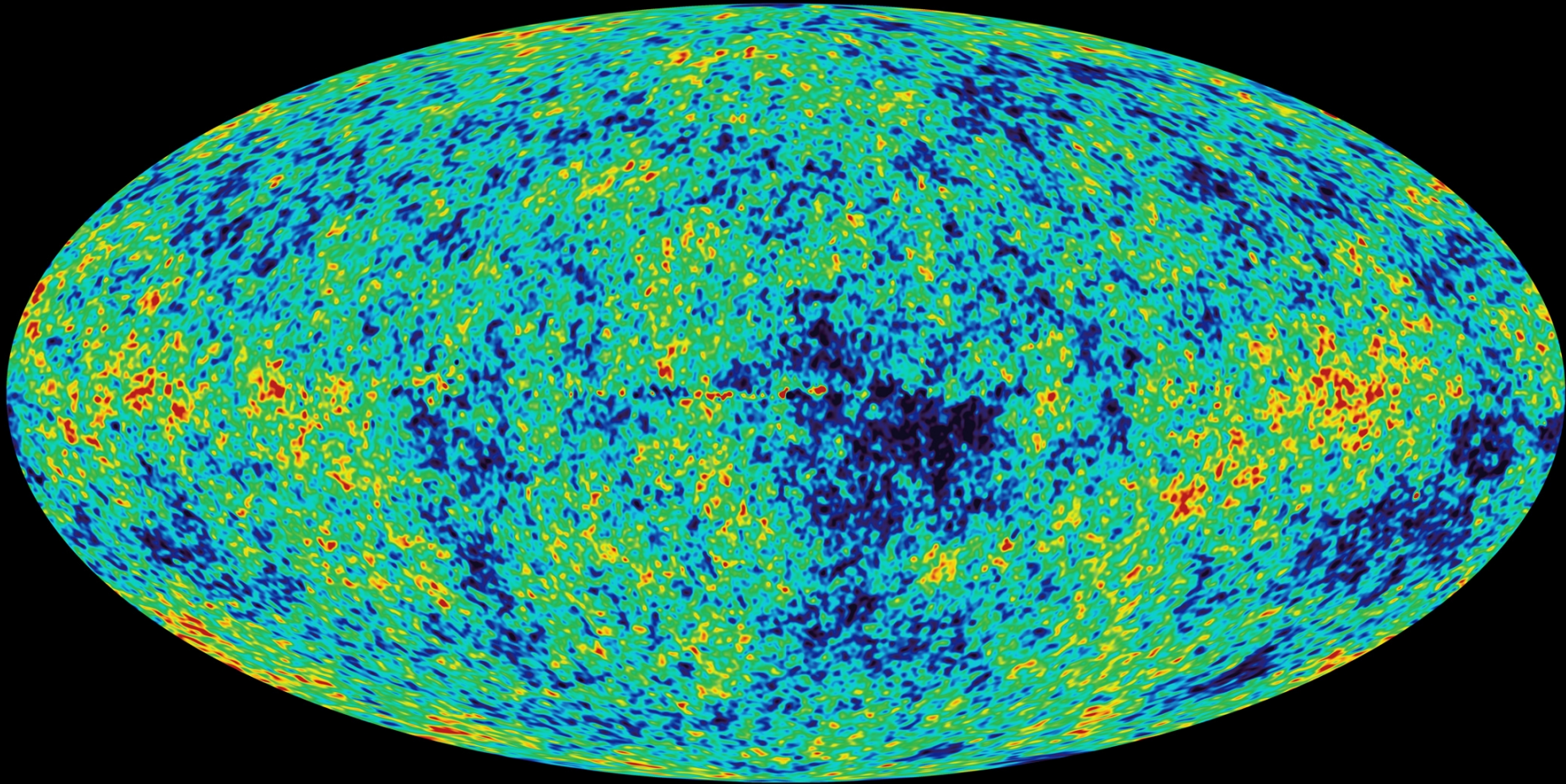
Zona de concordancia



¿Qué hay en el Universo?



Anisotropías medidas por WMAP



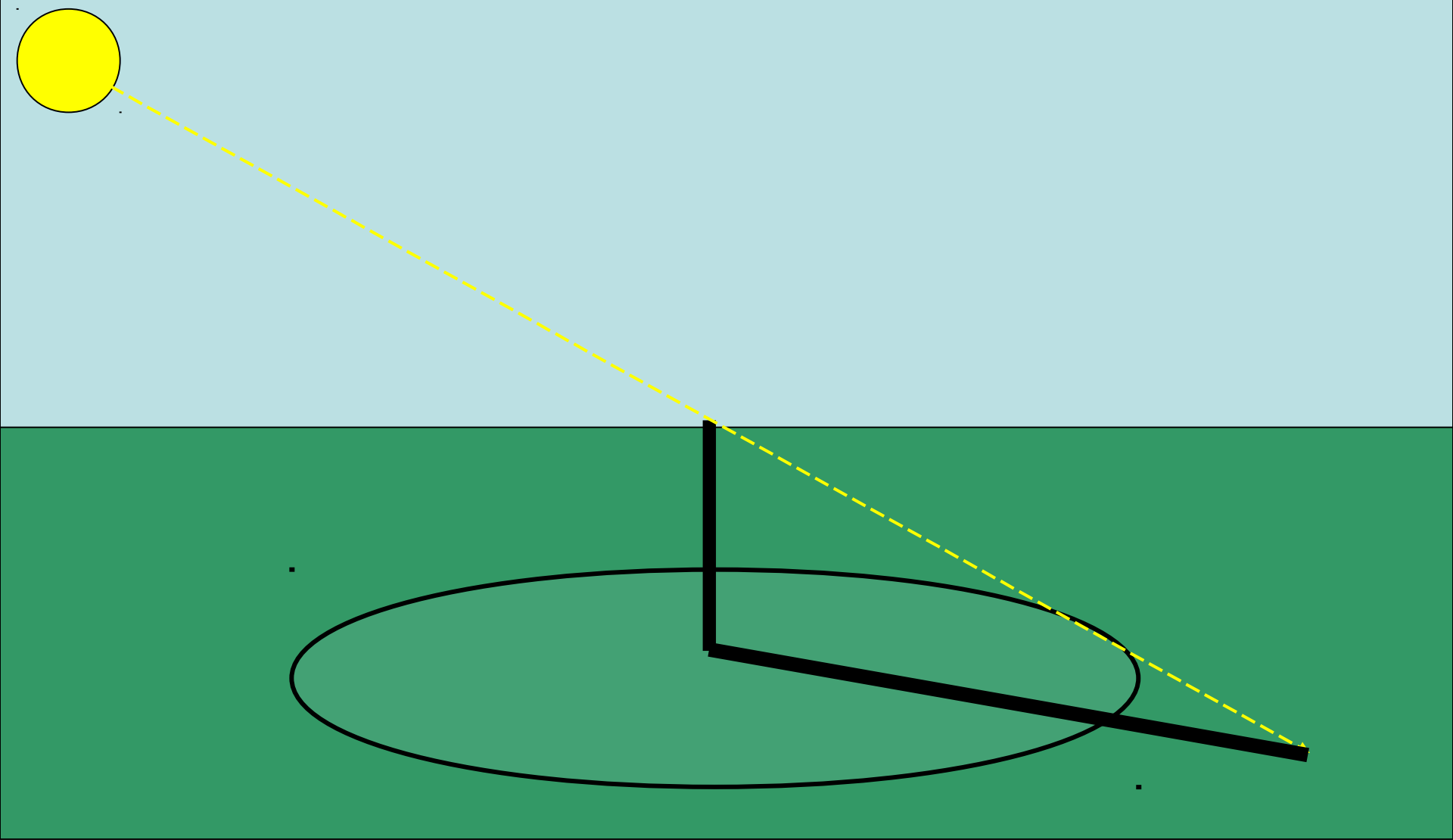
B. Herramientas astronómicas

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

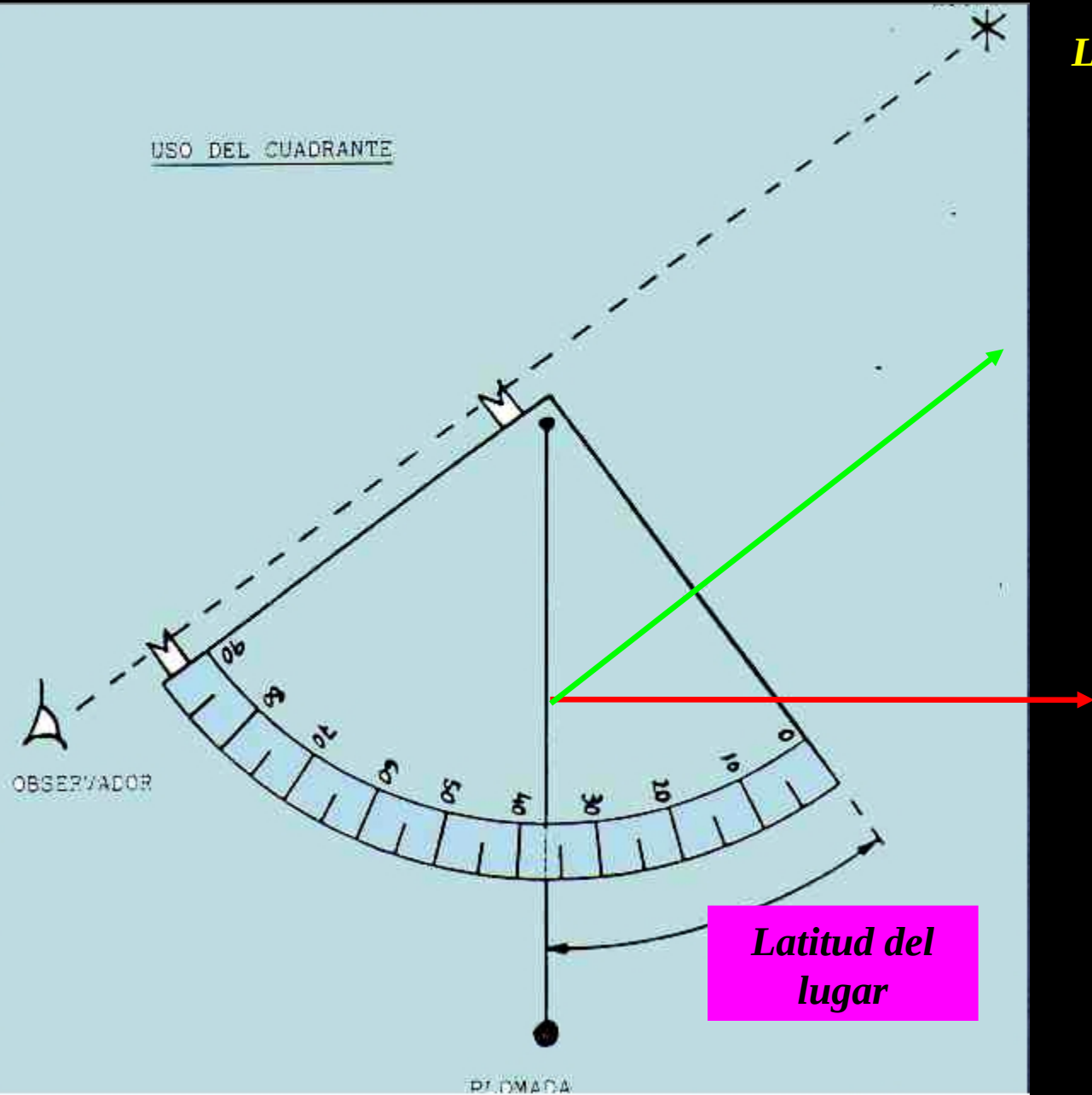
Modelos, maquetas y otros artilugios

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

Método de los antiguos alarifes.



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 ascensión 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 (cursores, 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