

La astronomía de cada día

(Conceptos Básicos de
Astronomía de posición)

Comunicación de la Astrofísica

Máster FISYMAT

El cielo diurno

- El Sol
- La Luna
- Día y noche
- Año
- Estaciones
- Meses

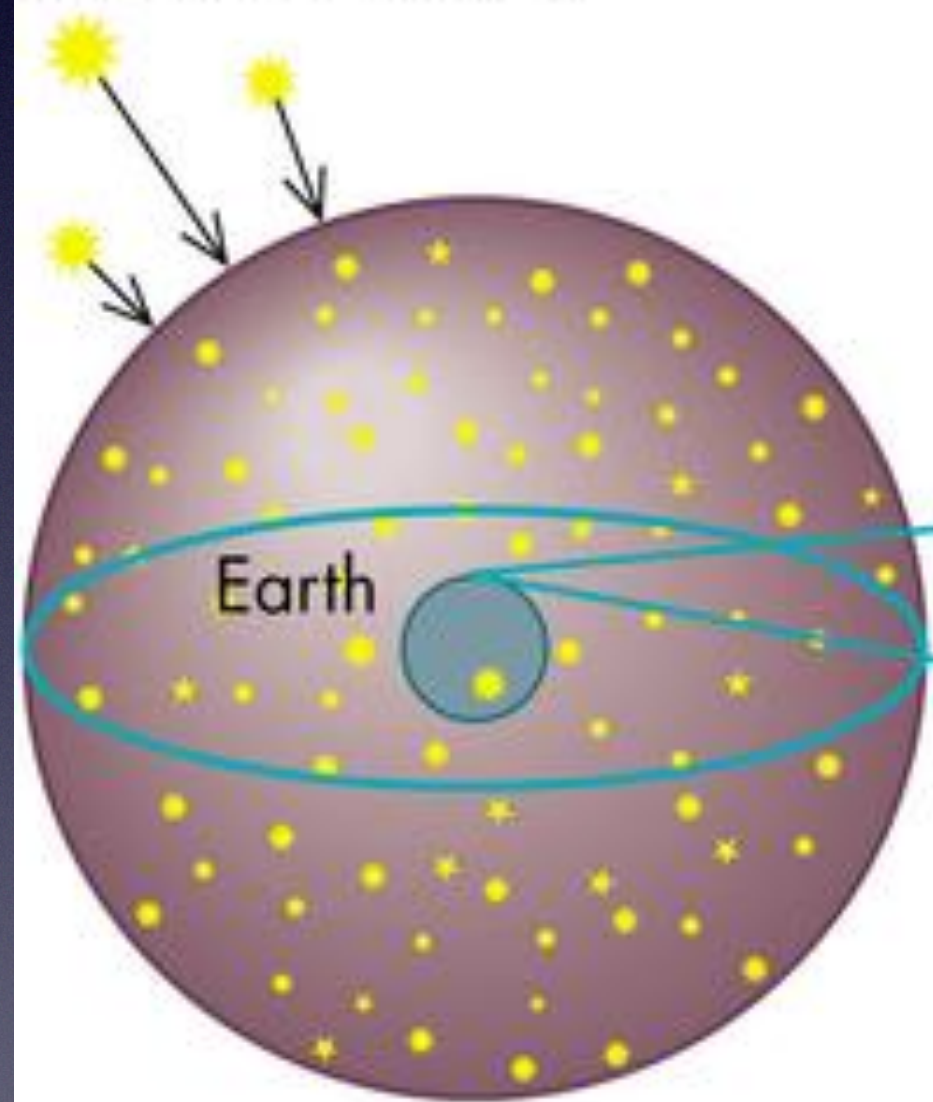
Cielo nocturno

- Estrellas
- Planetas
- Cometas
- Nebulosas

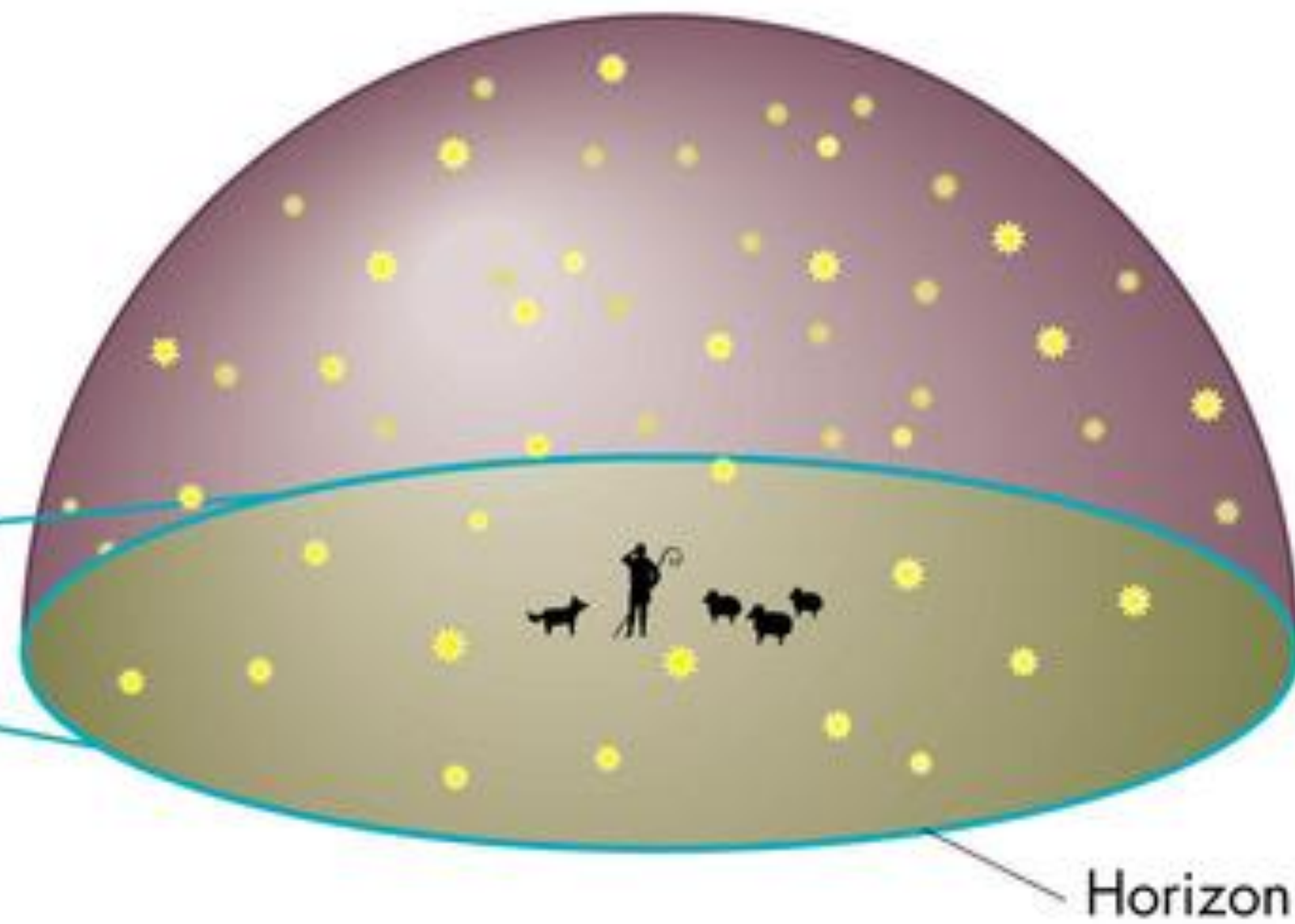
Esfera celeste

Esfera celeste

Stars, no matter how distant, are pictured as being on a single crystalline sphere

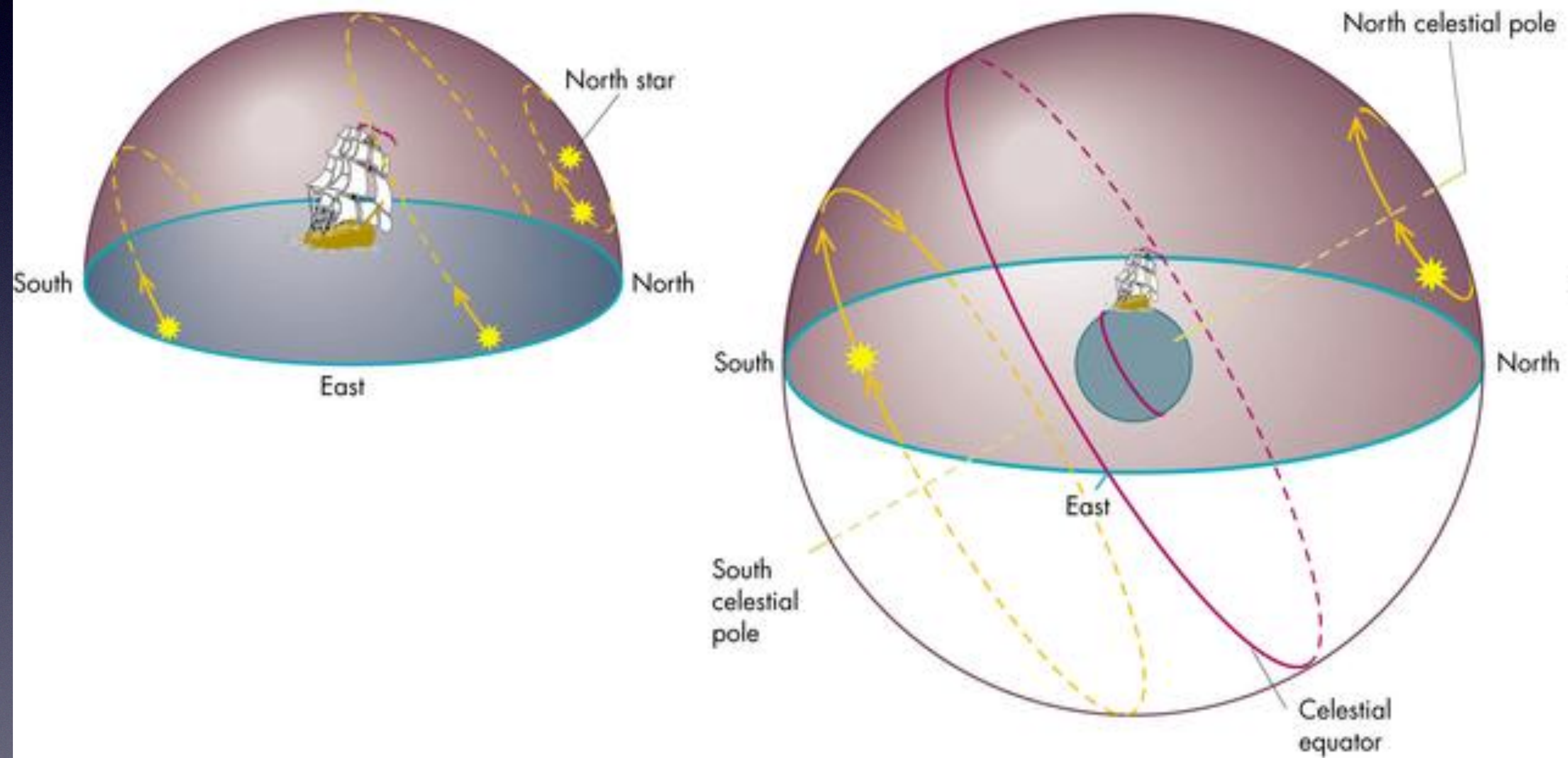


Model: The celestial sphere



The human experience of the celestial sphere

Esfera celeste



Movimientos de la tierra

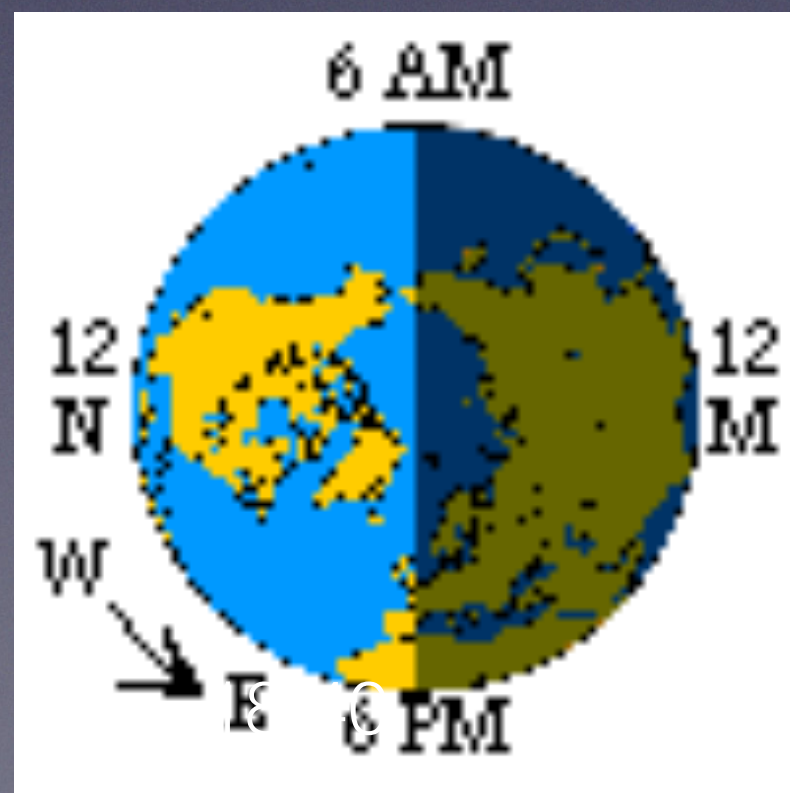
- Rotación → Día
- Traslación → Año / Estaciones
- Precesión
- Nutación

Rotación terrestre

- Rotación alrededor de su eje (CCW).
- Una rotación completa dura:
 - 24h medida respecto al sol (DSM) → Día solar o sinódico
 - 23h 56m 4seg medido respecto a las estrellas → Día sidéreo

Rotación terrestre

- Rotación alrededor de su eje (CCW).
- Una rotación completa dura:
 - 24h medida respecto al sol (DSM) → Día solar o sinódico
 - 23h 56m 4seg medido respecto a las estrellas → Día sidéreo



Animation illustrating that a solar day is about 4 minutes longer than a sidereal day because of the Earth's motion on its orbit

Día solar y día sidéreo

- En un año (tiempo que tarda el sol en dar una vuelta completa $P=365.256363 d_{\text{sol}}(\text{s})$) hay un día sidéreo más que días solares.
- Es decir:
 - $P/d_{\text{sid}} = P/d_{\text{sol}} + 1 \rightarrow d_{\text{sid}} = 0.99727 d_{\text{sol}}$
 - $d_{\text{sid}} = 23\text{h } 56\text{m } 4.1\text{s}$

Ecuador y Polos

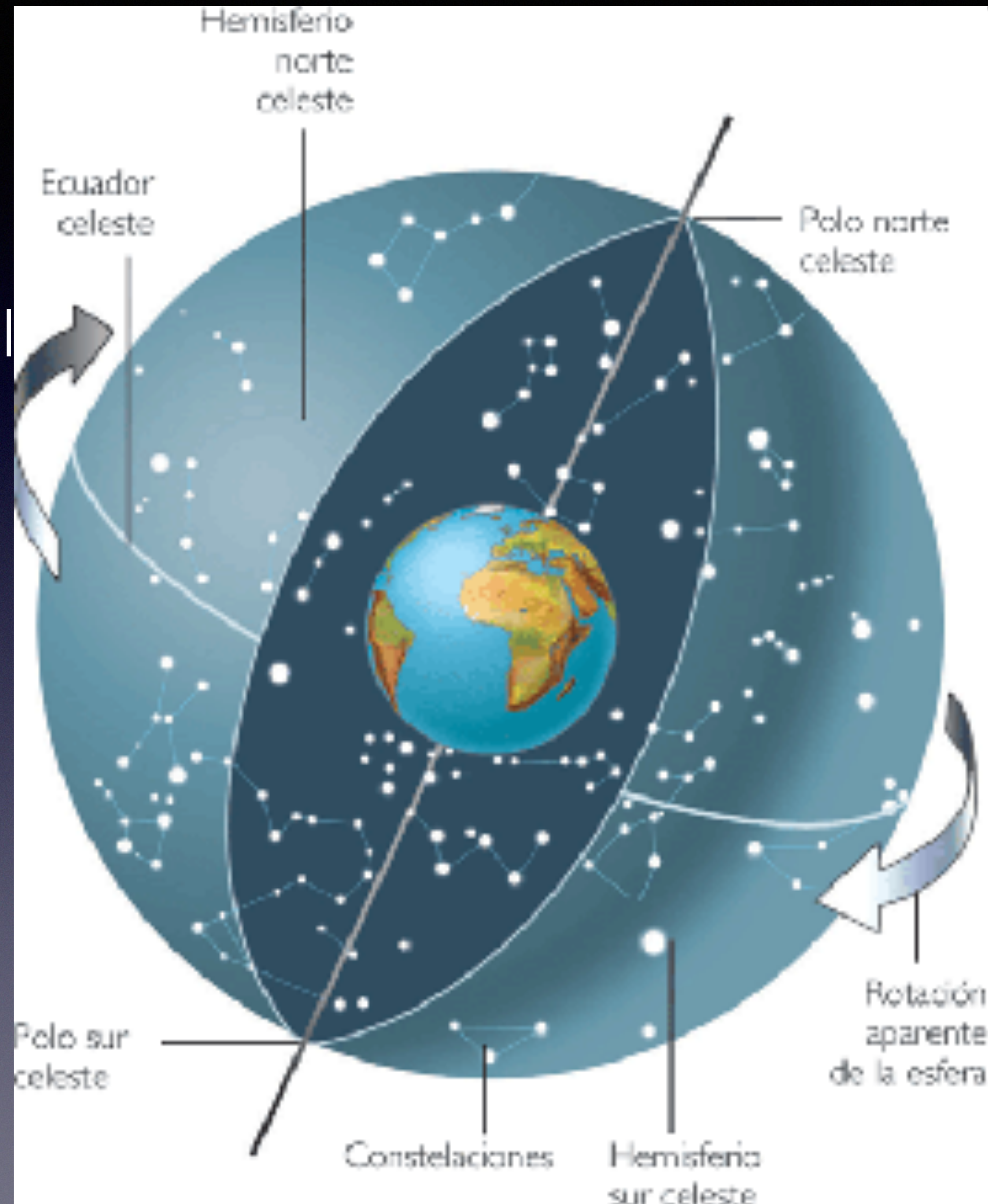
- La rotación de la tierra determina dos puntos y un plano muy importantes:
 - Polos:
 - Polo N
 - Polo S
 - Ecuador:

- La rotación de la Tierra es importante:

- Polos:

- Polo N
- Polo S

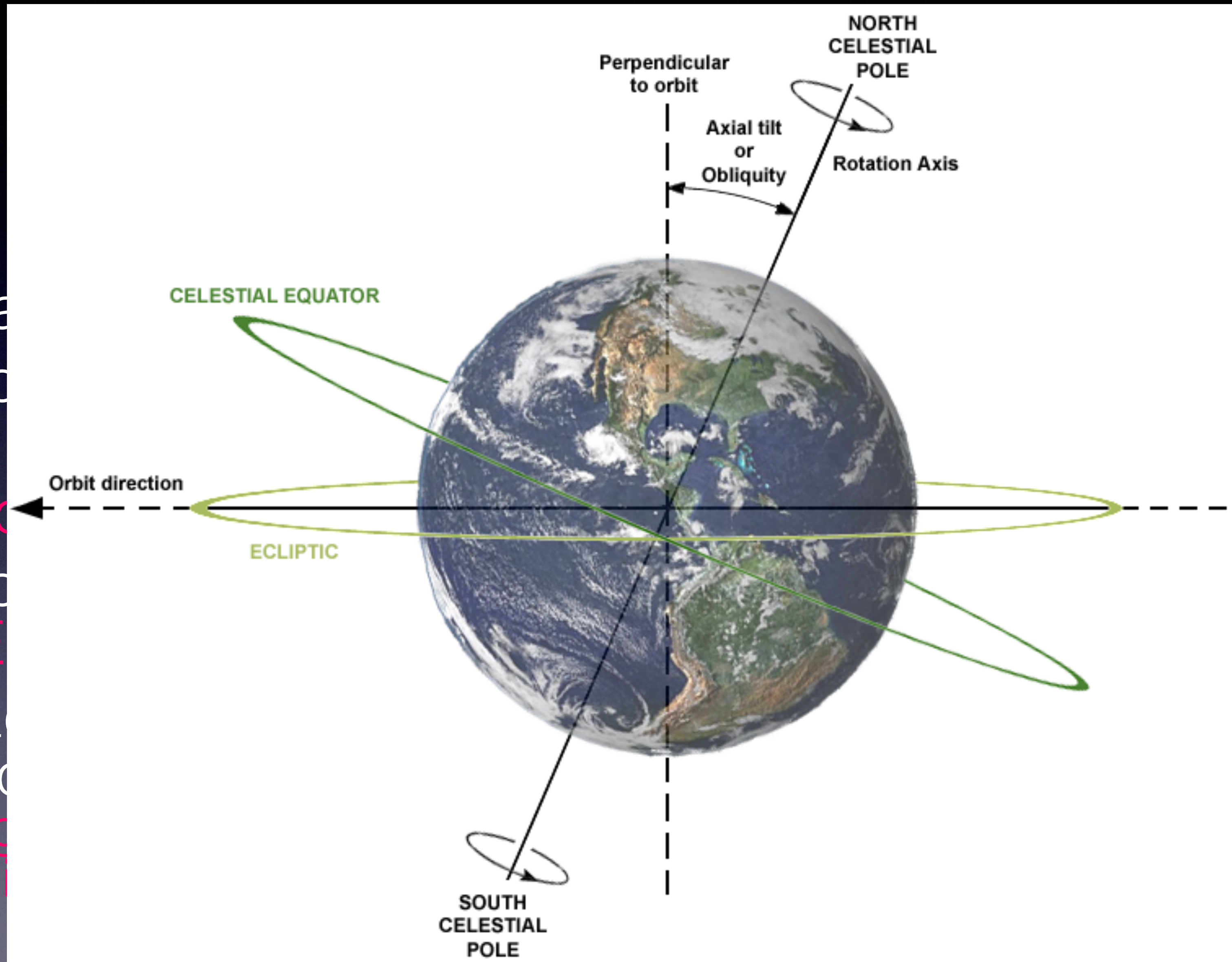
- Ecuador:



Traslación terrestre

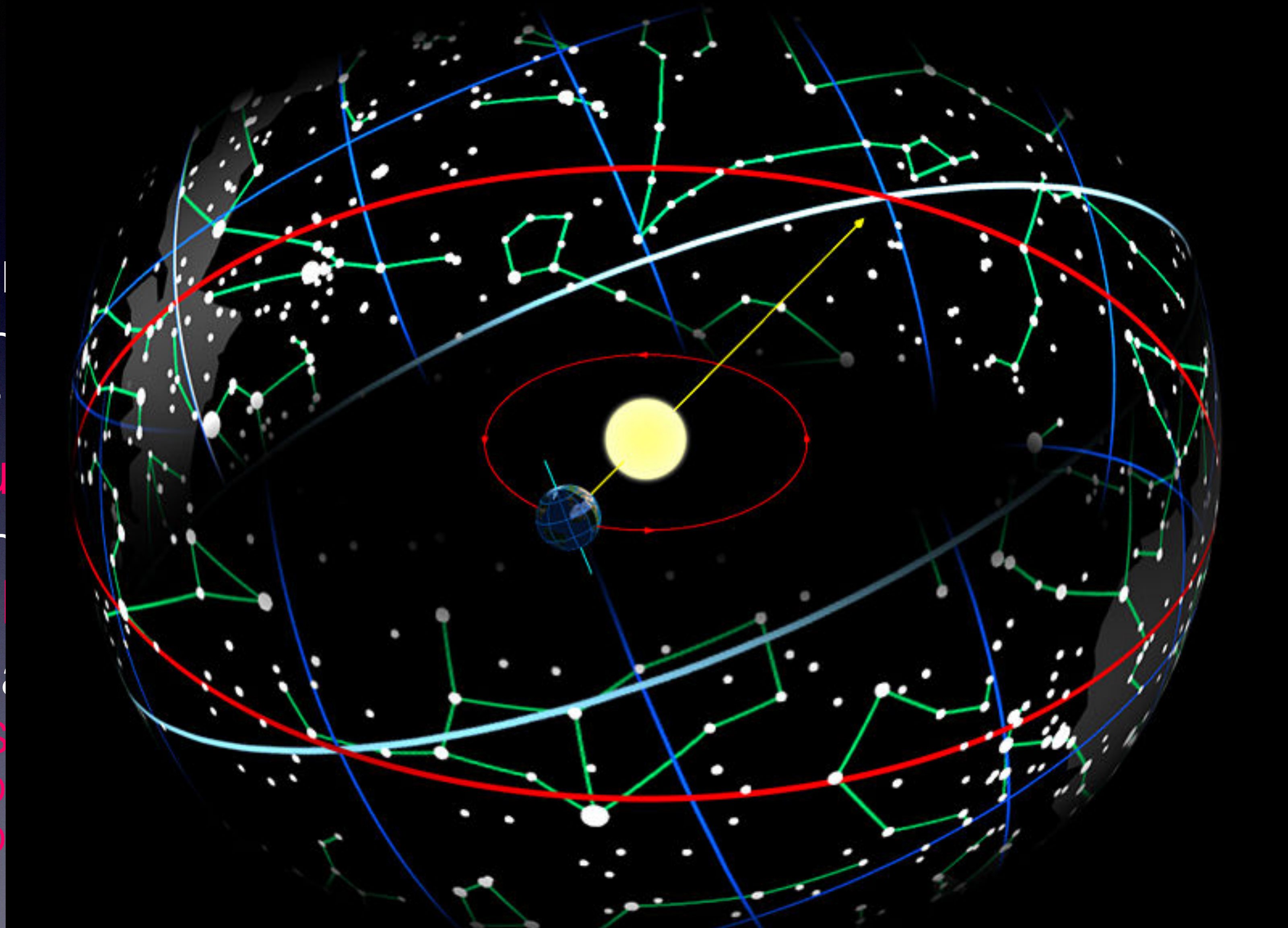
- La tierra rota alrededor del sol en un periodo de un año.
- El plano de la órbita está inclinado $23^{\circ} 27'$ respecto del ecuador \rightarrow **Inclinación del eje u Oblicuidad de la eclíptica**
- El plano de la órbita define un plano en el cielo conocido como **Eclíptica**. Es el camino que sigue el sol en el cielo.
- El ecuador y la eclíptica se cortan en dos puntos llamados **Nodos o Puntos equinocciales**
 - Punto gamma, Eq. Vernal. Nodo ascendente o primer pto de Aries
 - Punto libra, Eq. Otoñal o nodo descendente.

- La tierra
- El plano
23° 27'
- Oblicuidad
- El plano
como E
- El ecuador
Nodos de
 - Punto g
 - Punto l



ño.
u
cido
elo.
nados
e Aries

- La tierra
- El plan
23° 27'
Oblicu
- El plan
como
- El ecu
Nodos
- Punto
- Punto



o.

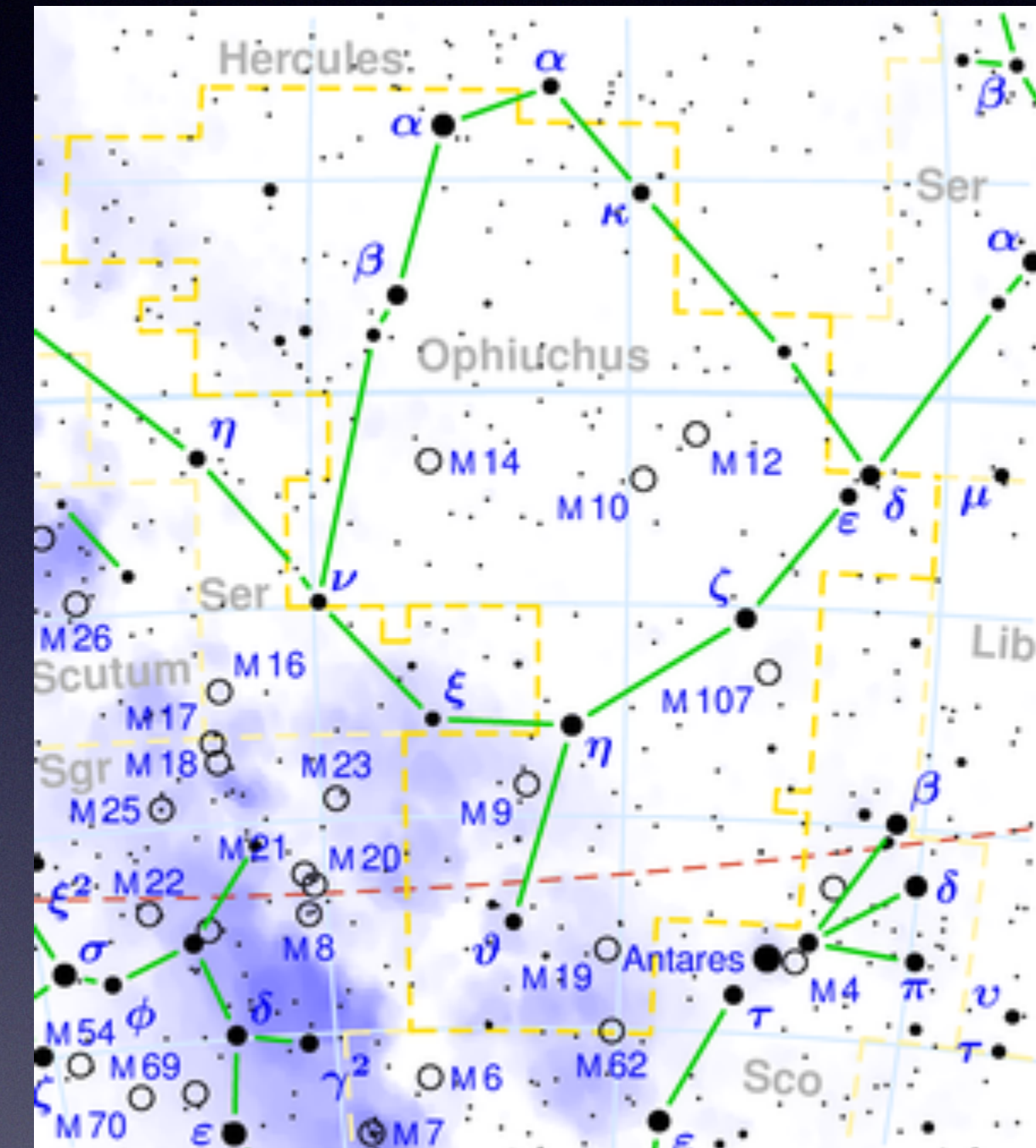
do
lo.
ados

Aries

Zodiaco

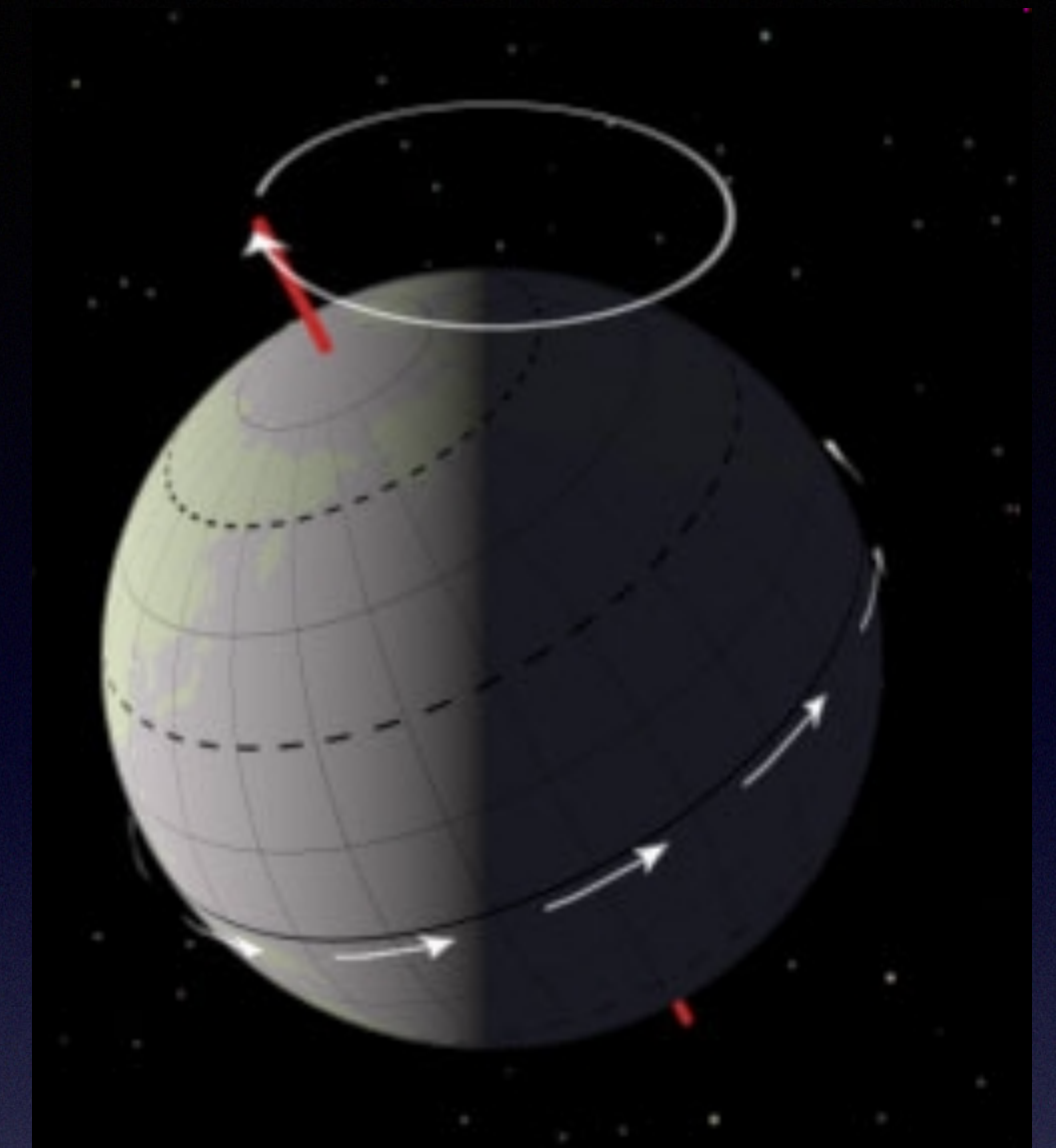
- El zodiaco es el conjunto de 12 (13?) constelaciones por las que pasa la eclíptica.
- La precesión ha cambiado las fechas en las que el sol está en cada constelación
- Hay un 13^o signo!!

(Ophiucus)

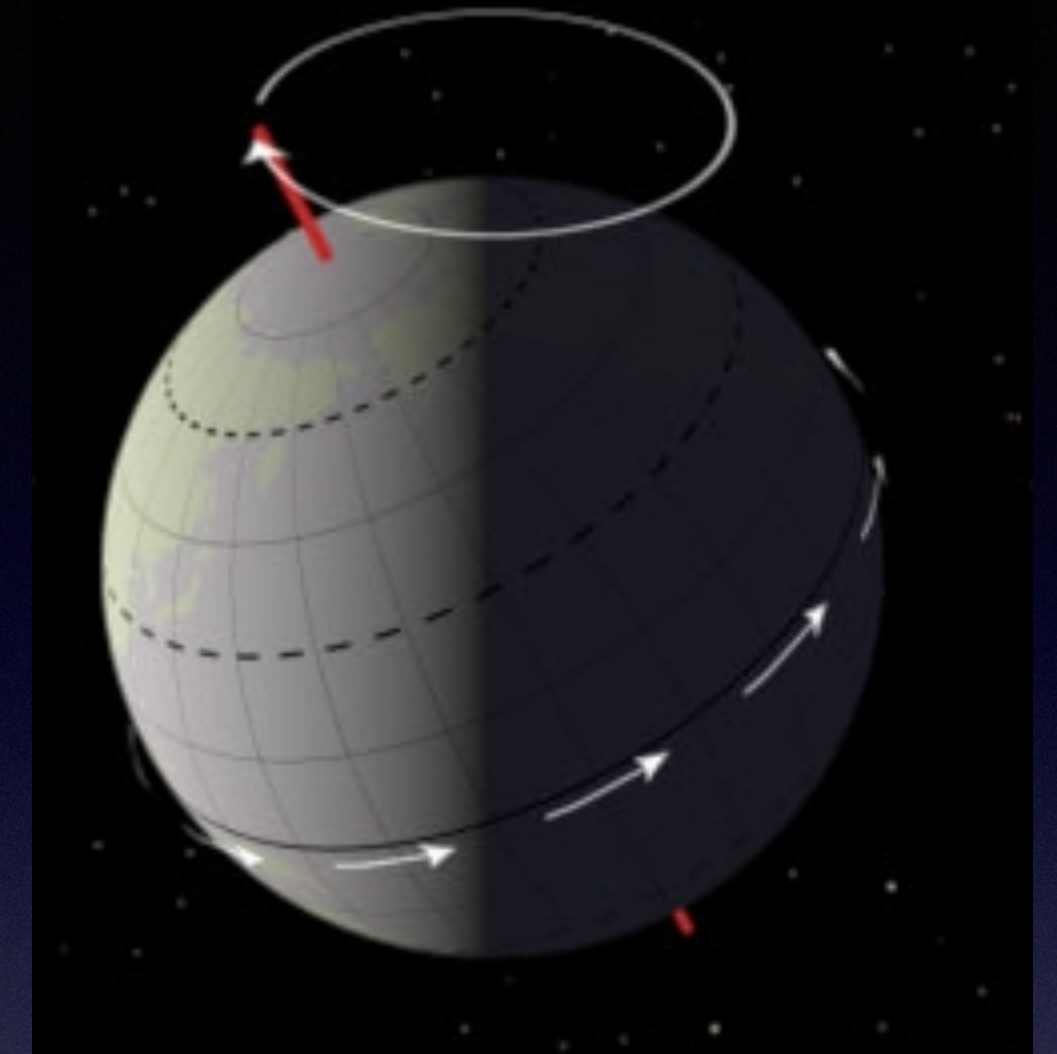
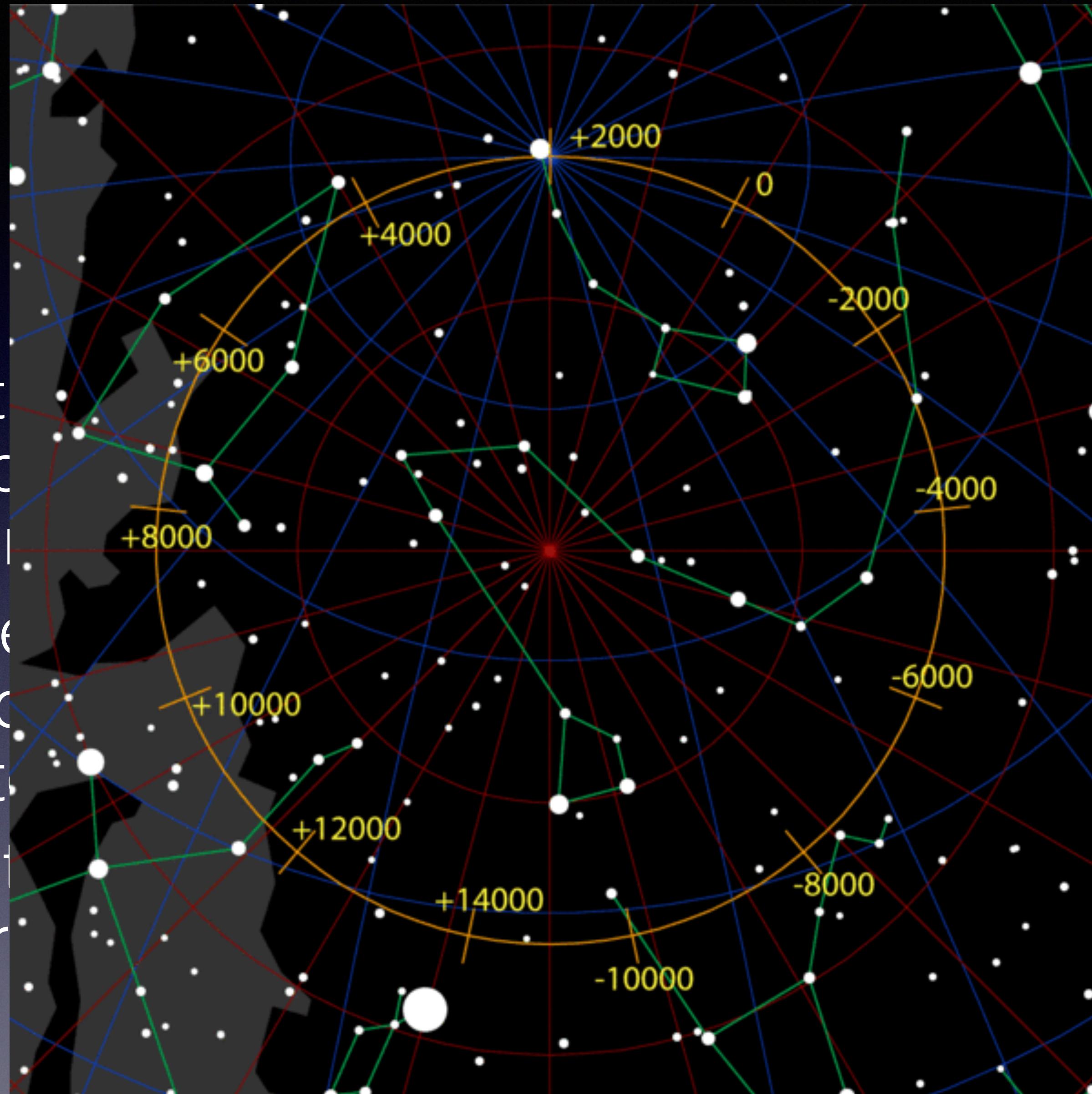


Precesión

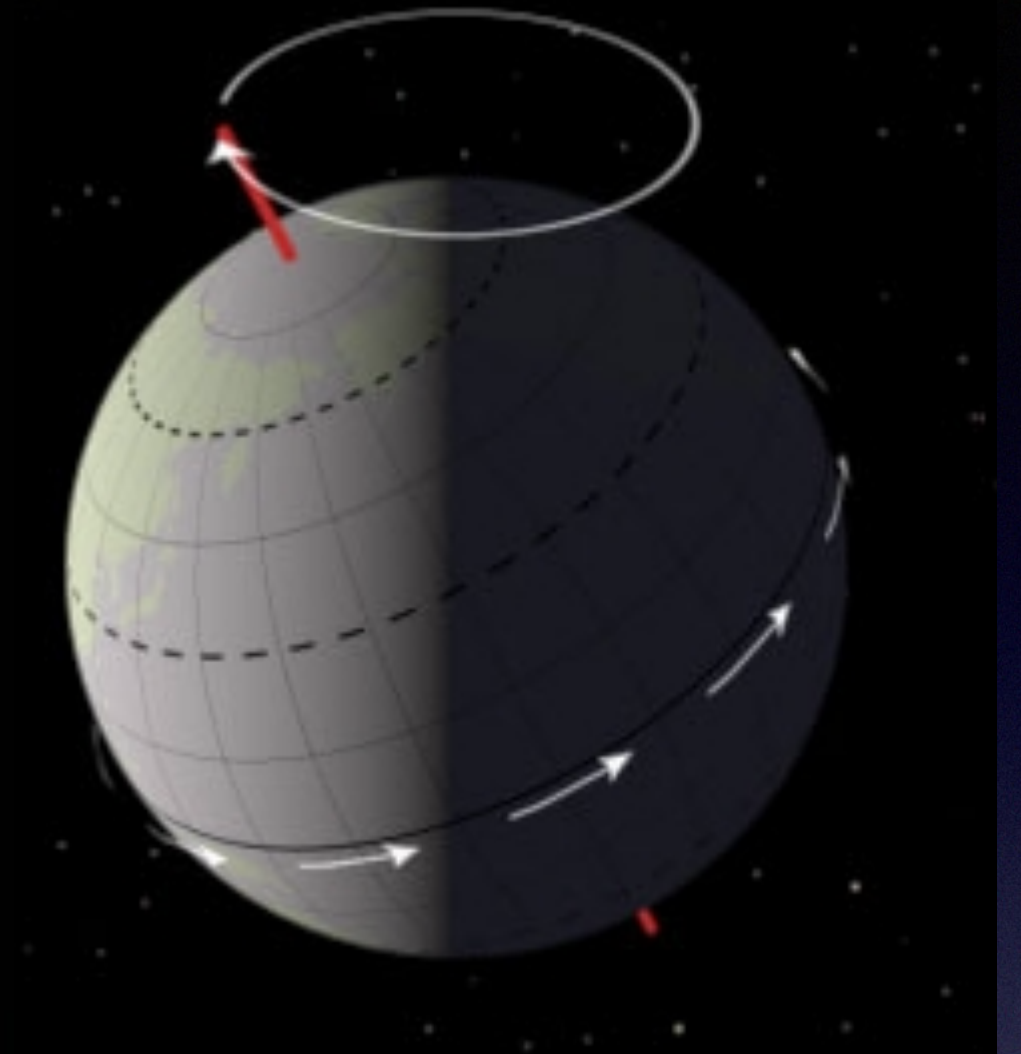
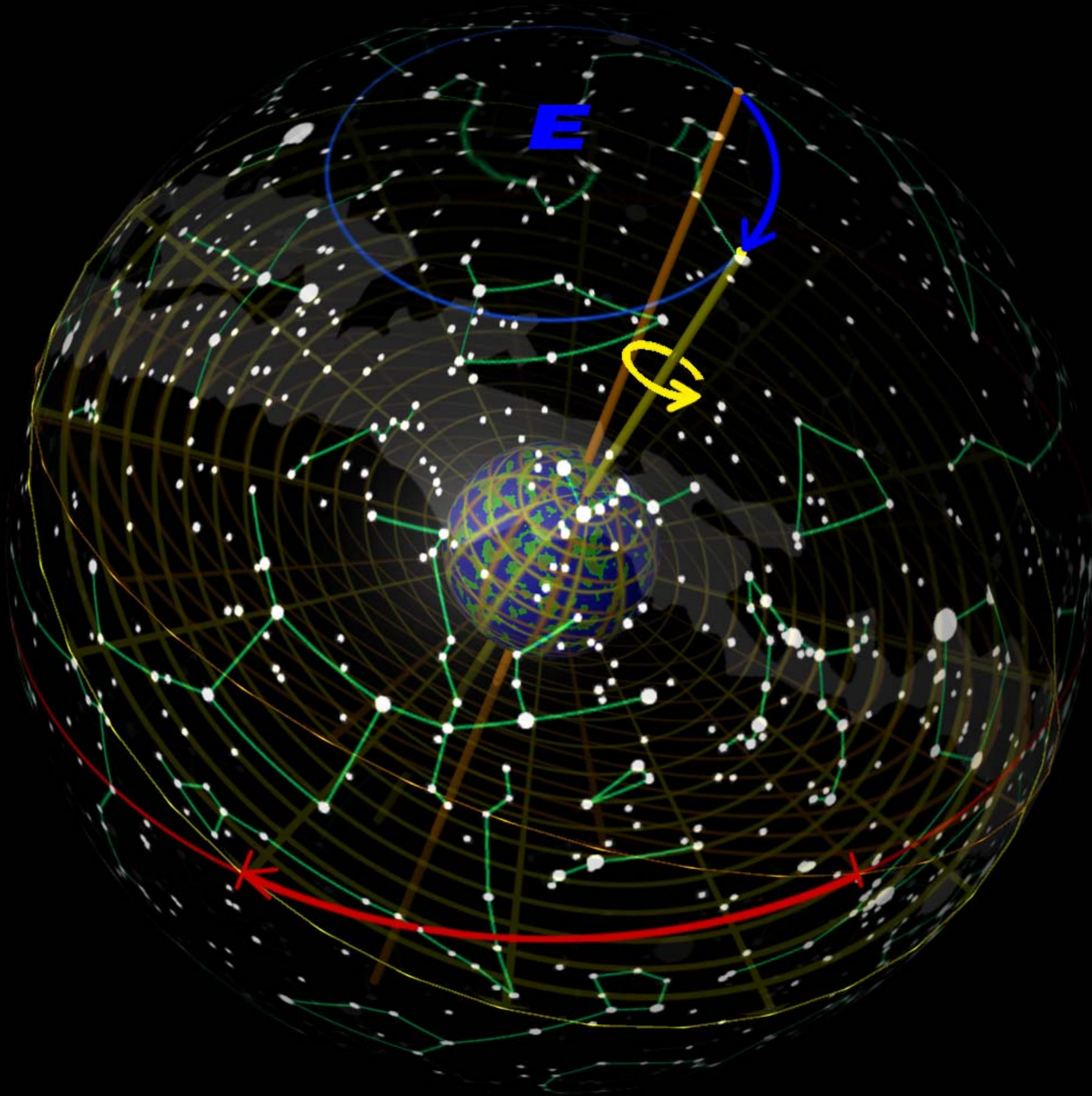
- El eje de la tierra no permanece fijo respecto a las estrellas, sino que describe un cono cada 25767 años (Año grande o Platónico).
- Este movimiento es debido a la interacción gravitatoria del sol y la luna sobre la tierra por su achatamiento.
- Debido a este movimiento el equinoccio se mueve unos 50.3 arcsec al año sobre la eclíptica



- El eje de la t...
estrellas, sinc...
años (Año g...)
- Este movimie...
gravitatoria c...
achatamient...
- Debido a est...
unos 50.3 ar...



- El eje de la Tierra, que apunta hacia las estrellas, se mueve en un círculo de unos 23.5 grados en unos 23 años (Año sidéreo).
- Este movimiento es un movimiento gravitatorio que hace que la Tierra se achate y se mueva.
- Debido a este movimiento, el eje de la Tierra se mueve en un círculo de unos 50.3 grados en unos 23 años.

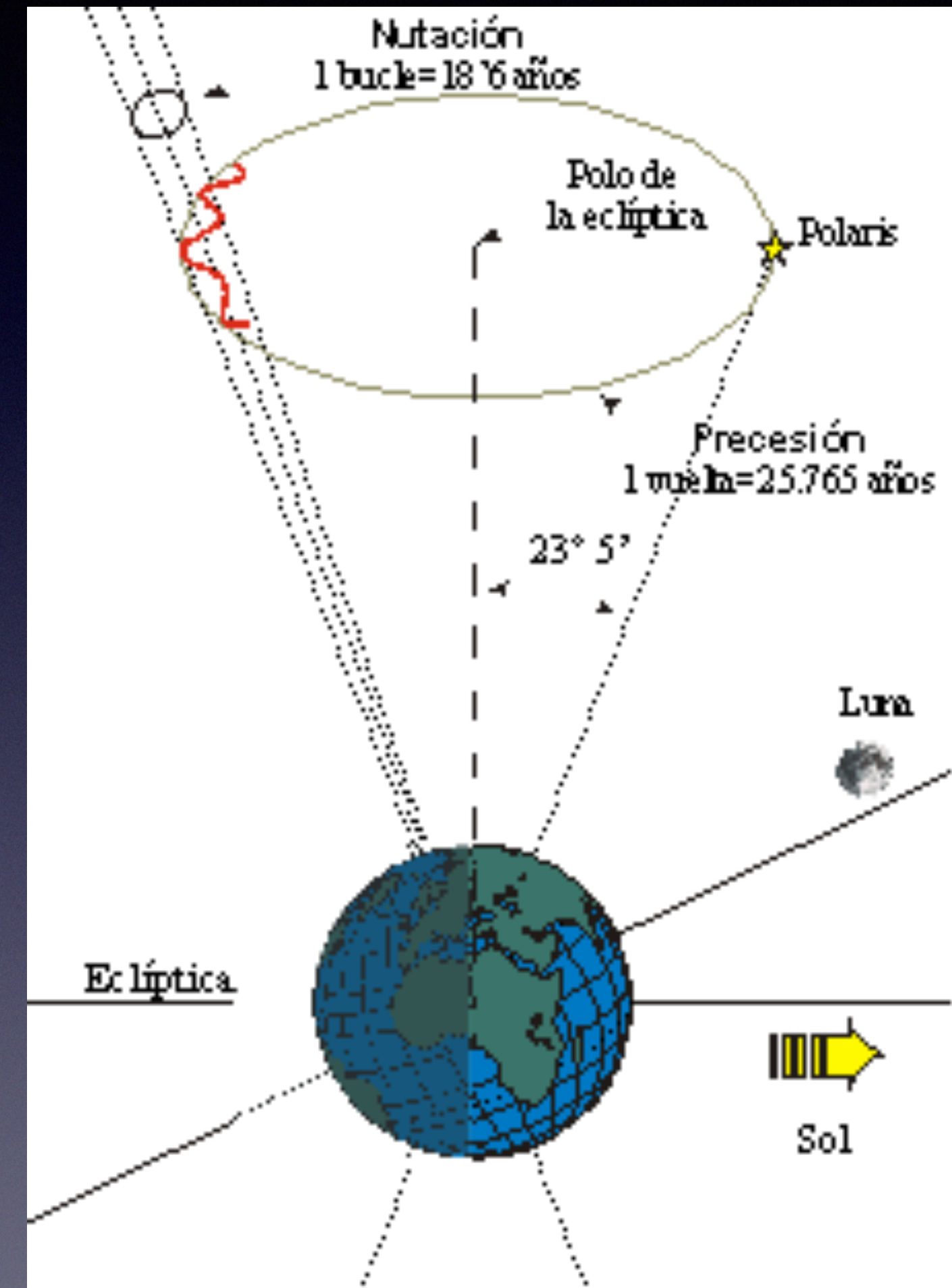


Tipos de año

- La duración de un año es:
 - Medido con las estrellas
 $365.256363051 d_{\text{sol}} \text{ (J2000)} =$
 $365\text{d } 6\text{h } 9\text{m } 9.7676 \text{ s} \rightarrow$ Año sidéreo
 - Medido respecto a algún punto de su órbita en relación con el equinoccio.
 $365.24218967 \text{ d} =$
 $365\text{d } 5\text{h } 48\text{m } 45\text{s} \rightarrow$ Año Trópico medio
 - Medido con respecto a la línea de las ápsides
 $365.259635864 \text{ d} =$
 $365\text{d } 6\text{h } 13\text{m } 52\text{s} \rightarrow$ Año anomalístico

Nutación

- El plano orbital de la luna (cuya inclinación con la eclíptica es de $5^{\circ} 11'$) tiene una precesión con un periodo 18.6 años.
- Esta precesión del plano orbital lunar induce una perturbación del mismo periodo en el movimiento del eje terrestre.
- La amplitud de este movimiento es muy pequeño el cambio que produce en las coordenadas es de menos de $9.23''$

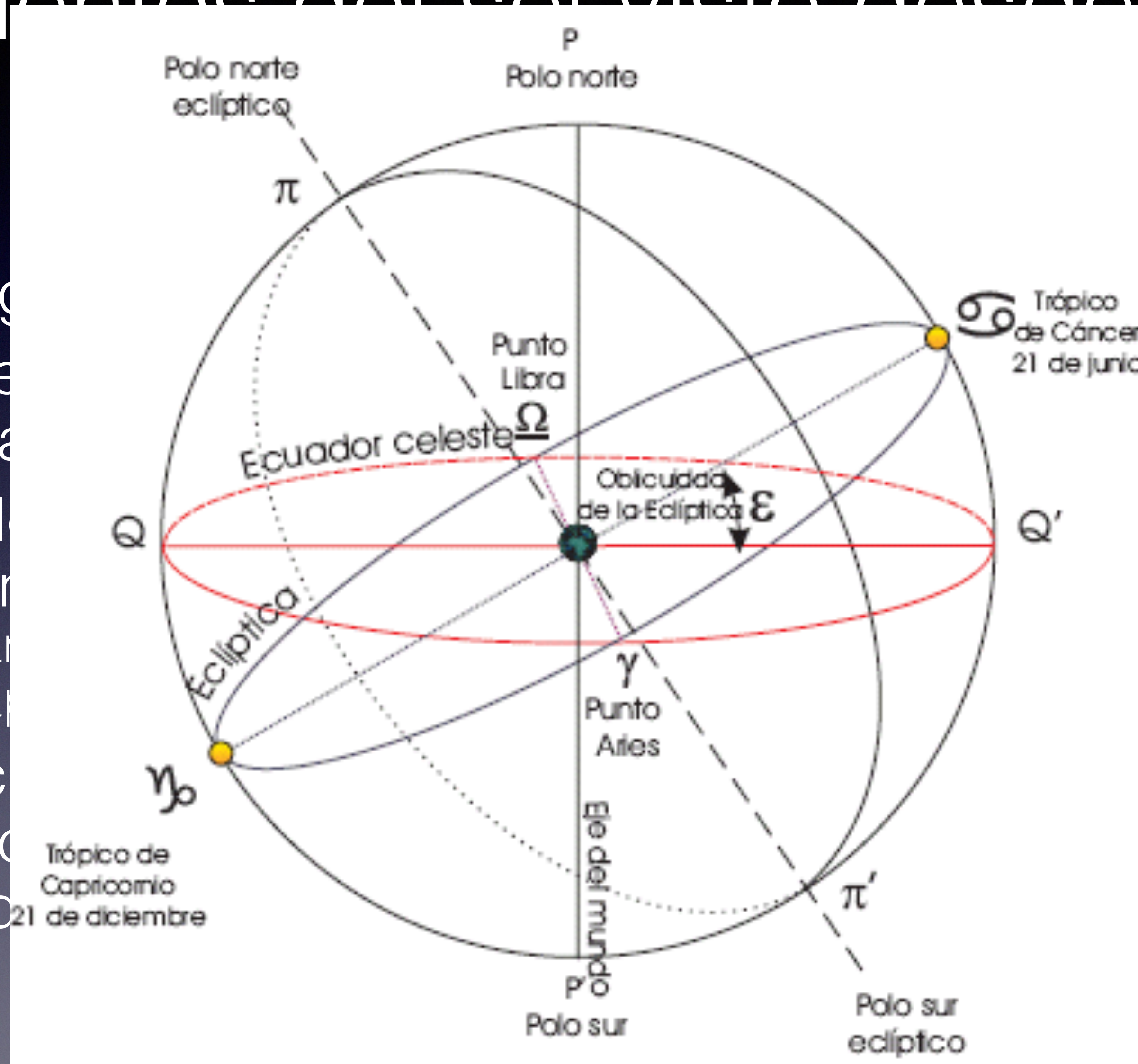


Movimientos del sol visto desde la tierra

- El sol, a lo largo del año, se desplaza a lo largo de la eclíptica.
- Su máxima desviación del ecuador tiene lugar en los solsticios, donde su declinación vale $\pm 23^{\circ} 27'$.
- Los dos paralelos de esta declinación (y su intersección con la superficie terrestre) definen los trópicos:
 - Trópico de Cáncer (N)
 - Trópico de Capricornio (S)
- En la superficie terrestre, se definen también los círculos polares a la misma distancia angular de los polos ($\text{lat}=66^{\circ} 33'$). Por encima (debajo) de esta latitud, el sol no se pone algún día del año.

Movimientos del sol visto desde la tierra

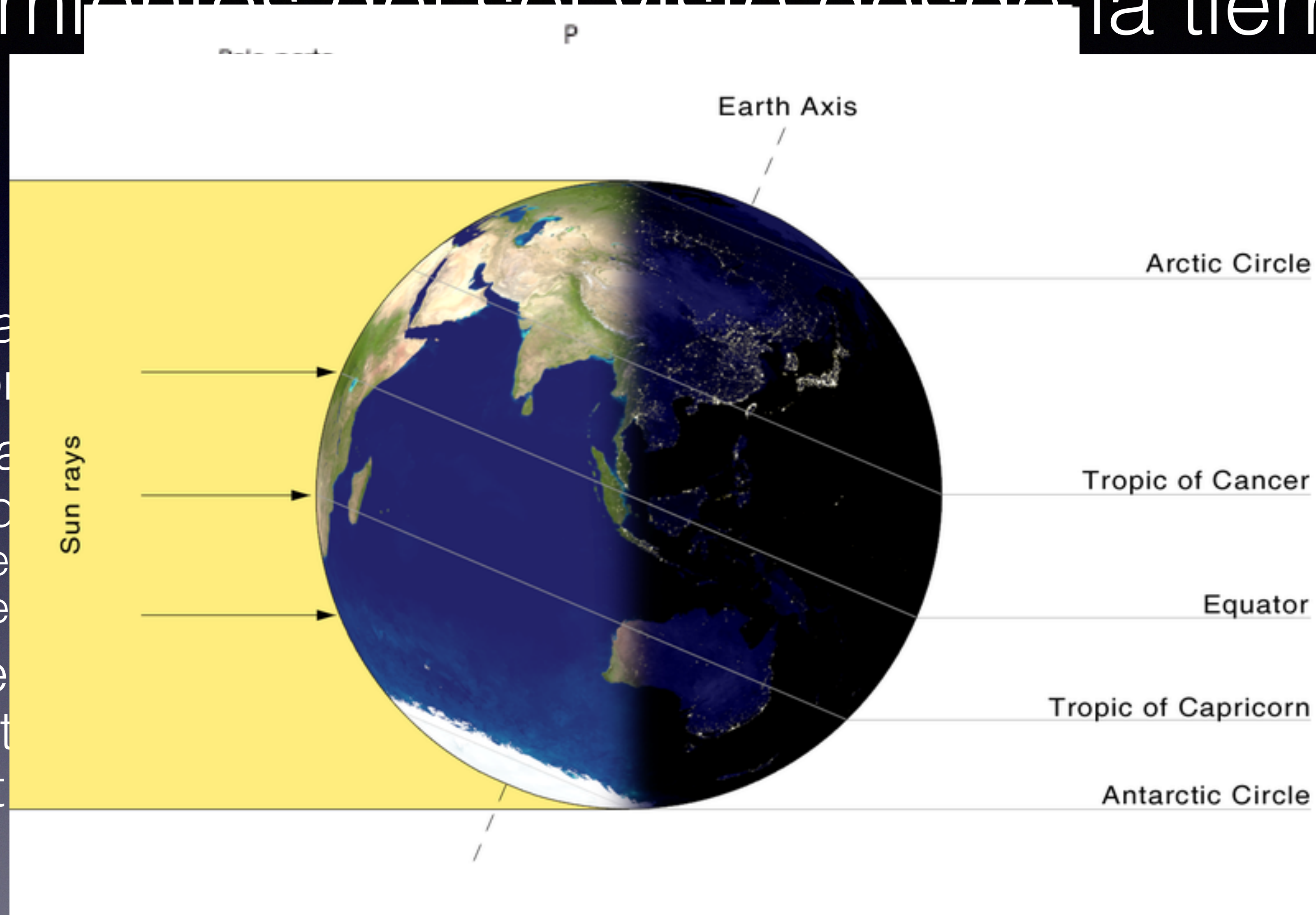
- El sol, a lo largo del año, describe una trayectoria aparente en la esfera celeste.
- Su máxima declinación varía entre los trópicos de Cáncer y Capricornio.
- Los dos paralelos terrestres (definidos por los trópicos de Cáncer y Capricornio) que están a la misma distancia de esta latitud...



líptica.
 sticios, donde su
 con la superficie
 los polos a la
 encima (debajo)

Movimientos del sol visto desde la tierra

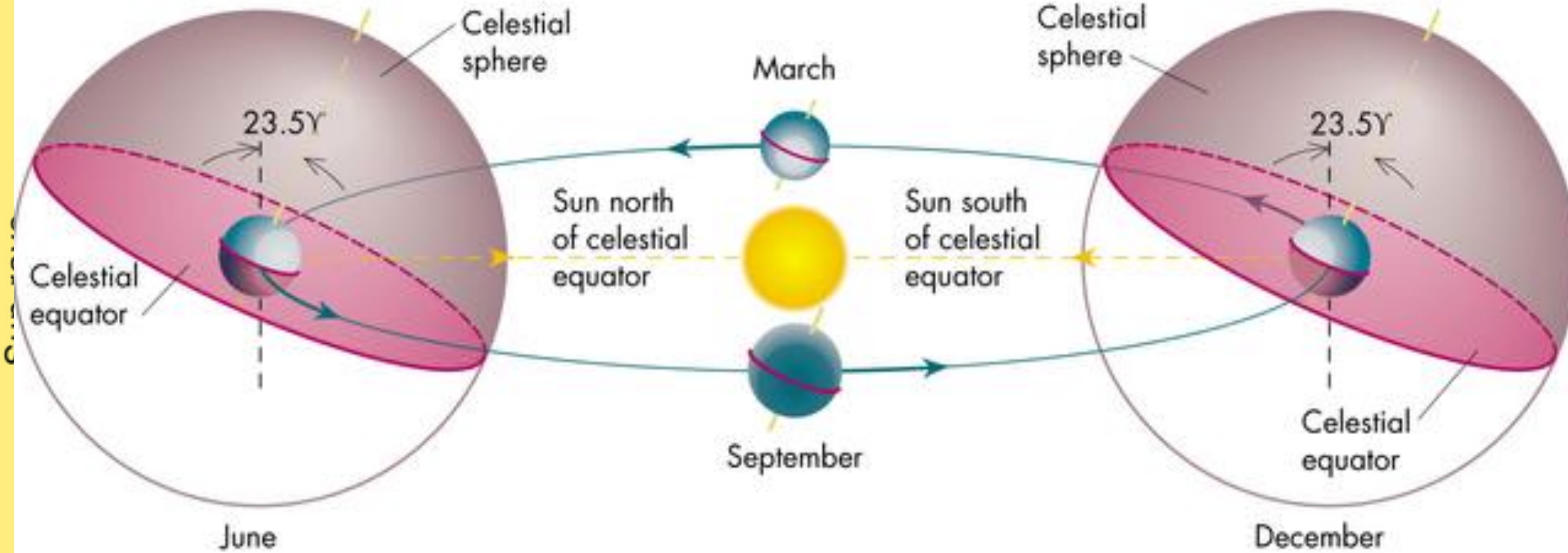
- El sol, a lo
- Su máxima declinación
- Los dos pa (terrestre) o
 - Trópico de
 - Trópico de
- En la supe (misma dist de esta lat



nde su
perficie
la
bajo)

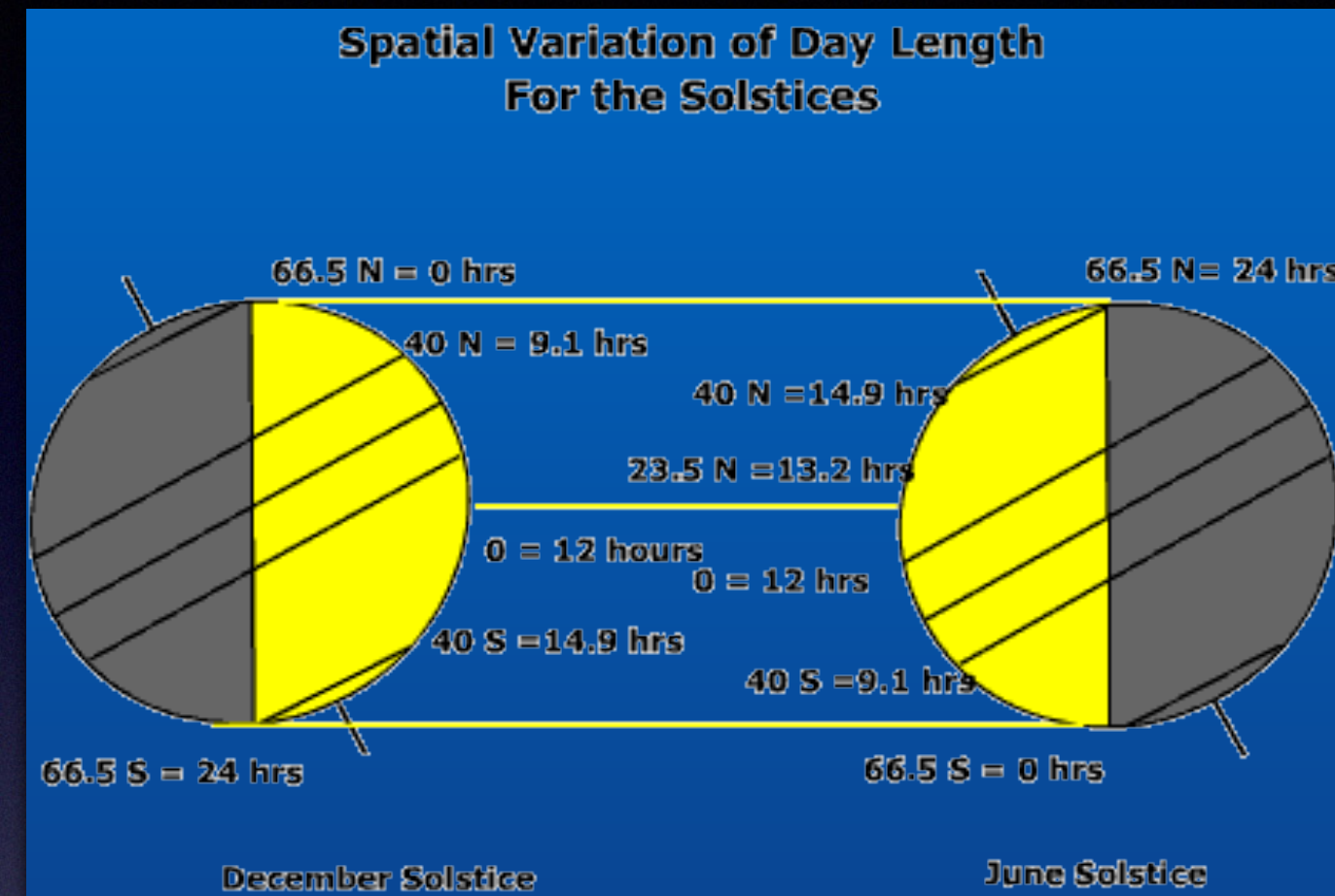
Movimientos del sol visto desde la tierra

- El sol, a lo
- Su máxima declinación
- Los dos pa (terrestre) o
 - Trópico de
 - Trópico de
- En la supe (misma dist de esta lat

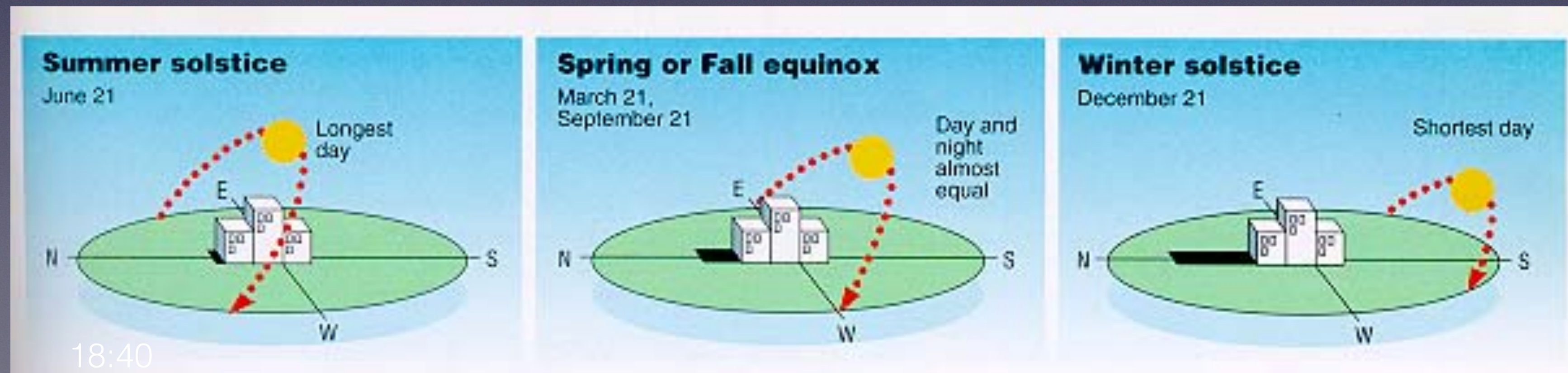


nde su
perficie
la
bajo)

Estaciones



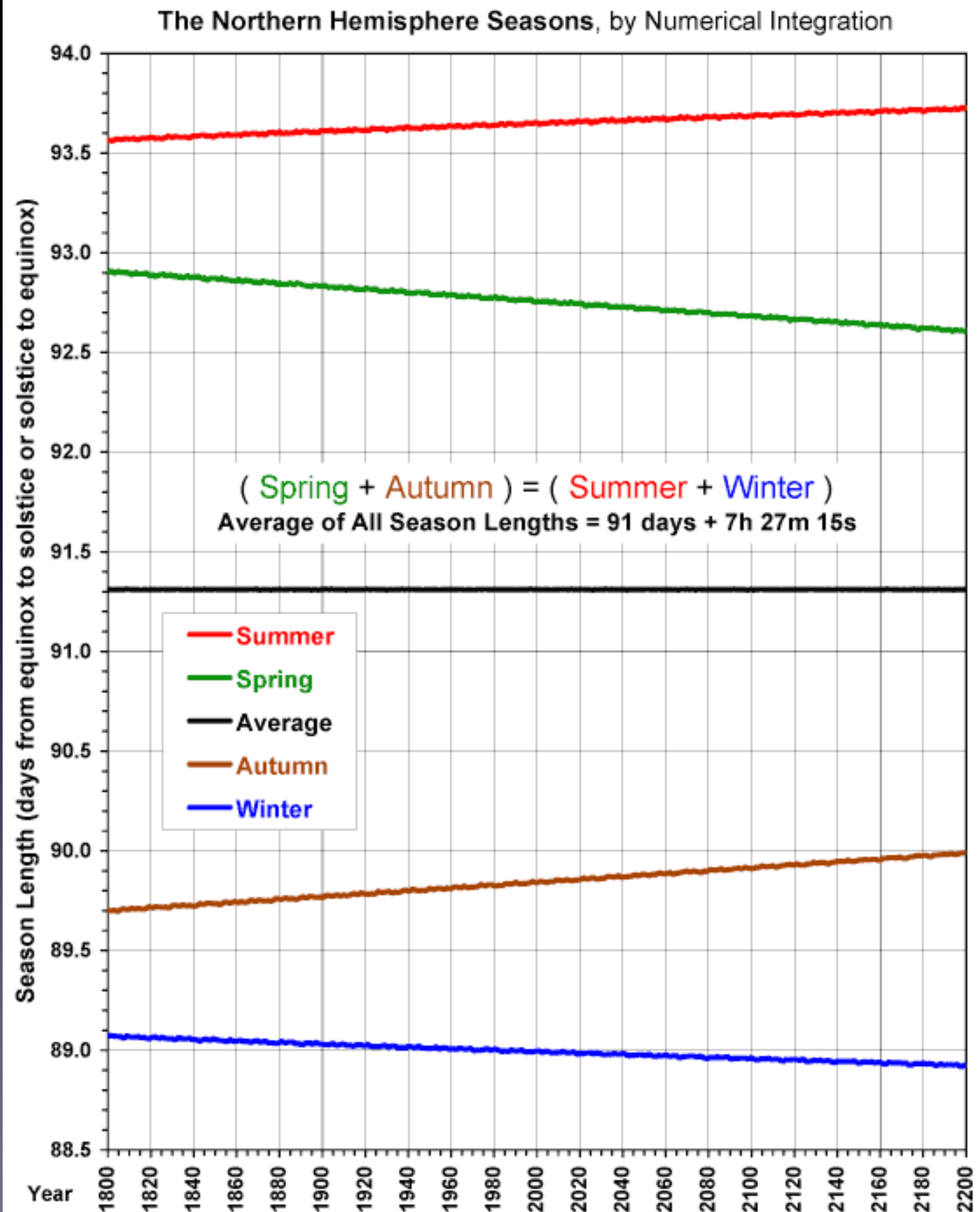
- La inclinación del eje de la tierra respecto de la eclíptica es responsable de las estaciones.



Duración d

- Debido a la distinta velocidad de la tierra en su órbita y a la precesión, la duración de las estaciones va variando con el tiempo.

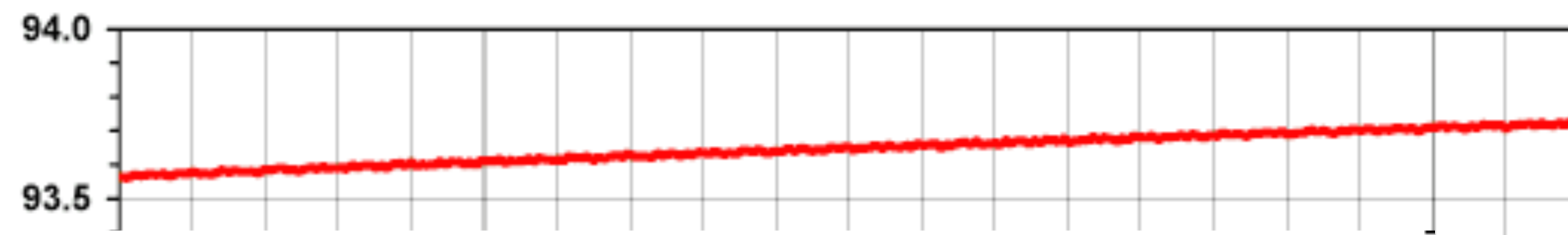
18:40



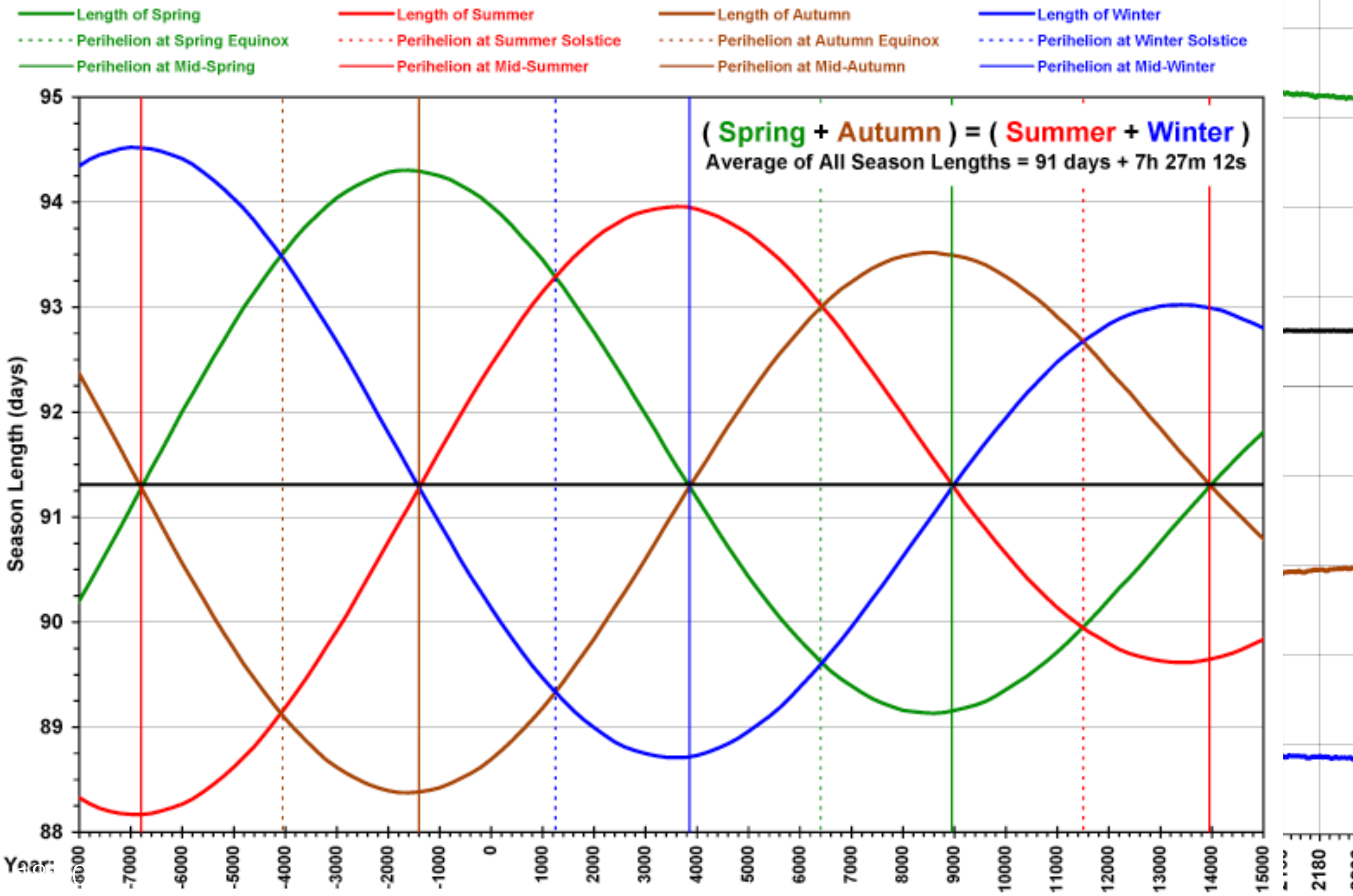
Disturbancia

- Debido a la velocidad de la tierra en su órbita a la producción de las estaciones y a la variación del tiempo.

The Northern Hemisphere Seasons, by Numerical Integration

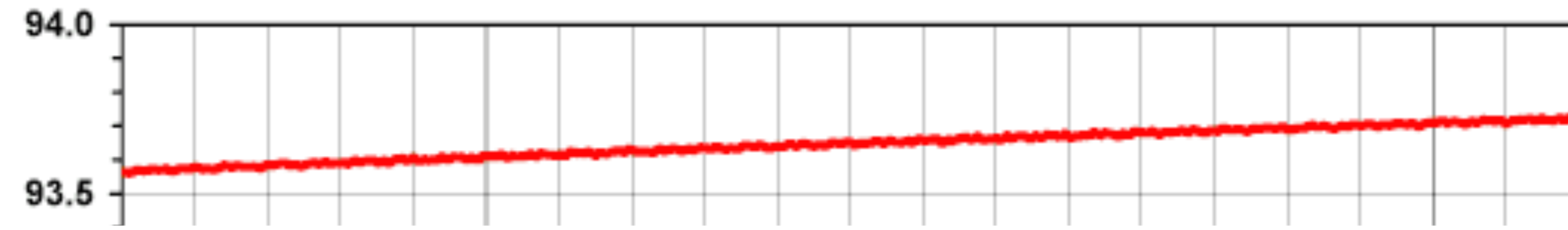


Variable Lengths of Northern Hemisphere Seasons, by Numerical Integration

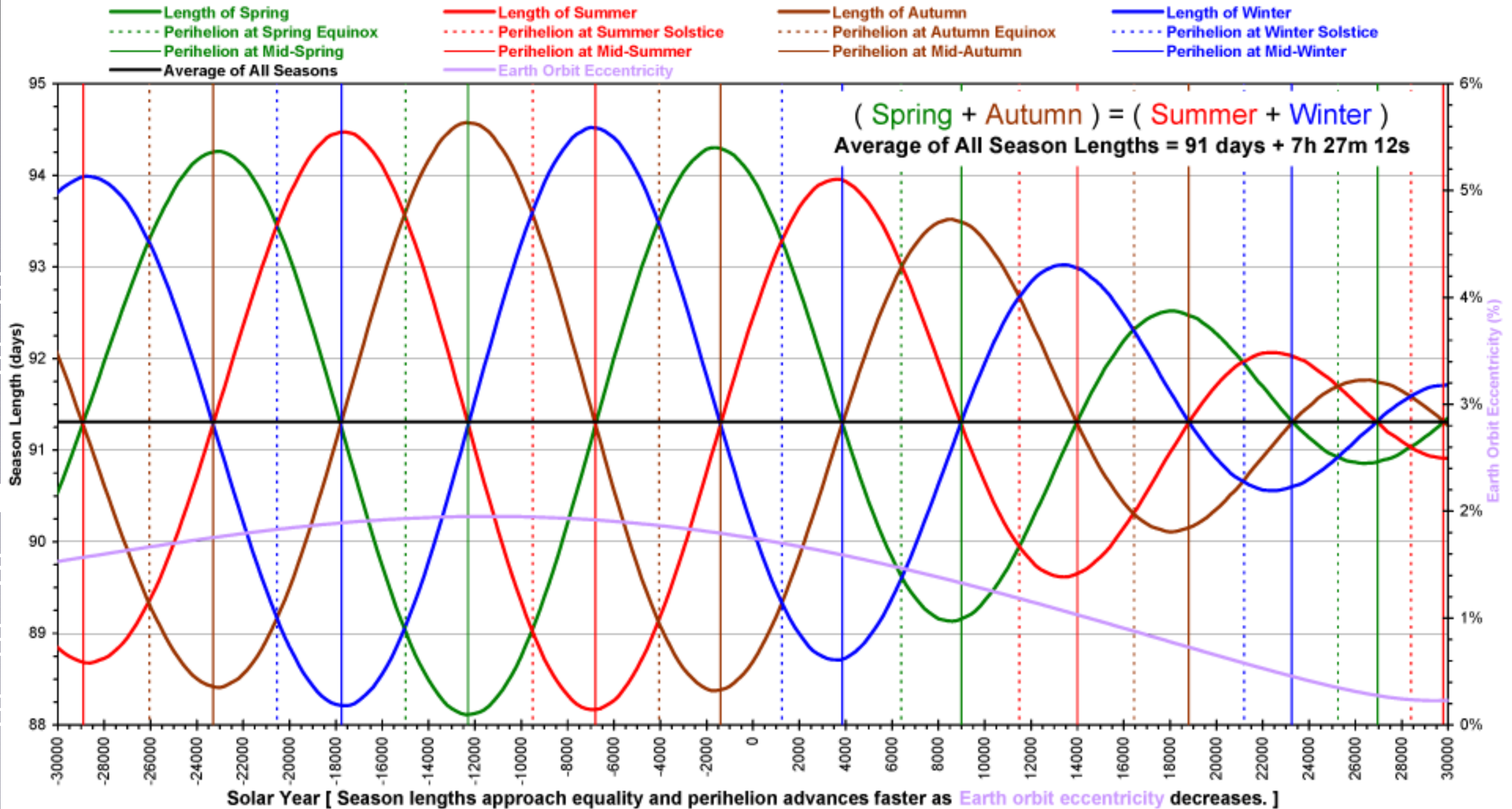


Dr. Irwin Bromberg

The Northern Hemisphere Seasons, by Numerical Integration



Variable Lengths of Northern Hemisphere Seasons, by Numerical Integration



• D
ve
tie
a
dr
es
va
tie

Analysis by Dr. Irv Bromberg

University of Toronto, Canada

<http://www.sym454.org/seasons/>

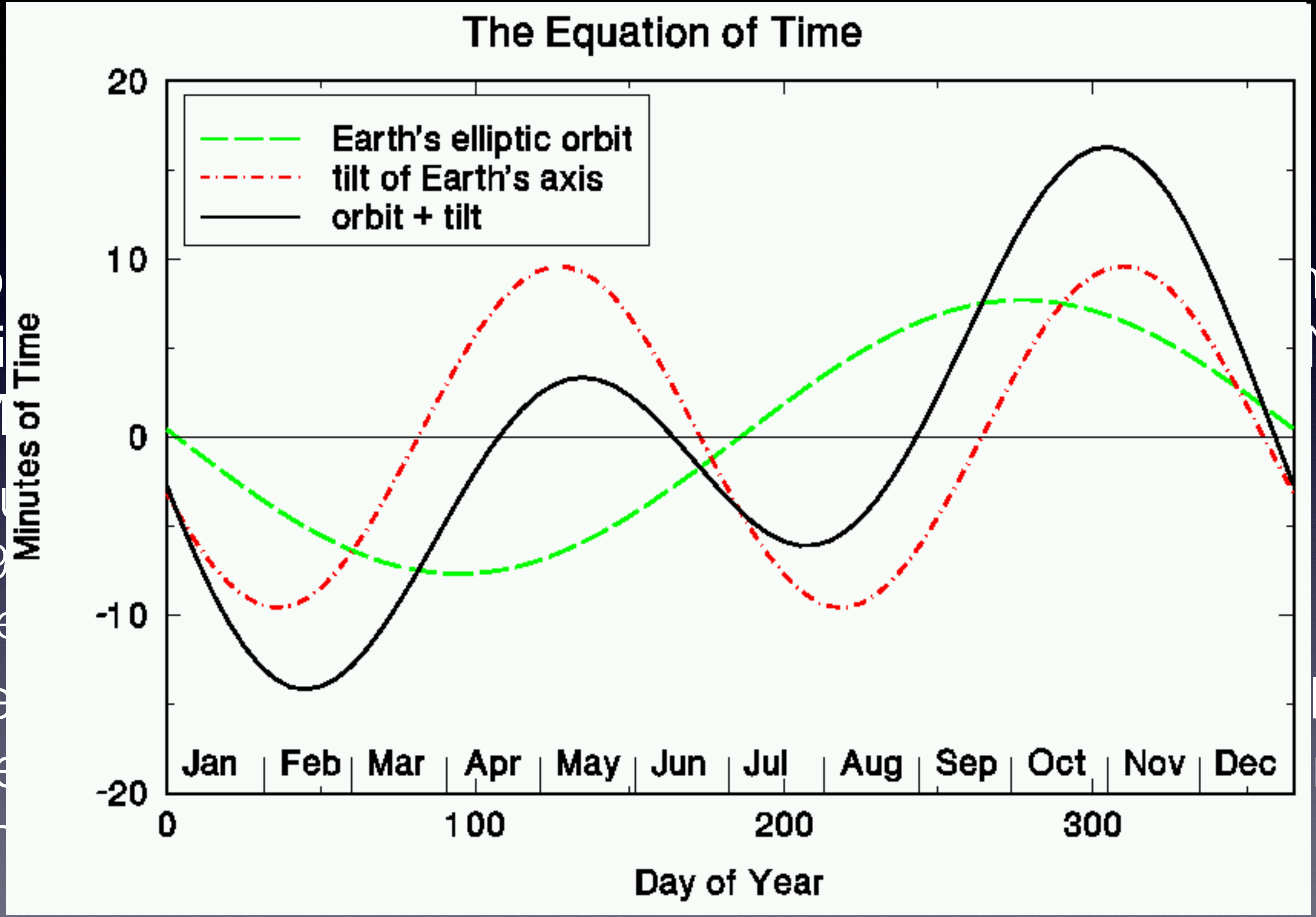
El sol y la medida del tiempo

- Debido al ciclo día/noche, usamos el sol para medir el tiempo.
- El ángulo horario del sol no cambia uniformemente a lo largo del año por:
 - No está (siempre) en el ecuador
 - La velocidad no es uniforme
- Para medir el tiempo es mejor que sea uniforme → Se define el tiempo solar medio como el tiempo que tarda el sol medio (con v uniforme y en el ecuador) en culminar dos veces seguidas.
- Vale 86400 s (muy approx).

La ecuación del tiempo

- El sol verdadero adelanta o atrasa con respecto al sol medio. La diferencia entre ambos es lo que se llama ECUACIÓN DEL TIEMPO.
- Se puede usar la expresión aproximada:
 - $E = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B)$ min
 - Donde $B = 2\pi(N - 81)/364$
- Podemos usar el comienzo y fin de las estaciones para hacer una estimación aproximada de la declinación del sol para distintos días del año.

- El so
- La di
- TIEM
- Se p
- $E=9$
- Donde
- Poded
- una e
- distin



medio.
N DEL

hacer
ra

Analema

- Debido a la ecuación del tiempo, la posición del sol a la misma hora (TSM) cada día cambia describiendo una figura de ocho llamada Analema

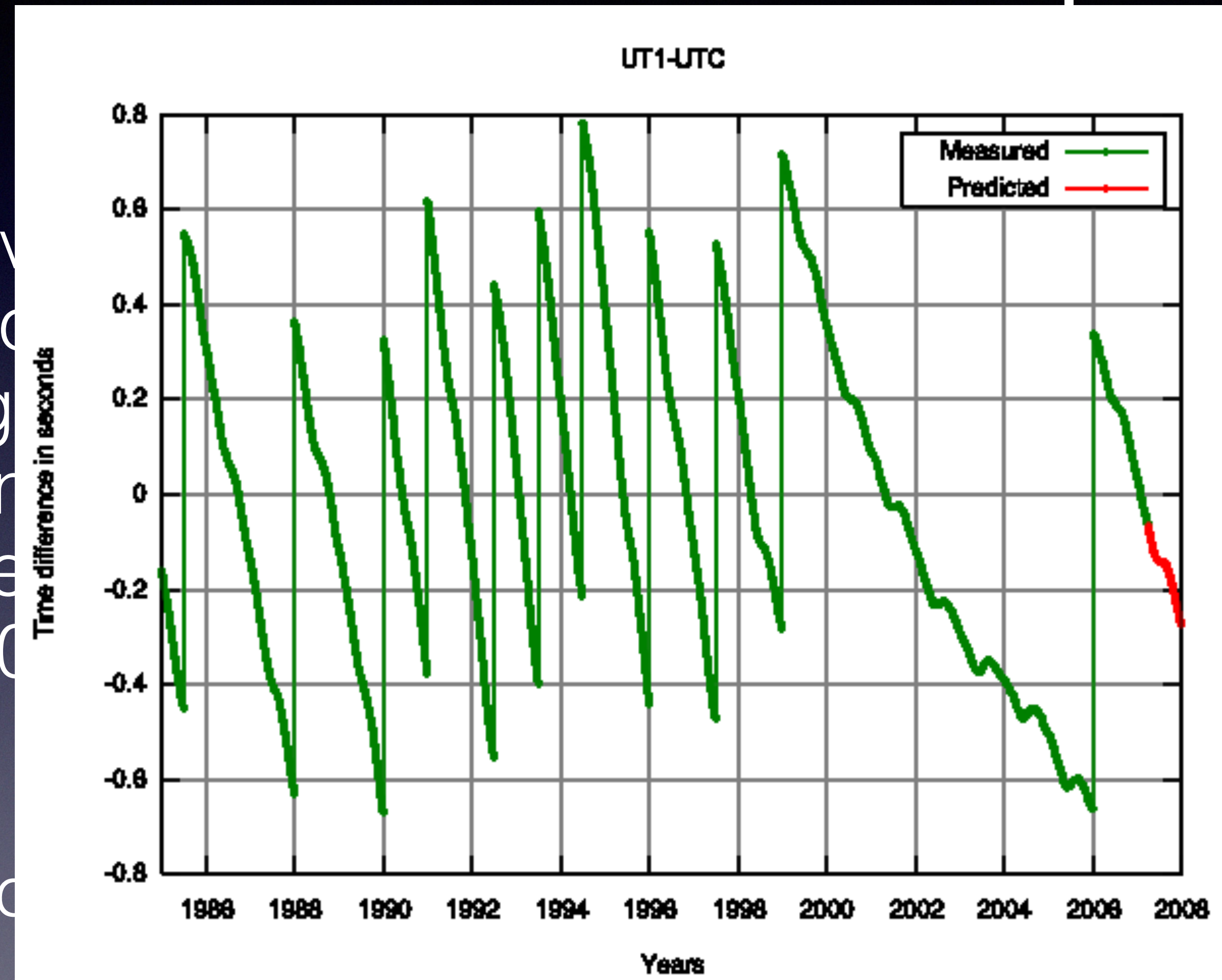


Medidas de tiempo

- UT: Tiempo universal → Tiempo solar medio (GMT)
 - UT0: Astronómico sin corregir del mov. Polar
 - UT1: Corregido de mov polar ($\pm 3\text{ms}/\text{dia}$)
 - UTC: Usa una escala de segundos basados en TAI (atómico) pero intenta estar en fase con UT1. Si el desfase es mayor a 0.9s se añade un segundo intercalar en Junio o Diciembre
- TAI: Determinado por relojes atómicos

Medidas de tiempo

- UT: Tiempo universal
 - UT0: Astronómico
 - UT1: Corregido
 - UTC: Usa un tiempo atómico pero se ajusta a UT1 cuando el desfase es mayor a 0.9 segundos. Se hace un salto de 1 segundo el 31 de Diciembre
- TAI: Determinado por los relojes atómicos



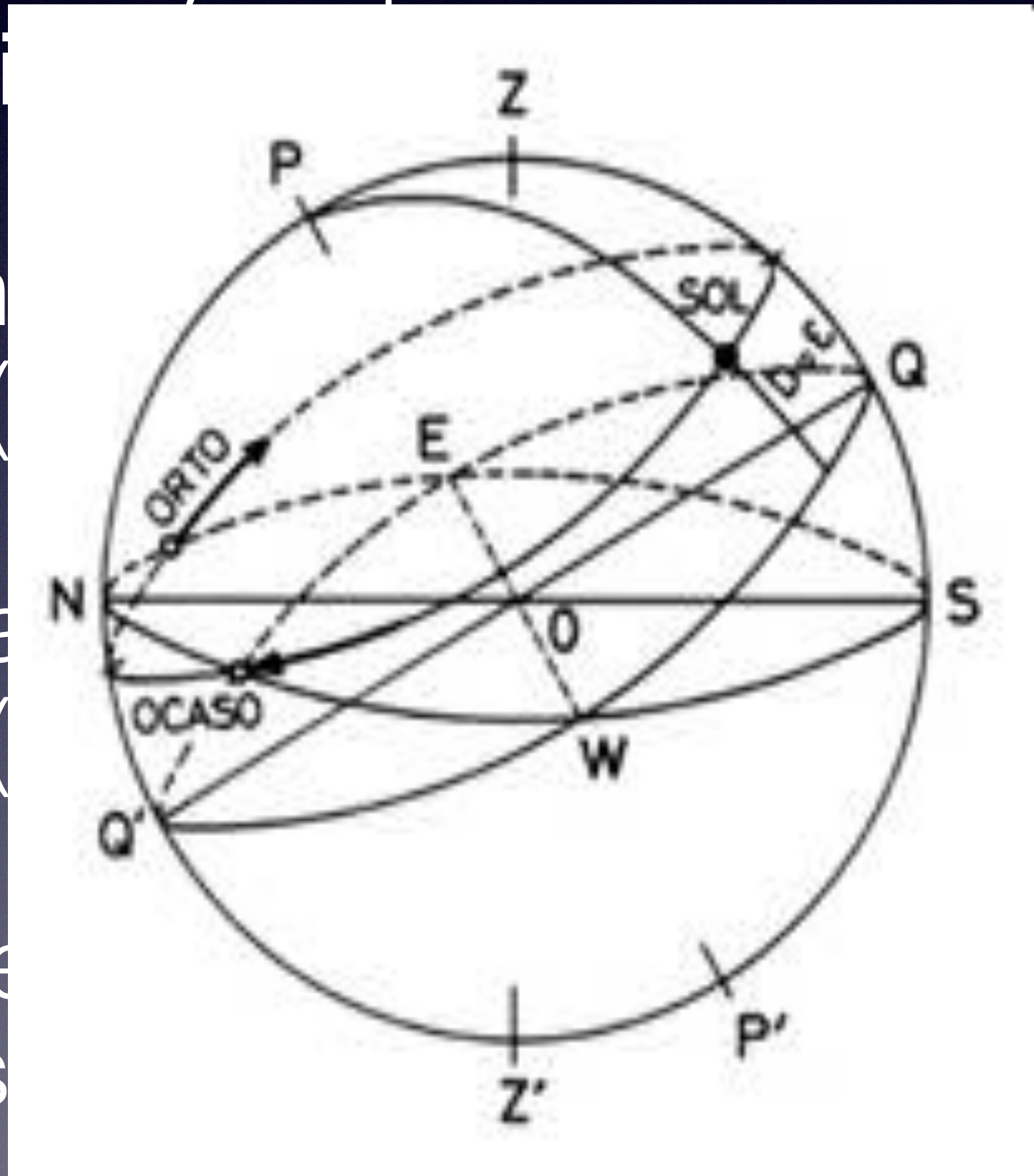
TAI
el desfase
en Junio o

Salida y puesta de sol

- El sol sale y se pone más hacia el Norte en verano y más hacia el sur en invierno:
- El azimuth de salida y puesta del sol es:
 - $\text{Cos}(A) = -\text{sen}\delta / \text{cos}\Phi$
- La duración del día se puede calcular de:
 - $\text{Cos}(H) = -\text{tan}(\delta) \times \text{tan}(\Phi)$
- Si se tiene en cuenta la refracción atmosférica y el tamaño del disco solar, habría que usar $a = -0.50'$

Salida y puesta de sol

- El sol sale y se pone más hacia el Norte en verano y más hacia el sur en invierno

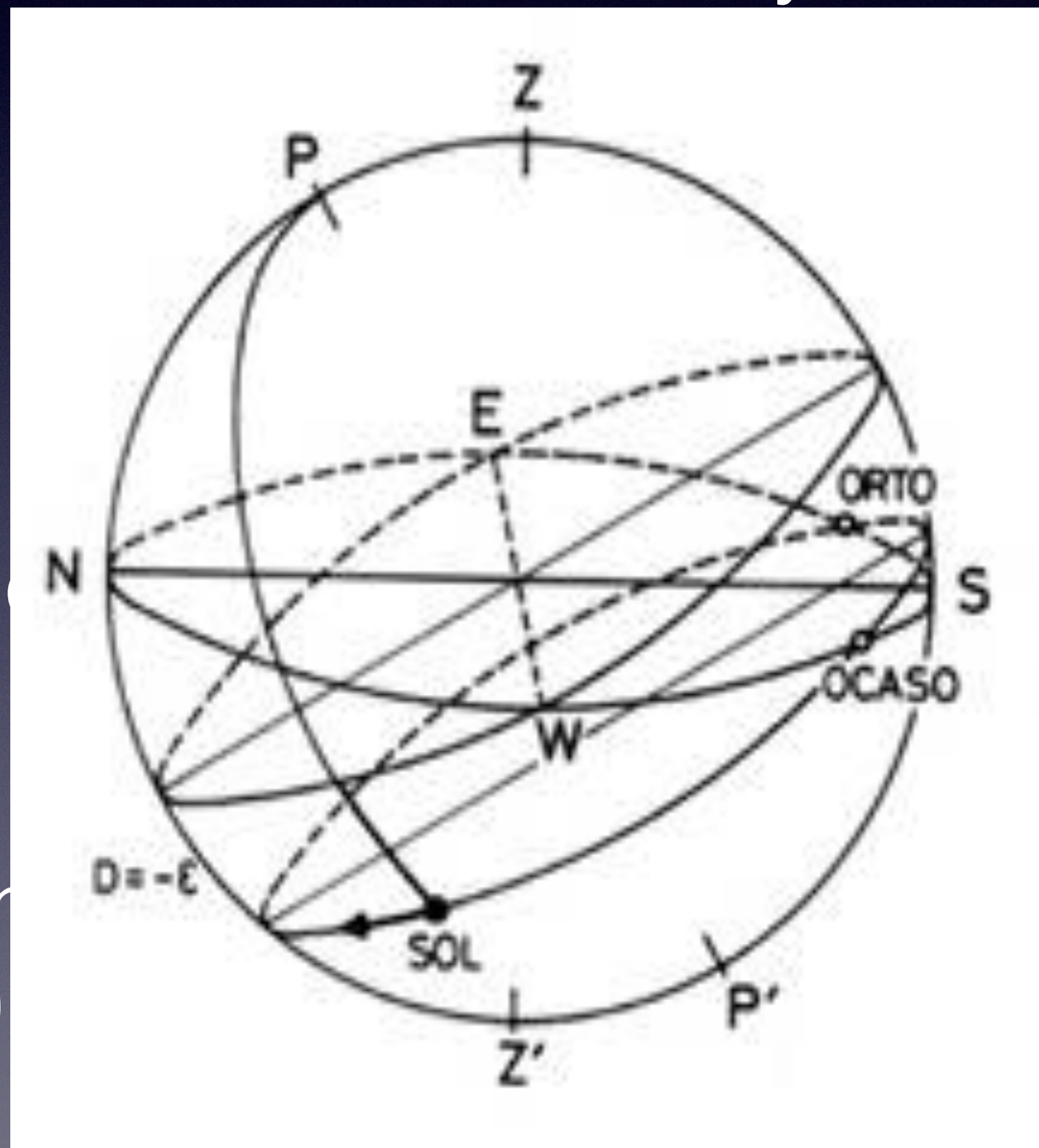


del

- El azimut α del sol en el momento de salir o ponerse es: $\alpha = \arccos(\cos \delta / \cos \phi)$

- La duración t del día es: $t = \frac{2}{\omega} \arccos(\tan \phi \tan \delta)$

- Si se tiene en cuenta el tamaño del disco solar, la hora de salida y puesta del sol se calcula con: $\sin \delta = \sin \phi \cos \epsilon$



del

Variaciones con la latitud

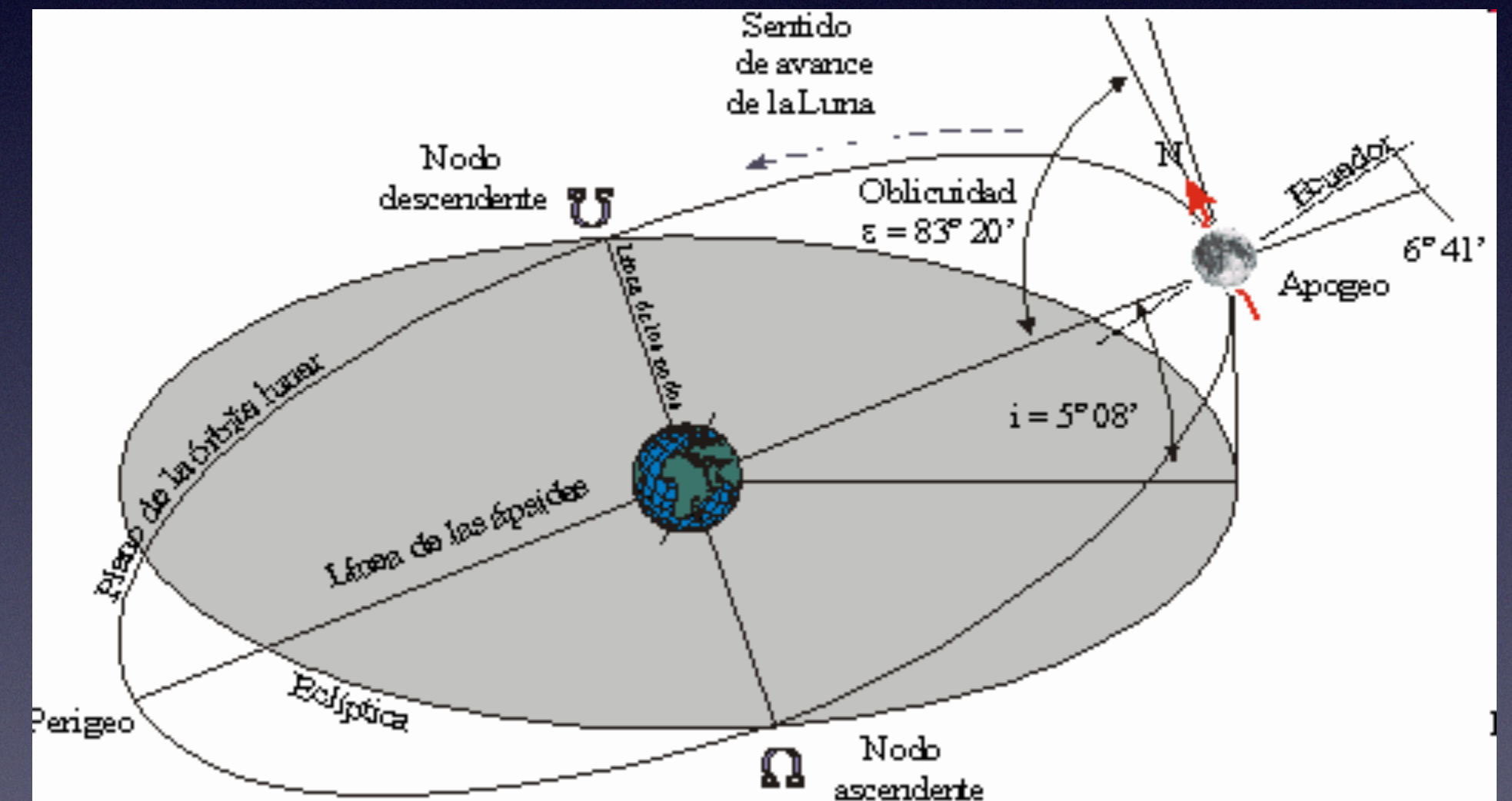
- Los astros salen y se ponen perpendiculares al horizonte en el ecuador.
- La inclinación va aumentando a medida que aumentamos la latitud.
- En los polos, los astros solo cambian su altitud si cambian su declinación.
- Los crepúsculos son muy rápidos en las zonas tropicales y mucho más largos en las zonas de latitudes más altas.

Crepúsculos

- Se definen tres crepúsculos:
 - Civil: El sol está 6° bajo el horizonte
 - Nautico: El sol está 12° bajo el horizonte
 - Astronómico: El sol está 18° bajo el horizonte
- Los crepúsculos aumentan su duración con la latitud

La luna

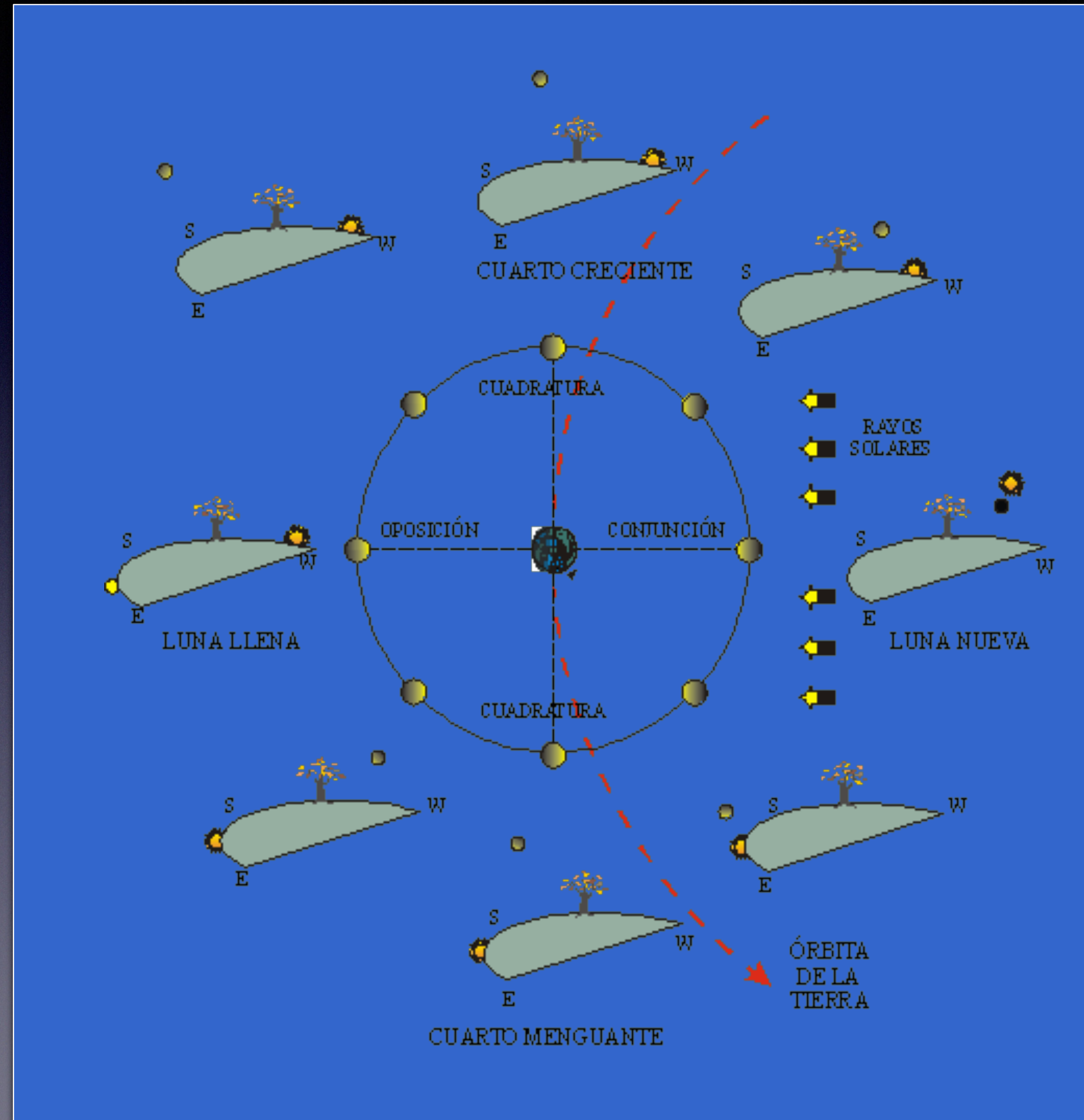
- La luna orbita la tierra con un periodo de:
 - Mes sidéreo: 27.32 días.
 - Mes sinódico: 29.53 días.
 - Mes draconítico: 27.21 días.
(P(r)=18.6años)
 - Mes anomalístico: 27.55 días.
(P(d)=. 8.85años)



Bloqueo de marea

- Debido a la acción de las fuerzas de marea, la luna ha llegado a una situación en que su periodo de rotación coincide con su periodo de traslación, de forma que vemos siempre la misma cara de la luna.
- Este es un fenómeno muy frecuente en nuestro sistema solar entre planetas y sus satélites.

Fases de la luna



Libración

- Debido a la 2^a ley de Kepler, la luna a veces se adelanta o se atrasa en su traslación → libración en longitud
- Debido a que el eje de rotación está inclinado 88° con la órbita podemos ver algo más en latitud. → libración en latitud
- Debido a que el radio de la tierra no es despreciable con respecto a la distancia a la luna → libración diurna
- Todo ello hace que podamos ver el 58% de la superficie lunar

2007 Oct 11 00:00:00 UT



- Debido a la Δ que se produce, se atrasa en su órbita
- Debido a que la órbita es elíptica, podemos ver más o menos de la Luna
- Debido a que la órbita está inclinada respecto a la eclíptica
- Todo ello hace que la Luna se vea adelantada o se

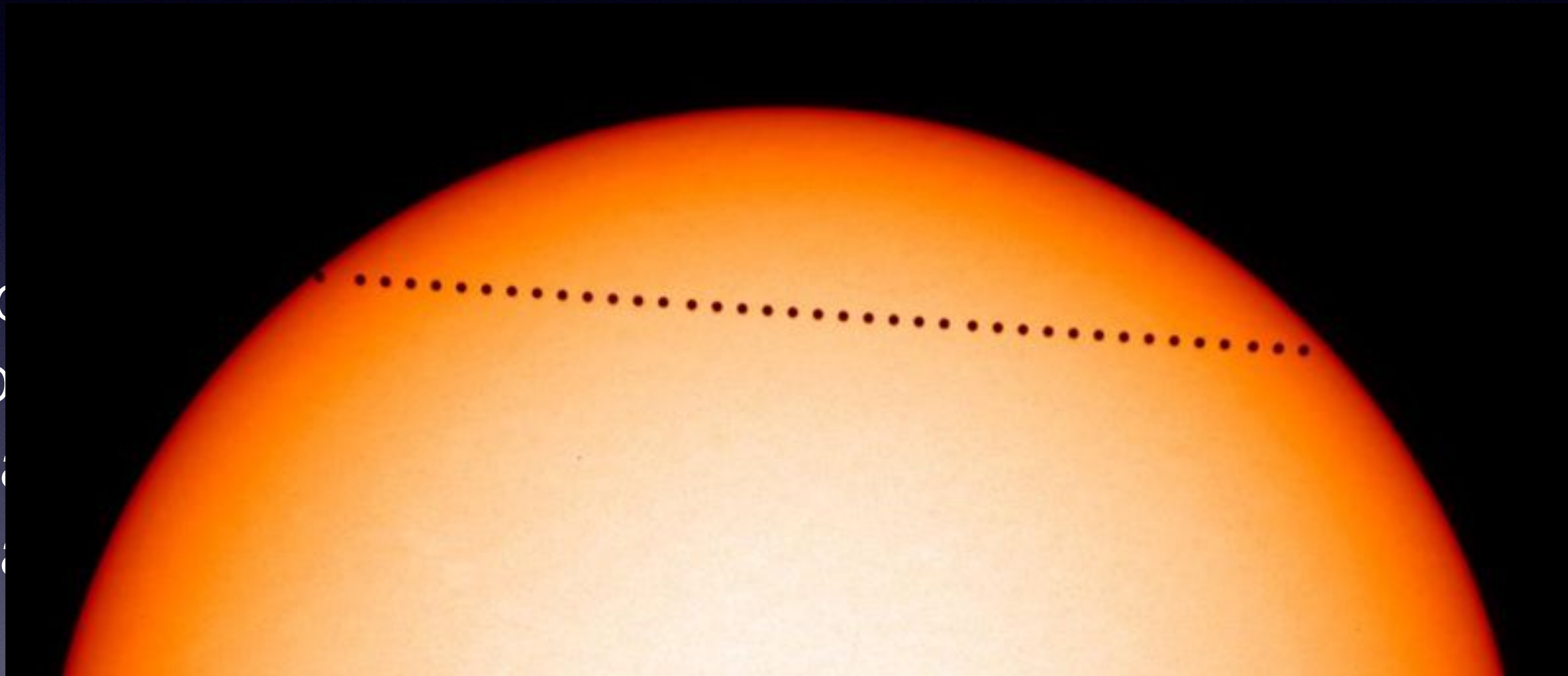
adelantada o se
atrasa con la órbita
de la Tierra
en latitud
variable con
respecto a la eclíptica
urna
superficie lunar

Tránsitos y ocultaciones

- Cuando un astro pasa por delante de otro se pueden producir tránsitos y ocultaciones:
 - El más pequeño está delante → Tránsito
 - El más pequeño está detrás → Ocultación

Tránsitos y ocultaciones

- Cuando
tránsito
– El m
– El m



ucir

Trá

nes

- Cuando
tránsito
- El m
- El m

ucir



Trá

nes

Copyright 2003 Andrew Chaikin



- Cuando
tránsito
- El m
- El m

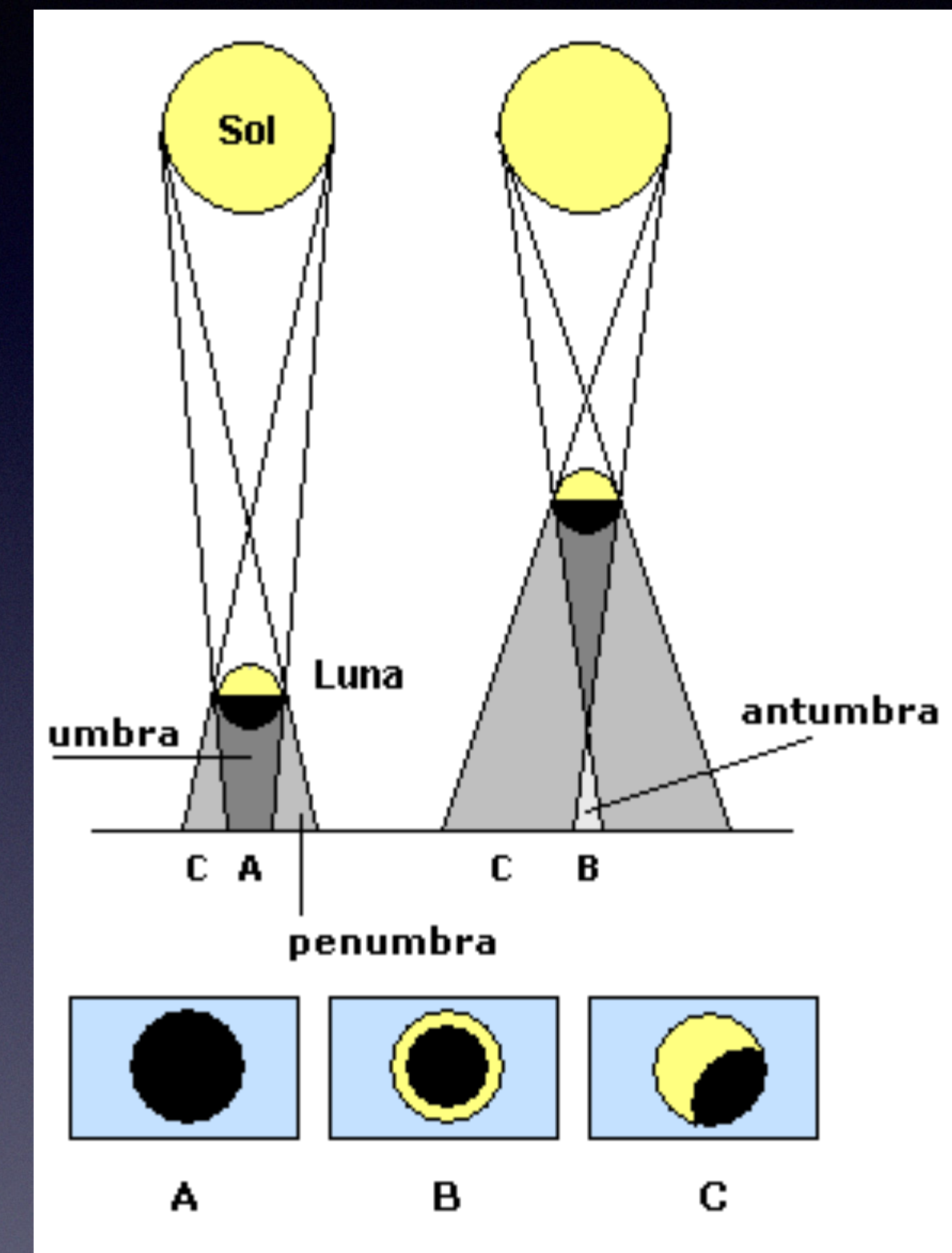
cir

Eclipses

- Los eclipses tienen lugar cuando la luna, la tierra y el sol están alineados:
 - Si la tierra se encuentra entre la luna y el sol → Eclipse de luna
 - Si la luna se encuentra entre la tierra y el sol → Eclipse de sol

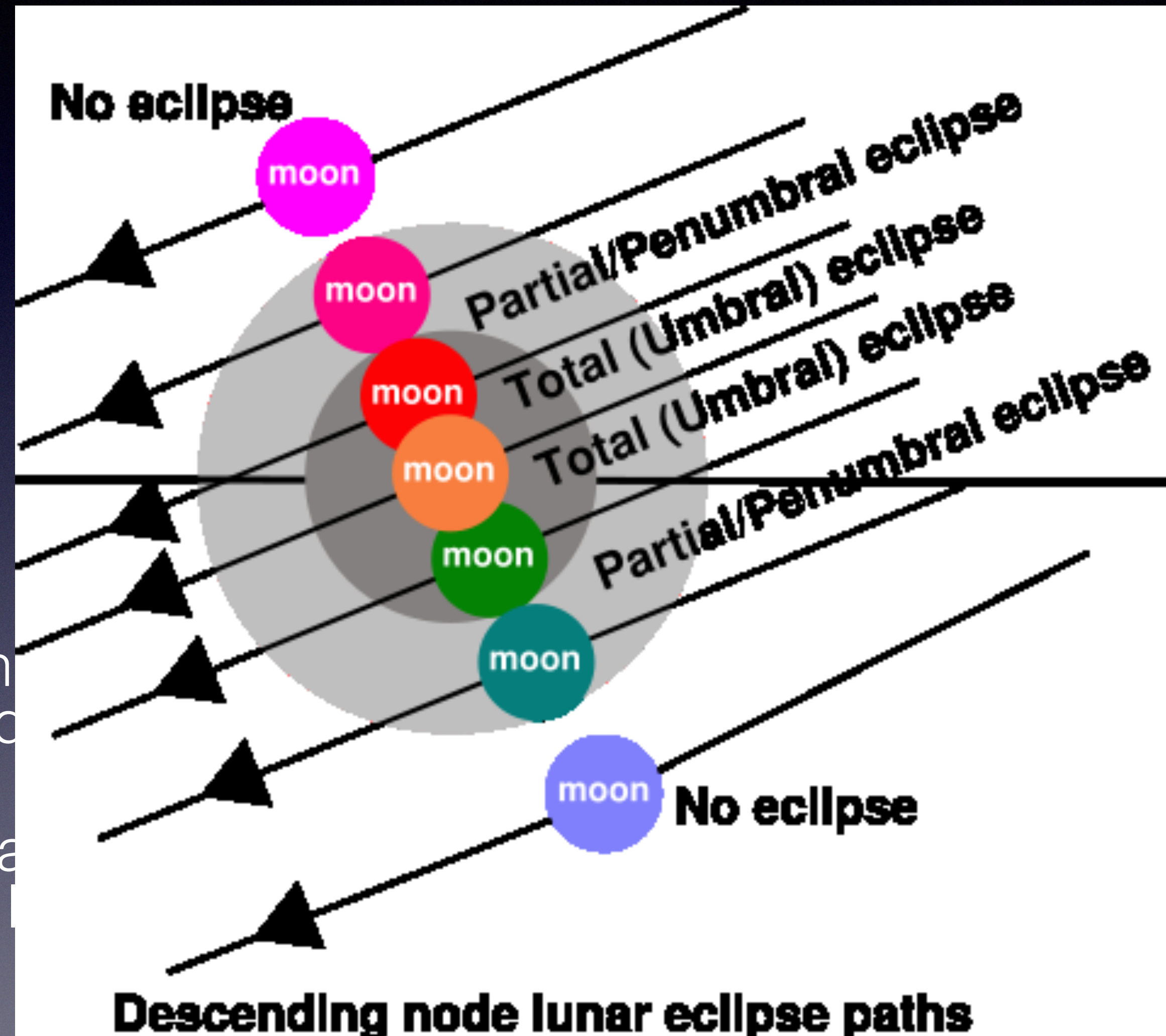
Eclipse de sol

- Pueden ser:
 - Totales
 - Parciales
 - Anulares
- Saros: Periodo de
 - $223S=6585,3211$ días
 - $242D=6585,3567$ días
 - $239A=6585,5374$ días
 - 18 años y 11 días
- Las series de Saros no duran indefinidamente, sino ciclos de entre 1226 y 1550 años.
- Los periodos de tres saros dan lugar a eclipses similares en la misma región de la tierra.



Eclipse de sol

- Pueden ser:
 - Totales
 - Parciales
 - Anulares
- Saros: Periodo de
 - $223S=6585,3211$ días
 - $242D=6585,3567$ días
 - $239A=6585,5374$ días
 - 18 años y 11 días
- Las series de Saros no duran indefinidamente, sino ciclos de entre 1226 y 1550 años.
- Los periodos de tres saros dan lugar a eclipses similares en la misma región de la tierra.

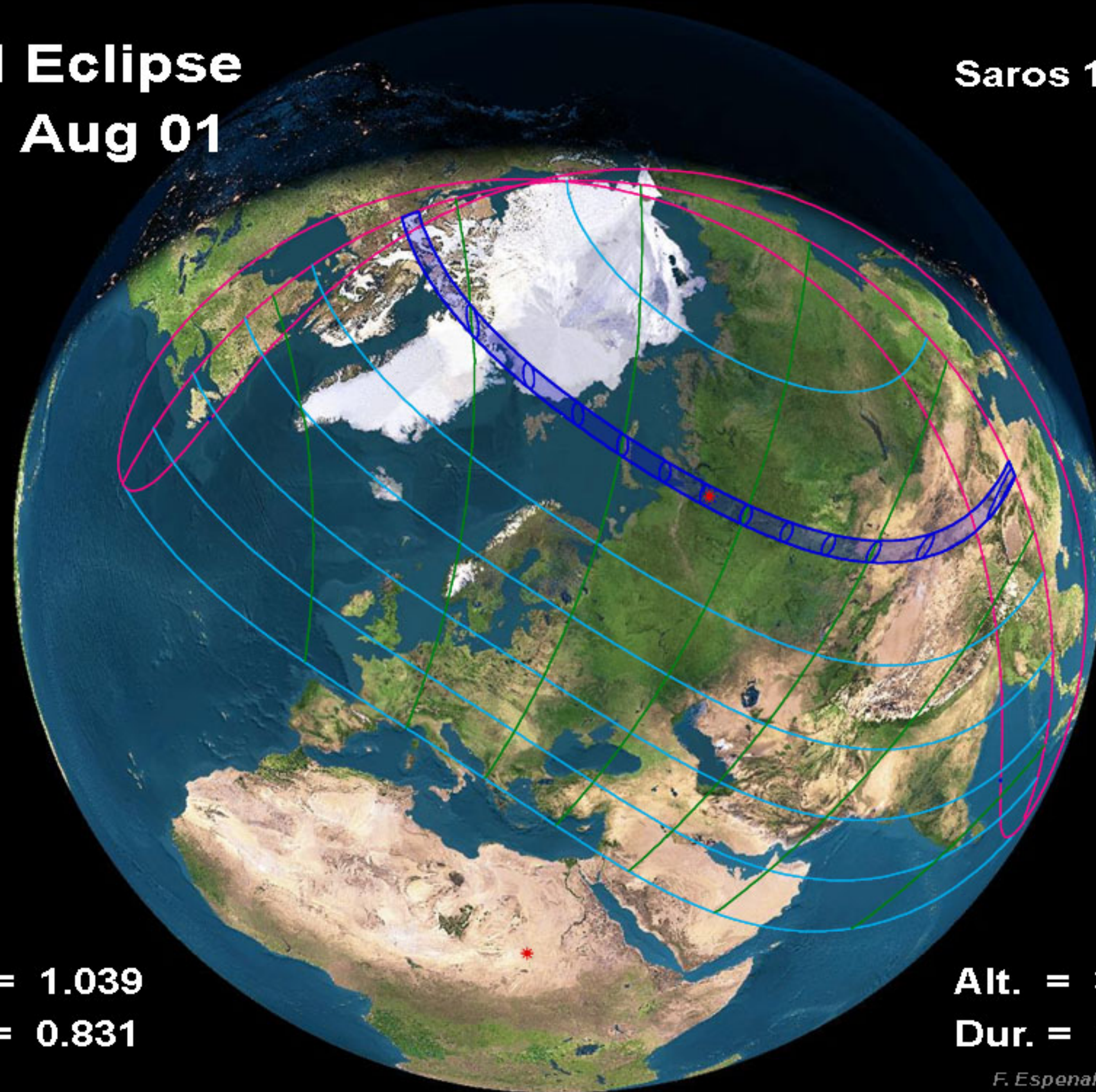


Eclipse de sol

- Pueden ser:
 - Totales
 - Parciales
 - Anulares
- Saros: Periodo
 - 223S=658
 - 242D=658
 - 239A=658
 - 18 años y
- Las series de eclipses se repiten indefinidamente entre 1226 y
- Los periodos de eclipses en el mismo lugar a eclipsis

Total Eclipse
2008 Aug 01

Saros 126



Mag. = 1.039
Gam. = 0.831

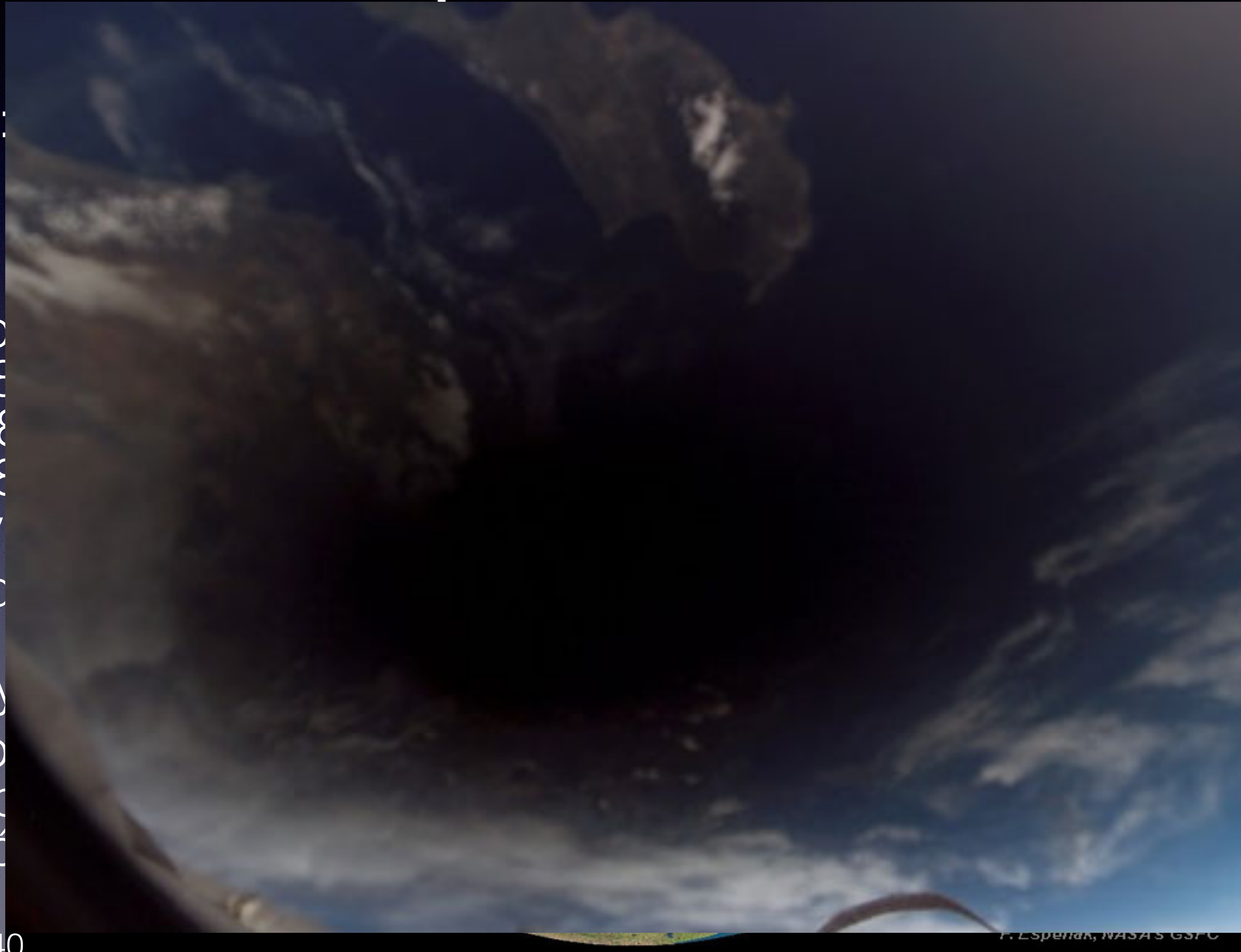
Alt. = 34°
Dur. = 2^m 27^s

F. Espenak, NASA's GSFC



Eclipse de sol

- Pueden ser:
 - Totales
 - Parciales
 - Anulares
- Saros: Periodo
 - 223S=658
 - 242D=658
 - 239A=658
 - 18 años y
- Las series c
indefinidam
entre 1226 y
- Los periodo
lugar a eclip
misma regi



Eclipse de sol

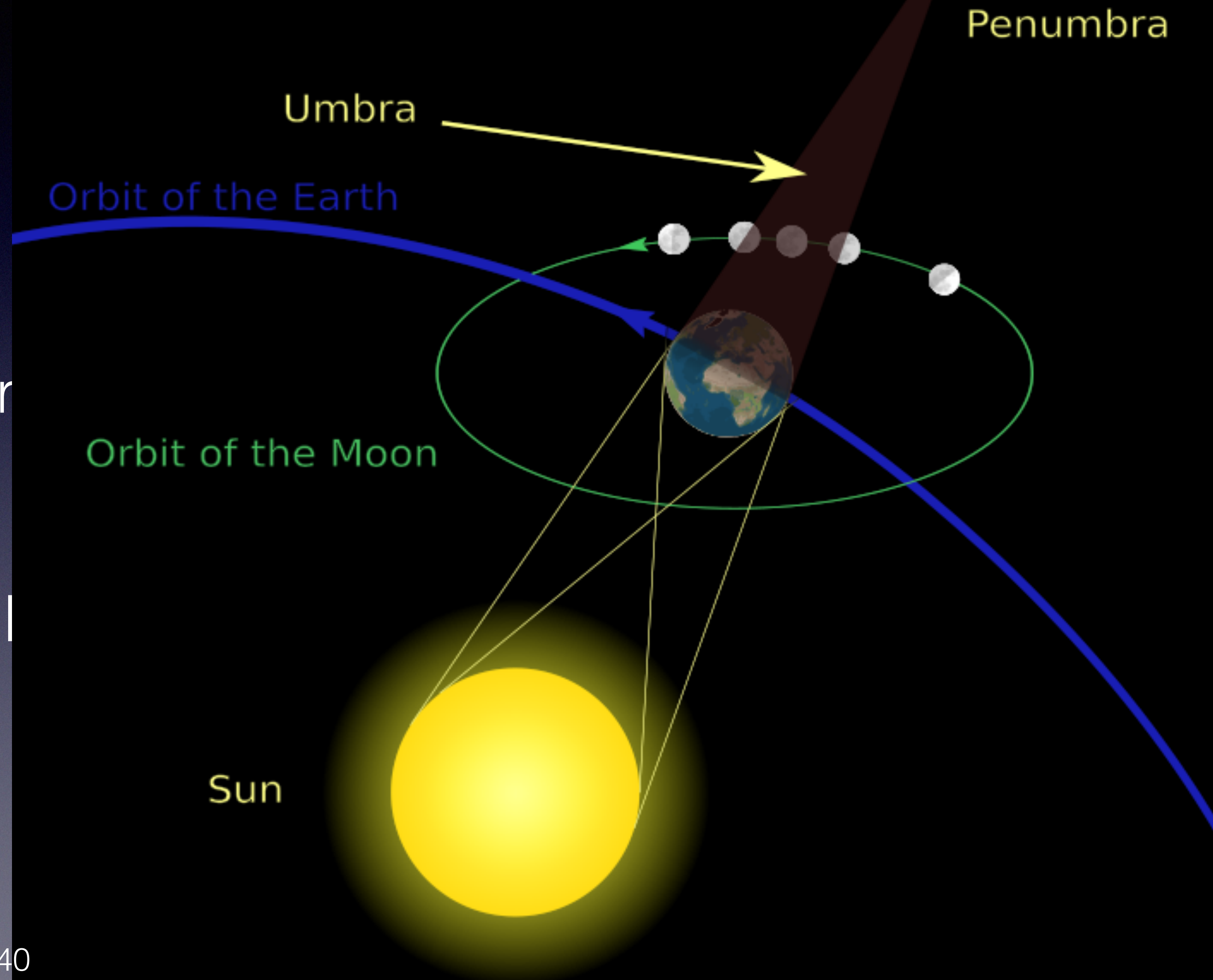
- Pueden ser:
 - Totales
 - Parciales
 - Anulares
- Saros: Período
 - 223S=658
 - 242D=658
 - 239A=658
 - 18 años y
- Las series de eclipses se repiten indefinidamente entre 1226 y
- Los periodos de eclipses en un mismo lugar a eclipsis en la misma región



Eclipse de luna

- Puede ser:
 - Total
 - Parcial
 - Penumbral

Eclipses de Luna



- Puede ser
 - Total
 - Parcial
 - Penumbral

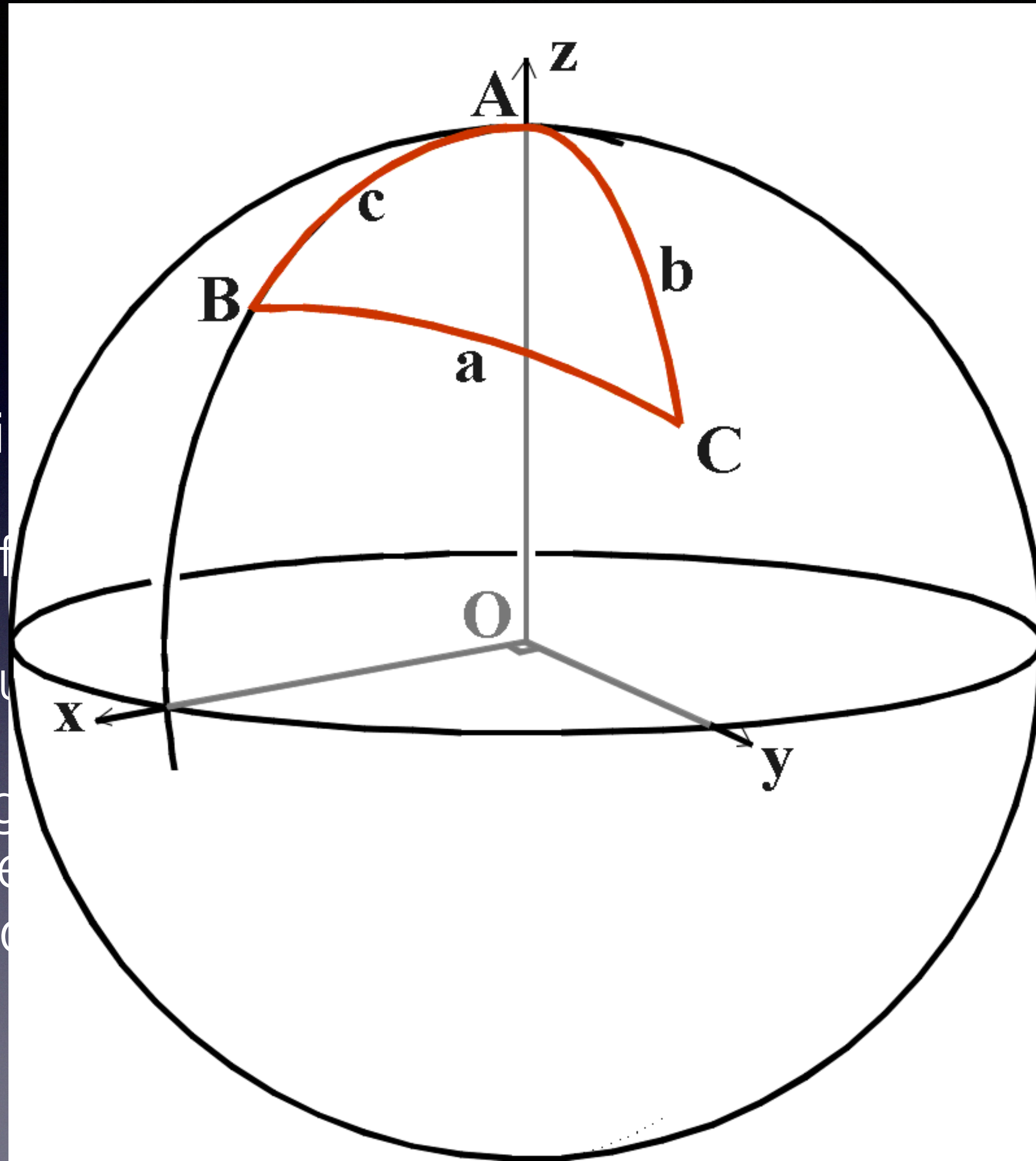
- Puede ser:
 - Total
 - Parcial
 - Penumbra



Geometría esférica

- Círculo máximo: El que pasa por el centro de la esfera
- Triángulo esférico es el formado por tres arcos de círculo máximo.
- En un triángulo esférico: $A+B+C=180+E$ (E =Exceso)
- Leyes de trigonometría esférica:
 - Ley del seno
 - Ley del coseno

- Círculo máximo
- Triángulo esférico
- En un triángulo
- Leyes de trigonometría esférica
 - Ley del seno
 - Ley del coseno



Círculo máximo.

Ley del seno y del coseno

– Ley del seno

- $\sin(a)/\sin(A) = \sin(b)/\sin(B) = \sin(c)/\sin(C)$

– Ley del coseno

- $\cos(a) = \cos(b) \cos(c) + \sin(b) \sin(c) \cos(A)$
- $\cos(b) = \cos(c) \cos(a) + \sin(c) \sin(a) \cos(B)$
- $\cos(c) = \cos(a) \cos(b) + \sin(a) \sin(b) \cos(C)$

Sistemas de coordenadas astronómicas

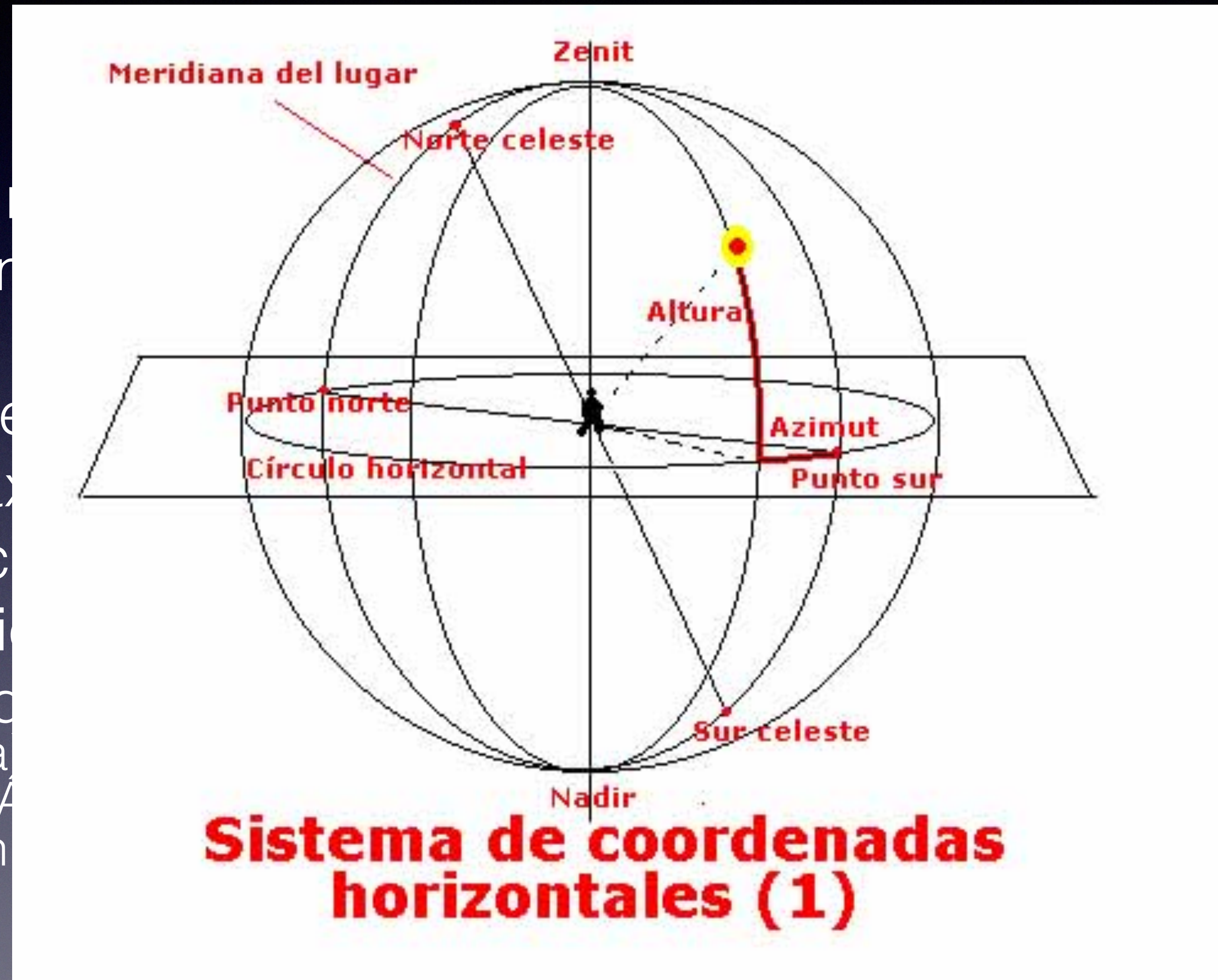
- Dependiendo del plano que se use como referencia hay varios tipos de coordenadas:
 - Coordenadas horizontales
 - Coordenadas ecuatoriales
 - Coordenadas eclípticas
 - Coordenadas galácticas
- Cambiar de unas coordenadas a otras requiere resolver un triángulo esférico.

Coordenadas horizontales o altazimutales

- El plano de referencia es el horizonte
- Son coordenadas locales.
- La posición de las estrellas cambia con el tiempo
- Extensión de la vertical: Cénit y Nadir.
- Círculos máximos que pasan por el cenit se llaman verticales.
- Los astros culminan en un círculo máximo → Meridiano
- La intersección de este círculo con el horizonte define el N y el S.
- Se definen dos ángulos:
 - Elevación (a) : Ángulo medido sobre el horizonte
 - Azimut (A): Ángulo medido desde un el horizonte. Tomaremos el S. y el ángulo lo medimos en sentido horario.

Coordenadas horizontales o altazimutales

- El plano de
- Son coorden
- La posición
- Extensión de
- Círculos máx
- Los astros c
- La intesecci
- Se definen c
 - Elevación (a
 - Azimut (A): Amedimos en



les.

y el S.

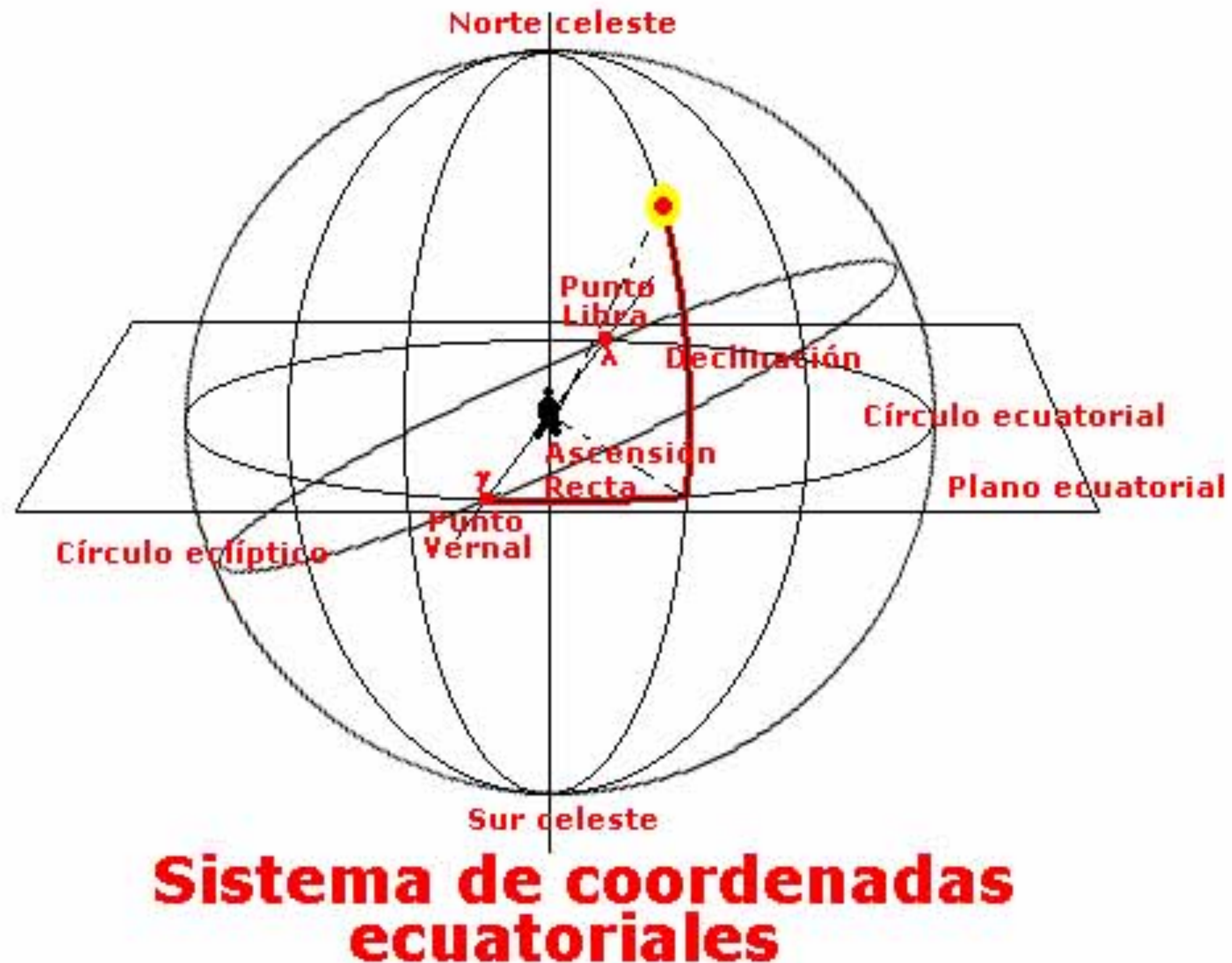
y el ángulo lo

Coordenadas ecuatoriales

- El plano de referencia es el ecuador.
- Son coordenadas no locales.
- Las coordenadas de las estrellas no cambian con el tiempo (app)
- El punto de origen sobre el ecuador es el equinoccio de primavera o punto γ .
- Se definen dos ángulos:
 - Declinación (δ) : Ángulo medido desde el ecuador (+ si N y – si S)
 - Ascensión recta (α) : Ángulo medido sobre el ecuador desde el punto γ en sentido antihorario.

Coordenadas ecuatoriales

- El plano de
- Son coord
- Las coord
- (app)
- El punto de
- primavera
- Se define
 - Declinac
 - Ascensió
 - en sentid



el tiempo

io de

y – si S)
sde el punto y

Angulo horario, Ascensión recta y tiempo sidereo

- Se define el ángulo horario (H) como el ángulo (medido sobre el ecuador en sentido horario) entre la proyección de la estrella y el meridiano.
- Se define el tiempo sidéreo (t) como el ángulo horario del punto γ .
- Entonces, de la definición de A.R (α) y estas dos, se tiene: $t = \alpha + H$
- Podemos calcular aprox. El tiempo sidéreo a partir de la hora solar como: $t = T_s + 12 + d * 4/60$ (donde d son los días transcurridos desde el equinoccio de primavera)

Angulo horario, Ascension recta y tiempo sidereo

- Se define el ecuador de la esfera celeste y el punto γ .
- Se define el punto γ .
- Entonces $\alpha + H$
- Podemos relacionar el tiempo solar con el tiempo sidereo que transcurre



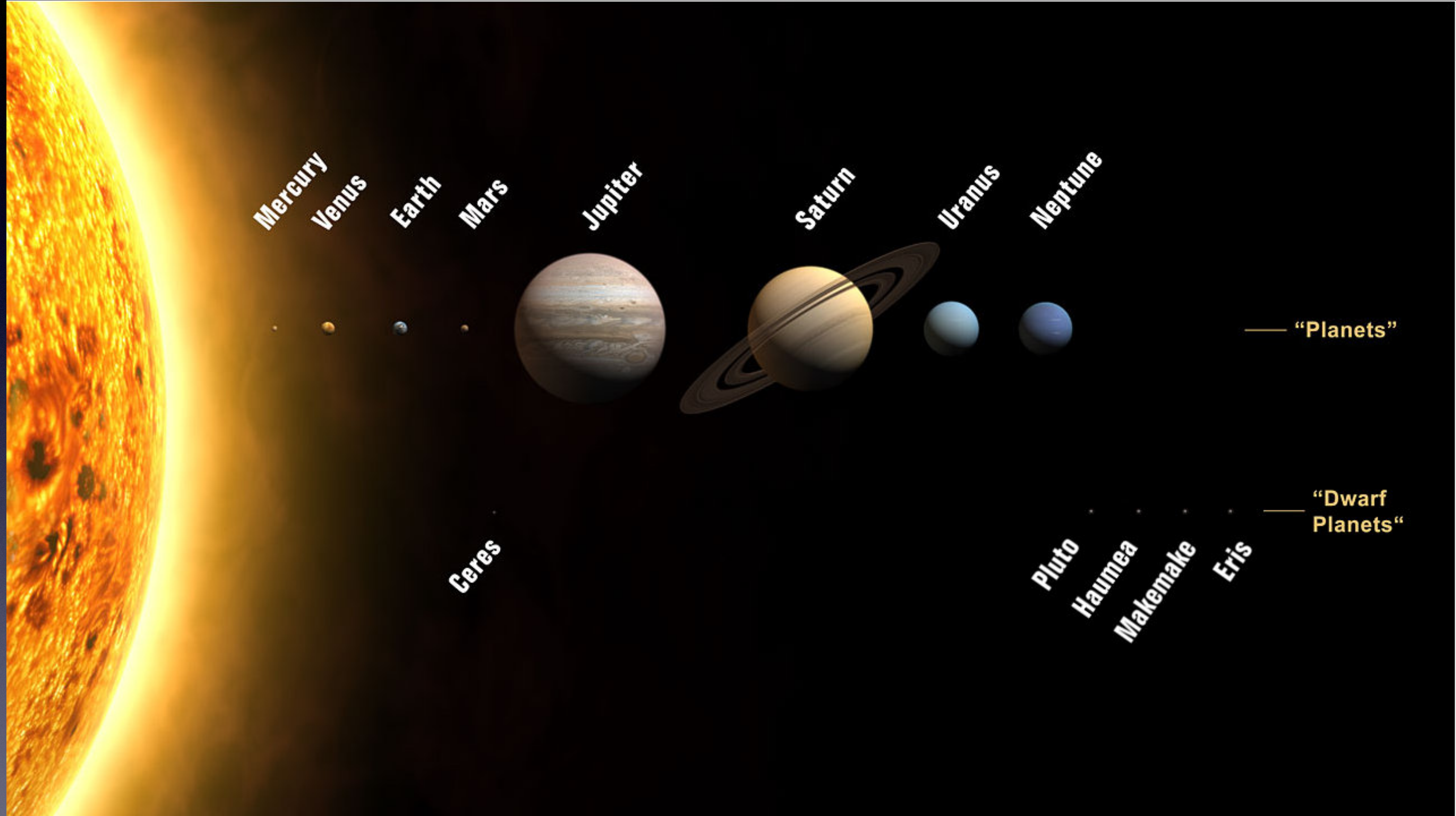
(medido sobre
ción de la
horario del
s, se tiene: $t =$
partir de la hora
días
(a)

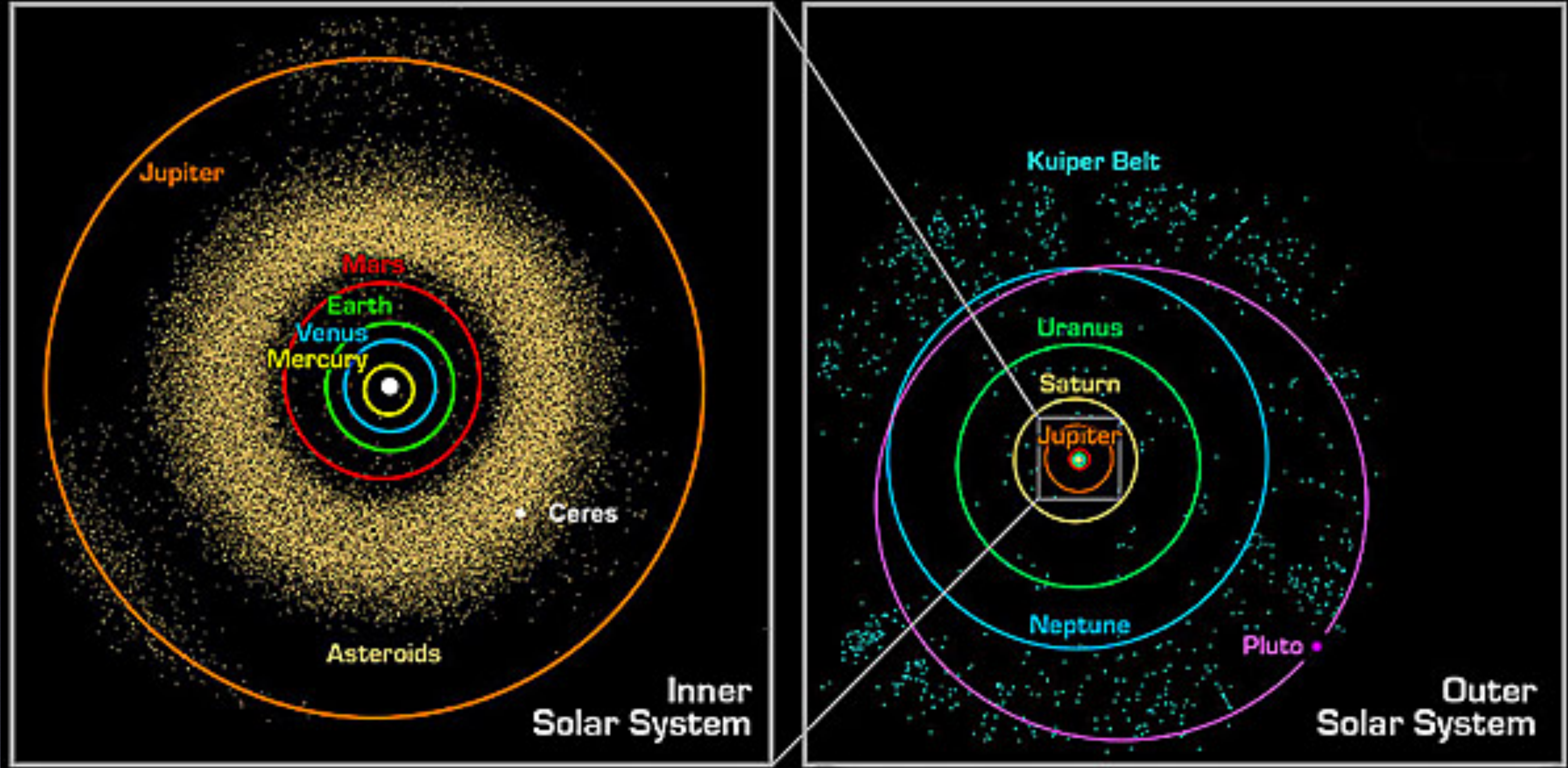
Variación de coordenadas por precesión

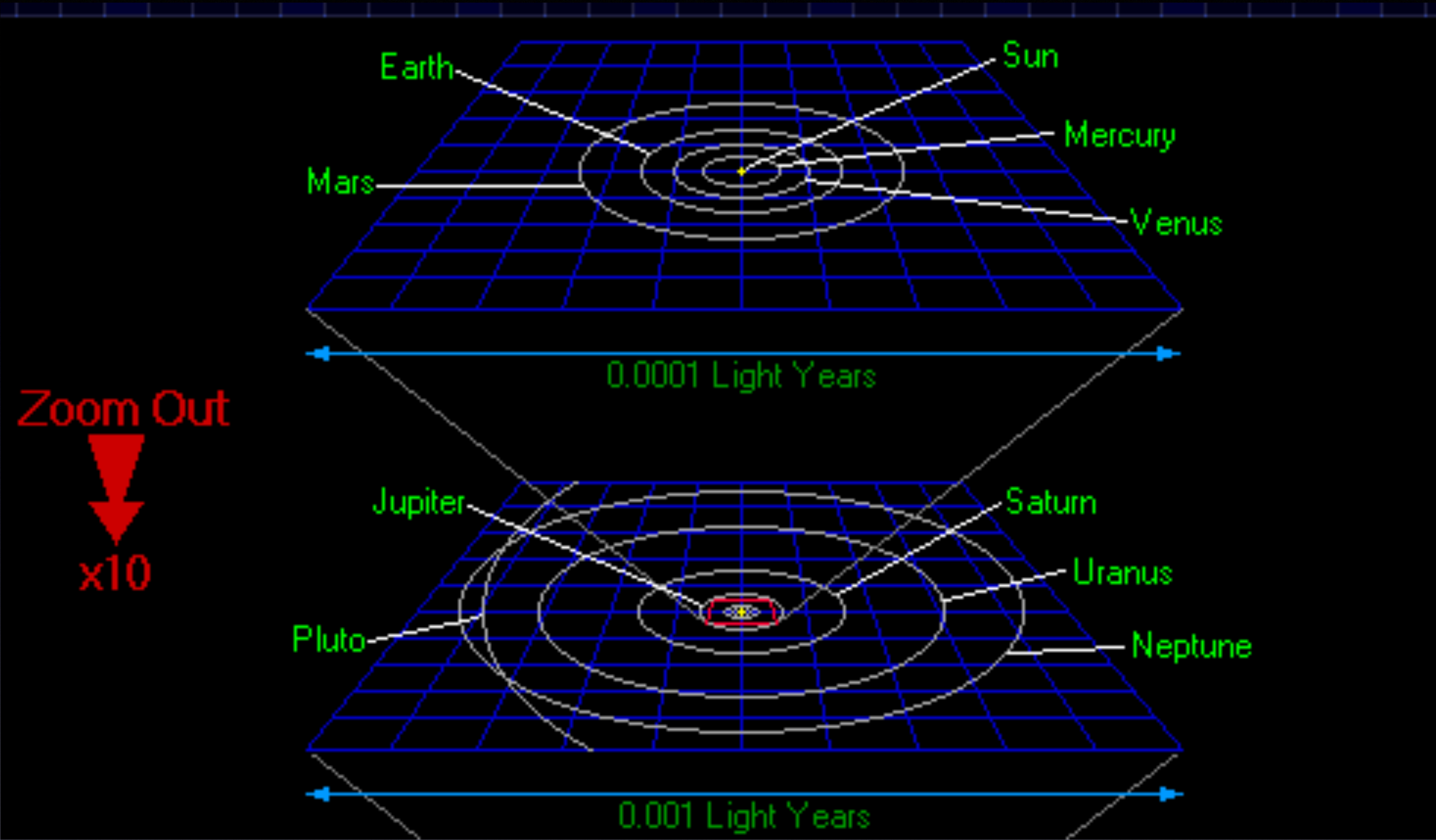
- La precesión hace que el nodo (equinoccio) se mueva en la eclíptica unos 50.26 segundos al año. Ello genera una variación en las coordenadas de ascensión recta y declinación de los astros:
 - $d\alpha = m + n \operatorname{sen} \delta \tan \delta$
 - $d\delta = n \operatorname{cos} \delta$Donde n y m son las constantes de precesión:
 - $n = 1.33589$ s/año (tr)
 - $m = 3.07419$ s/año

El sistema solar

- El sistema solar está compuesto por:
 - Una estrella → Sol
 - 8 planetas:
 - Planetas terrestres: Mercurio, Venus, Tierra, Marte
 - Planetas gigantes o Jovianos: Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno
 - Planetas enanos: Pluton, Ceres, Eris, Makemake, Haumea (+ decenas de candidatos)
 - Asteroides
 - Cometas
 - Medio interplanetario





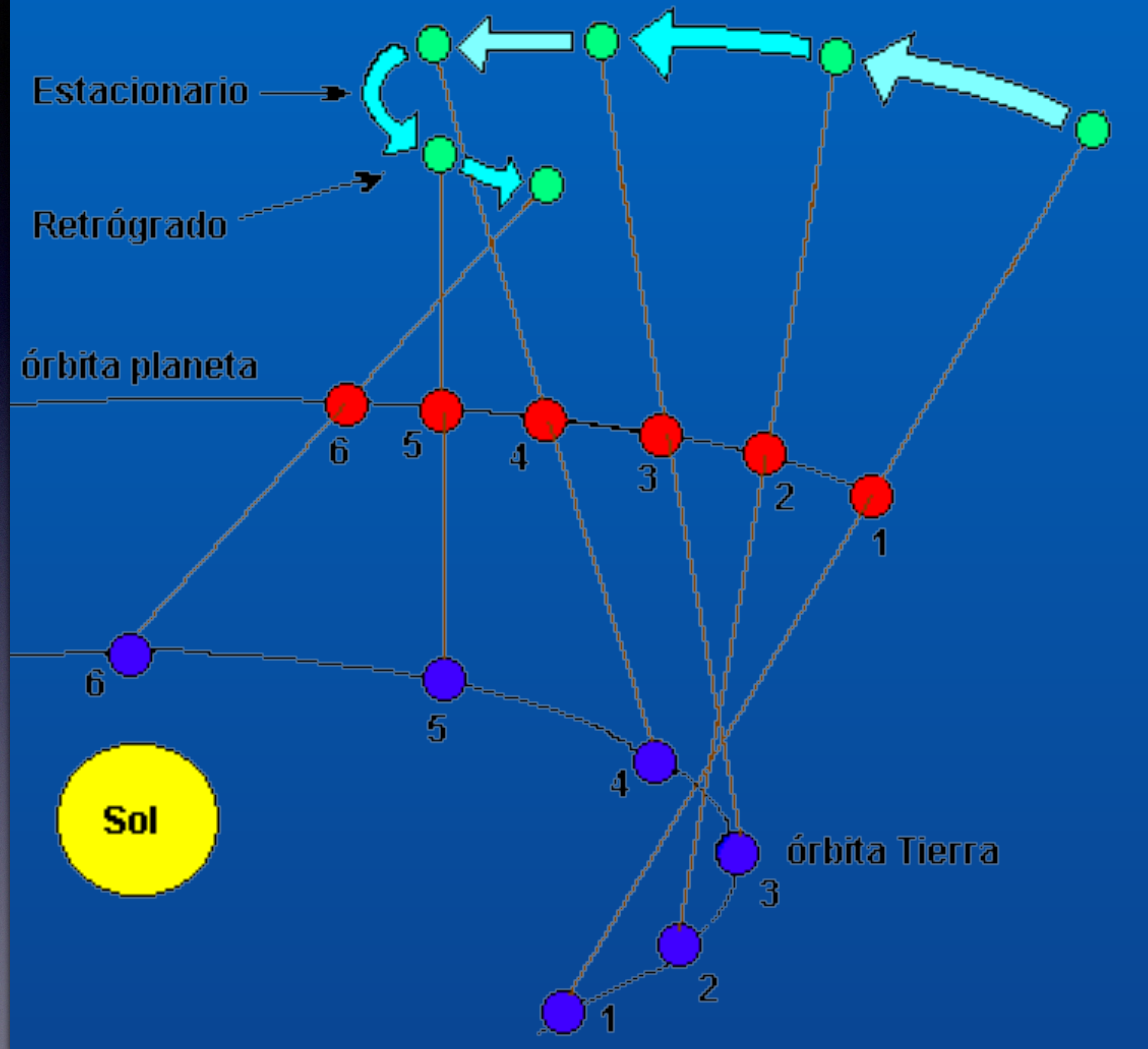


Movimiento planetario

- Los planetas se mueven en el cielo, respecto de las estrellas, de oeste a este → Movimiento directo o prógrado.
- En ocasiones ralentizan su marcha hasta detenerse → Estaciones, Ptos. Estacionarios.
- Durante un periodo breve (respecto de su ciclo sidéreo) se mueven de este a oeste → Movimiento retrógrado
- Tras otra estación, vuelven al movimiento directo.

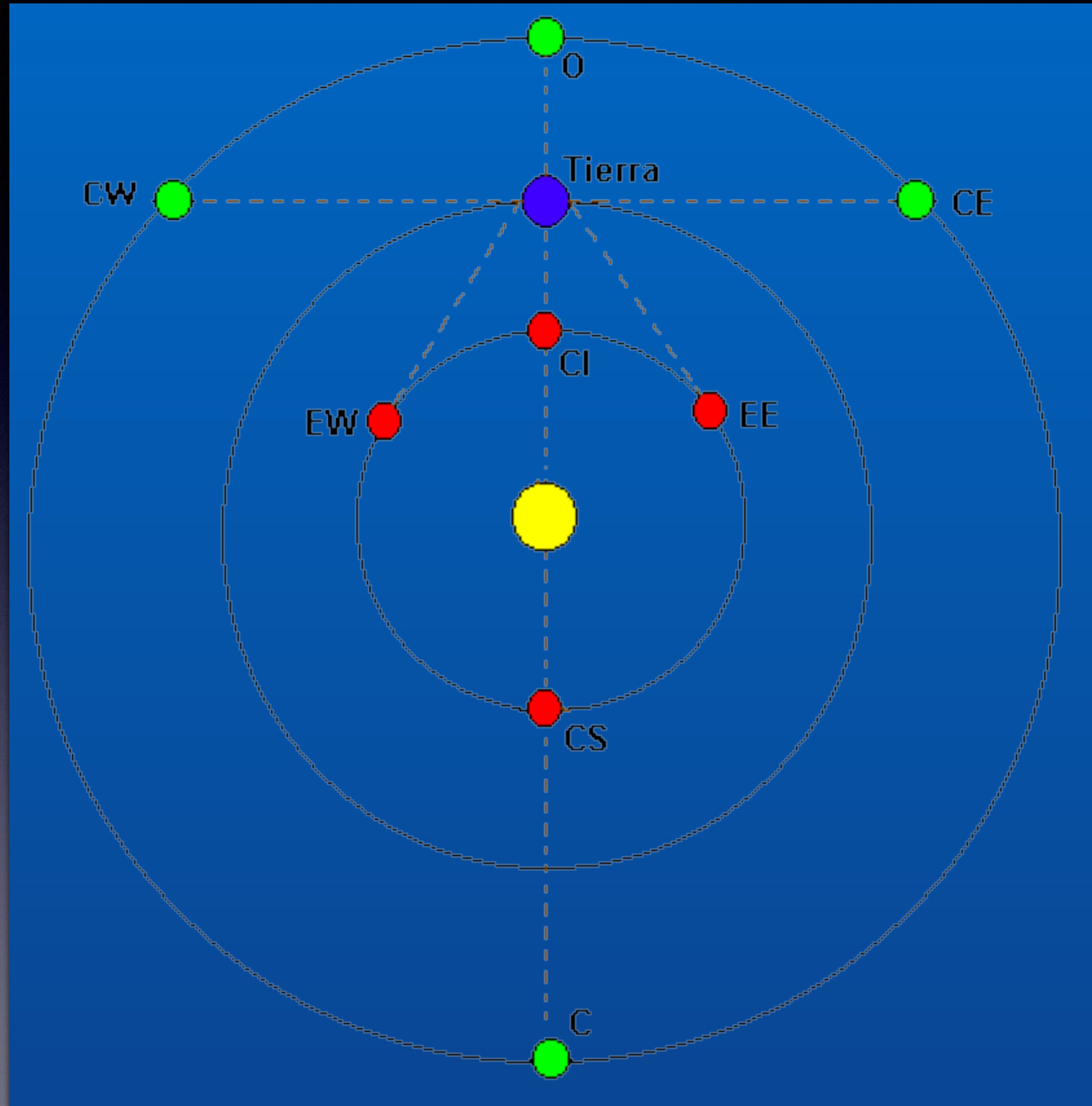


proyección en Esfera Celeste



Configuraciones planetarias

- Para planetas externos:
 - Conjunción → Misma longitud que el sol
 - Oposición → a 180° del sol
 - Cuadratura → a 90° del sol
- Para planetas internos:
 - Conjunción → Misma longitud que el sol
 - Superior: Más lejos que el sol
 - Inferior: Más cerca que el sol
 - Elongación máxima → (28° M y 47° V)
 - Este
 - Oeste:



Periodo sinódico y sidéreo

- El tiempo que tarda un planeta en dar una vuelta completa alrededor del zodiaco → respecto de las estrellas → Periodo sidéreo
- El tiempo que tarda un planeta en repetir una posición respecto al sol (conj, opos, etc) → Periodo sinódico
- Cuando vuelven a encontrarse un planeta interno y uno externo, el interno ha dado una vuelta más que el externo, de modo que:

$$S/P_I = S/P_E + 1$$

S → Sinódico, P → Sidéreo

Planeta interno:

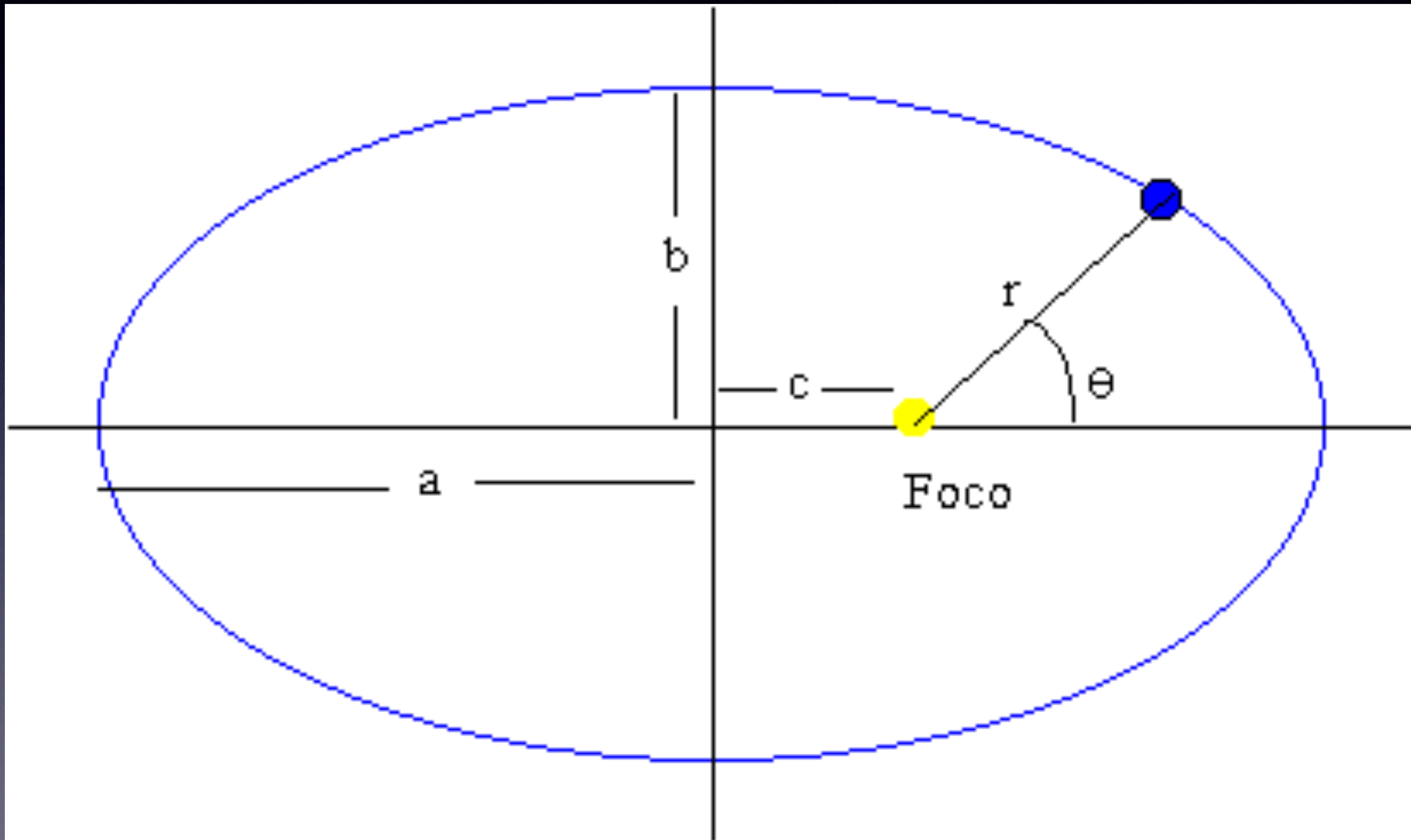
$$P = 1 / (1 + 1/S) \text{ (años)}$$

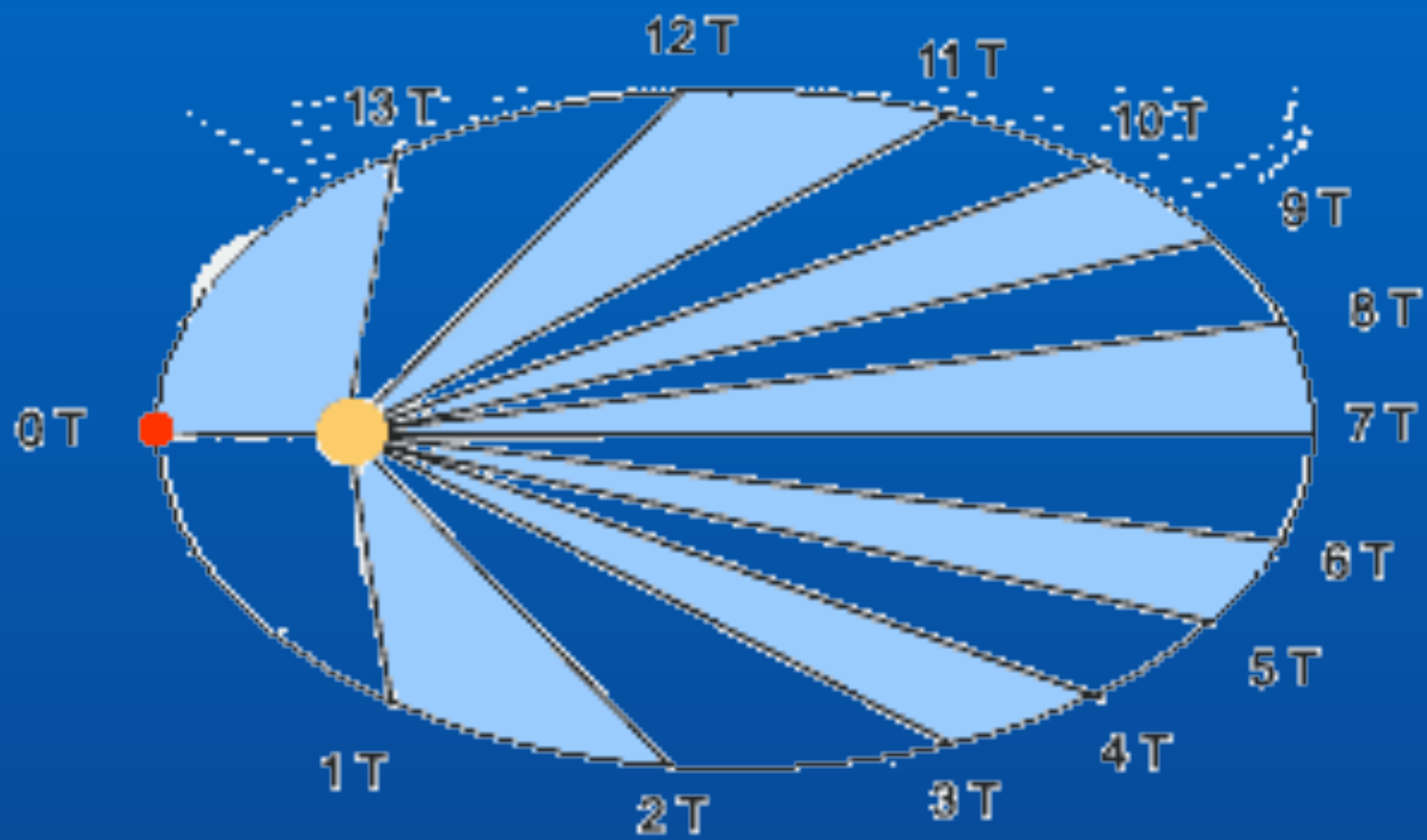
Planeta externo:

$$P = 1 / (1 - 1/S) \text{ (años)}$$

Leyes del movimiento planetario

- Tras dos milenios intentando entender el movimiento planetario, J. Kepler enunciara sus leyes del movimiento planetario a principios del s XVII:
 - 1^a Ley: Ley de las órbitas elípticas
 - 2^a Ley: Ley de las áreas
 - 3^a Ley: Ley armónica





$T = \text{any unit of time (hour, day, week, etc.)}$

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

