

Astrofísica - I Introducción



2 - La Esfera Celeste

Astrofísica - I Introducción

2 - La Esfera Celeste

- Astronomía de posición
- Sistema de coordenadas horizontales
- Movimiento diurno de las estrellas
- Sistema de coordenadas ecuatoriales
- Movimiento aparente del Sol
- Tiempo solar y tiempo sidéreo
- Precesión
- Sistema de coordenadas galácticas
- Movimiento de los planetas en la esfera celeste

Astronomía de posición

Estudio de las posiciones de los astros en el cielo y de como varían éstas con el tiempo

Para estudiar las posiciones se definirán diferentes sistemas de coordenadas, basados en la dirección en que se observan, no las distancias

Las posiciones podrán variar, principalmente, por:

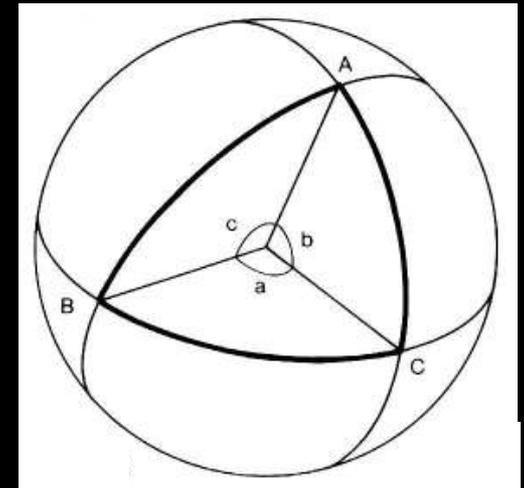
- Rotación de la Tierra (**movimiento diurno**)
- Traslación de la Tierra alrededor de Sol (**movimiento anual**)
- Rotación lenta del eje de la Tierra (**precesión**)
- Movimientos reales de las estrellas (**movimiento propio**)

Las coordenadas de los objetos deben ser precisas

Fundamental para planear y realizar observaciones astronómicas

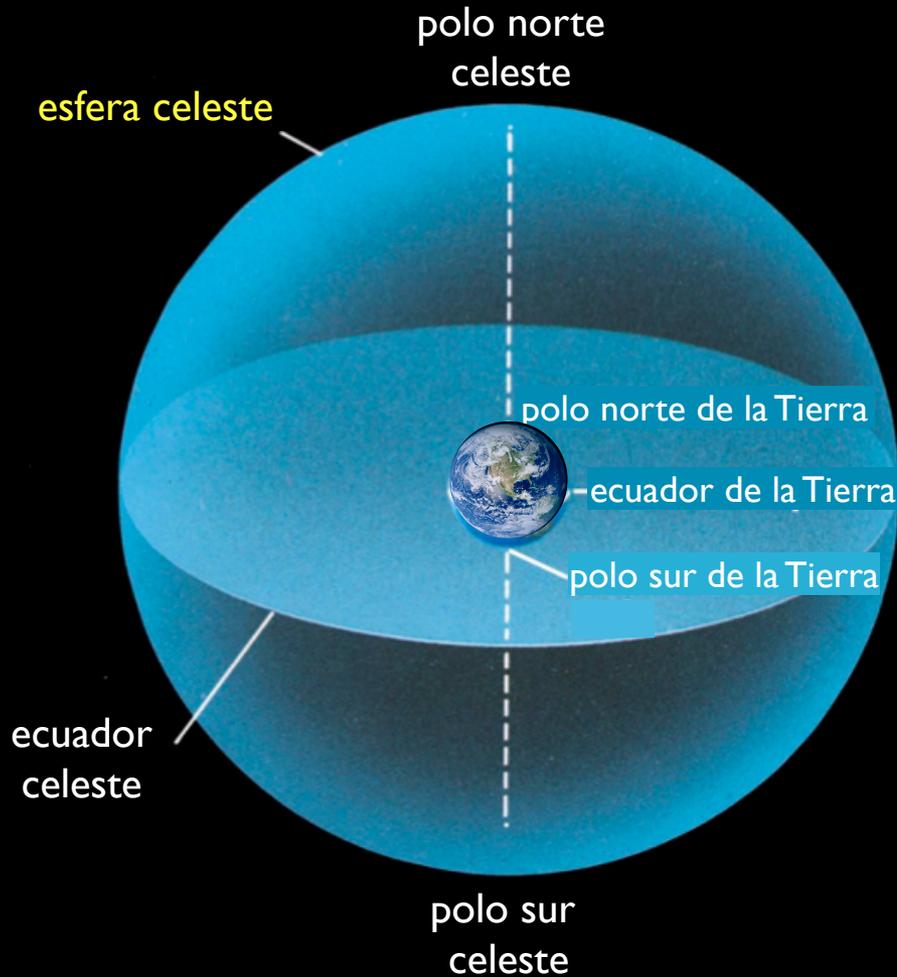
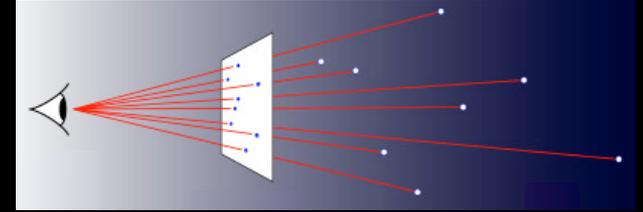
Importante para: calendario, catálogos de objetos, escala de distancias, estudios de cinemática y estructura de la Galaxia y distribuciones a gran escala

Para cambiar de unos sistemas de coordenadas a otros se aplica la trigonometría esférica (triángulos sobre una esfera) (ver ej. *Textbook on Spherical Astronomy*, W.M. Smart)



La esfera celeste

Aunque los diferentes astros no están a la misma distancia de la Tierra, para estudiar su posición los consideraremos proyectados sobre una **esfera celeste**



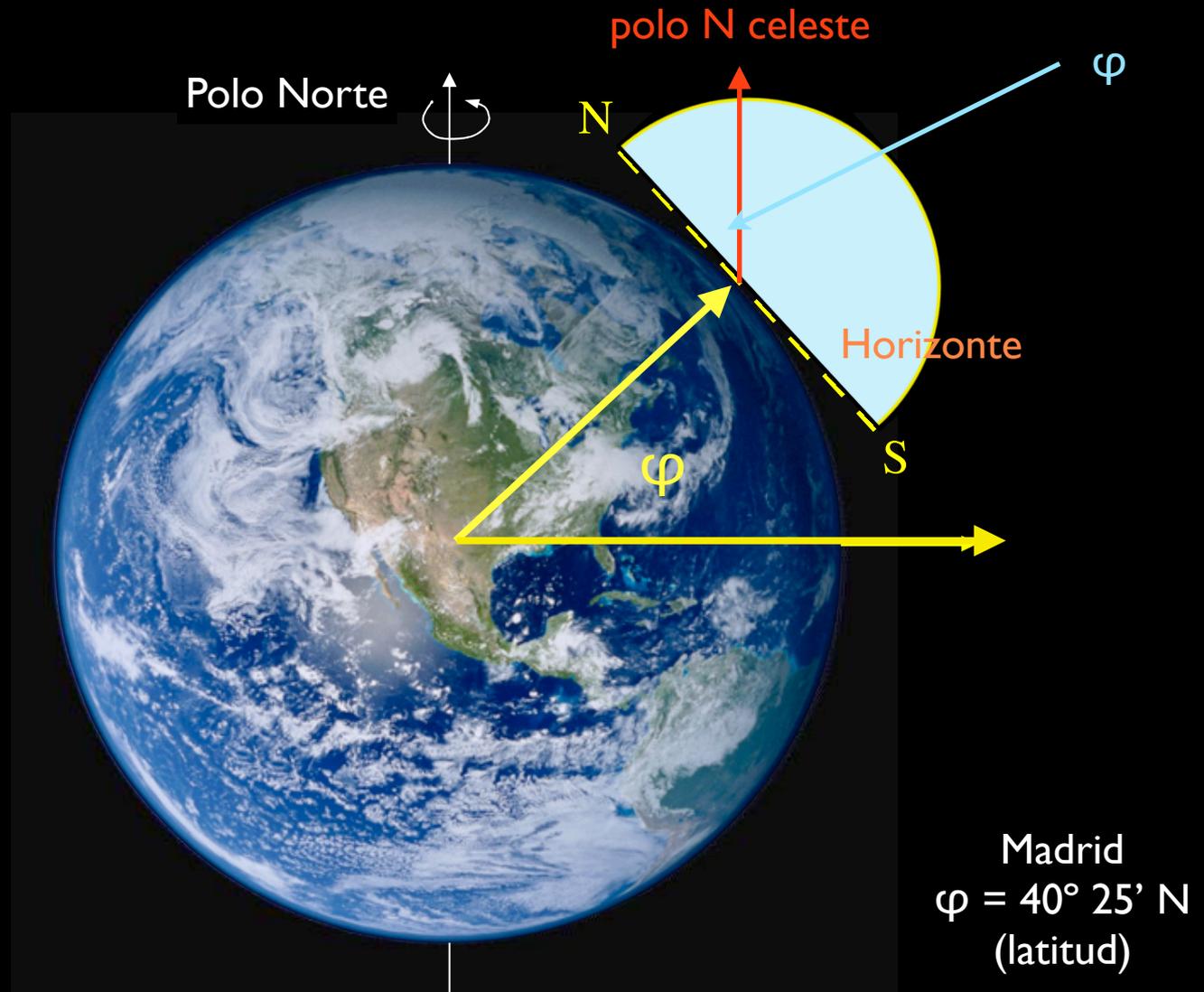
Esfera imaginaria centrada en la Tierra, con el polo norte en la misma dirección que el polo norte terrestre

Los polos y el ecuador terrestre se proyectan en los polos y el ecuador de la esfera celeste

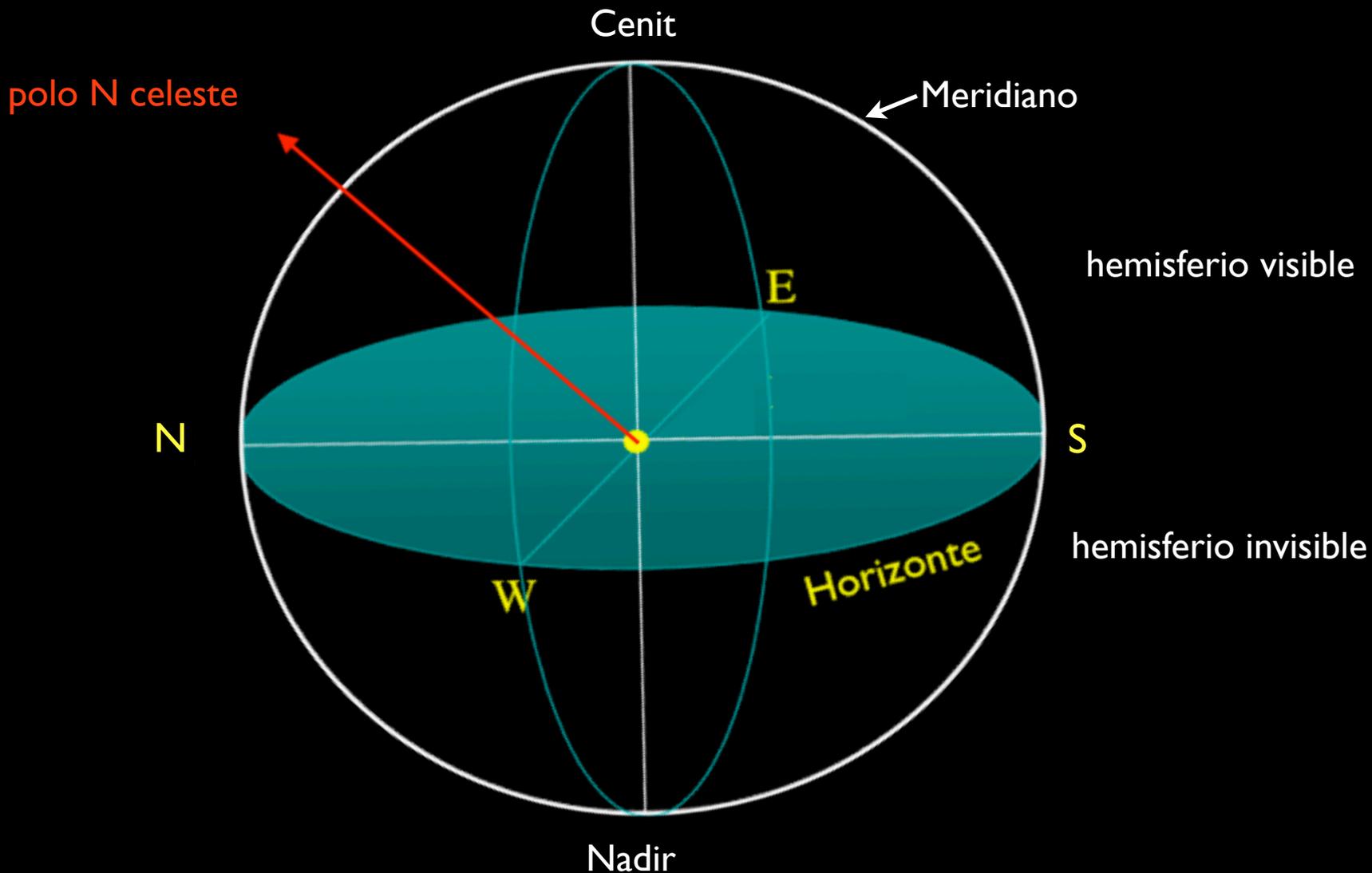
Concepto útil para situar los astros en el cielo y visualizar sus movimientos

Respecto a la Tierra, la esfera celeste gira una vez cada 24 horas (movimiento diurno)

Sistema de coordenadas horizontales (altacimutal)

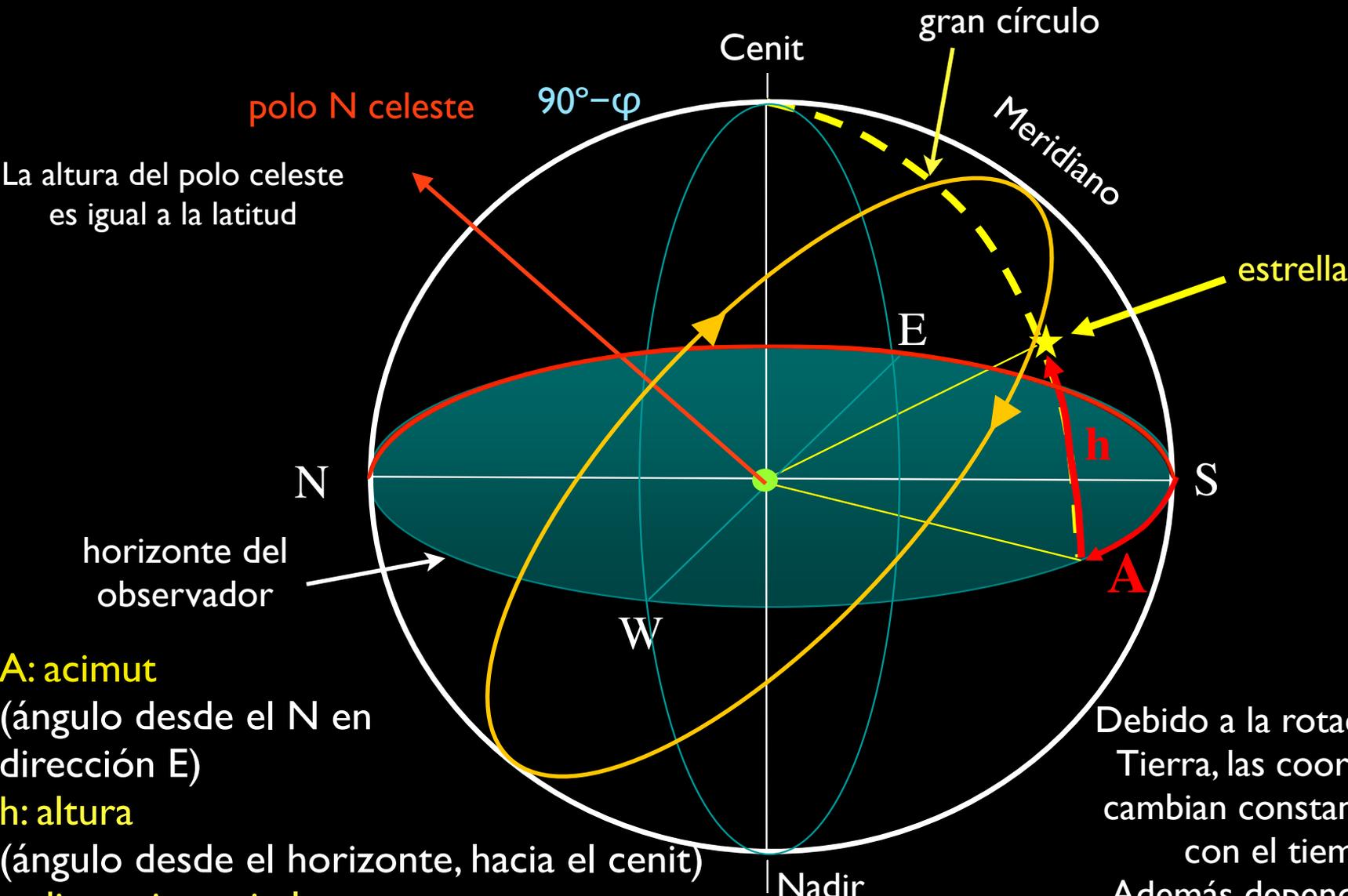


Sistema de coordenadas horizontales (altacimutal)



El meridiano es el círculo que pasa por el cenit, nadir, N y S

Sistema de coordenadas horizontales (altacimutal)

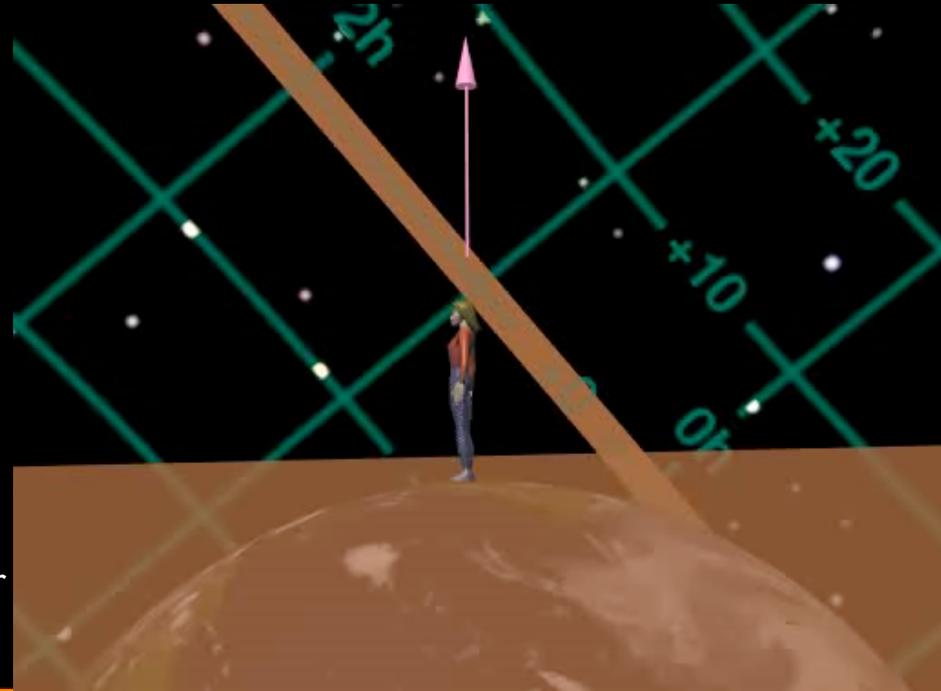
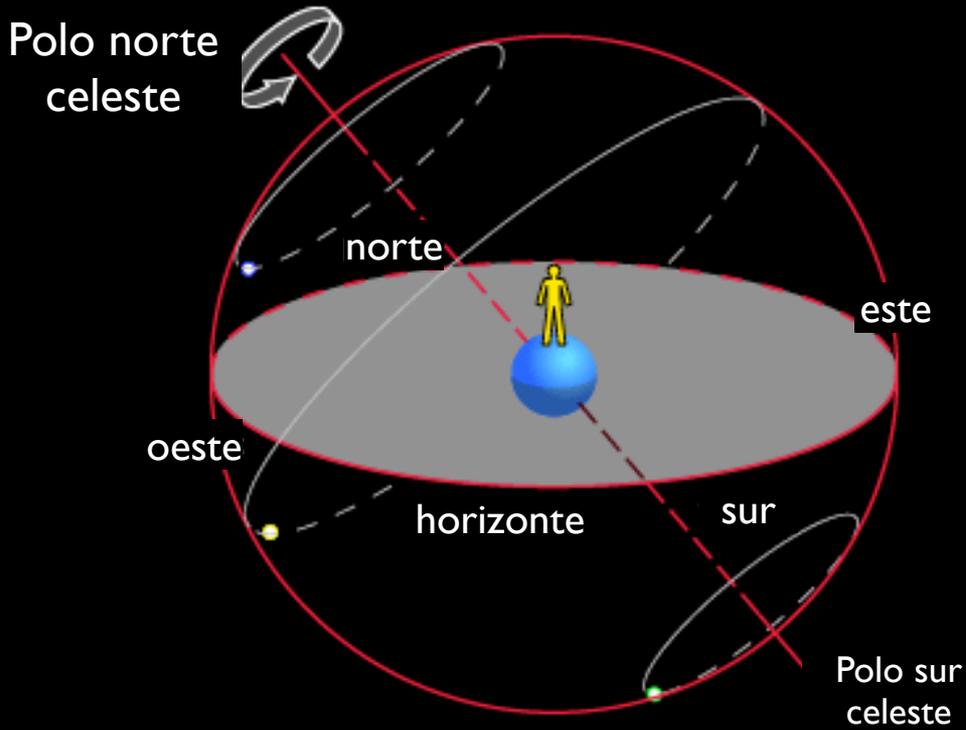


La altura del polo celeste es igual a la latitud

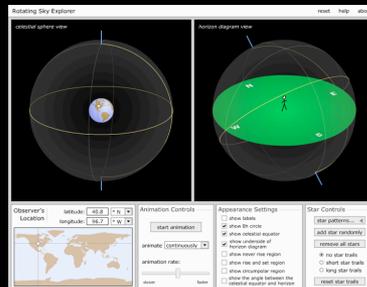
- A: acimut**
(ángulo desde el N en dirección E)
- h: altura**
(ángulo desde el horizonte, hacia el cenit)
- z: distancia cenital**
(ángulo desde el cenit al objeto; $z = 90^\circ - h$)

Debido a la rotación de la Tierra, las coordenadas cambian constantemente con el tiempo. Además dependen de la latitud del observador

Movimiento diurno de las estrellas



Movimiento diurno de las estrellas



simulación

Movimiento diurno de las estrellas



estrellas circumpolares

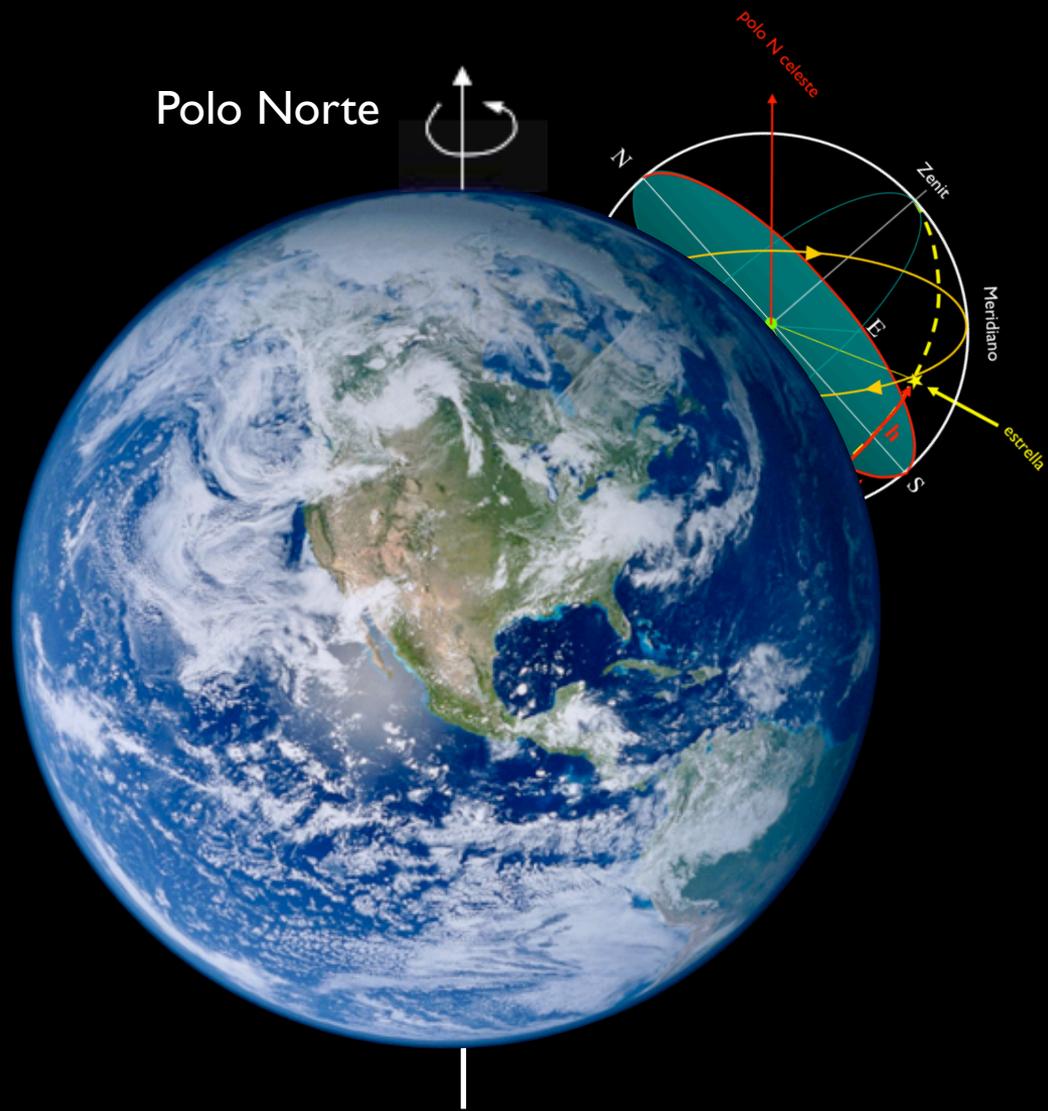


W

N

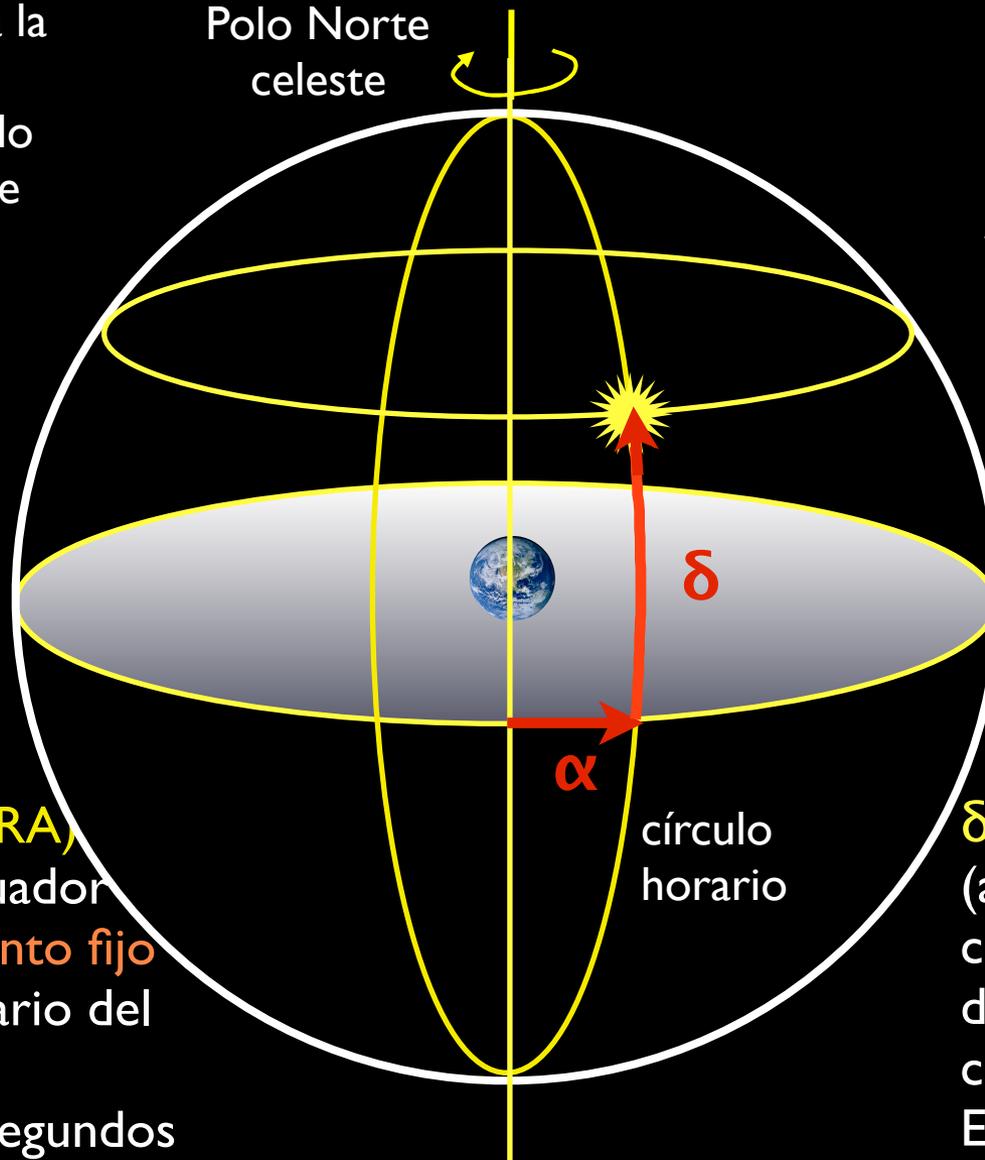
E

S



Coordenadas ecuatoriales

Sistema equivalente a la latitud-longitud terrestre, pero medido sobre la esfera celeste y moviéndose con la rotación de ésta

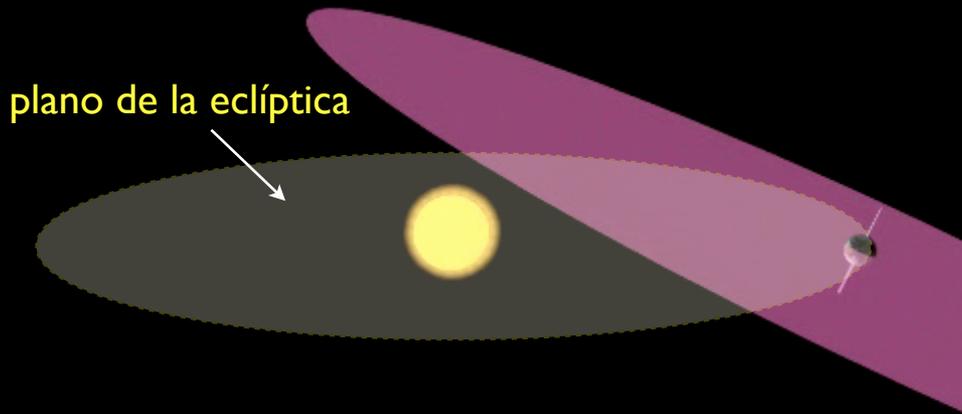


Las coordenadas ecuatoriales son independientes de la posición del observador y no están afectadas por el movimiento o la rotación de la Tierra. Permanecen ~constantes para cada estrella

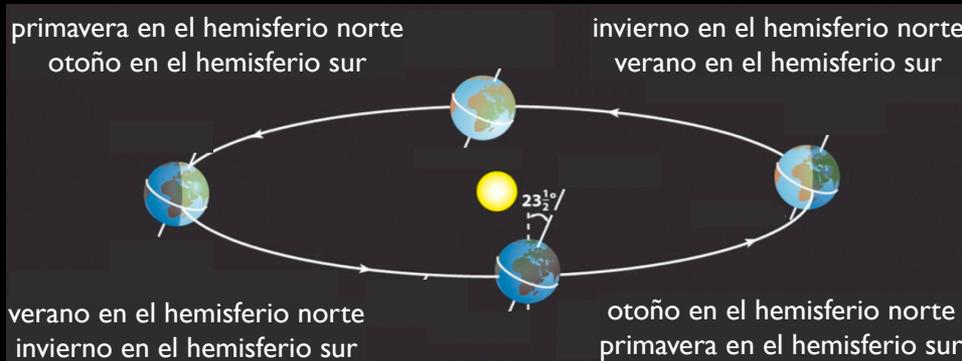
α : **ascensión recta (RA)**
(ángulo sobre el ecuador celeste desde un **punto fijo** hasta el círculo horario del objeto)
En horas, minutos, segundos
(24h = 360°)

δ : **declinación (Dec)**
(ángulo sobre el círculo horario medido desde el ecuador celeste)
En grados
De +90° a -90°

Movimiento aparente del Sol



El eje de rotación de la Tierra está inclinado 23.5° respecto a la perpendicular a su órbita → el ecuador de la esfera celeste está inclinado 23.5° respecto al plano de la eclíptica

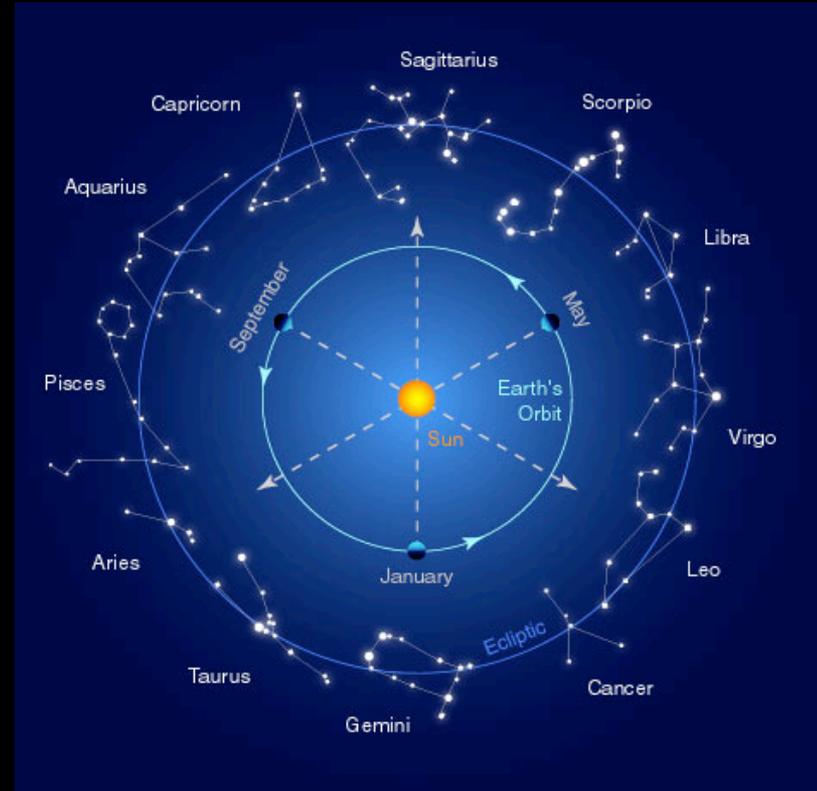
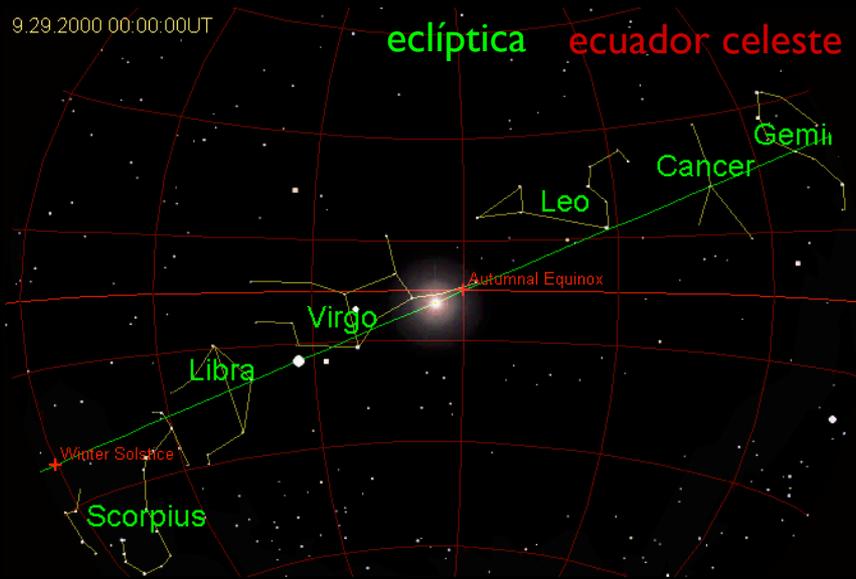


Origen de las estaciones

A lo largo del año el Sol se va moviendo a lo largo de la esfera celeste

Movimiento aparente del Sol

A lo largo del año el Sol se va moviendo a lo largo de la esfera celeste, recorriendo, de Oeste a Este, las constelaciones de la **eclíptica** (zodiaco)



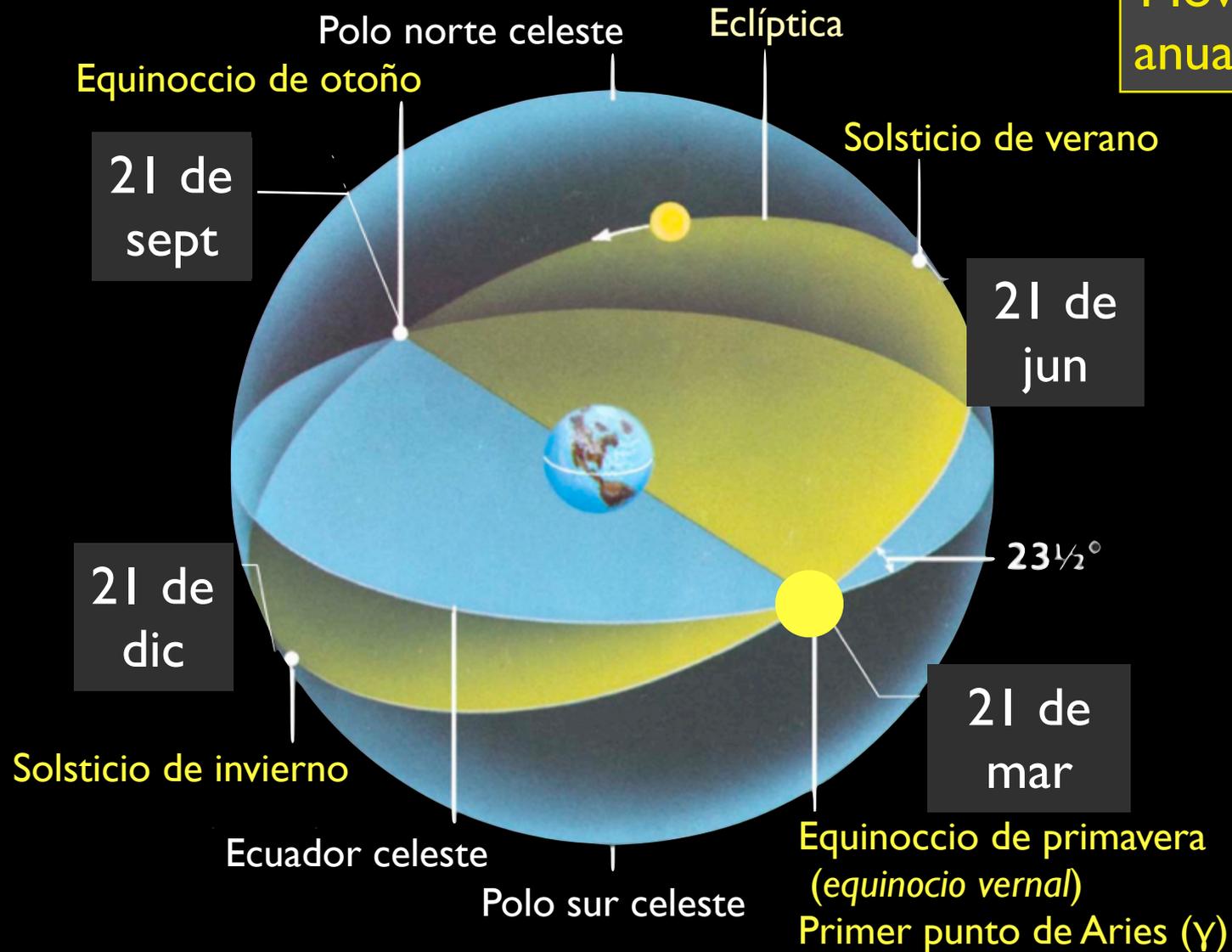
Capricornio 19 ene - 15 feb
 Acuario 16 feb - 11 mar
 Piscis 12 mar - 18 abr
 Aries 19 abr - 13 may

Tauro 14 may - 19 jun
 Géminis 20 jun - 20 jul
 Cáncer 21 jul - 9 ago
 Leo 10 ago - 15 sep

Virgo 16 sep - 30 oct
 Libra 31 oct - 22 nov
 Escorpio 23 nov - 29 nov
 Ofiuco 30 nov - 17 dic
 Sagitario 18 dic - 18 ene

El Sol sobre la esfera celeste

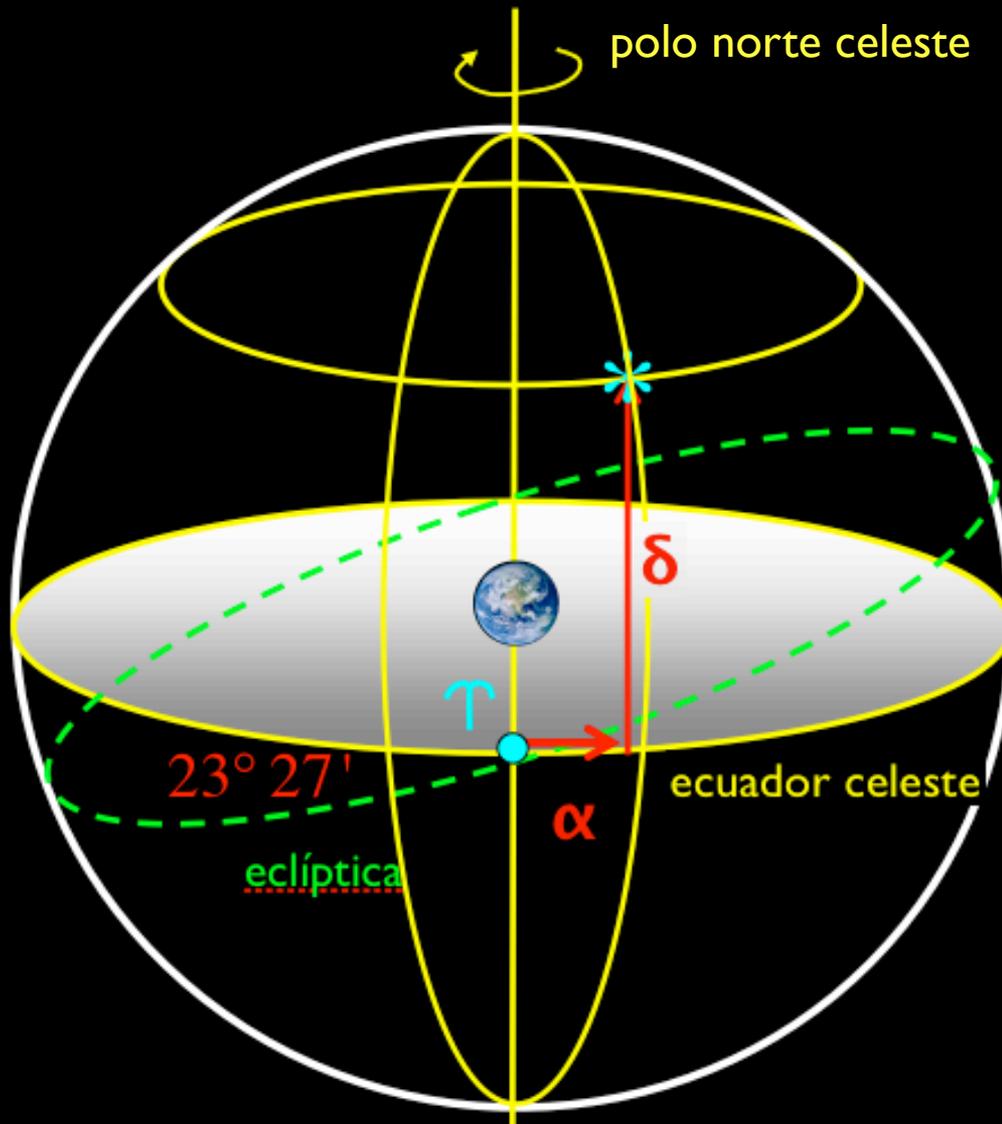
Movimiento
anual del Sol



Las intersecciones de la eclíptica y el ecuador celeste marcan los equinoccios y los solsticios

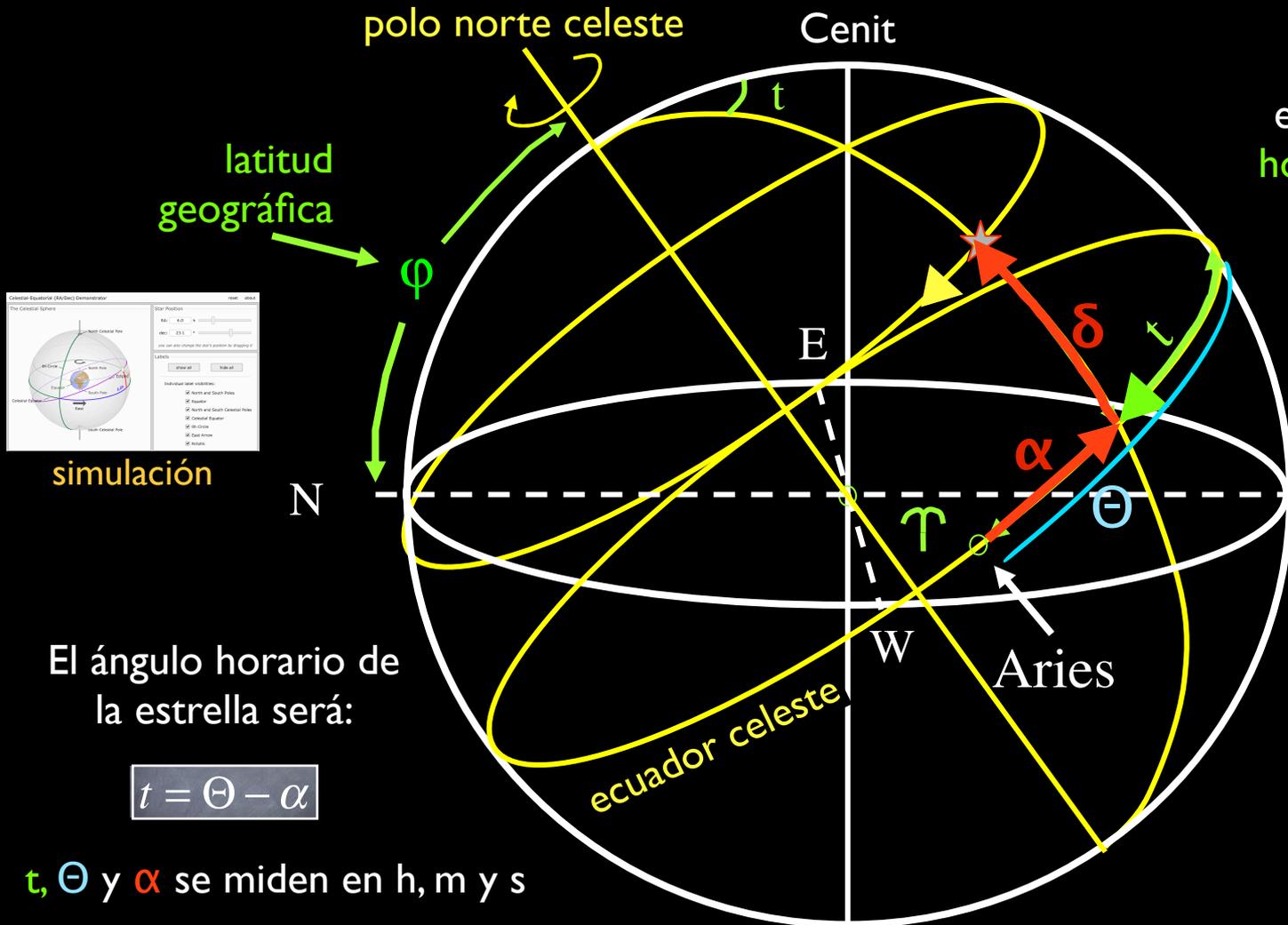
Coordenadas ecuatoriales

El punto Aries es el punto fijo del ecuador celeste desde el que se mide la ascensión recta



Coordenadas ecuatoriales

Desde el punto de vista del observador el punto Aries gira con la esfera celeste



Para determinar la posición local de una estrella se usa el **ángulo horario t** (medido sobre el ecuador desde el meridiano S). Va aumentando con el tiempo durante la noche

S α : ascensión recta (no varía)

El ángulo horario de la estrella será:

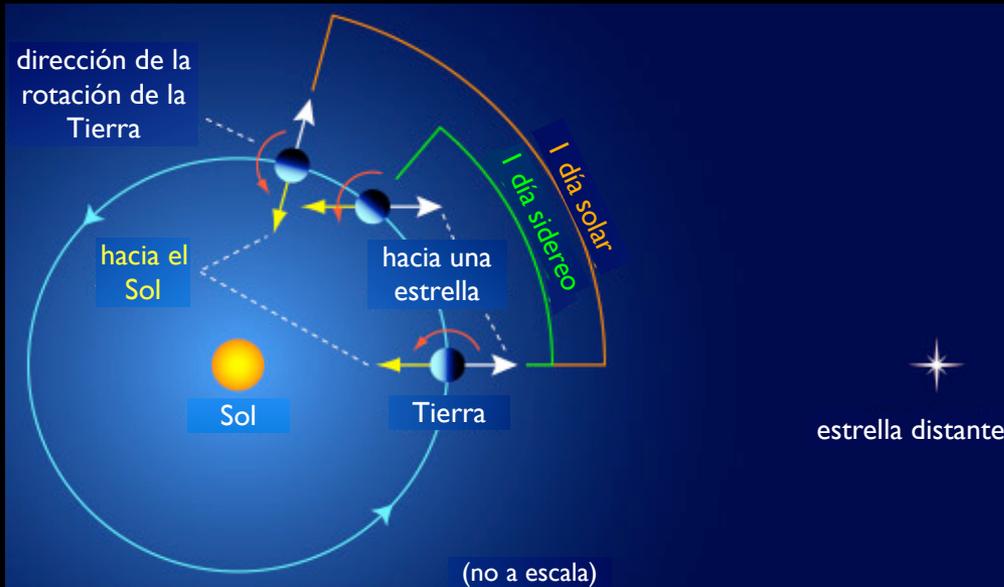
$$t = \Theta - \alpha$$

t , Θ y α se miden en h, m y s

Se define el **tiempo sidereo local Θ** como el ángulo horario del punto Aries

El tiempo sidereo se puede medir a partir de ángulo horario de una estrella con R.A. conocida

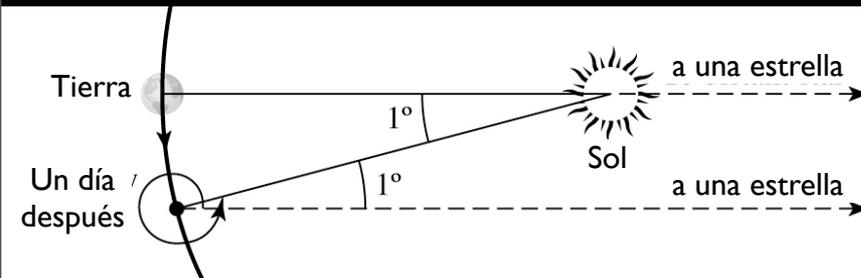
Tiempo solar y tiempo sidereo



Diferentes maneras de medir el tiempo:
1) rotación de la Tierra o 2) movimiento alrededor del Sol

1) **día sidereo**: tiempo entre dos culminaciones sucesivas del punto Aries (tiempo para que las estrellas estén en la misma posición)

2) **día solar**: tiempo entre dos pasos sucesivos del Sol por el meridiano (24h)



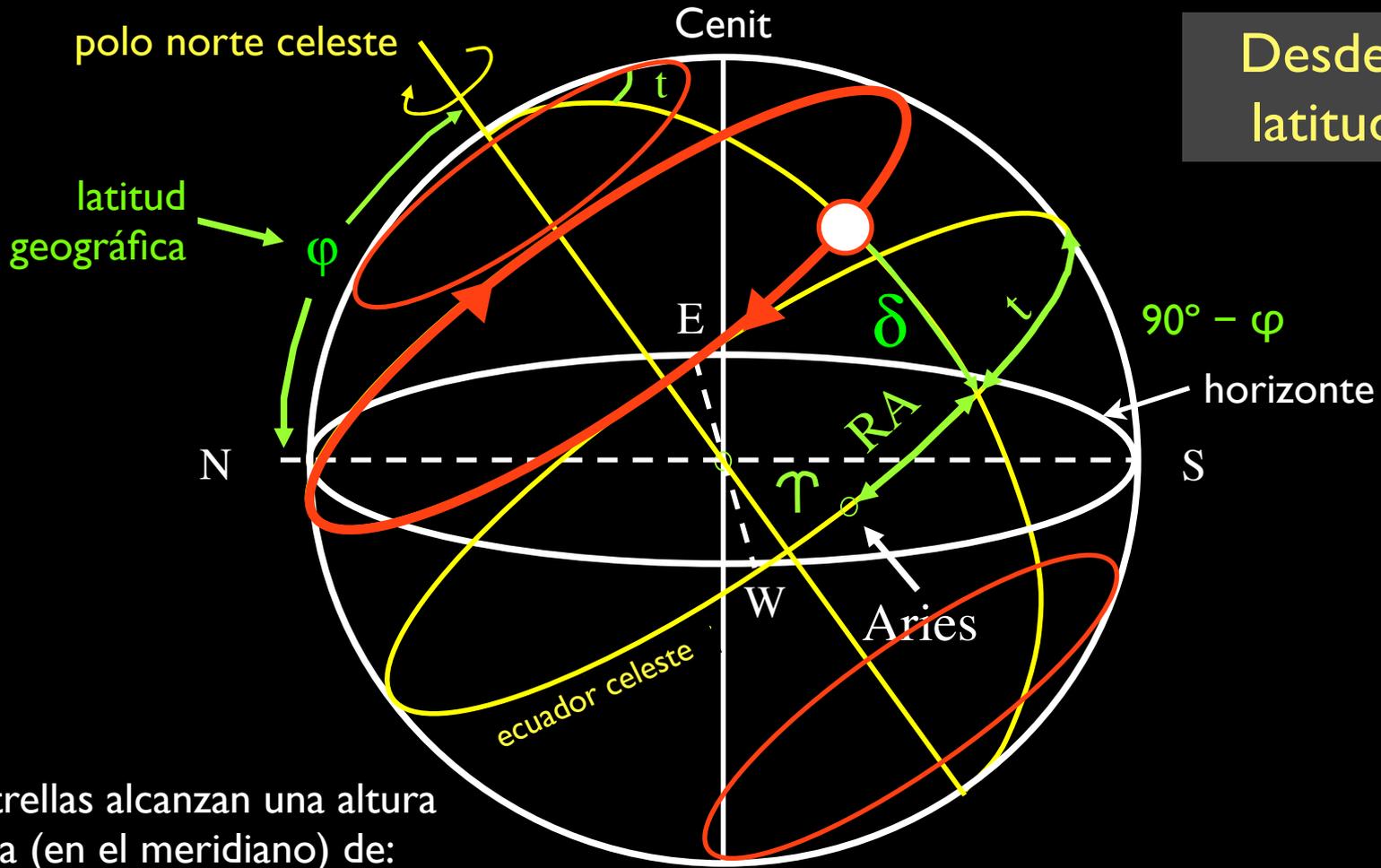
Debido al movimiento de la Tierra en su órbita, para que transcurra un día solar la Tierra debe rotar $\sim 361^\circ$ ($365 \text{ días}/360^\circ$) \rightarrow un día sidereo (360°) es más corto (por $3\text{m } 57\text{s} = 24\text{h}/365$) que un día solar

24h tiempo solar = 24h 3m 57s de tiempo sidereo (el reloj sidereo avanza más rápido)

El número de días sidereos en un año es 1 más (366) que de días solares (365)

Las estrellas salen cada noche casi 4 minutos antes \rightarrow A lo largo del año diferentes regiones del cielo nocturno son visibles.

Movimiento diario de las estrellas



Desde una latitud φ

Las estrellas alcanzan una altura máxima (en el meridiano) de:

$$h_{\max} = 90^\circ - |\varphi - \delta|$$

y una altura mínima de:

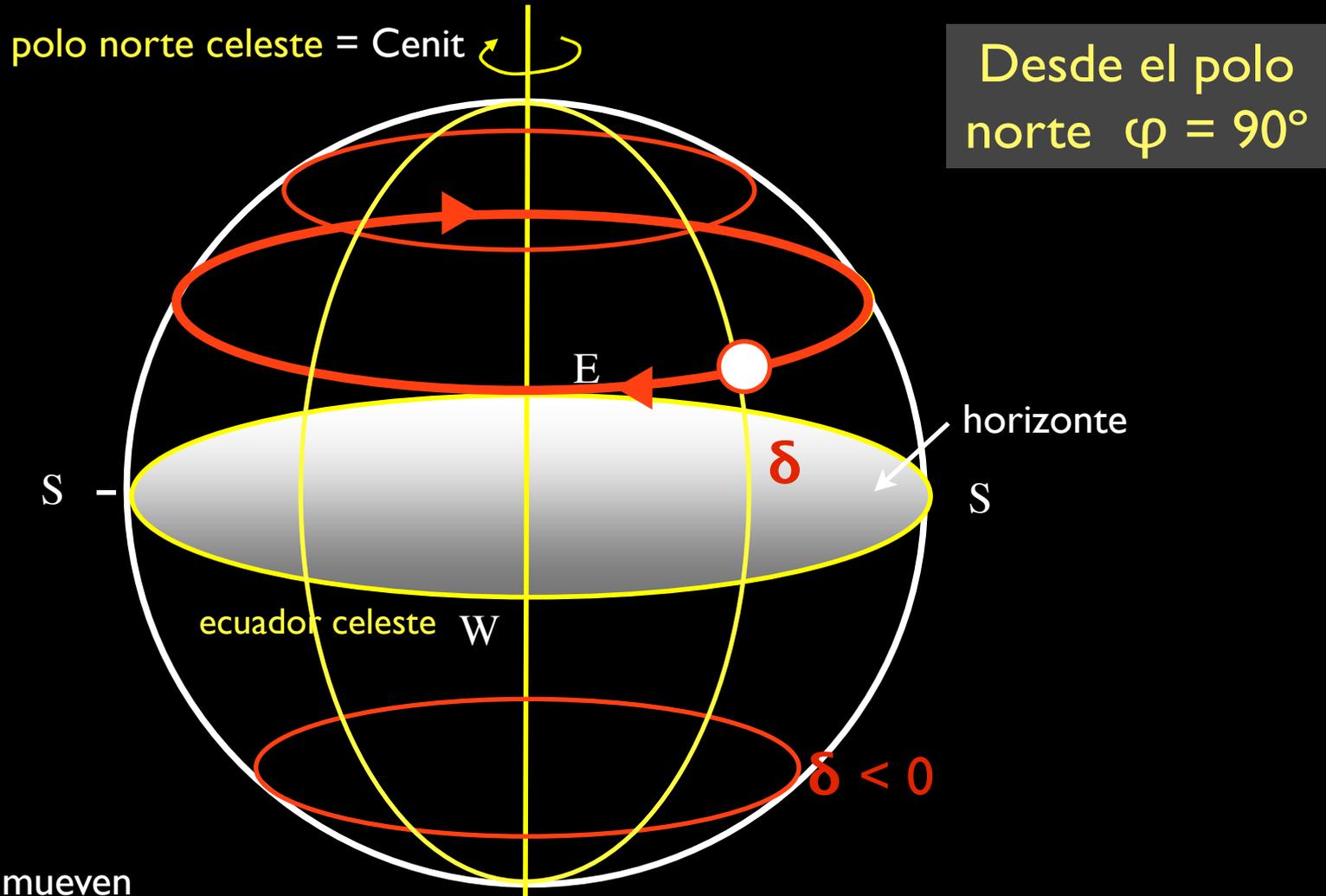
$$h_{\min} = -90^\circ + |\varphi + \delta|$$

Si $h_{\min} > 0$ las estrellas son circumpolares $\rightarrow \delta > 90^\circ - \varphi$

Si $h_{\max} < 0$ las estrellas nunca son visibles $\rightarrow \delta < \varphi - 90^\circ$

Desde Madrid, el 88% del cielo es visible

Movimiento diurno de las estrellas



Las estrellas se mueven manteniendo una altura constante de:

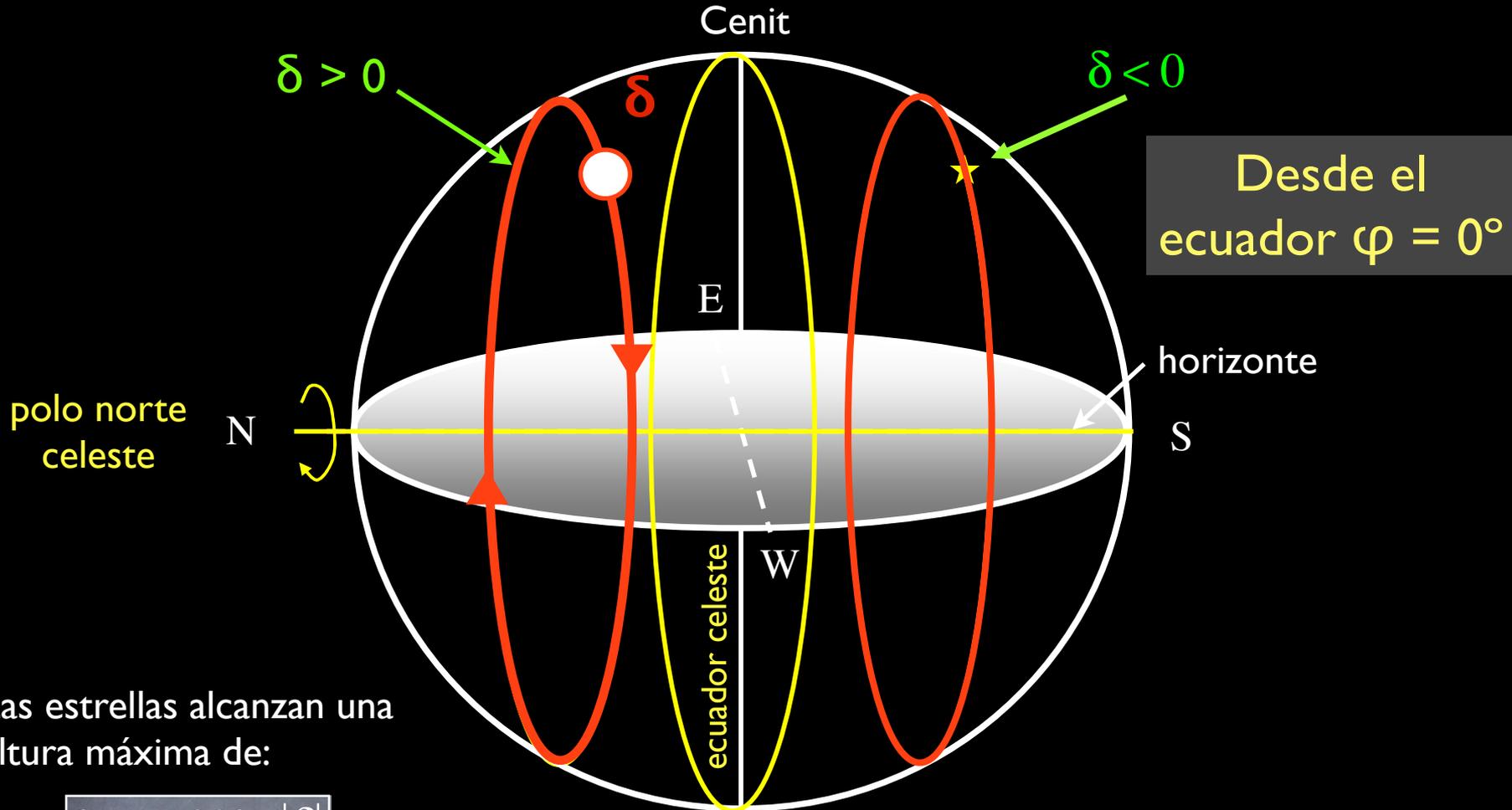
$$h_{\max} = h_{\min} = \delta$$

Todas las estrellas visibles son circumpolares

Las estrellas con declinaciones negativas nunca son visibles

Sólo el 50% del cielo es visible

Movimiento diurno de las estrellas



Las estrellas alcanzan una altura máxima de:

$$h_{\max} = 90^\circ - |\delta|$$

y una altura mínima de:

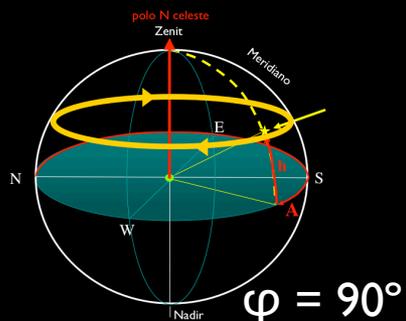
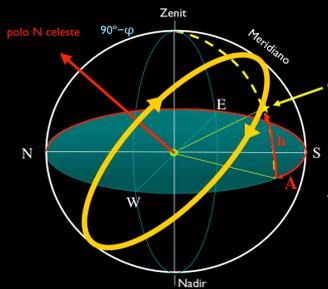
$$h_{\min} = |\delta| - 90^\circ$$

No hay estrellas circumpolares

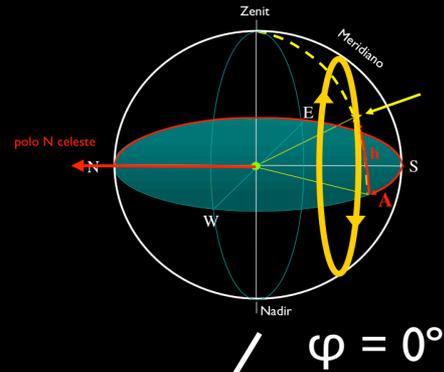
Todas las estrellas son visibles

El 100% del cielo es visible

Movimiento diurno de las estrellas



Dependencia de la posición del observador



Viewing from North Pole
2001/1/10 6:33:00 PM (Local)

desde el polo



Viewing from Quito, Ecuador
2001/1/9 7:33:00 PM (Local)

desde el ecuador



<http://catserver.ing.iac.es/staralt/index.php>

Movimiento diario de las estrellas



ISAAC NEWTON GROUP OF TELESCOPES

LA PALMA

[About ING](#) | [Astronomy](#) | [Developments](#) | [Public Information](#) | Search:

Home > Astronomy > Object Visibility

Object Visibility – STARALT

Staralt is a program that shows the observability of objects in various ways: either you can plot altitude against time for a particular night (**Staralt**), or plot the path of your objects across the sky for a particular night (**Startrack**), or plot how altitude changes over a year (**Starobs**), or get a table with the best observing date for each object (**Starmult**). Please note that at the INT the lowest altitude limit depends on target's declination, see this plot of the [INT pointing range \(lowest altitude vs. declination\)](#). For further information, click on the "help" button at the bottom of the page.

Mode

Night or date when the night starts. *Staralt, Startrack only.*

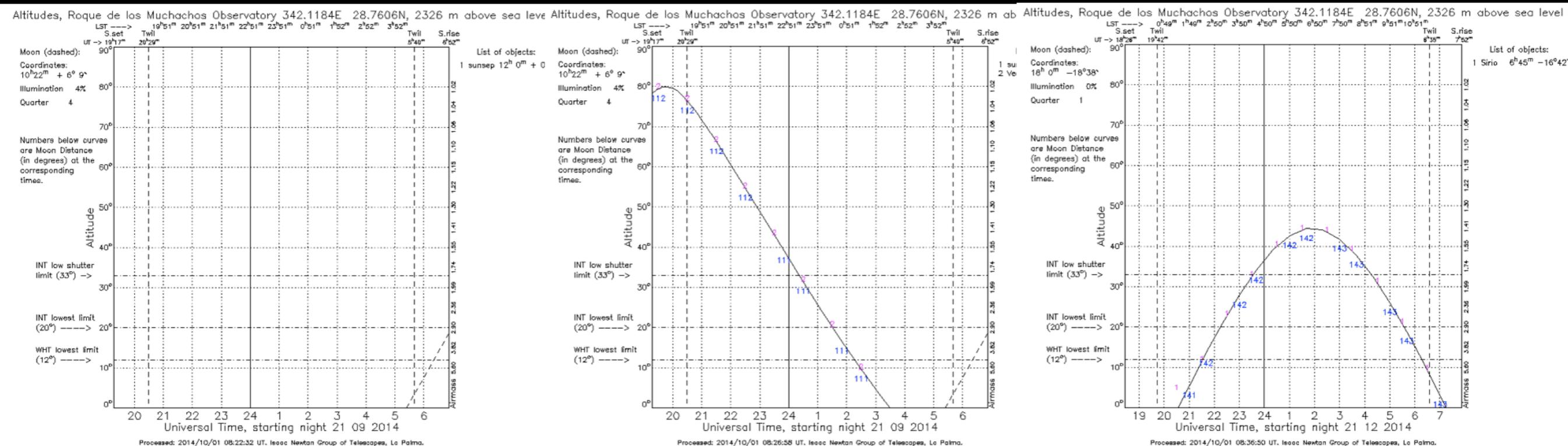
Observatory or specify own site with this format:
 East_Longitude(deg) Latitude(deg) [Altitude(m)] [UTC time offset(h)]
 Ex.: 289.2767 -30.2283 2725 -4

Available formats: [name] hh mm ss +dd mm ss ; [name] hh:mm:ss +dd:mm:ss ;

Visibilidad del Sol en el equinoccio de otoño

Visibilidad de Vega el 1-octubre-2014

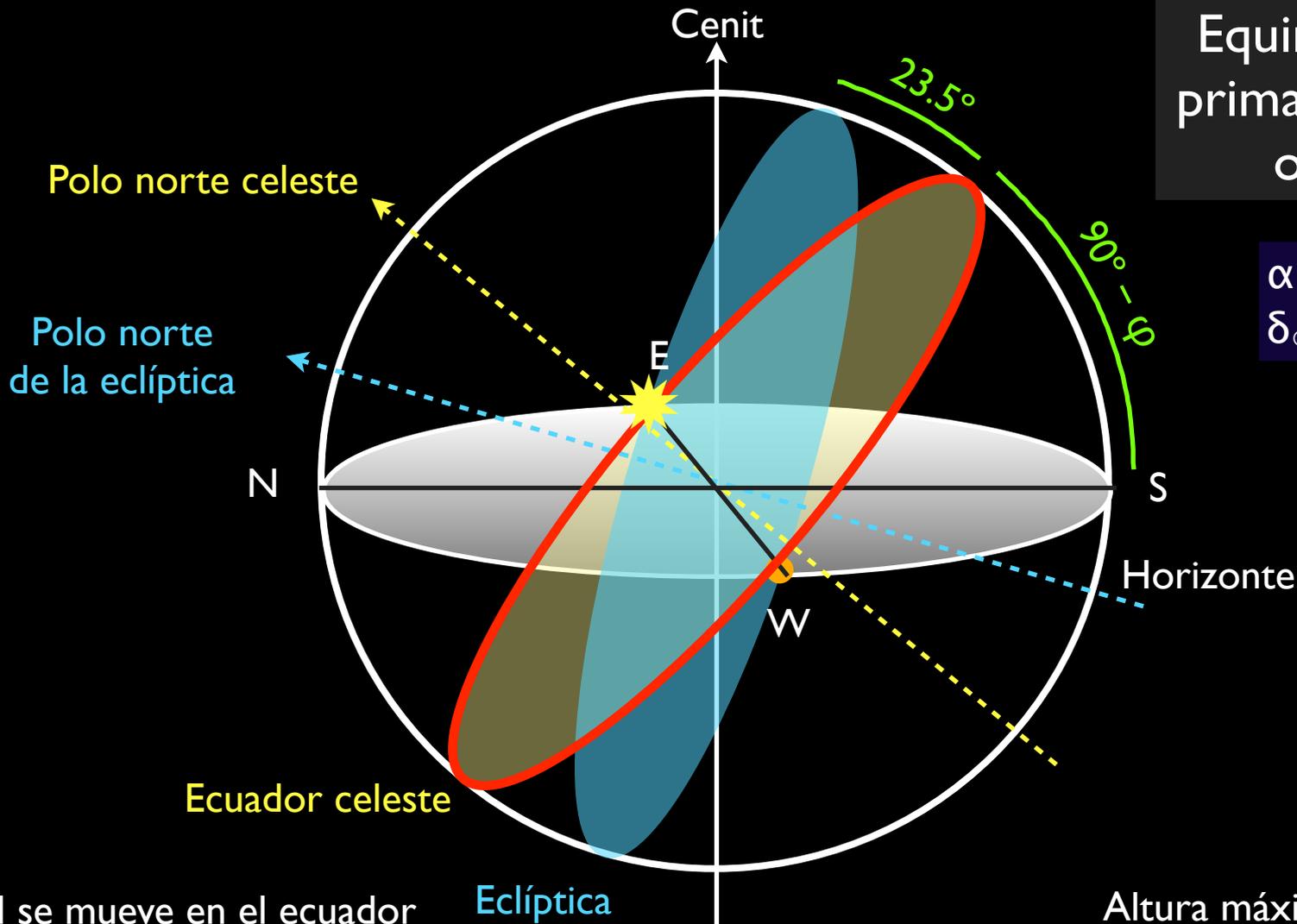
Visibilidad de Sirio el 1-diciembre-2014



Movimiento aparente del Sol

Equinocio de primavera y de otoño

$$\alpha_{\odot} = 0\text{h} \text{ ó } 12\text{h}$$
$$\delta_{\odot} = 0^{\circ}$$



El Sol se mueve en el ecuador celeste

Sale por el E y se pone por el W

Duración del día = noche

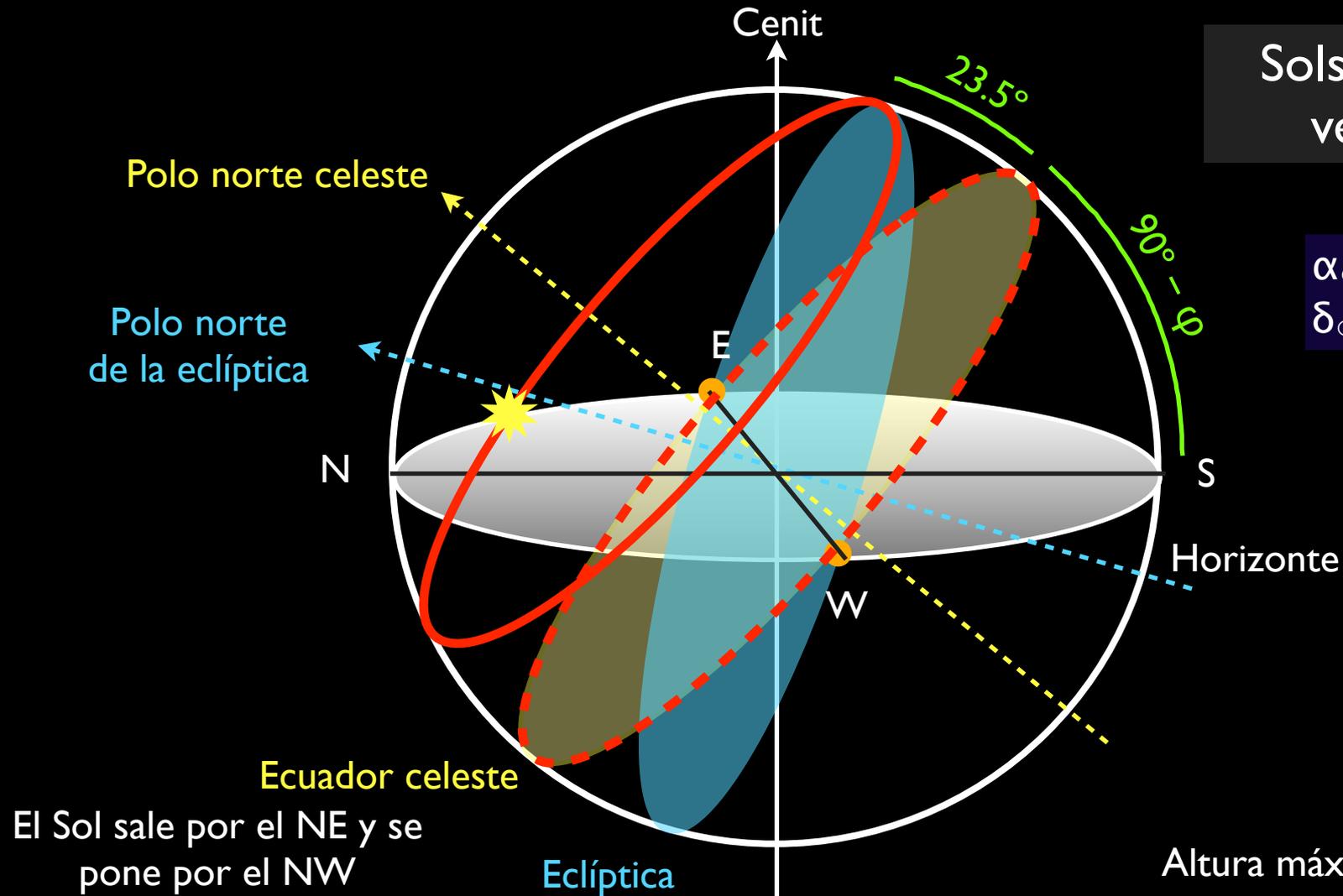
El Sol pasa por el cenit en el ecuador

Altura máxima del Sol:

$$h_{\max} = 90^{\circ} - \varphi$$

(50° en Madrid)

Movimiento aparente del Sol



Solsticio de verano

$$\alpha_{\odot} = 6h$$
$$\delta_{\odot} = 23.5^{\circ}$$

El Sol sale por el NE y se pone por el NW
Duración del día > noche

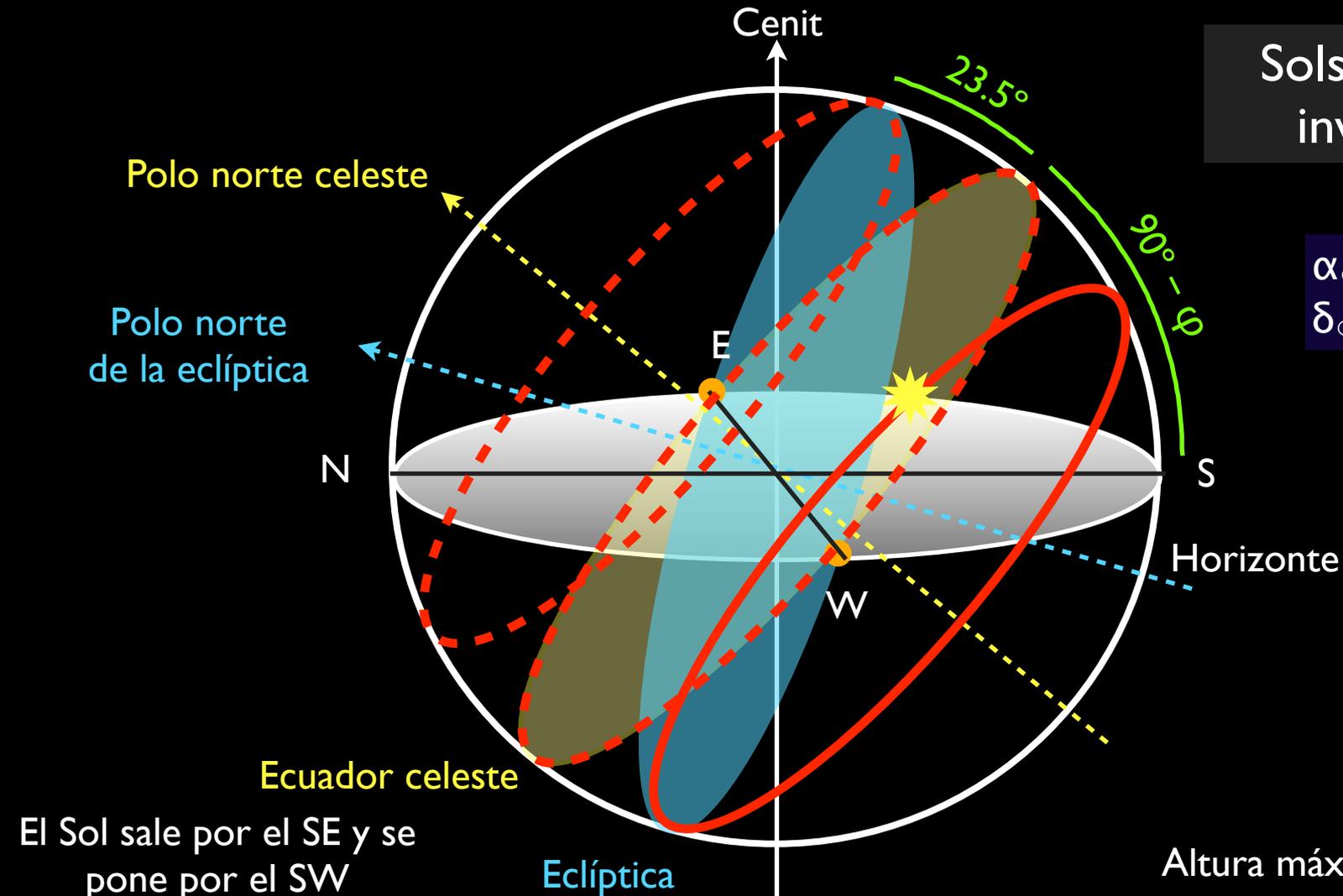
Si $\varphi > 66.5^{\circ}$ (círculo polar) el Sol no se pone
El Sol pasa por el cenit en el trópico de Cáncer

Altura máxima del Sol:

$$h_{\max} = 90^{\circ} - |\varphi - 23.5|$$

(73.5° en Madrid)

Movimiento aparente del Sol



Solsticio de invierno

$$\alpha_{\odot} = 18\text{h}$$

$$\delta_{\odot} = -23.5^{\circ}$$

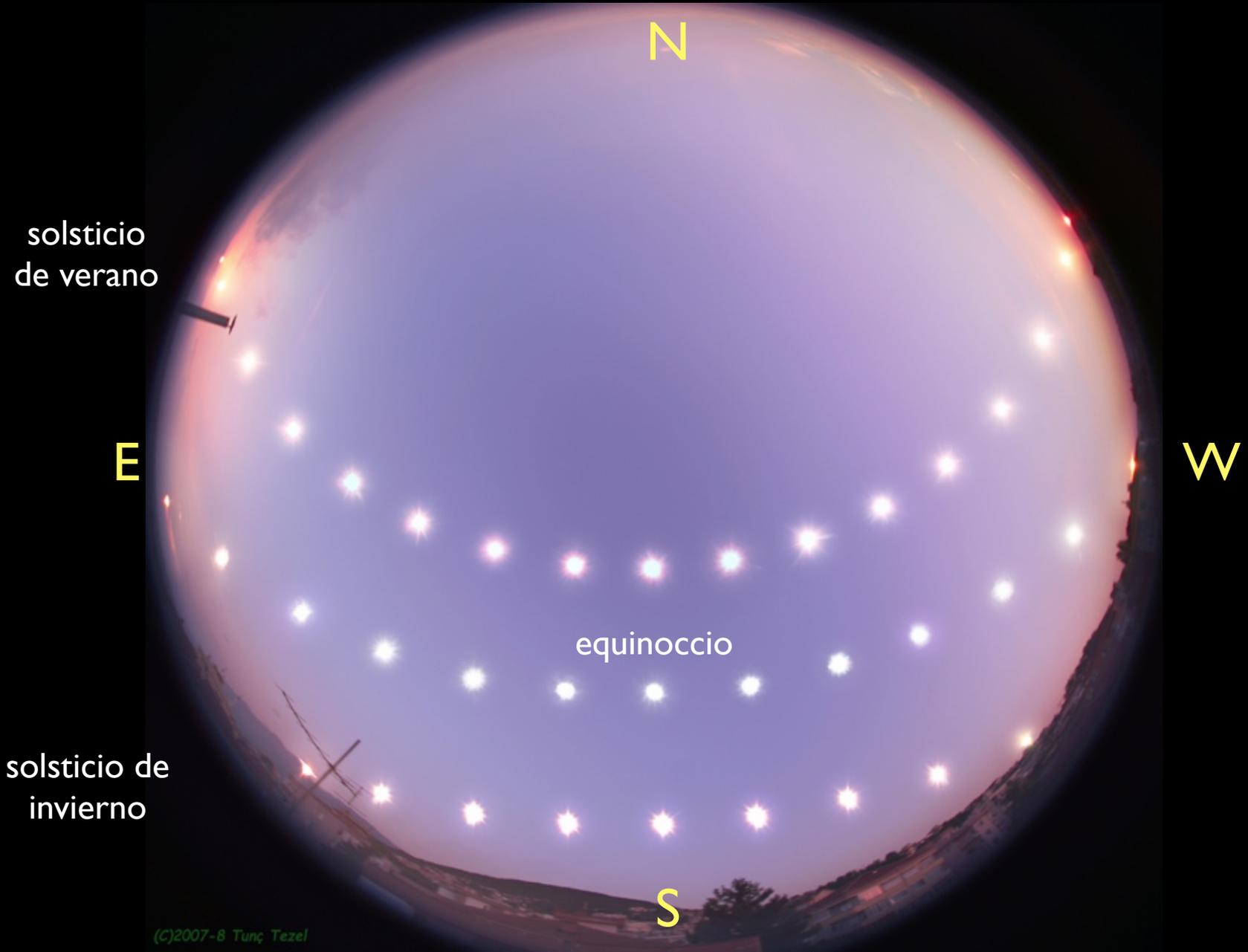
El Sol sale por el SE y se pone por el SW
Duración del día < noche

Si $\varphi > 66.5^{\circ}$ (círculo polar) el Sol no sale
El Sol pasa por el cenit en el trópico de Capricornio (26.5° en Madrid)

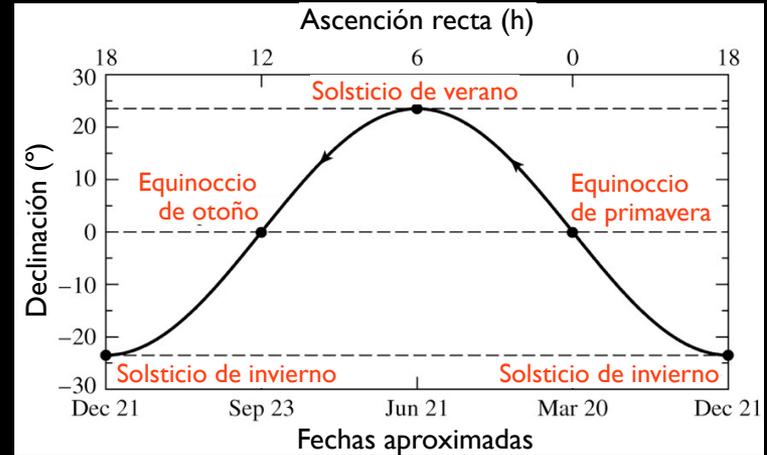
Altura máxima del Sol:

$$h_{\text{max}} = 90^{\circ} - |\varphi + 23.5|$$

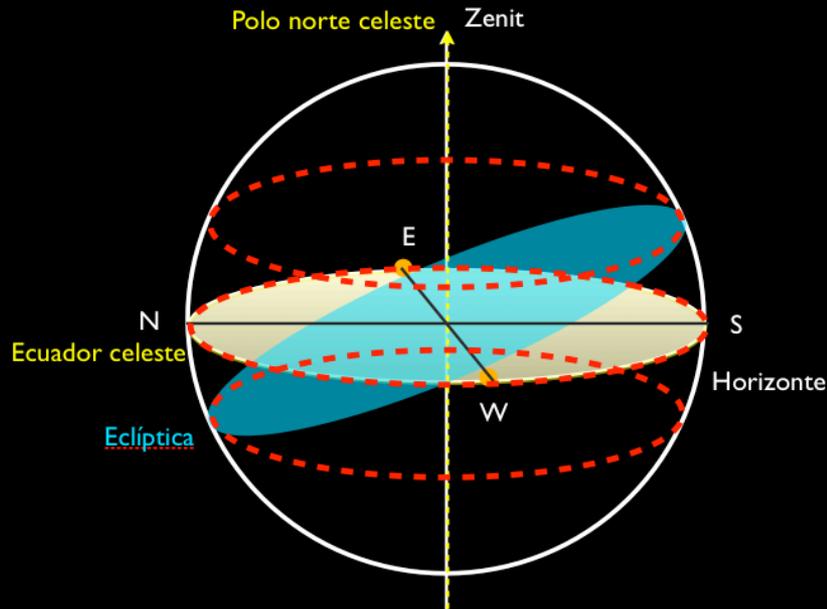
Movimiento aparente del Sol



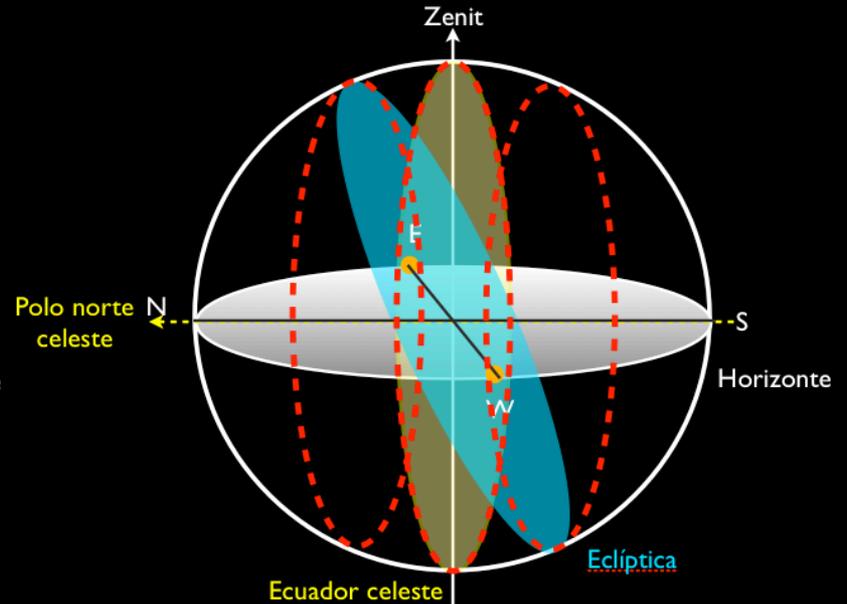
Movimiento aparente del Sol



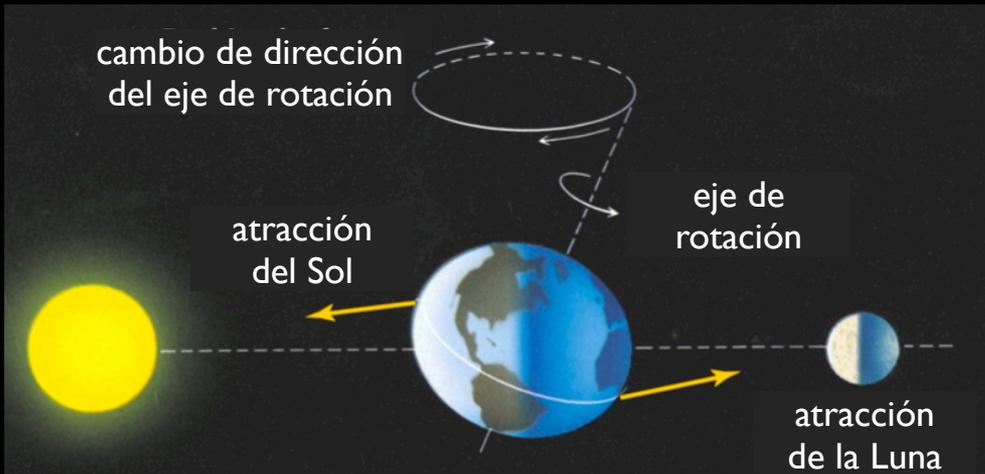
En los polos:



En el ecuador:



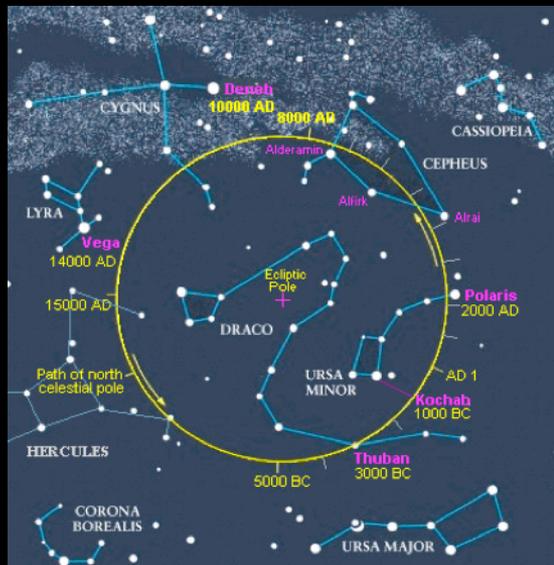
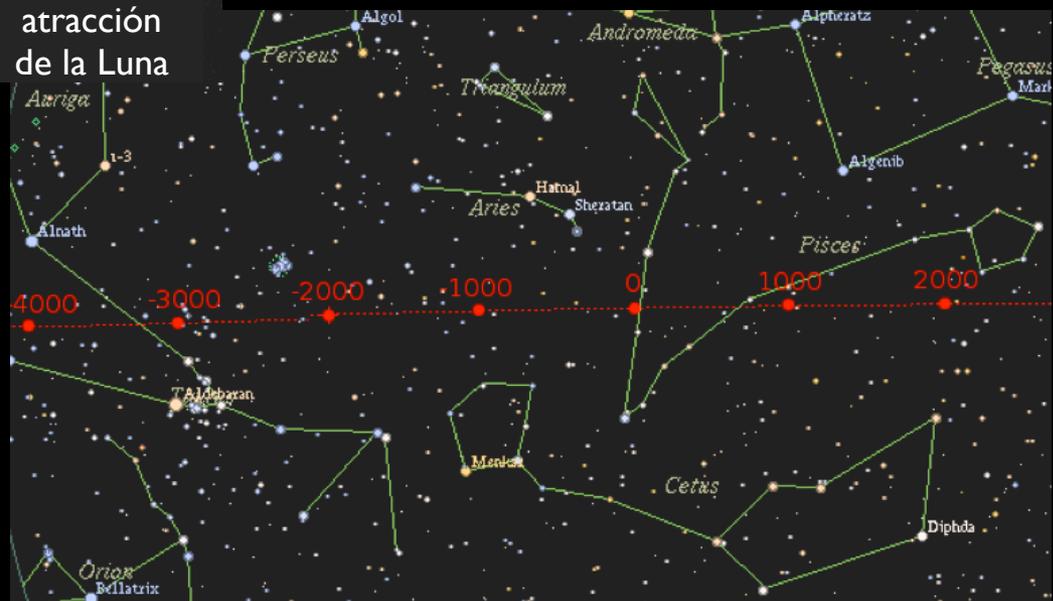
Precesión



El efecto combinado de la atracción gravitatoria del Sol y la Luna sobre una Tierra algo achatada en rotación produce que el eje de rotación de la Tierra tenga un movimiento de **precesión**

Periodo de 25725 años

1: el polo N celeste gira sobre el cielo describiendo un círculo de 23.5° de radio angular

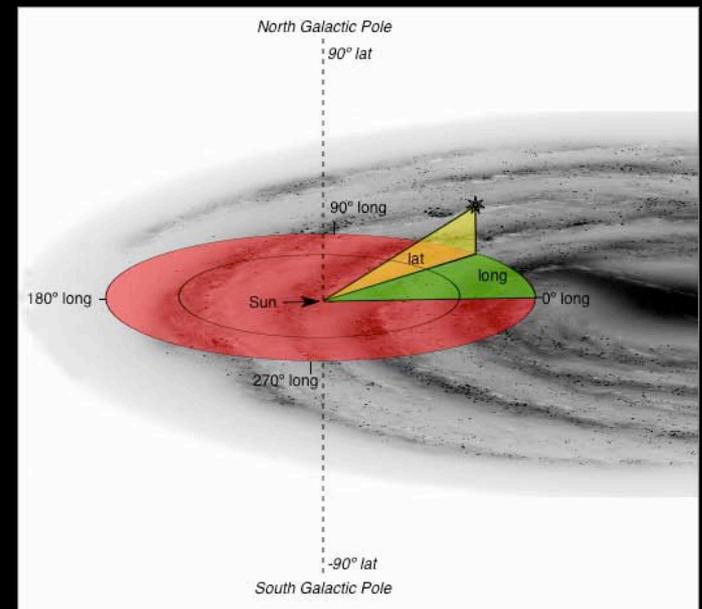
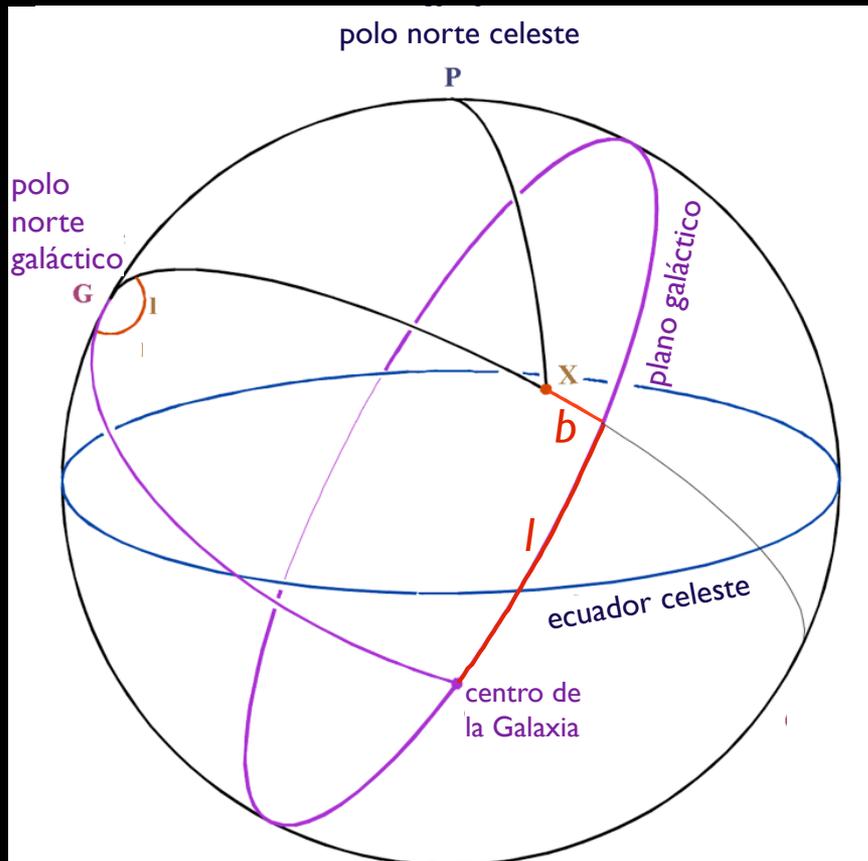
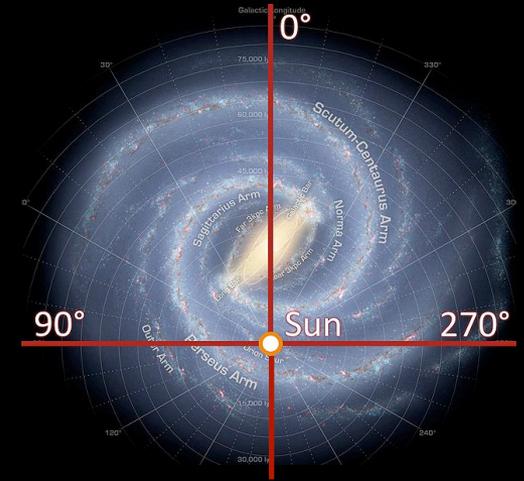


2: el punto que marca el equinoccio vernal se mueve en el cielo a razón de $50.25''/\text{año}$ sobre la eclíptica \rightarrow se mueve el origen del sistema de coordenadas ecuatoriales. Hay que especificar la época de las coordenadas (ej. J2000)

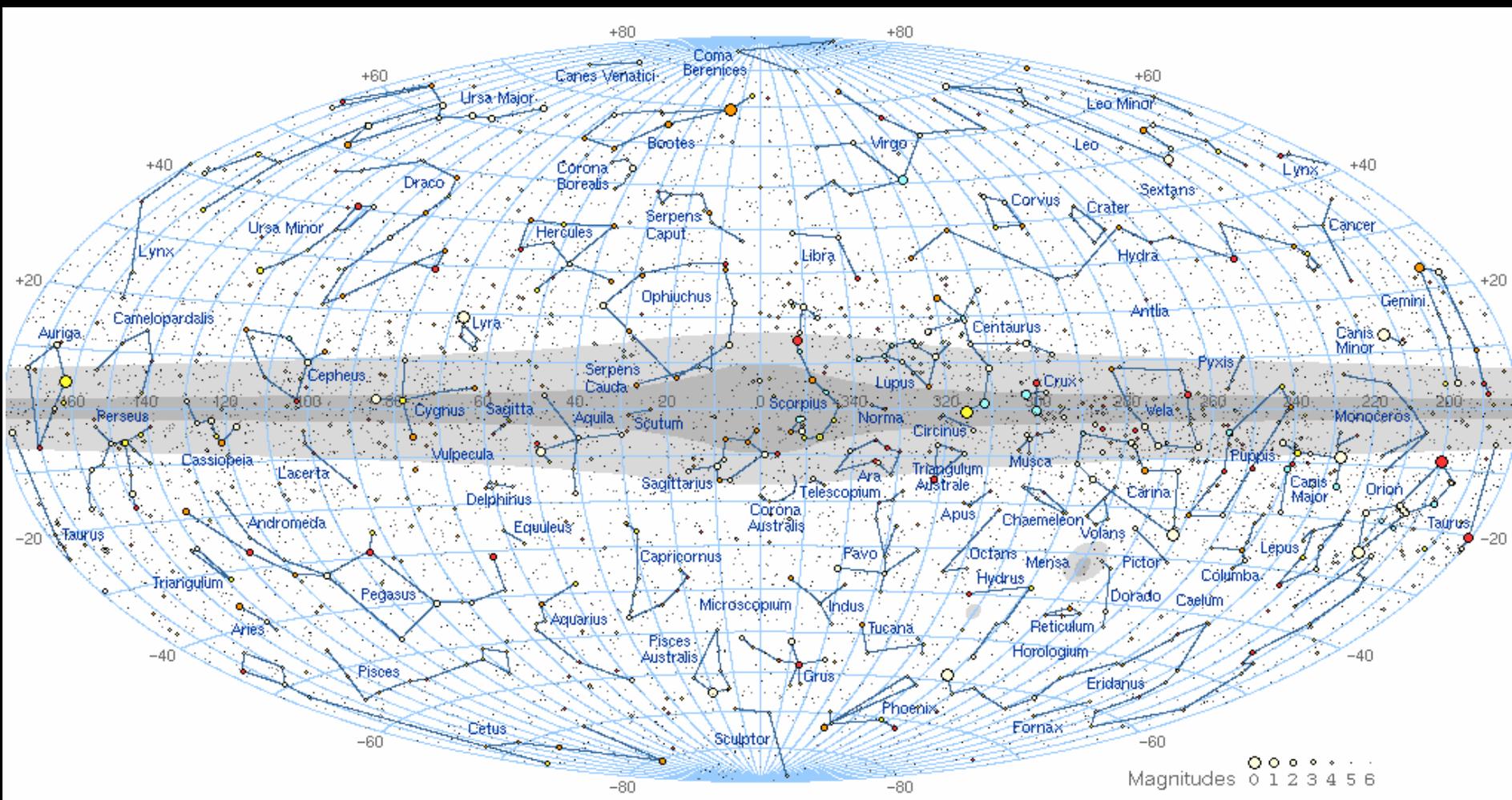
Sistema de coordenadas galácticas

Sistema de coordenadas centrado en el Sol, con un ecuador coincidente con el plano de la Galaxia

- ▶ **Longitud galáctica l** : medida sobre el ecuador galáctico, con origen en la dirección del centro galáctico ($\alpha = 17^{\text{h}} 45.7^{\text{m}}$, $\delta = -29^{\circ}$). De 0 a 360°
- ▶ **Latitud galáctica b** : altura sobre el plano galáctico. De -90° a 90°



Sistema de coordenadas galácticas



Los planetas en la esfera celeste

Marte

Saturno

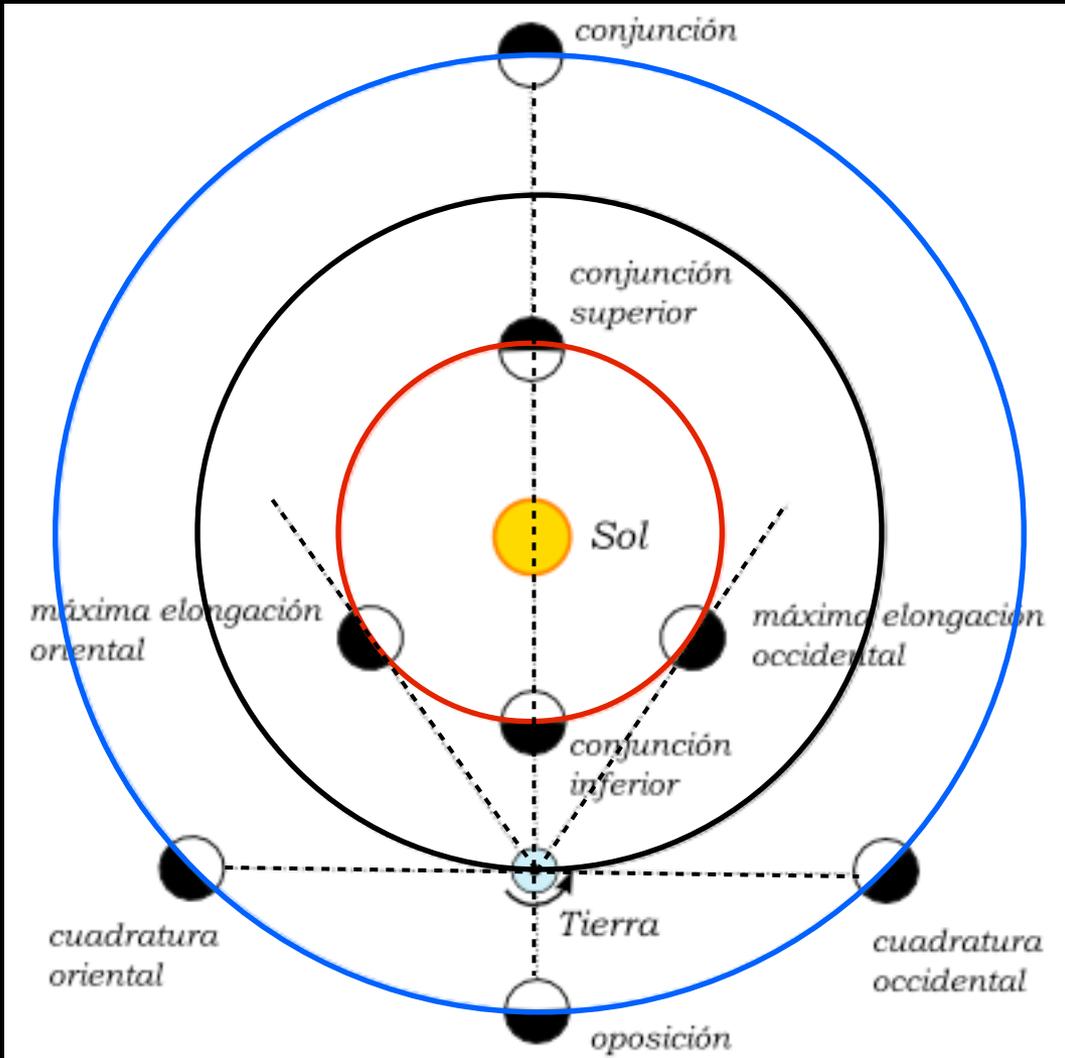
Venus

Mercurio

Todos los planetas se mueven en la eclíptica, con pequeñas desviaciones que dependen de las inclinaciones de sus órbitas



Orbitas de los planetas



Periodo sidéreo P : tiempo para que el planeta de una vuelta completa alrededor del Sol

Periodo sinódico S : tiempo entre dos configuraciones iguales respecto al Sol y la Tierra (entre dos conjunciones)

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$$

planetas inferiores

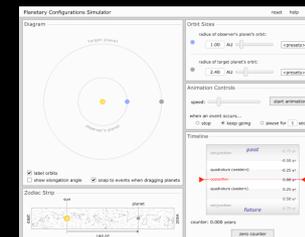
$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$$

planetas superiores

E : periodo sidéreo de la Tierra (365.25 d)

Ej. Marte: $P = 687$ d; $S = 780$ d

Máximas elongaciones: Venus: 48° ; Mercurio: 28.5°



simulación

Referencias y enlaces

Textos:

- "Textbook on Spherical Astronomy", por W. M. Smart, Cambridge University Press
- "Astronomy: Principles and Practice", por A.E. Roy & D. Clarke, Institute of Physics Publishing

Simuladores:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/celhorcomp.html>

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/configurationssimulator.html>

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/radecdemo.html>

Muchos más en: <http://astro.unl.edu/animationsLinks.html>

Videos:

<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast161/Movies/quitomotions.mov>

<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast161/Movies/cmhmotions.mov>

<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast161/Movies/npolemotions.mov>

<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast161/Movies/zodiac.mov>

Más en : <http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast161/Movies/>

<http://www.sonic.net/~rkноп/big/astromovies/zenith.html>

<http://www.sonic.net/~rkноп/big/astromovies/ecliptic.html>

<http://www.sonic.net/~rkноп/big/astromovies/earthorbitsun.avi>

Más en <http://www.sonic.net/~rkноп/php/astronomy/astromovies/>

Timelapses:

<http://www.theskyinmotion.com>

<http://www.elcielodecanarias.com/timelapses/>