

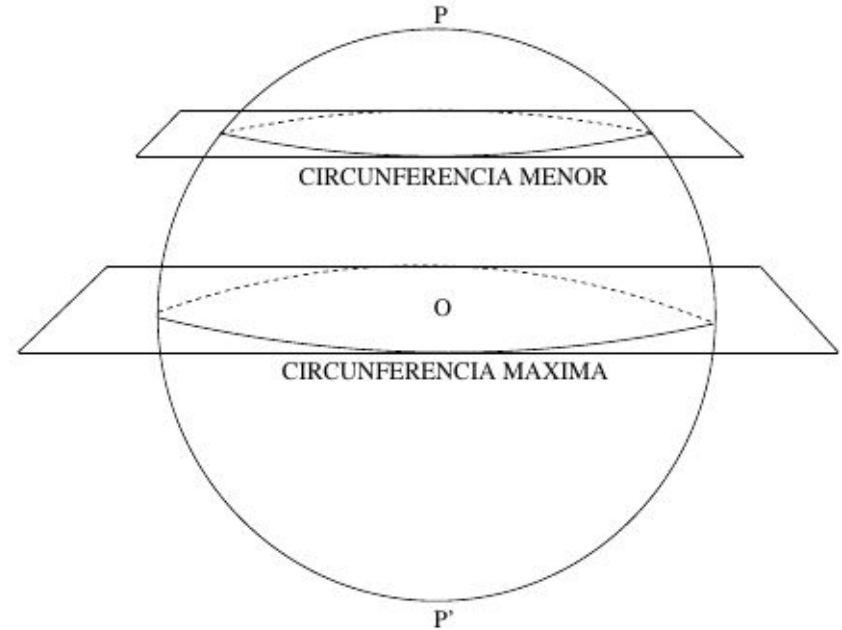
Astronomía Extragaláctica 2024

Astronomía General

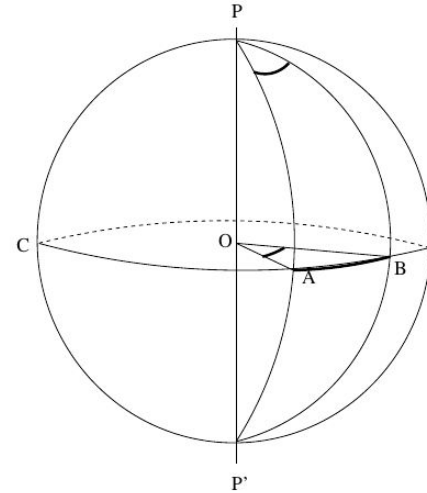
Trigonometría Esférica

La trigonometría esférica es aquella rama de las matemáticas que trata con las relaciones numéricas entre los lados y los ángulos de triángulos esféricos.

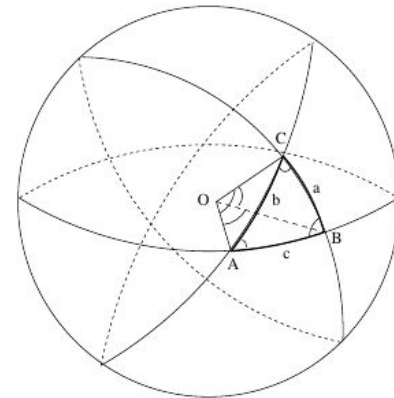
Cualquier intersección de un plano con una esfera es una circunferencia. Llamamos **circunferencia máxima** a aquella que resulta de la intersección de la superficie de una esfera y un plano que pasa por el centro de dicha esfera. En el caso en que el plano no pase por el centro de la esfera, dará origen a una circunferencia menor.



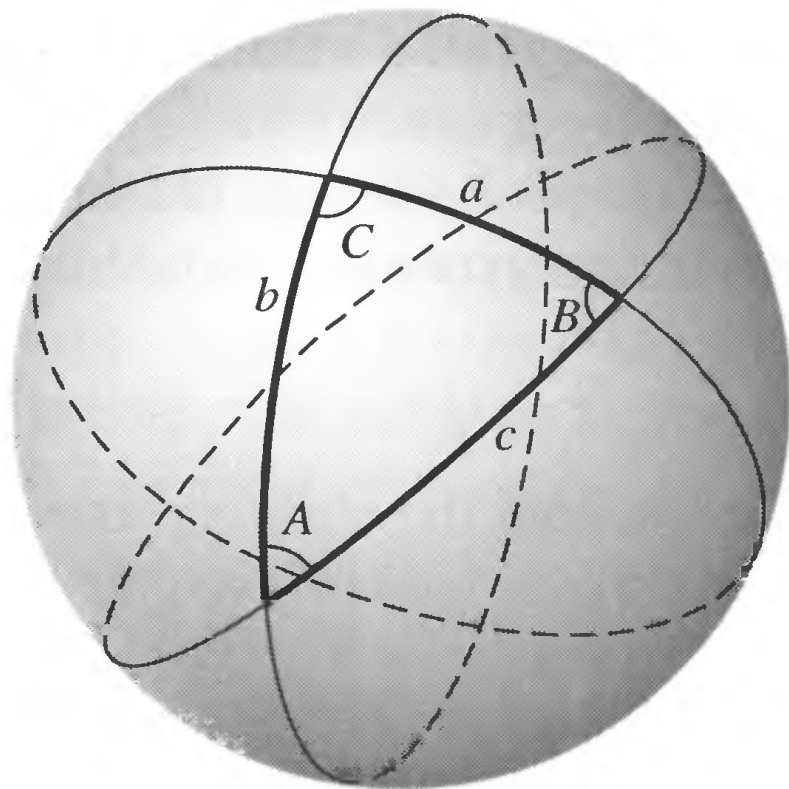
Supongamos la circunferencia máxima que pasa por los puntos CAB y tiene por polos P y P'. Perpendicularmente a ella tenemos dos arcos pertenecientes a circunferencias máximas que pasan por A y B respectivamente. Se llama **ángulo esférico** a aquel ángulo formado por dos arcos de circunferencias máximas. En nuestro caso, el ángulo esférico es el ángulo APB. Los arcos conforman los denominados lados del ángulo esférico, y el punto donde se interceptan los arcos es llamado el vértice, esto es, P (o P').



Un **triángulo esférico** es aquella región sobre la superficie de una esfera que está limitada por los arcos de tres circunferencias máximas. Los arcos corresponden a los lados del triángulo esférico; los vértices de los tres ángulos esféricos son los vértices del triángulo esférico. Siguiendo la notación usual en trigonometría plana, los ángulos se denotan con letras mayúsculas (A, B, C) y los respectivos ángulos opuestos con letras minúsculas (a, b, c).



Relaciones Fundamentales



- Teorema del Seno

$$\frac{\text{sen } a}{\text{sen } A} = \frac{\text{sen } b}{\text{sen } B} = \frac{\text{sen } c}{\text{sen } C}$$

- Teorema del Coseno de los lados

$$\cos a = \cos b \cos c + \text{sen } b \text{ sen } c \cos A$$

- Teorema del Coseno de los ángulos

$$\cos A = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a$$

$$\cos B = -\cos A \cos C + \sin A \sin C \cos b$$

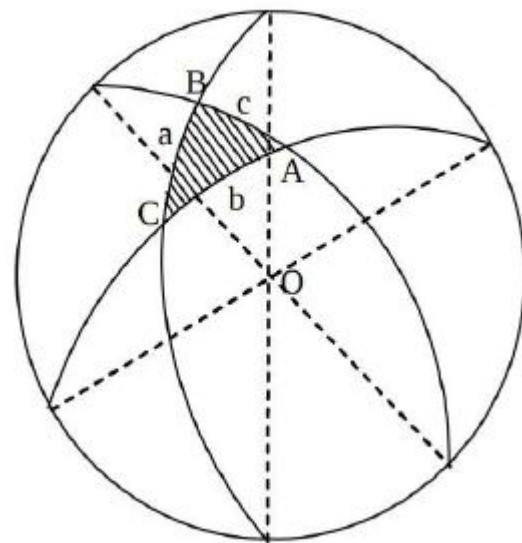
$$\cos C = -\cos A \cos B + \sin A \sin B \cos c$$

- Teorema de la cotangente

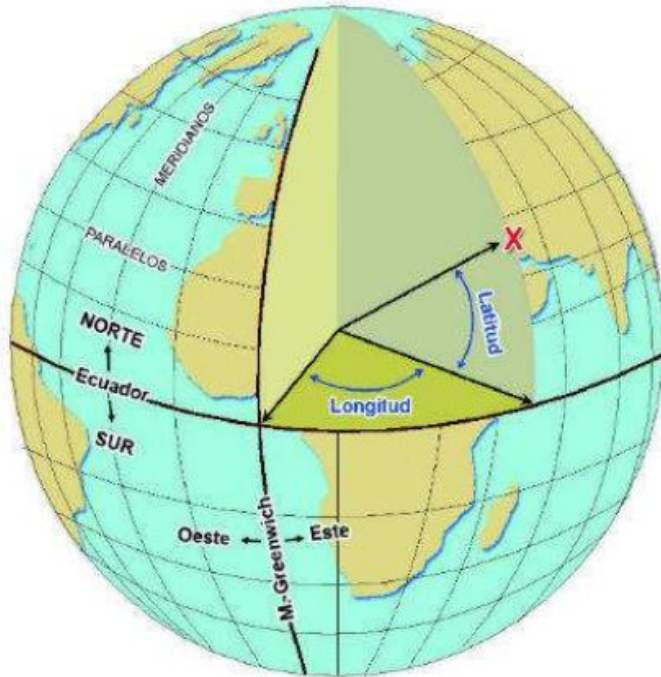
$$\cot a \sin b = \cos b \cos C + \sin C \cot A$$

- Teorema de los 5 elementos

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$



Sistema de Coordenadas Geográfico



La **latitud** es la distancia angular entre cualquier punto de la Tierra y el ecuador, medida desde el centro de la Tierra. Varía de 0° (en el ecuador) hasta 90° norte o sur ($+90^{\circ}$ al Polo Norte y -90° al Polo Sur).

La **longitud** es la distancia angular entre cualquier punto de la Tierra y el meridiano de Greenwich, medida desde el centro de la Tierra. Varía de 0° (al meridiano de Greenwich) hasta 180° este u oeste (180°E o $+180^{\circ}$ al este del meridiano y 180°O o -180° al oeste del meridiano, hasta la línea opuesta al meridiano de Greenwich, la línea internacional de cambio de fecha). Se suele contar el horas, de 0 a 24hs.

Observación del Cielo

Observación del cielo diurno: el Sol se mueve de este a oeste

La observación del cielo nocturno a simple vista nos indica que:

- Las estrellas se mueven este a oeste
- Las estrellas visibles cambian con las estaciones
- La Luna se cambia de posición y de fase (La luna también se ve de día)
- Los planetas tienen un movimiento más complejo

Apreciamos diferentes colores:

- El Sol es “amarillo”
- El cielo diurno es “celeste”
- El cielo del amanecer/nocturno es “rojizo”
- El cielo nocturno es “negro”

Hay una franja del cielo donde vemos más estrellas

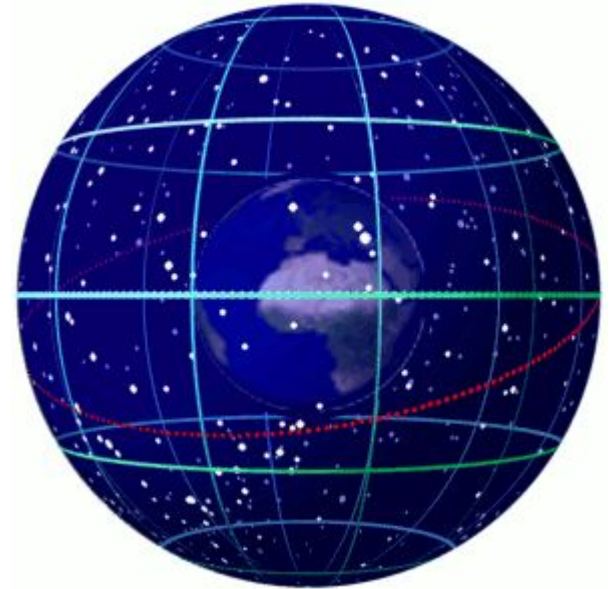
En diferentes puntos del planeta no vemos el mismo cielo

El cielo de Junio no es el mismo de Enero.

La Esfera Celeste

Para una persona en la Tierra las estrellas parecen estar sobre una esfera. Por esta razón se usa el concepto de Esfera Celeste, las posiciones de las estrellas se estudian como si estuvieran sobre la superficie interna de dicha esfera y la Tierra en su centro, es decir nosotros vemos la esfera desde su interior (cara interna).

“Esfera de radio INFINITO, con centro en el OBSERVADOR donde vemos proyectados los astros”



La esfera Celeste

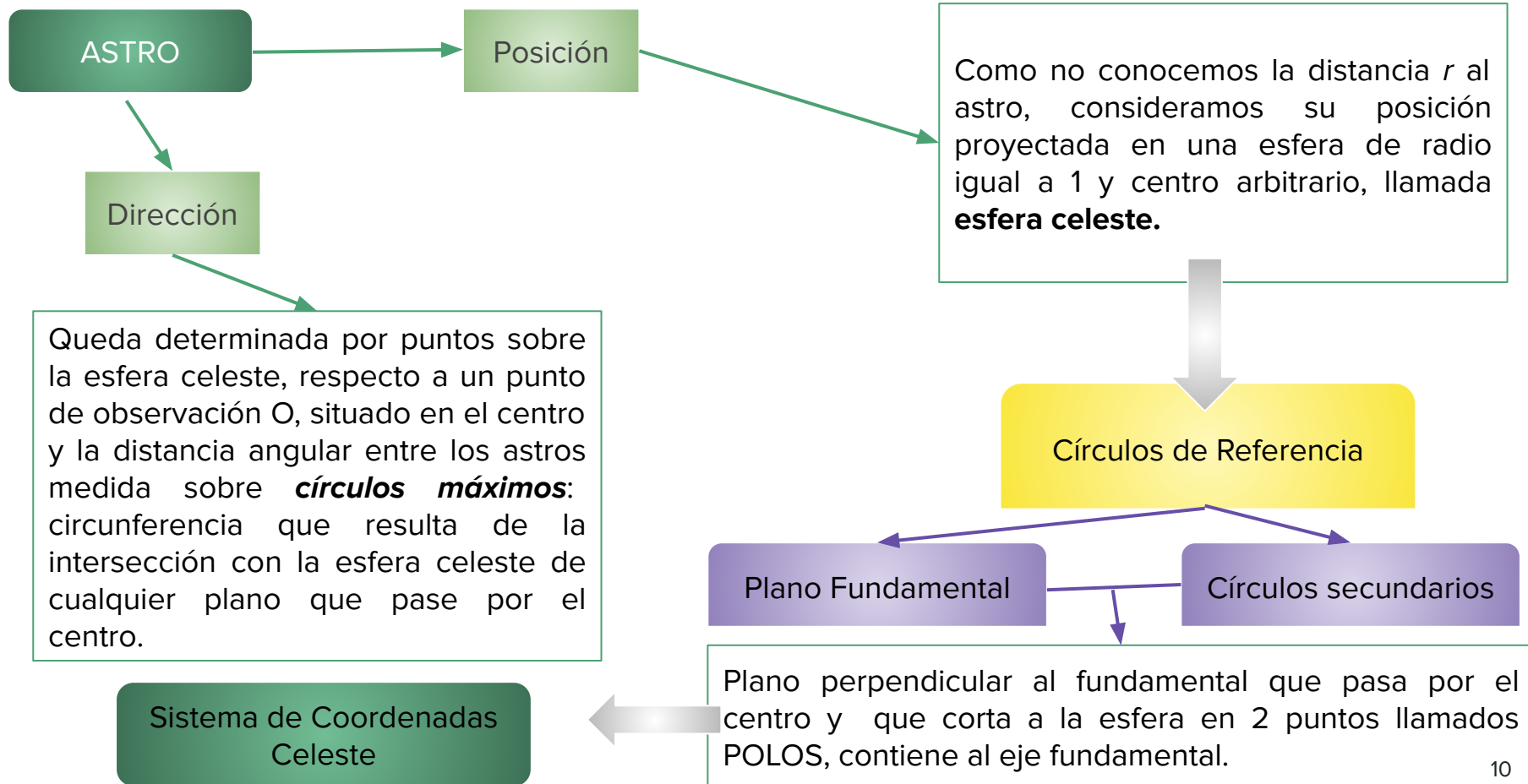
Para dar coordenadas a las estrellas se supone que las estrellas están todas a la misma distancia de la Tierra, colocadas sobre la esfera celeste.

Aun en la noche más despejada solo vemos una porción del cielo, depende de la ubicación y época del año

Que vemos en el cielo? Estrellas, planetas, nebulosas, galaxias (objetos puntuales y extensos).

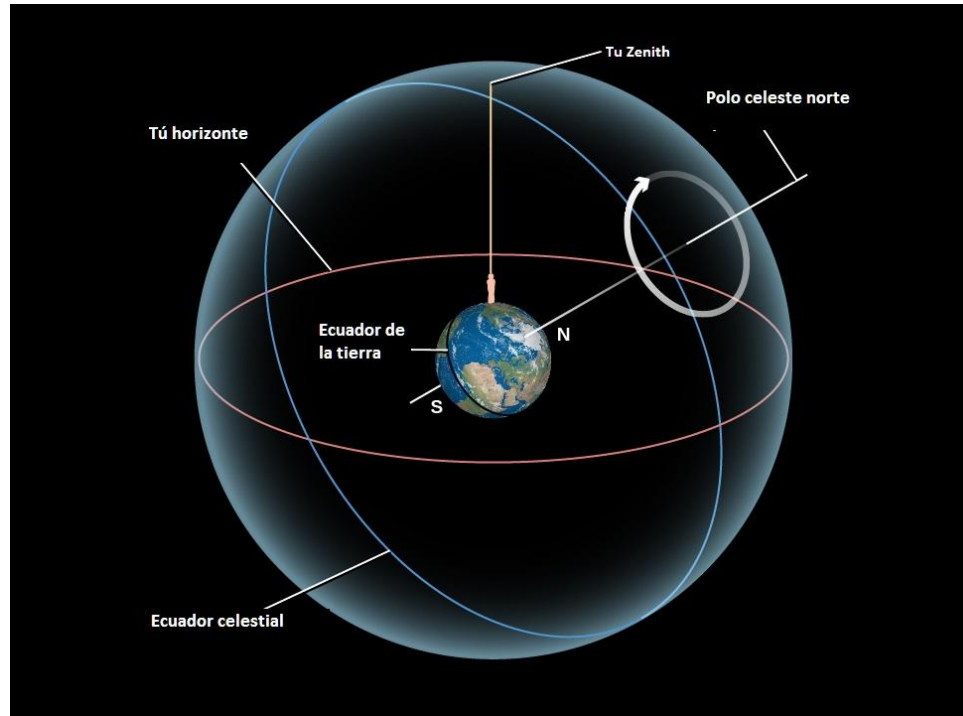


La Tierra está quieta y es la esfera la que se mueve.



Un **sistema de coordenadas celestes** queda definido por:

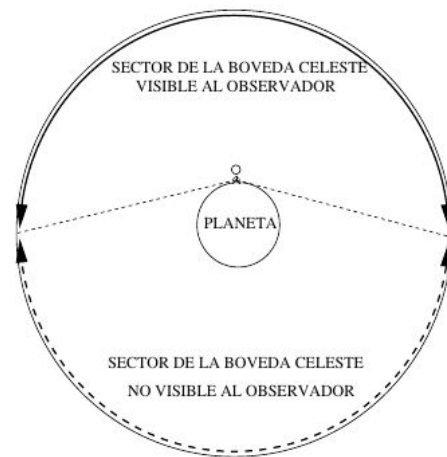
1. Un punto arbitrario que se toma como centro de la esfera celeste y se denomina **origen de coordenadas**. De acuerdo a la ubicación del centro de la esfera, esta puede ser topocéntrica, geocéntrica, heliocéntrica o baricéntrica.
2. Un **plano fundamental** que pasa por el centro de la esfera celeste y cuya intersección con la misma determina el círculo máximo fundamental. El **eje fundamental**, o perpendicular a este círculo que pasa por el origen, determina los polos del sistema, que a su vez posibilitan la definición de los círculos máximos secundarios.
3. Un punto arbitrario del círculo máximo fundamental y que se denomina **punto fundamental del sistema**.
4. Un **sentido de medida de ángulos** . Si el sentido elegido coincide con el movimiento de rotación de la tierra es denominado directo, en caso contrario se denomina retrógrado.

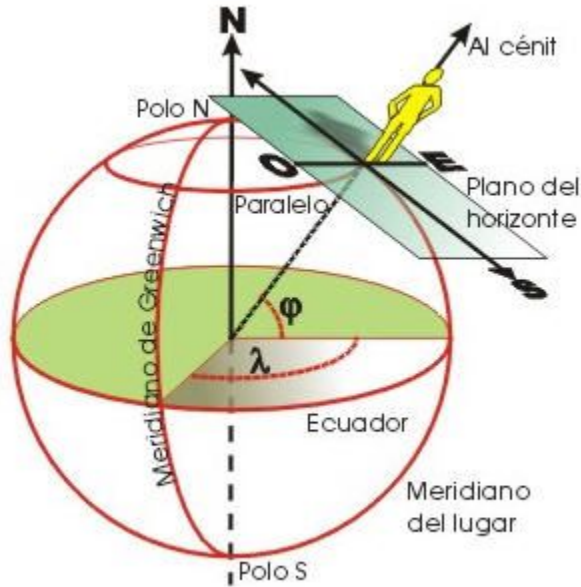


Círculos en la esfera celeste. La esfera celeste (imaginaria) alrededor de la Tierra, en la que se fijan los objetos y que gira alrededor de la Tierra en un eje. En realidad, es la Tierra la que gira alrededor de este eje, creando la ilusión de que el cielo gira a nuestro alrededor. Tener en cuenta que la Tierra en esta imagen se ha inclinado para que su ubicación esté en la parte superior y el Polo Norte es donde está la N. La flecha circular muestra el movimiento aparente de los objetos celestes en el cielo alrededor del polo.

Sistema de Coordenadas Horizontal

Imaginemos a un observador situado sobre la superficie de la Tierra. El estar ubicado en la superficie de un planeta implica que un observador no puede contemplar sino apenas la mitad del cielo para un instante dado: el mismo planeta impide observar la otra mitad. Esto sigue siendo más o menos válido para observadores que están ligeramente alejados de la superficie de la Tierra, como un piloto ubicado en un avión de reacción o un astronauta situado en una estación espacial a varios centenares de kilómetros de altura.





Con el hilo de la plomada podemos indicar la dirección de la gravedad. Si la Tierra fuese homogénea, sería hacia el centro. Pero es en realidad la **VERTICAL DEL LUGAR** (eje fundamental) que corta a la esfera en dos puntos: el *cenit* y el *nadir*.

El plano perpendicular a la vertical del lugar sobre la esfera celeste se llama **HORIZONTE ASTRONÓMICO LOCAL**.

Los planos paralelos al horizonte se llaman *almicantarat*.

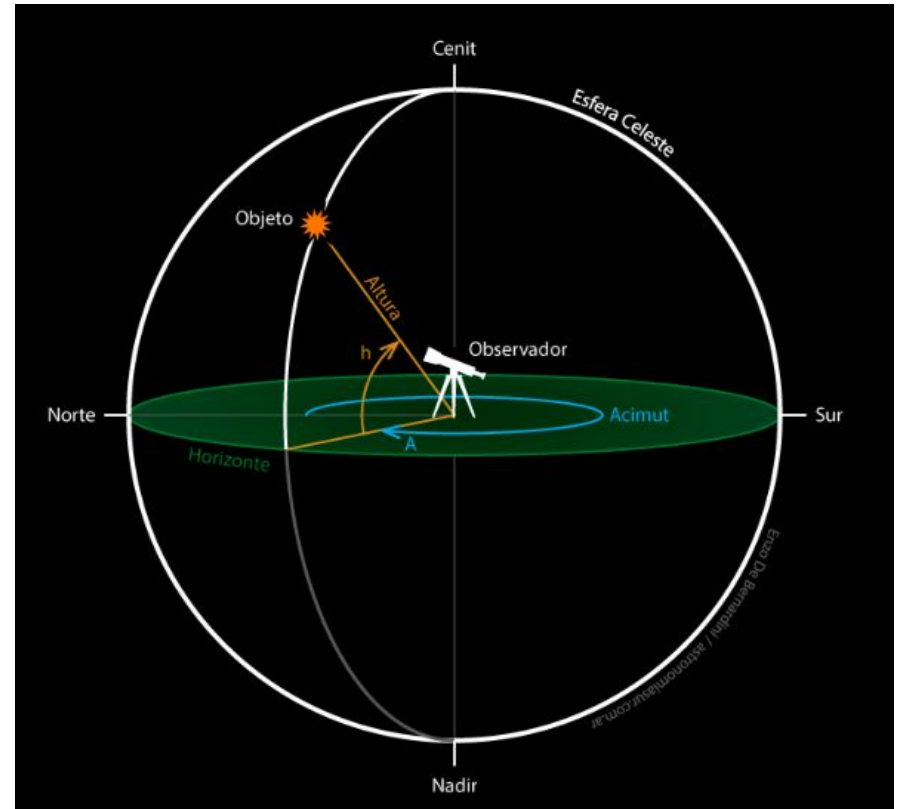
El **sistema de coordenadas horizontales** se define por:

i) El origen de coordenadas es el lugar de observación situado sobre la superficie terrestre.

ii) El plano fundamental es el horizonte del lugar. Por tanto, el círculo máximo fundamental, el eje fundamental, los polos y los círculos secundarios son, respectivamente, el horizonte celeste, la vertical astronómica del lugar, el cénit y el nadir y los verticales celestes.

iii) El punto fundamental es el punto cardinal Norte.

iv) Los ángulos o arcos correspondientes sobre el horizonte celeste se miden desde el Norte hacia el Este.



Crédito de imagen: Sur astronómico

En este sistema de coordenadas horizontales la posición de un astro queda determinado por las siguientes coordenadas esféricas:

Acimut (A): ángulo diedro entre el meridiano del lugar y el círculo vertical del astro, medido de 0 a 360 grados, desde el punto Norte hacia el Este.

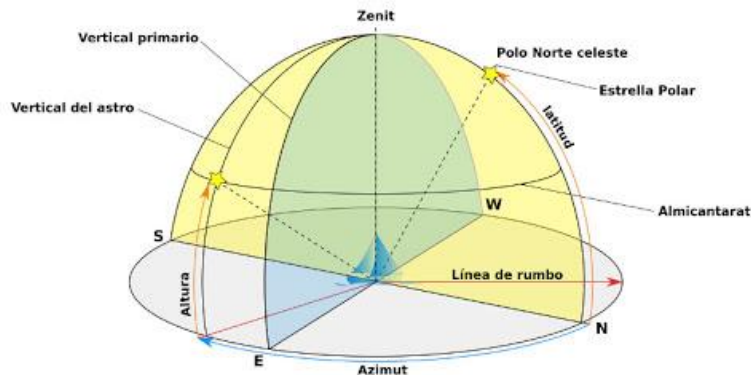
Altura (h): ángulo plano medido sobre el círculo vertical del astro, medido desde el horizonte celeste hasta la visual al astro de 0 y 90 grados.

Usualmente, la altura se sustituye por:

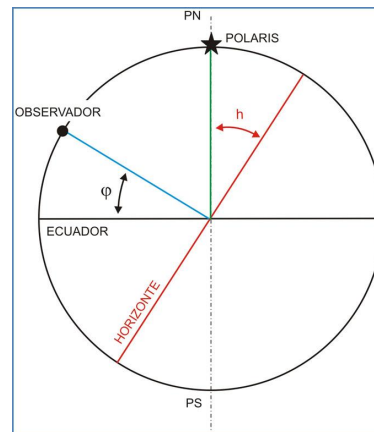
Distancia cenital (z): ángulo plano medido sobre el círculo vertical del astro, medido de 0 y 90 grados desde el cénit hasta la visual al astro.

Latitud de lugar (φ) = a la altura del polo elevado (h)

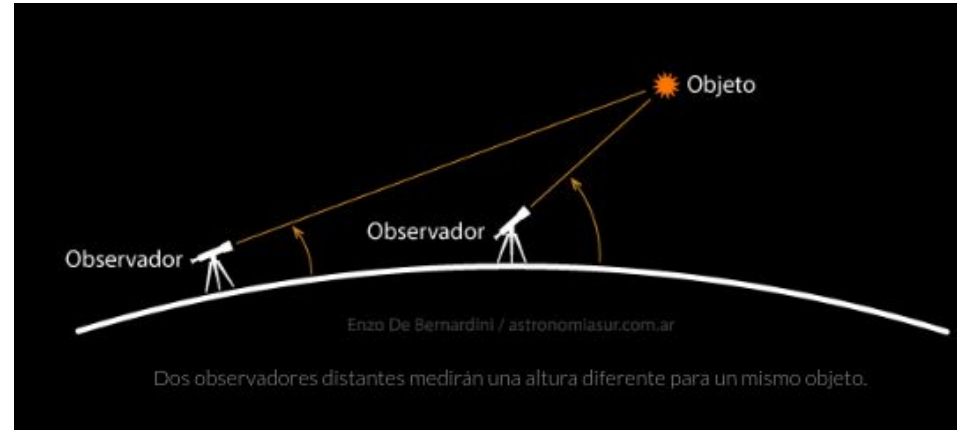
SISTEMA DE COORDENADAS HORIZONTALES



Escuela de Navegación Principado de Asturias



Al tratarse de un sistema de coordenadas que utiliza valores locales (horizonte y altura sobre el horizonte) el valor de esas coordenadas para un objeto dado **depende de la posición del observador y del momento**. Como muestra el gráfico inferior, dos observadores en la superficie de la Tierra medirán un ángulo de altura diferente para un mismo objeto, en un determinado momento.

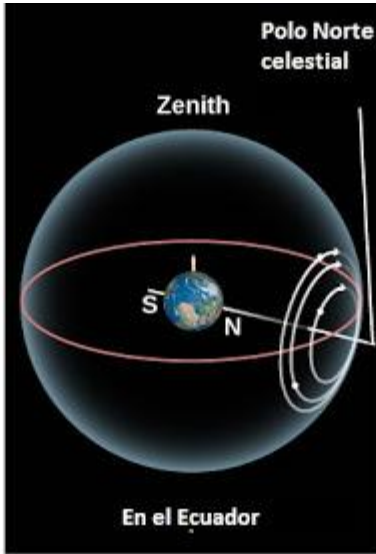


Crédito de imagen: Sur astronómico

La latitud de un lugar



(a)



(b)



(c)

Círculos de estrellas en diferentes latitudes. El giro del cielo se ve diferente dependiendo de su latitud en la Tierra. (a) En el Polo Norte, las estrellas rodean el cenit y no se elevan y establecen. (b) En el ecuador, los polos celestes están en el horizonte, y las estrellas se elevan hacia arriba y hacia abajo. (c) En latitudes intermedias, el polo celeste norte se encuentra en alguna posición entre la parte superior y el horizonte. Su ángulo sobre el horizonte resulta ser igual a la latitud del observador. Las estrellas se elevan y se colocan en ángulo con el horizonte.

Sistema de Coordenadas Ecuatoriales Horarias

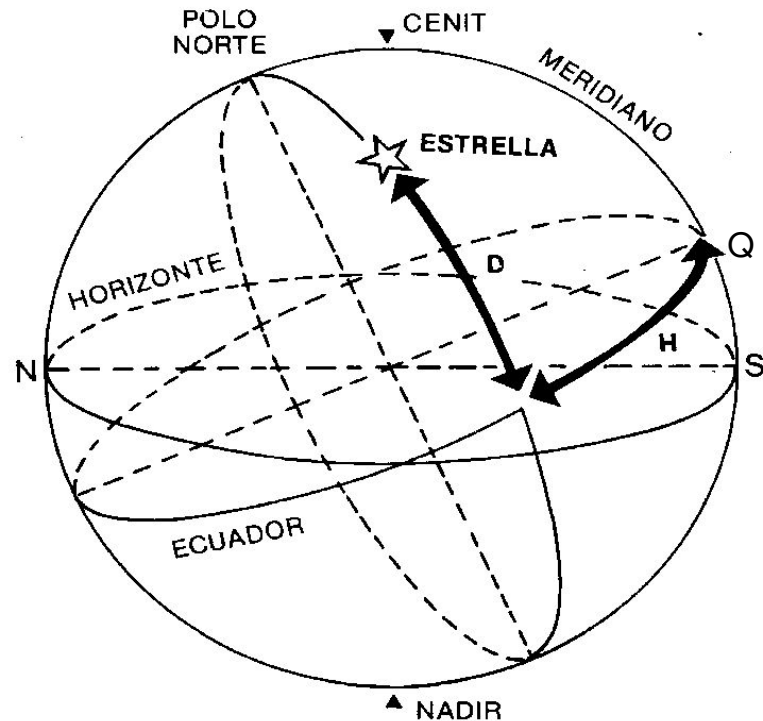
El sistema de coordenadas ecuatoriales horarias se define por:

i) El origen de coordenadas es el centro de masas de la Tierra.

ii) El plano fundamental es el plano que contiene al ecuador celeste. Por tanto, el círculo máximo fundamental, el eje fundamental, los polos y los círculos secundarios son, respectivamente, el ecuador celeste, el eje celeste, los polos norte y sur celeste y los meridianos celestes.

iii) El punto fundamental Q es la intersección del ecuador celeste con el meridiano superior del lugar.

iv) Los ángulos o arcos correspondientes sobre el ecuador celeste se miden en sentido retrógrado a partir del punto Q.



Coordenadas:

Ángulo Horario: $0 < H < 24\text{hs}$, ángulo comprendido entre el meridiano superior del lugar y el círculo horario que pasa por el astro, en sentido retrógrado o horario, desde el norte.

Declinación: $0^\circ < \delta < 90^\circ$, positiva en el HN, negativa en el HS. Se cuenta a partir del ecuador por el círculo horario.

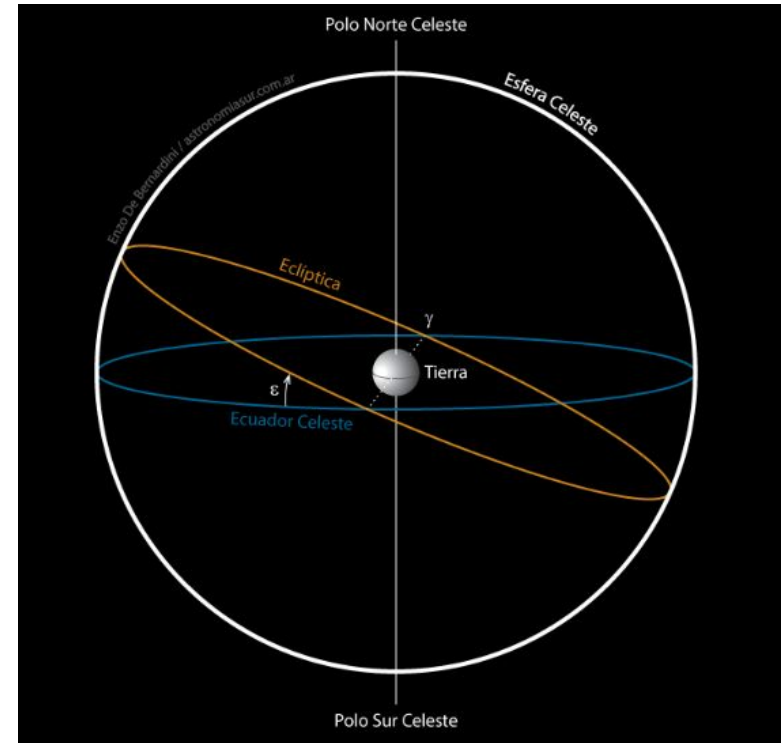
La declinación es “constante” y el ángulo horario varía con el tiempo.

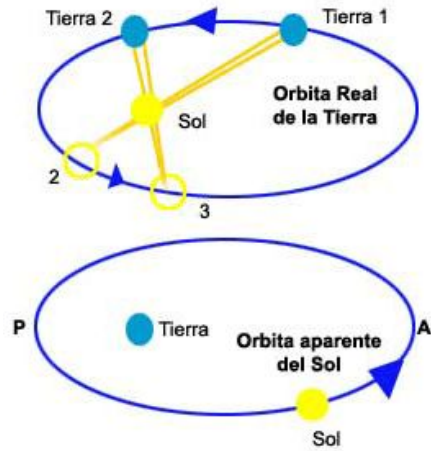
Tanto el sistema de coordenadas horizontal como el horario, dependen del lugar de observación, por lo cual se llaman coordenadas locales. A , h y H varían además con el movimiento diurno.

Todos los observadores sobre un mismo meridiano medirán al mismo instante, igual H , por lo cual H es independiente de la latitud geográfica.

Sistema de Coordenadas Ecuatoriales Absolutas

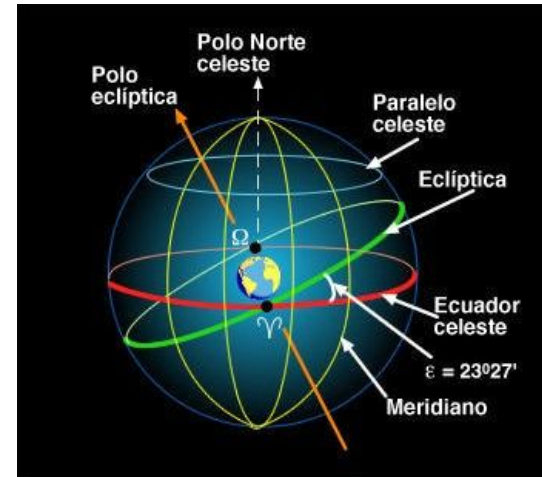
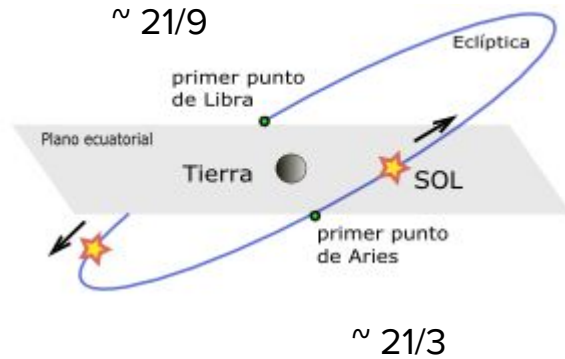
El sistema de coordenadas ecuatoriales absolutas es un sistema en donde el origen del sistema y el plano fundamental son los mismos que se definieron en el sistema ecuatorial horario, pero ahora el punto fundamental es el punto Aries y los ángulos correspondientes sobre el ecuador celeste se miden en sentido directo a partir del punto Aries .





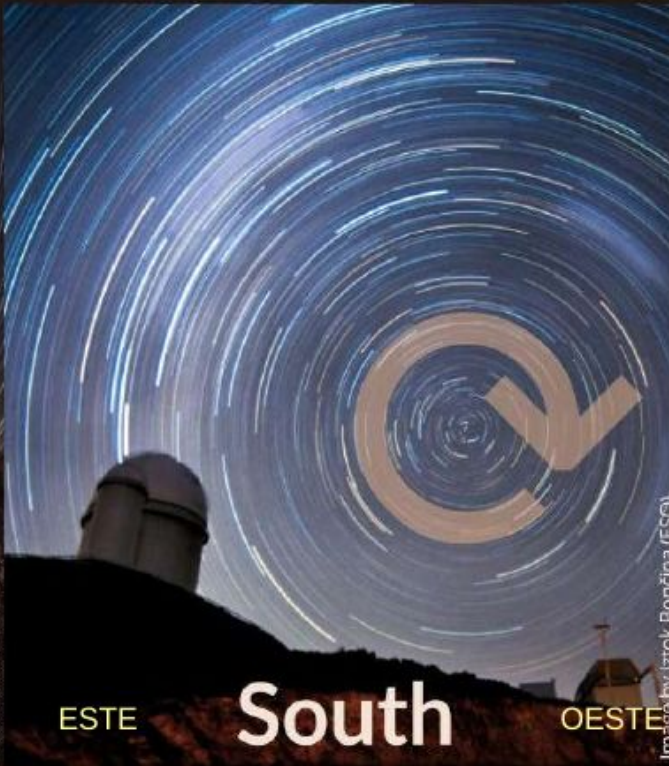
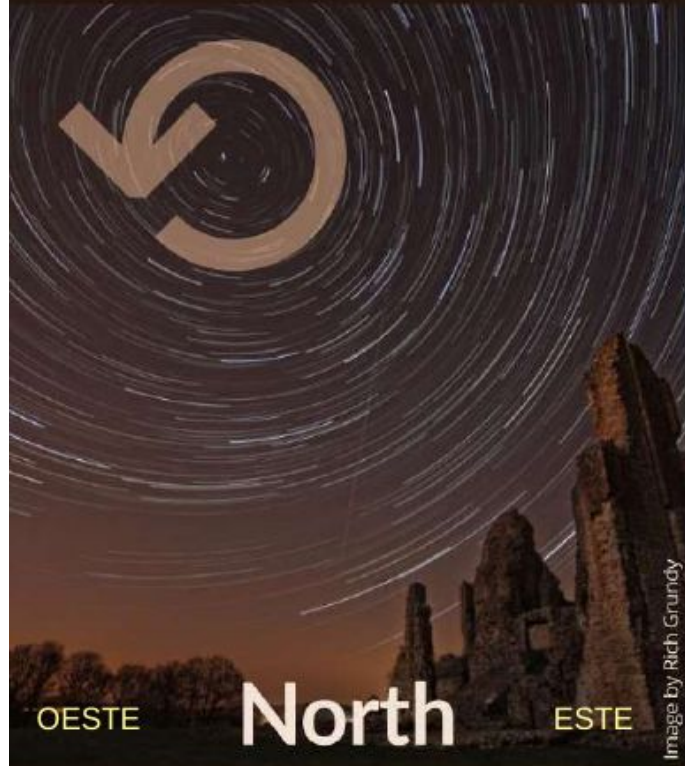
La Tierra orbita alrededor del Sol en sentido antihorario o directo (cuando se ve desde el norte), al igual que los demás planetas y la Luna. Además, la Tierra rota en sentido contrario a las agujas del reloj.

La **Eclíptica** corta al Ecuador en dos puntos llamados nodos, siendo γ el nodo ascendente, y Ω , el nodo descendente. La recta que une los nodos se llama *línea de los equinoccios*. La perpendicular se llama línea de los solsticios.



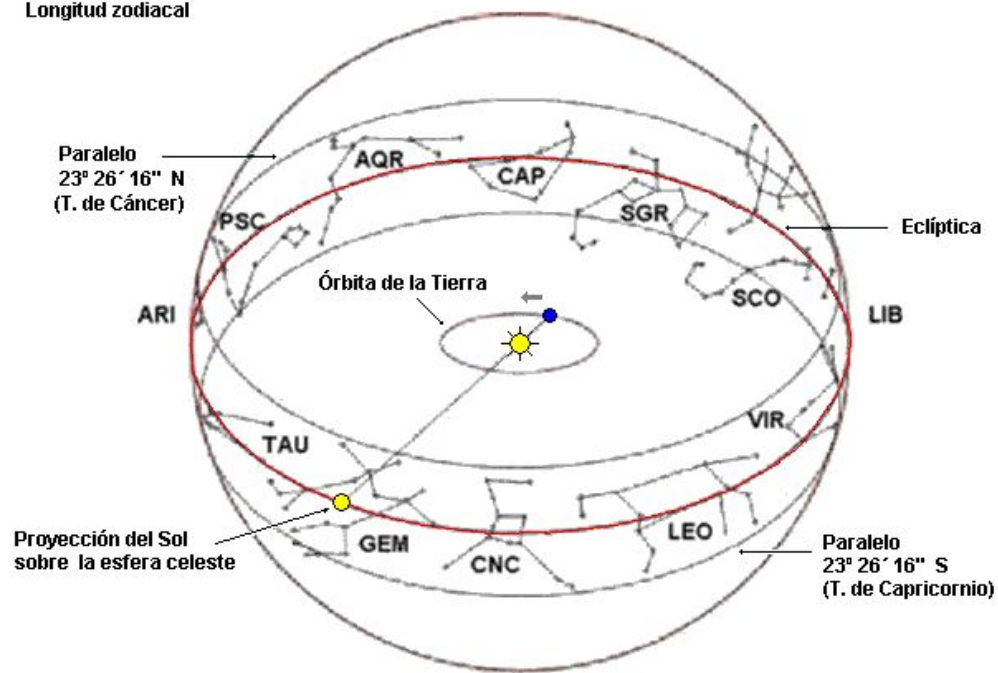
In the **northern hemisphere**, stars rotate **counterclockwise** around the **north celestial pole**.

In the **southern hemisphere**, stars rotate **clockwise** around the **south celestial pole**.



A lo largo de la Eclíptica se encuentran las doce constelaciones conocidas como el Zodiaco . El Sol pasa un mes en cada una de ellas. Esta banda mide 8 grados de cada lado.

Longitud zodiacal



Es un sistema de coordenadas que mantiene aproximadamente constantes los valores para los objetos celestes, independientemente de los movimientos diurnos y anuales de la Tierra.

Plano fundamental: Ecuador celeste

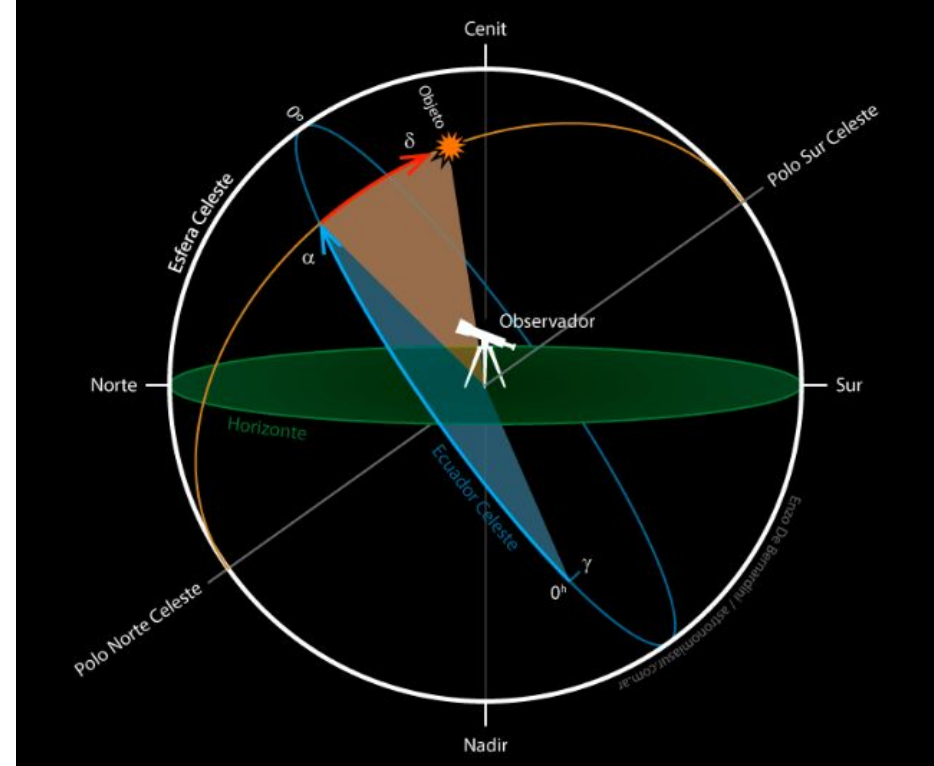
Eje fundamental: eje que corta la esfera celeste en los polos celestes.

Coordenadas:

La **Declinación** δ , medida desde el ecuador sobre el meridiano hasta el astro

La **Ascensión Recta**: $0 < \alpha < 24\text{hs}$. Medida sobre el Ecuador desde el punto vernal γ , en sentido directo (cuando se ve desde el norte).

Varían con el tiempo, por lo cual hay que especificar la época de observación.



Crédito de imagen: Sur astronómico

Tiempo Sidéreo

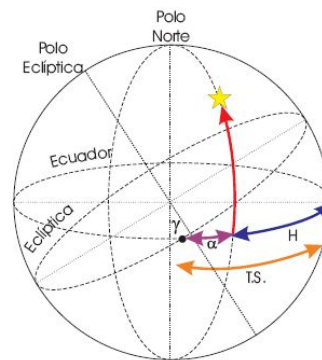
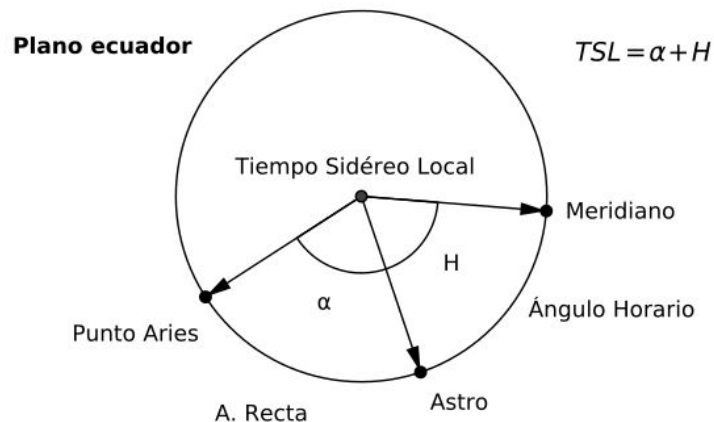
Definimos el Tiempo sidéreo TS de un lugar, como el ángulo horario del punto vernal en ese lugar.

El día sidéreo en un lugar es el tiempo entre dos culminaciones superiores de γ , se mide en hs.

Como la variación del ángulo horario no es uniforme debido a la falta de uniformidad del movimiento diurno causado por las variaciones irregulares de la rotación terrestre, el día sidéreo no es un tiempo uniforme.

$$TS = H_{\gamma} = H_{\star} + \alpha_{\star}$$

Relación entre TSL, H y α



Ejemplo 1:

Calcular el ángulo horario del punto vernal para un observador cuyo ángulo horario de la estrella Procyon es de $22^h 7.4^m$.

el valor de la ascensión recta para Procyon: $7^h 39^s$.

$$H_{\gamma} = \alpha + H = 7^h 39^s + 22^h 7.4^m = 29^h 46.4^m,$$

y puesto que el valor excede las 24 horas sencillamente le restamos 24:

$$H_{\gamma} = TSL = 29^h 46.4^m - 24^h = 5^h 46.4^m.$$

Sistema de Coordenadas Eclípticas

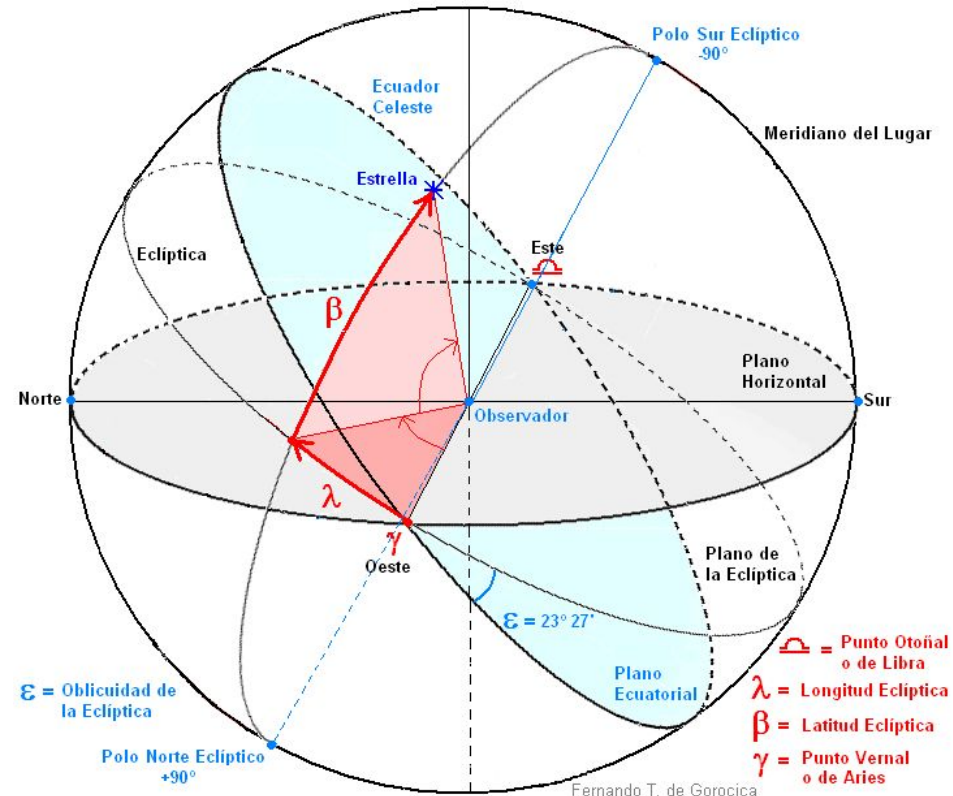
Plano fundamental: Eclíptica: plano determinado por la órbita terrestre alrededor del Sol. Forma un ángulo $\varepsilon=23^{\circ}27'$, llamado *oblicuidad de la eclíptica*.

Eje fundamental: eje de la Eclíptica.

Coordenadas:

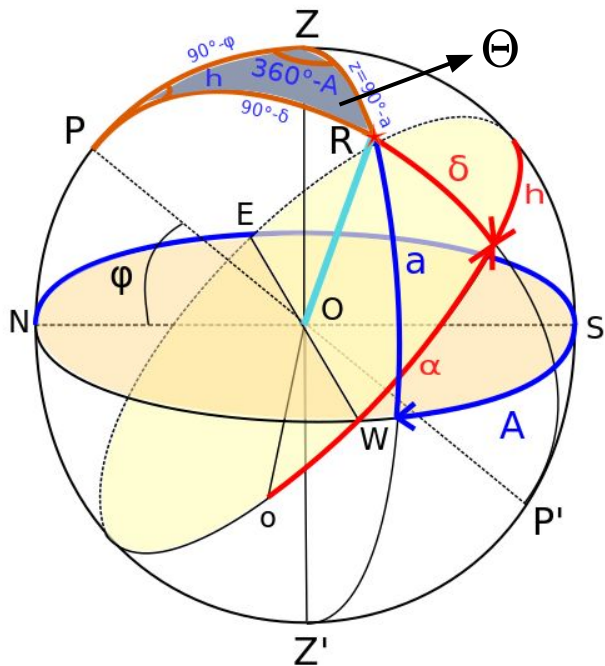
La **latitud celeste** $0^{\circ}<\beta<90^{\circ}$, medida desde la Eclíptica sobre el círculo de latitud hasta el astro. Positiva en el HN y negativa en el HS.

La **longitud celeste**: $0^{\circ}<\lambda<360^{\circ}$. Medida sobre la Eclíptica desde el punto vernal γ , en sentido directo.



Transformaciones de Coordenadas

Sea Φ la latitud de un lugar en el hemisferio norte y sea X un astro situado en el hemisferio norte, de coordenadas horizontales ($A; h$) y coordenadas ecuatoriales horarias ($H; \delta$).



HORARIAS A HORIZONTALES Y VICEVERSA

Los ángulos son:

$360 - A$
 H
 Θ

Los lados son:

$90 - \phi$
 $90 - \delta$
 $90 - h$

Usando el teorema del seno: $\frac{\text{sen}(90 - \delta)}{\text{sen}(360 - A)} = \frac{\text{sen}(90 - h)}{\text{sen } H},$

Como: $\text{sen}(90 - x) = \cos x$, y $\text{sen}(360 - x) = -\text{sen } x$ (siendo x cualquier ángulo)

$$\cos \delta \text{ sen } H = -\cos h \text{ sen } A.$$

Aplicando el teorema del coseno:

$$\cos(90 - \delta) = \cos(90 - \phi) \cos(90 - h) + \text{sen}(90 - \phi) \text{sen}(90 - h) \cos(360 - A),$$

y como $\cos(90 - x) = \text{sen } x$, y $\cos(360 - x) = \cos x$, se obtiene:

$$\text{sen } \delta = \text{sen } \phi \text{ sen } h + \cos \phi \cos h \cos A.$$

Aplicando nuevamente el teorema del coseno:

$$\cos(90 - h) = \cos(90 - \delta) \cos(90 - \phi) + \text{sen}(90 - \delta) \text{sen}(90 - \phi) \cos H,$$

Si $H < 180$ (12^h) entonces $A = 360 - A$,
Si $H > 180$ (12^h) entonces $A = A$.

$$\text{sen } h = \text{sen } \delta \text{ sen } \phi + \cos \delta \cos \phi \cos H.$$

Ejemplo 2:

Calcular H y δ de una estrella si sus coordenadas horizontales son: $A = 210^{\circ}34'$, $h = 35^{\circ}43'$ para un observador situado a $\phi = 3^{\circ}25'$ N.

Se tiene que: $\delta = \sin^{-1}(\sin \phi \sin h + \cos \phi \cos h \cos A)$.

$$\delta = \sin^{-1}[\sin(3^{\circ}25') \sin(35^{\circ}43') + \cos(3^{\circ}25') \cos(35^{\circ}43') \cos(210^{\circ}34')],$$

$$\delta = \sin^{-1}(-0.6630548) = -41^{\circ}32'.$$

$$H = \sin^{-1}\left(\frac{-\cos(35^{\circ}43') \sin(210^{\circ}34')}{\cos(-41^{\circ}32')}\right),$$

$$H = \cos^{-1}\left(\frac{\sin(35^{\circ}43') - \sin(-41^{\circ}32') \sin(3^{\circ}25')}{\cos(-41^{\circ}32') \cos(3^{\circ}25')}\right),$$

$$H = \sin^{-1}(0.5515730) = 33^{\circ}28.5' = 2^h 13.9^m.$$

$$H = \cos^{-1}(0.8341279) = 33^{\circ}28.5' = 2^h 13.9^m.$$

Ejemplo 3:

Calcular el azimut y la altura de una estrella para un observador ubicado en Mocoa (Putumayo) si las coordenadas ecuatoriales horarias de dicha estrella en ese instante son: $\delta = 34^{\circ}14'$ y $H = 5^h35.3^m$.

la latitud de Mocoa: $1^{\circ}9'$.

$$H = 5^h35.3^m \times 15 = 83^{\circ}49.5'.$$

$$h = \sin^{-1} [\sin(34^{\circ}14') \sin(1^{\circ}9') + \cos(34^{\circ}14') \cos(1^{\circ}9') \cos(83^{\circ}49.5')],$$

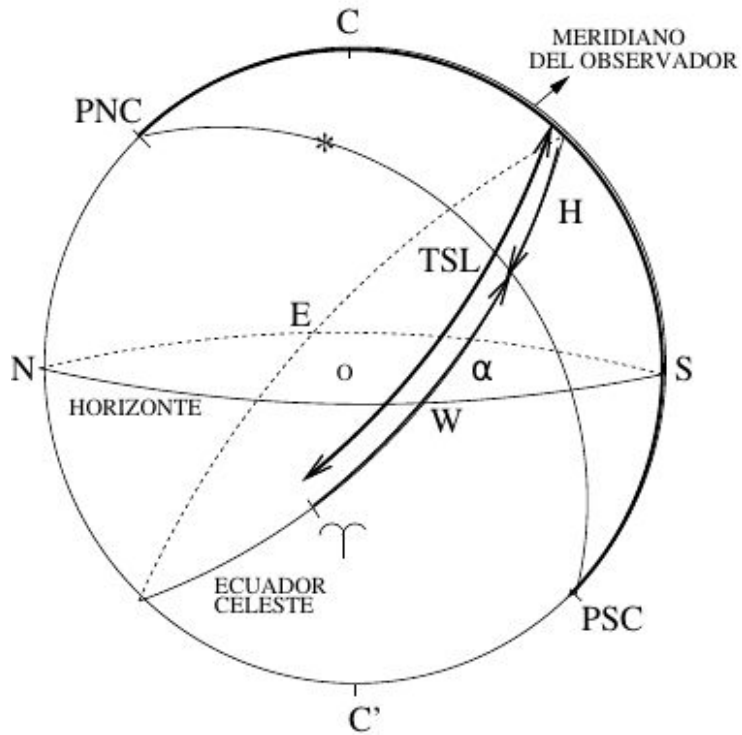
$$h = \sin^{-1}(0.1002029) = 5^{\circ}45'.$$

$$A = \cos^{-1} \left(\frac{\sin(34^{\circ}14') - \sin(1^{\circ}9') \sin(5^{\circ}45')}{\cos(1^{\circ}9') \cos(5^{\circ}45')} \right), \quad \text{puesto que } H < 180, \text{ entonces el verdadero ángulo de } A \text{ es:}$$

$$A = \cos^{-1}(0.5635018) = 55^{\circ}42',$$

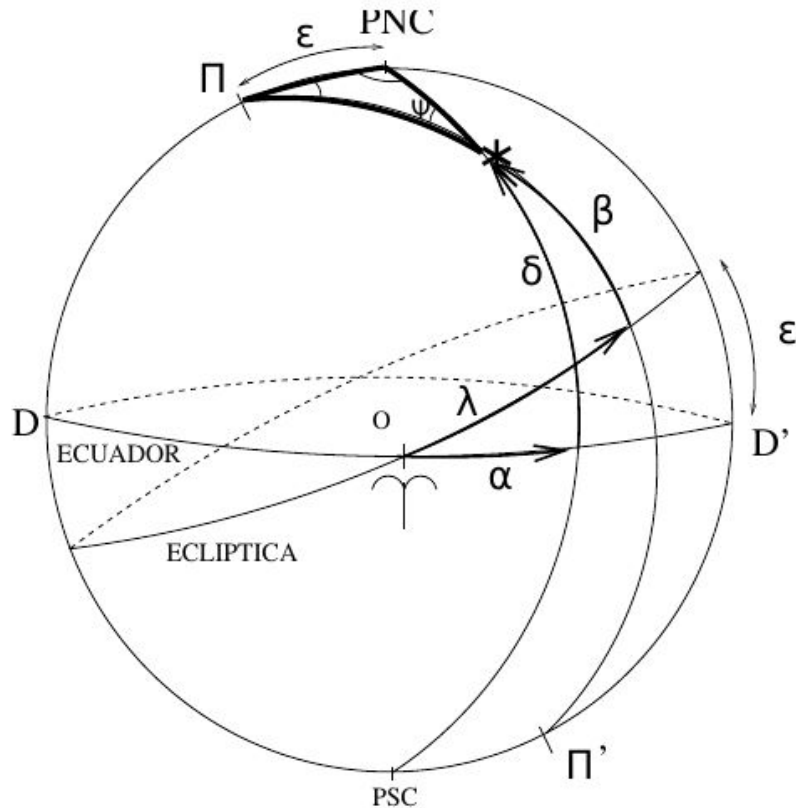
$$A = 360 - 55^{\circ}42' = 304^{\circ}18'.$$

HORARIAS A ECUATORIALES Y VICEVERSA



$$TSL = H_{\gamma} = \alpha + H.$$

Sea X un astro situado en el hemisferio norte celeste de coordenadas ecuatoriales absolutas (α, δ) y coordenadas eclípticas (λ, β) :



ECUATORIALES A ECLÍPTICALES Y VICEVERSA

Lados	Ángulos
$90 - \beta$	$90 + \alpha$
$90 - \delta$	$90 - \lambda$
ϵ	Ψ

Aplicando el teorema del seno:

$$\frac{\operatorname{sen}(90 - \delta)}{\operatorname{sen}(90 - \lambda)} = \frac{\operatorname{sen}(90 - \beta)}{\operatorname{sen}(90 + \alpha)},$$

y puesto que $\operatorname{sen}(90 - x) = \cos x$, y $\operatorname{sen}(90 + x) = \cos x$, se deduce:

$$\cos \delta \cos \alpha = \cos \lambda \cos \beta.$$



Al aplicar el teorema del coseno:

$$\cos(90 - \delta) = \cos(90 - \beta) \cos \epsilon + \operatorname{sen}(90 - \beta) \operatorname{sen} \epsilon \cos(90 - \lambda),$$

y como $\cos(90 - x) = \operatorname{sen} x$ se obtiene:

$$\operatorname{sen} \delta = \operatorname{sen} \beta \cos \epsilon + \cos \beta \operatorname{sen} \epsilon \operatorname{sen} \lambda.$$

Aplicando el teorema del coseno con otro de los lados:

$$\cos(90 - \beta) = \cos(90 - \delta) \cos \epsilon + \operatorname{sen}(90 - \delta) \operatorname{sen} \epsilon \cos(90 + \alpha),$$

y como $\cos(90 + x) = -\operatorname{sen} x$ se obtiene:

$$\operatorname{sen} \beta = \operatorname{sen} \delta \cos \epsilon - \cos \delta \operatorname{sen} \epsilon \operatorname{sen} \alpha.$$

Usando la relación de los 5 elementos:

$$\cos(90 - \lambda) \sin(90 - \beta) = -\cos(90 + \alpha) \sin(90 - \delta) \cos \epsilon + \cos(90 - \delta) \sin \epsilon,$$

$$\cos(90 + \alpha) \sin(90 - \delta) = -\cos(90 - \lambda) \sin(90 - \beta) \cos \epsilon + \cos(90 - \beta) \sin \epsilon,$$

o mejor:

$$\sin \lambda \cos \beta = \sin \delta \sin \epsilon + \cos \delta \cos \epsilon \sin \alpha,$$

$$\sin \alpha \cos \delta = -\sin \beta \sin \epsilon + \cos \beta \cos \epsilon \sin \lambda.$$



$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{-\sin \beta \sin \epsilon + \cos \beta \cos \epsilon \sin \lambda}{\cos \lambda \cos \beta} \right).$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{p}{q} \right),$$

Si $p \cdot q < 0$ y $q < 0$ entonces $\alpha = \alpha + 180$,

Si $p \cdot q < 0$ y $q > 0$ entonces $\alpha = \alpha + 360$,

Si $p + q < 0$ entonces $\alpha = \alpha + 180$.

Ejemplo 4:

Las coordenadas eclípticas de la Luna en un instante dado son: $\lambda = 221^{\circ}23'$, $\beta = 4^{\circ}54'$. Calcular las coordenadas ecuatoriales.

Solución

Tomaremos $\epsilon = 23^{\circ}26'$. De la ecuación (5.18):

$$\delta = \sin^{-1} [\sin(4^{\circ}54') \cos(23^{\circ}26') + \cos(4^{\circ}54') \sin(23^{\circ}26') \sin(221^{\circ}23')],$$

$$\delta = \sin^{-1}(-0.1835720) = -10^{\circ}34.7'.$$

La ascensión recta se calcula

$$p = -\sin(4^{\circ}54') \sin(23^{\circ}26') + \cos(4^{\circ}54') \cos(23^{\circ}26') \sin(221^{\circ}23') = -0.6383208,$$

$$q = \cos(221^{\circ}23') \cos(4^{\circ}54') = -0.7475613.$$

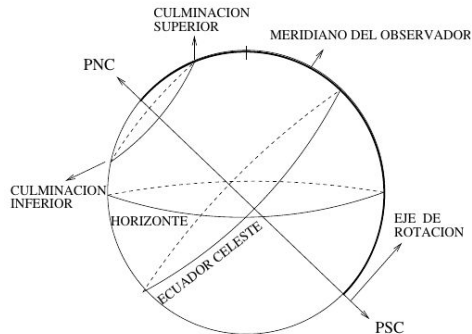
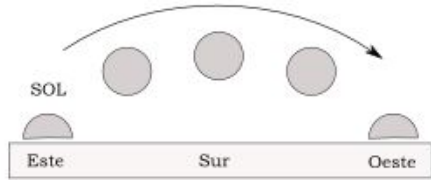
Al tomar la tangente inversa ($\tan^{-1}(p/q)$) obtenemos un valor del ángulo $\alpha = 40^{\circ}29.6'$.
se cumple en este caso $p+q < 0$ por lo que es necesario sumar 180 grados al valor hallado. Por lo tanto: $\alpha = 40^{\circ}29.6' + 180 = 220^{\circ}29.6'$,
que al convertir en unidades de tiempo da finalmente: $\alpha = 14^{\circ}42^m$.

MATERIAL COMPLEMENTARIO

Videos recomendados para ver:

1. Movimiento de la Esfera Celeste:
<https://www.youtube.com/watch?v=Q2Vi0roeonk>
2. Sistema de Coordenadas Celestes Horizontales:
https://www.youtube.com/watch?v=Sz9Y85_WdbM
3. Sistema de Coordenadas Esféricas:
<https://www.youtube.com/watch?v=47uYAfffBrA&t=296s>
4. Sistema de Coordenadas Geográficas:
<https://www.youtube.com/watch?v=4VdxCggfRdk>

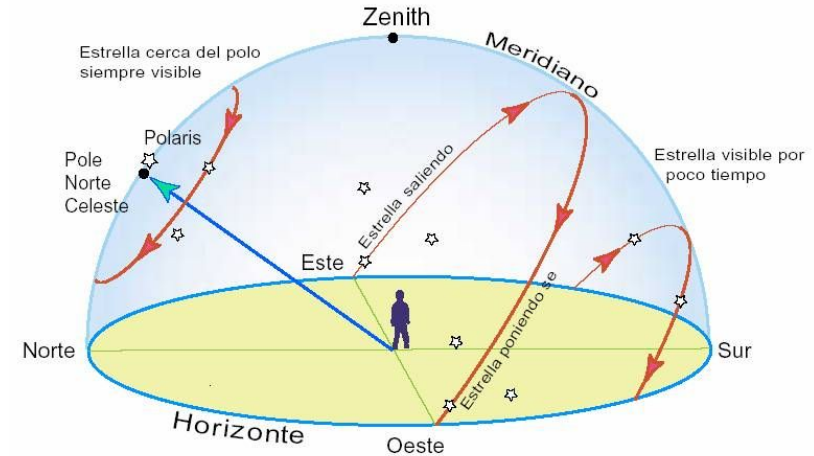
Movimiento Diurno



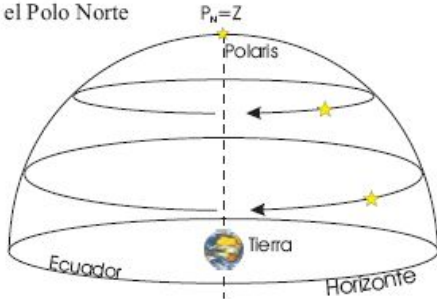
- La observación muestra que los puntos de la superficie terrestre se mueven respecto a las estrellas del firmamento. Cualquier observador ve aparecer a los astros por el Este y ocultarse por el Oeste. El Sol, la Luna y los planetas participan de este movimiento respecto al observador, que se conoce como **movimiento diurno**.
- Al cruzar un astro el meridiano del lugar, se encuentra en *culminación*, la cual se llama superior o inferior, según se trate del meridiano superior o inferior.
- El movimiento diurno es pues, el movimiento del cielo estrellado, el cual no se presenta de la misma forma en todos los puntos de la superficie terrestre.

Parte de las estrellas salen por el Este y se ocultan por el Oeste. Pero hay estrellas siempre visibles a las que llamamos **circunpolares**. Y otras **perpetuamente invisibles**, ya que para una dada latitud no pueden ser vistas nunca.

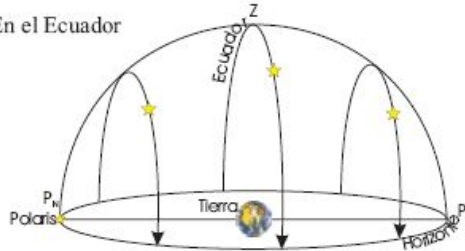
Se llama orto de un astro al momento del cruce del astro con el horizonte por el Este haciendo visible, mientras que Ocaso, cuando se oculta. Por el fenómeno de la refracción, vemos a los astros salir antes y ocultarse más tarde.



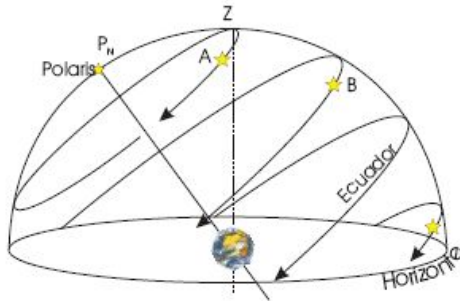
1) En el Polo Norte



2) En el Ecuador



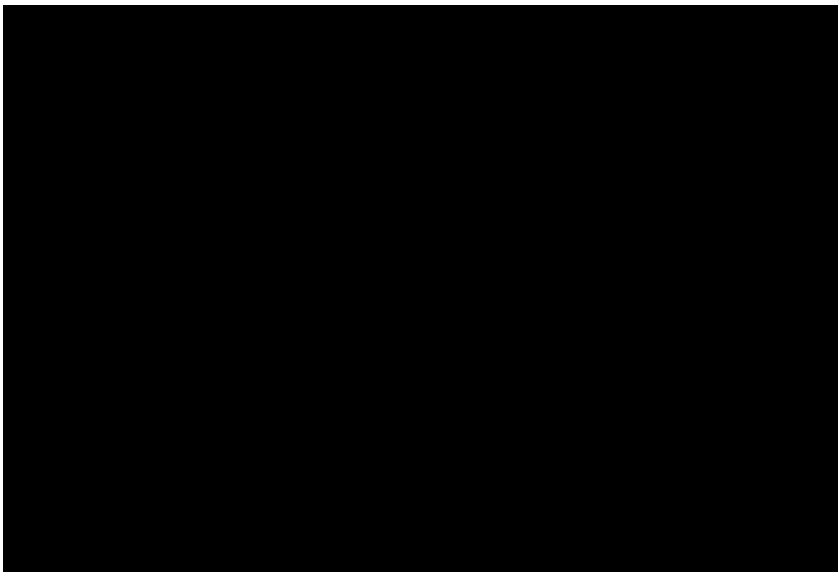
3) En una latitud septentrional intermedia



En los Polos, las estrellas describen círculos paralelos al horizonte.

En el Ecuador, las estrellas se mueven en planos perpendiculares al horizonte. Para él todas las estrellas son visibles!

Para un observador en latitudes intermedias, el cielo estrellado parece girar en torno del polo celeste elevado, en círculos inclinados respecto al horizonte.

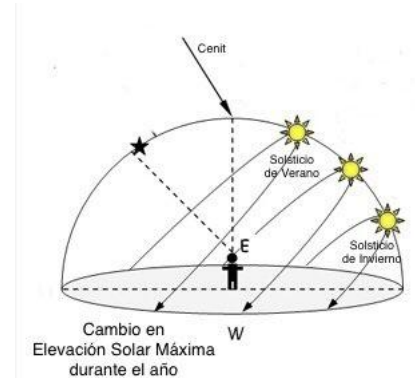
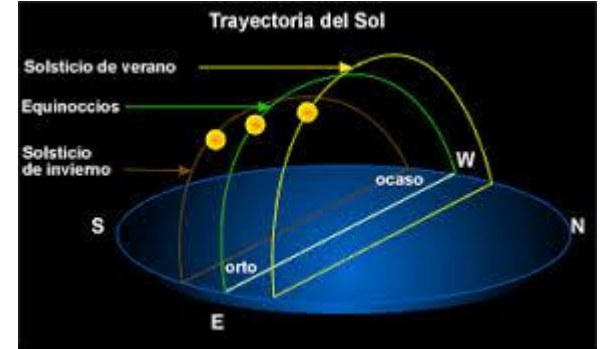


Movimiento diurno del Sol: Equinoccios y Solsticios

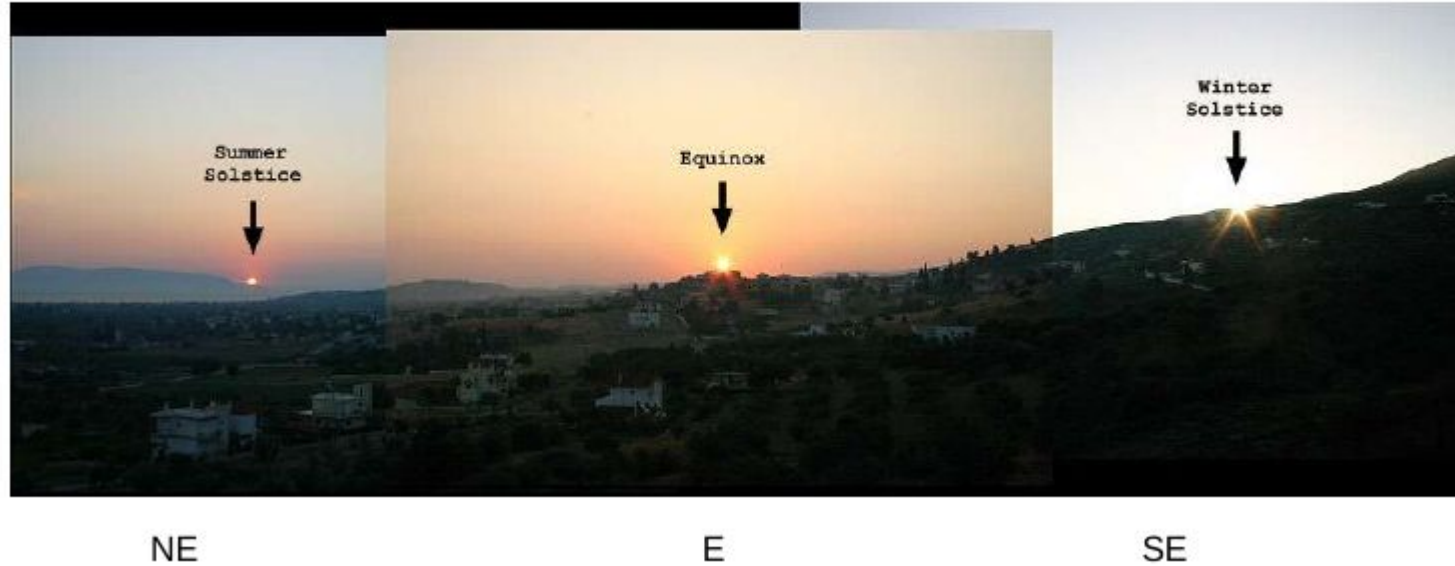
En este movimiento aparente, el Sol recorre distintos paralelos.

En los **equinoccios**, el Sol recorre el Ecuador, siendo la duración del día igual a la duración de la noche. Esos días, correspondientes al 21 de Marzo y al 21 de Septiembre, el Sol sale exactamente por el Este y se pone por el Oeste.

Desde el 21 de Marzo, los puntos de salida y puesta del Sol, se corren hacia el Norte alcanzando su máxima amplitud norte cerca del 21 de Junio, correspondiente al **Solsticio** de verano en el hemisferio Norte, y al del Invierno, en el Sur. Ese día el Sol recorre el trópico de Cáncer, ubicado a $+23^{\circ} 27'$ de declinación. La diferencia de la duración del día y la noche es máxima en los solsticios, siendo en el solsticio de junio, la noche más larga en el hemisferio Sur.



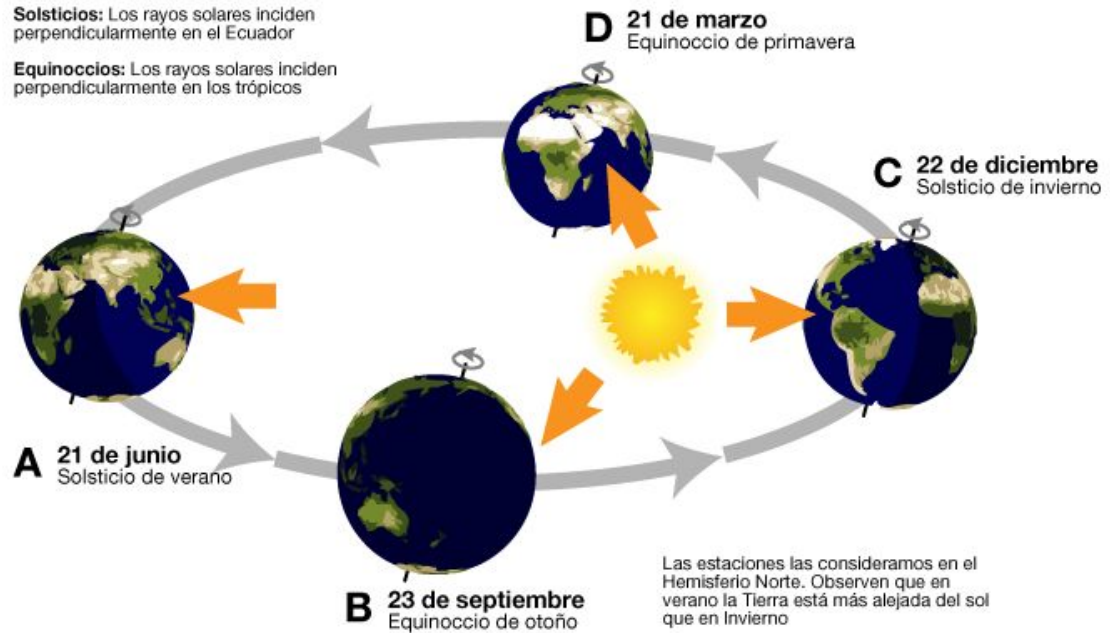
AMANECER EN GRECIA

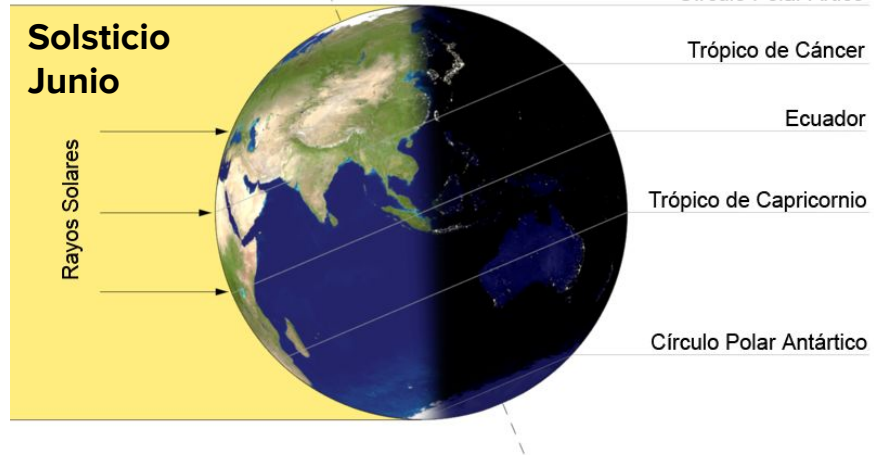
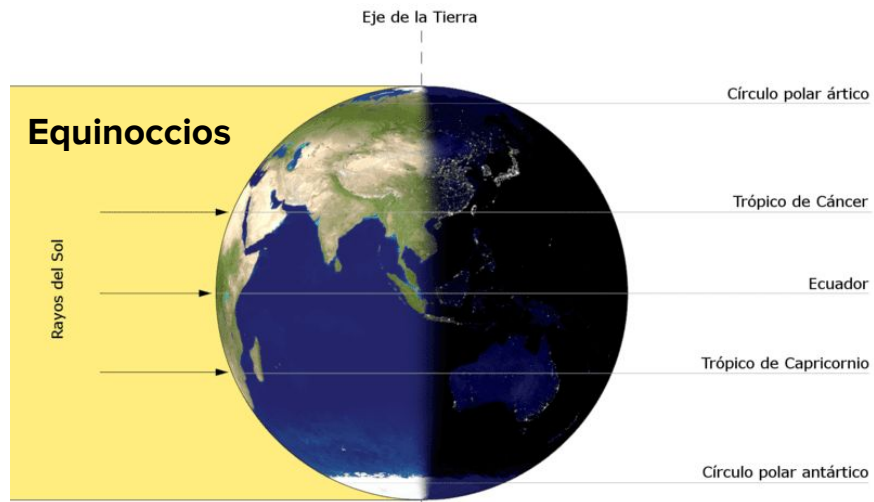


La latitud de Córdoba es alrededor de -31 grados. Entonces... ¿En qué momento del año el Sol está en el cenit?

Nunca.

Como el Ecuador está inclinado con respecto a la Eclíptica en ε , se originan las estaciones.





Un Resumen General



<https://labs.minutelabs.io/what-is-a-day/#/welcome>

