

UNIDAD Nº XI

SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT. SISTEMAS DE COORDENADAS USADAS EN ASTRONOMÍA.

El cosmos. El espacio. Qué es el sistema solar, cómo está formado. Los planetas. Dónde se acaba el sistema solar Las distancias estelares. Cinturón de asteroides, nubes de Kuiper y Ort. Sistemas de coordenadas cartesianas y esféricas. Sistemas de coordenadas geográficas. Sistema de coordenadas geodésicas y geocéntricas. Sistema de referencia geodésico. Sistema de coordenadas astronómicas.



**SISTEMA SOLAR. EL SOL Y
LOS PLANETAS. CINTURÓN
DE ASTEROIDES, NUBES DE
KUIPER Y ORT. SISTEMAS
DE COORDENADAS
USADAS EN ASTRONOMÍA.**

SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.

En su acepción más general, un cosmos es un sistema armonioso, ordenado. Proviene del griego κόσμος que significa «orden, dispuesto de manera ordenada» y es la noción antagónica del χάος. El uso más habitual de cosmos está vinculado al **universo** (a partir de su orden) y al espacio exterior a la **Tierra**.



El **universo** es el conjunto de todas las entidades físicamente detectables que interactúan entre ellas dentro del espacio-tiempo de acuerdo a leyes físicas bien definidas.

El Universo conocido contiene galaxias, cúmulos de galaxias y estructuras de mayor tamaño llamadas supercúmulos, además de materia intergaláctica, desconociéndose con exactitud su magnitud.

La materia no se distribuye de manera uniforme, sino que se concentra en lugares concretos: galaxias, estrellas, planetas, etc. no obstante el 90% de lo que existe es una masa oscura, que no se puede observar.

SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.

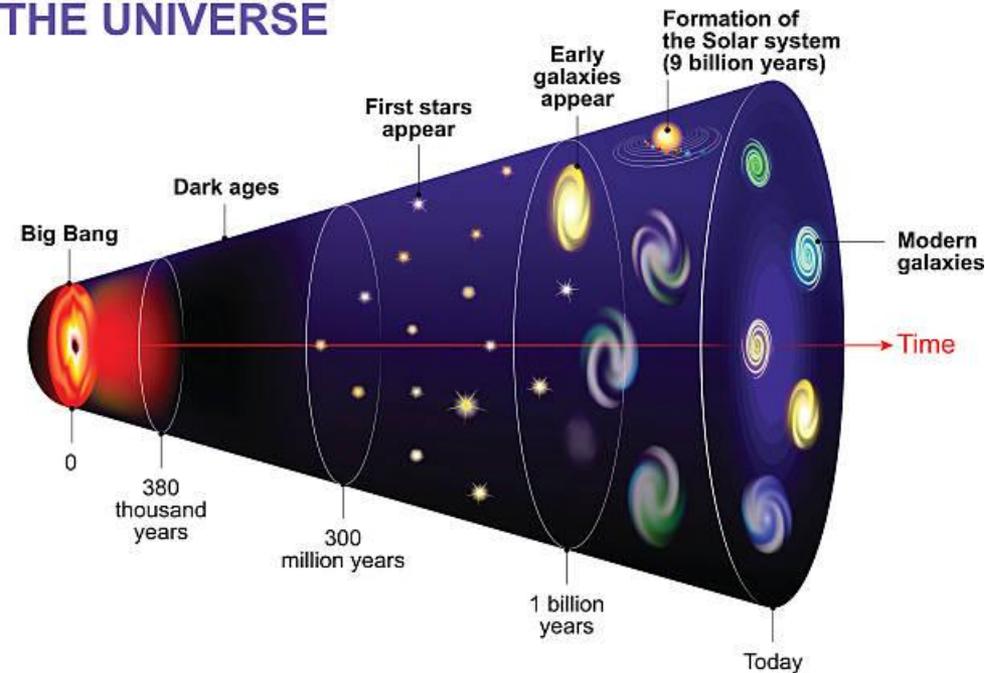
Los 10 elementos químicos más abundantes en el universo son:

Símbolo	Elemento químico	Átomos
H	Hidrógeno	1.000.000
He	Helio	63.000
O	Oxígeno	690
C	Carbono	420
N	Nitrógeno	87
Si	Silicio	45
Mg	Magnesio	40
Ne	Neón	37
Fe	Hierro	32
S	Azufre	16

El Cosmos tiene al menos cuatro dimensiones conocidas: las tres del espacio (largo, alto, ancho) y una de tiempo. Se mantiene unido y en continuo movimiento gracias a una fuerza dominante, la gravedad.

SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.

EVOLUTION OF THE UNIVERSE



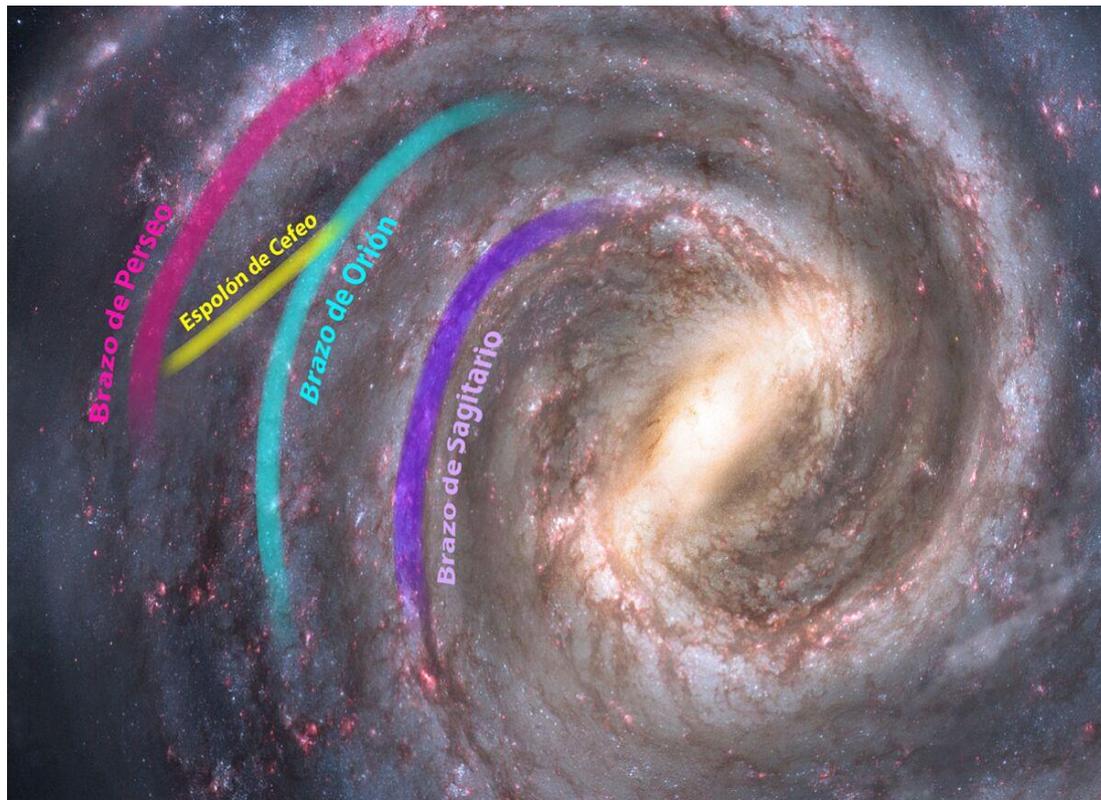
El origen del universo se centra en un cataclismo sin igual en la historia: el BIG BANG.

Esta teoría surgió de la observación del alejamiento a gran velocidad de otras galaxias respecto a la nuestra en todas direcciones, como si hubieran sido repelidas por una antigua fuerza explosiva. Antes del Big Bang la inmensidad del universo observable, incluida toda su materia y radiación, estaba comprimida en una masa densa y caliente a tan solo unos pocos milímetros de distancia. Este estado casi incomprensible se especula que existió tan sólo una fracción del primer segundo de tiempo.

En un instante (una trillonésima parte de un segundo) tras el Big Bang, el universo se expandió con una velocidad incomprensible desde su origen del tamaño de un guijarro a un alcance astronómico. La expansión aparentemente ha continuado, pero mucho más despacio, durante los siguientes miles de millones de años.

A medida que transcurría el tiempo y la materia se enfriaba, comenzaron a formarse tipos de átomos más diversos, y que estos finalmente se condensaron en las estrellas y galaxias del universo presente.

SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.

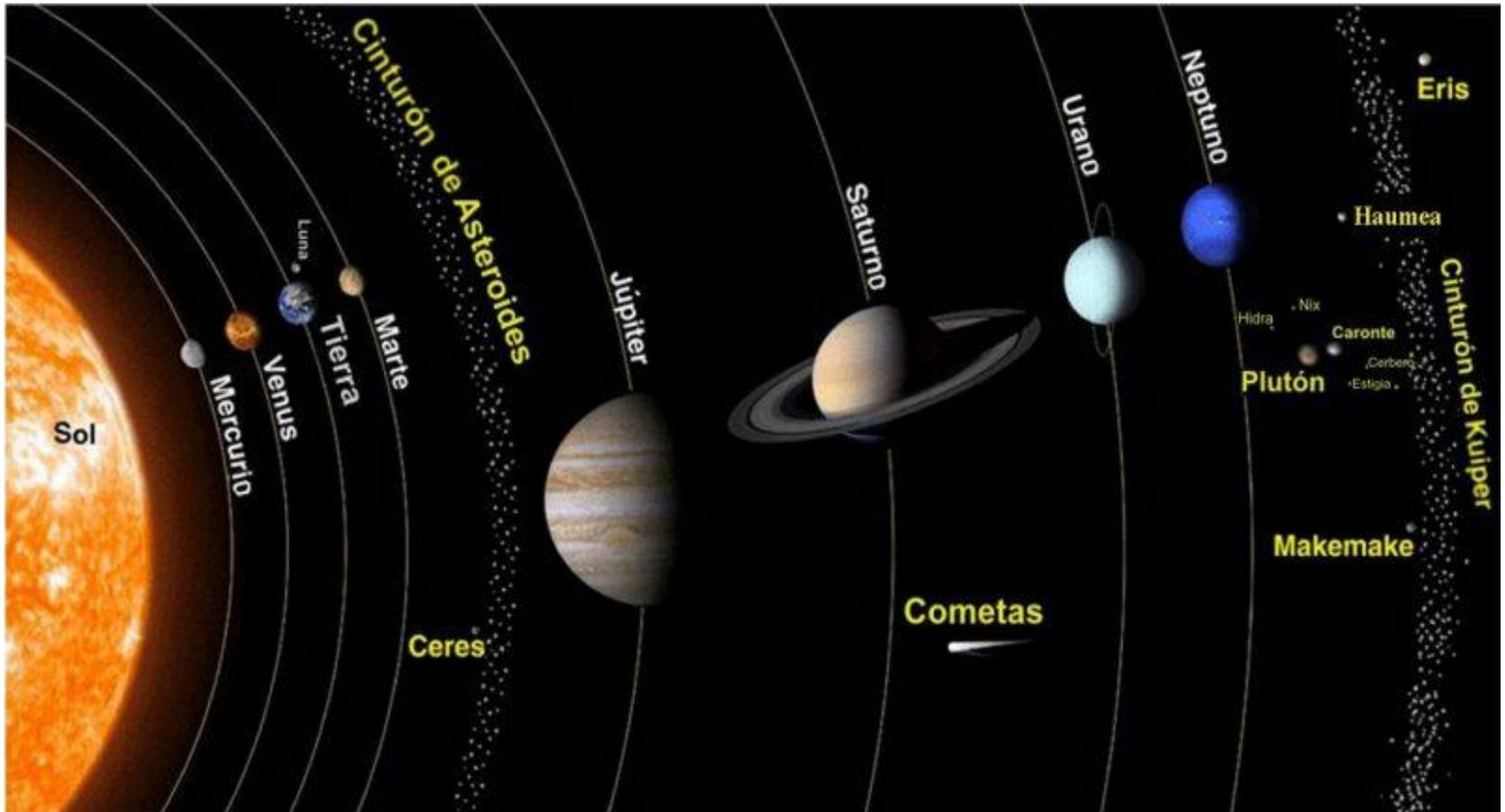


El Sistema Solar pertenece a la galaxia llamada **Vía Láctea**, formada por miles de millones de estrellas, situadas a lo largo de un disco plano de 100.000 años luz y está situado en uno de los tres brazos en espiral de esta galaxia, llamado Orión, a unos 25.800 años luz del núcleo, alrededor del cual gira a la velocidad de 828.000 km/h, empleando 225 millones de años en dar una vuelta completa. A este tiempo se lo denomina Año Galáctico.

Sistema Solar está compuesto por el Sol, que mantiene a muchos astros y materiales diversos girando a su alrededor por influencia de su gravedad: ocho grandes planetas, junto con sus satélites, planetas menores, asteroides, cometas, polvo y gas interestelar.

Se estima que el Sistema Solar abarca hasta la *heliopausa*, situada a unos 16.000 millones de kilómetros del Sol, que es la distancia a la que llega la influencia del viento solar.

SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.



Sistema Solar está compuesto por el Sol, que mantiene a muchos astros y materiales diversos girando a su alrededor por influencia de su gravedad: ocho grandes planetas, junto con sus satélites, planetas menores, asteroides, cometas, polvo y gas interestelar.

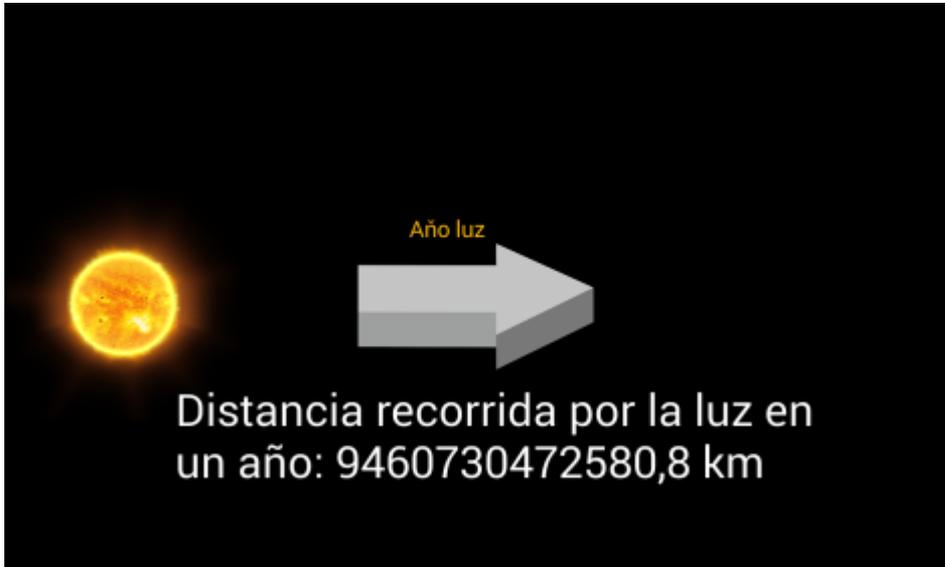
SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.

Los astrónomos clasifican los planetas y demás cuerpos del Sistema Solar en tres categorías:

- Primera categoría: Un **planeta** solar es un cuerpo celeste que está en **órbita** alrededor del Sol, con masa suficiente para tener gravedad y mantener el equilibrio hidrostático. Los planetas tienen forma redonda y han despejado las inmediaciones de su órbita. El Sistema Solar tiene cuatro *planetas terrestres* o interiores (Mercurio, Venus, la Tierra y Marte) y cuatro *gigantes gaseosos* exteriores (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno). Desde la Tierra en adelante, todos los planetas tienen **satélites** que orbitan a su alrededor.
- Segunda categoría: Un **planeta enano** es un cuerpo celeste en órbita alrededor del Sol, con suficiente masa para tener forma esférica, pero no la necesaria para haber despejado las inmediaciones de su órbita. Son: Plutón, Ceres, Makemake, Eris y Haumea.
- Tercera categoría: Todos los demás objetos que orbitan alrededor del Sol son considerados colectivamente como "cuerpos pequeños del Sistema Solar". En esta categoría se incluyen los **asteroides** (con formas irregulares, la mayoría en el *cinturón de asteroides*, entre Marte y Júpiter), los objetos del cinturón de Kuiper (Sedna, Quaoar), los **cometas** helados de la nube de Oort y los meteoroides, que tienen menos de 50 metros de diámetro.

El Sistema Solar contiene además gases y pequeñas partículas sólidas que forman el **polvo cósmico**.

SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.



En el interior del Sistema Solar los astrónomos utilizan la unidad astronómica (UA), que equivale a 150 millones de kilómetros y es la distancia media entre el Sol y la Tierra.

Para distancias en el sistema solar también podemos usar los segundos luz o minutos luz, así por ejemplo la distancia de la Tierra al Sol es de 8.31 minutos luz.

Las distancias en el espacio se miden con la utilización de los años luz, dado que los kilómetros no sirven para medir las enormes distancias que existen en el espacio. Los astrónomos utilizan como medida los años luz o los pársecs (1 pársec=3,26 años luz).

El año luz equivale a la distancia que recorre la luz en un año, es decir 946 billones de kilómetros.

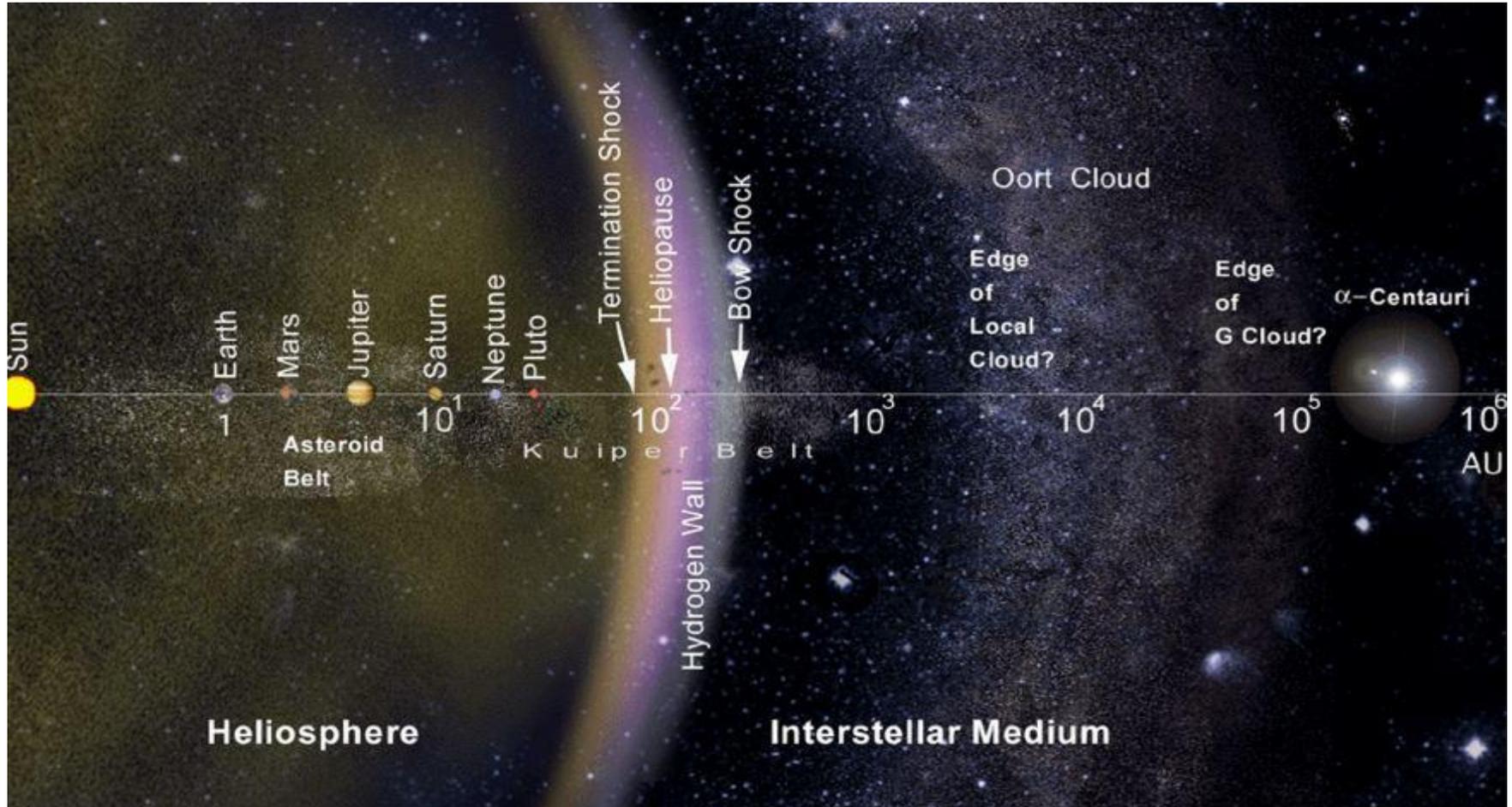
La luz viaja a una velocidad constante en el vacío de 299.792,49 km/s.



SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.

El cinturón de Kuiper y la nube de Oort

El cinturón de Kuiper y la nube de Oort son dos regiones del Sistema Solar situadas más allá de Neptuno y que contienen multitud de cuerpos menores. Como estos cuerpos orbitan más allá de la órbita de Neptuno, reciben el nombre de objetos transneptunianos (TNO).



SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.

El cinturón de Kuiper es una región elipsoide situada más allá de la órbita de Neptuno (entre 30 y 100 [UA](#) del Sol) y en el [plano de la eclíptica](#) (aunque algunos objetos del cinturón tienen órbitas inclinadas respecto a la eclíptica, como Plutón), que contiene multitud de pequeños cuerpos helados orbitando alrededor del Sol. Es parecido al cinturón de asteroides, pero unas 20 veces mayor y se piensa que es la fuente de cometas de periodo corto.

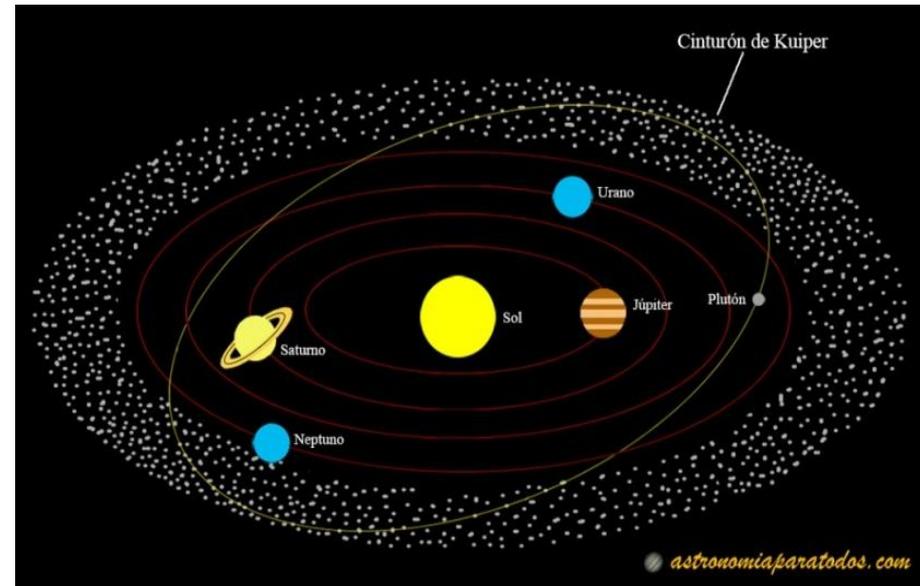
Los cometas de corto período provienen del cinturón de Kuiper.

Este cinturón probablemente comienza hacia treinta unidades astronómicas y se extiende hasta centenas de unidades astronómicas.

Se considera que contiene más de 200 millones de pequeños cuerpos helados susceptibles de convertirse en cometas.

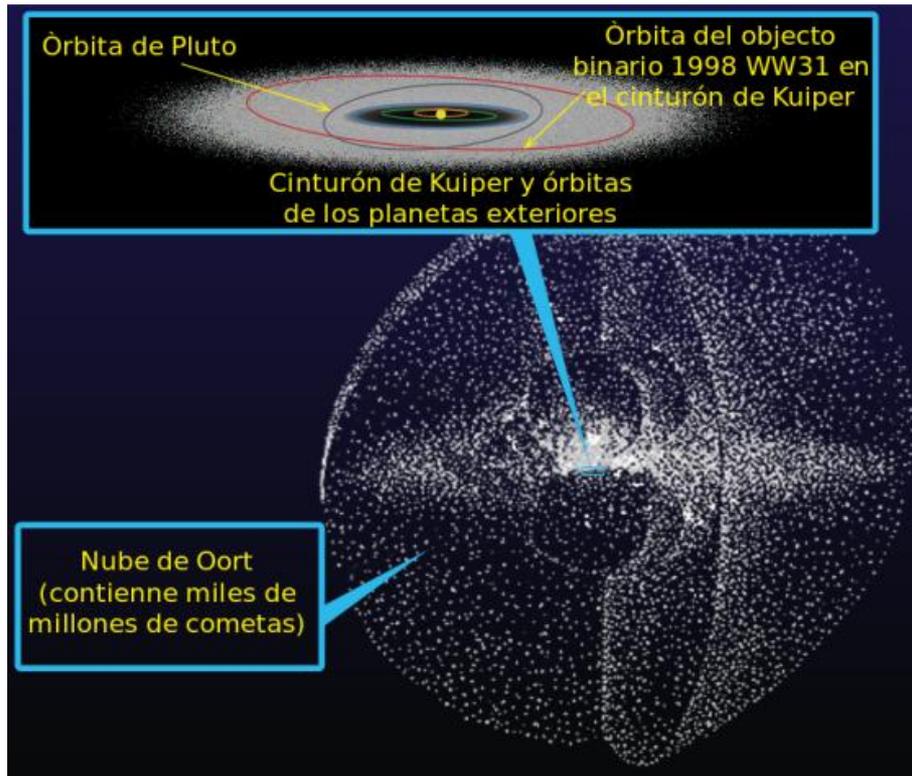
Ciertos astrónomos piensan que Tritón, Plutón y Caronte son objetos de este cinturón, que simplemente se distinguen por el tamaño excepcional y su órbita.

Las perturbaciones gravitacionales engendradas por los planetas gigantes modifican la órbita de uno de estos cuerpos y ponen en marcha un cambio de trayectoria hacia el Sol.



SISTEMA SOLAR. EL SOL Y LOS PLANETAS. CINTURÓN DE ASTEROIDES, NUBES DE KUIPER Y ORT.

La nube de Oort es una enorme región esférica en los límites del Sistema Solar que podría contener billones de cuerpos menores helados. Sus dimensiones no están claras, pero se habla que empezaría entre las 2000 UA o 5000 UA y se extendería hasta 1 o 2 años luz, a un cuarto de distancia de la estrella más cercana al Sistema Solar, Próxima del Centauro.



Para los cometas de periodo largo, la reserva es la nube de Oort. Ésta se extiende sobre distancias entre 30.000 y 100.000 unidades astronómicas, y debe contener centenas de miles de millones de objetos.

En estas regiones alejadas, los núcleos de cometas se encuentran en una fracción no despreciable de la distancia que nos separa de las estrellas más próximas. Estas últimas van, así pues, a provocar perturbaciones gravitacionales que pueden conducir un cuerpo de la nube de Oort a precipitarse hacia el interior del sistema solar.

La nube de Oort está probablemente formada de objetos eyectados en las primeras horas del sistema solar por fenómenos como la resonancia con los planetas gigantes.

SISTEMAS DE COORDENADAS

Se utilizarán unos ejes de coordenadas fijos sobre la Tierra, es decir, que giren con ella, de manera que las coordenadas de un punto, en principio, serán siempre las mismas.

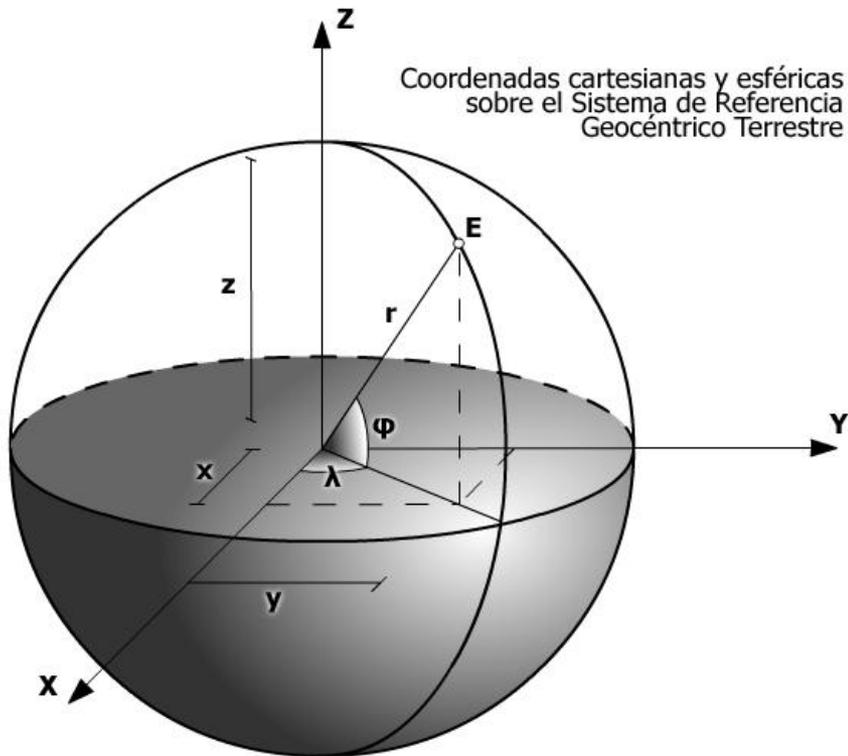
Los convencionalismos que llevan el sistema de referencia a convencional son:

- Origen: Centro de masas terrestres o geocentro, incluyendo la atmósfera y los océanos.
- Eje Z: coincide con el eje de rotación terrestre.
- Plano meridiano: pasa por cualquier punto de la tierra y contiene al eje de rotación.
- Plano ecuador: es perpendicular al eje de rotación y pasa por el geocentro.
- Eje X: se sitúa en la dirección del plano meridiano que pasa por Greenwich y contenido en el plano ecuador. Es considerado internacionalmente como meridiano origen o meridiano cero desde 1884.
- Eje Y: contenido en el plano ecuador y perpendicular al eje X y su sentido será tal que los tres ejes formen una triplete dextrógira.

SISTEMAS DE COORDENADAS

Coordenadas cartesianas y esféricas.

Cualquier punto de la superficie terrestre presentará coordenadas (X, Y, Z) en la triplete de ejes coordenados definida, siendo estos ejes los que constituyen el marco de referencia.



Lo habitual es el uso de coordenadas esféricas para la parametrización de los puntos sobre la Tierra, (r, ϕ, λ) , donde, de forma genérica:

r es la distancia radial al geocentro,

ϕ la latitud geocéntrica (ángulo entre r y el plano del ecuador) y

λ la longitud geocéntrica (ángulo entre el plano meridiano de Greenwich y el del punto de cálculo, medido en el plano del ecuador).

Para la correcta definición de la distancia radial r (distancia diferente para cada punto de la Tierra y que no sigue ningún patrón geométrico exacto), se debe introducir una superficie de referencia como aproximación a la forma real de la Tierra.

SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas geográficas.

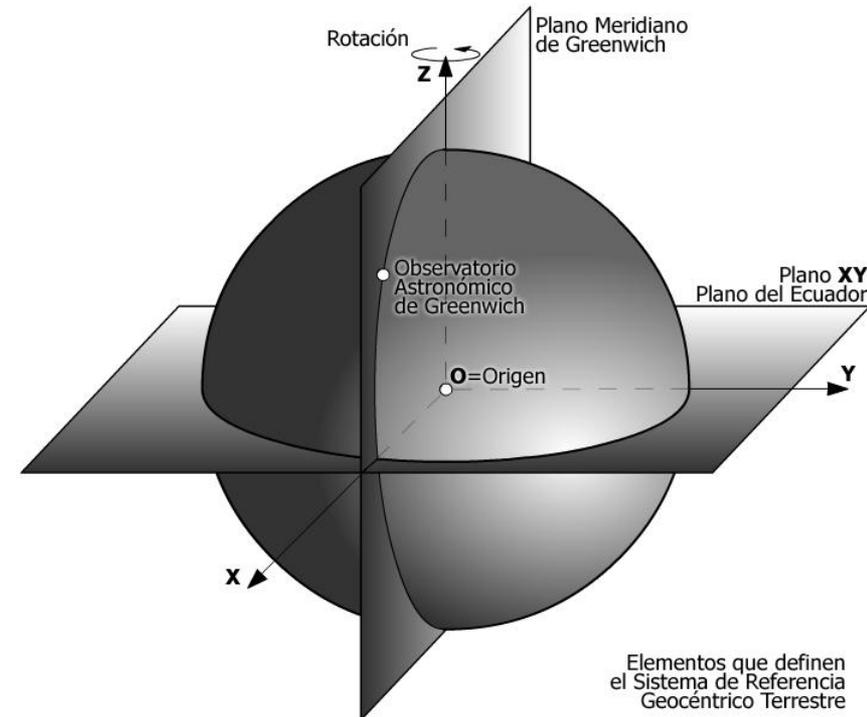
En primera aproximación la Tierra es una esfera homogénea de radio R .

El eje de rotación corta la superficie terrestre en dos puntos: el polo geográfico Norte (PN) y en el polo geográfico Sur (PS). El polo geográfico Norte es aquel desde el que si se observa la Tierra hacia su interior, esta rota en el sentido contrario a las agujas del reloj.

La vertical de cualquier punto sobre la superficie terrestre pasará por el centro de la Tierra.

La posición de un punto E de la superficie de la Tierra se determina por dos coordenadas:

- Se llama **latitud geográfica (ϕ)** del punto E al ángulo que forma la vertical de E con el plano del ecuador terrestre. La latitud geográfica varía de 0° a 90° en el hemisferio boreal (latitud norte) y de 0° a -90° en el hemisferio austral (latitud sur).
- Se llama **longitud geográfica (λ)** del punto E al ángulo que forma el meridiano del punto con el meridiano origen. La longitud geográfica varía de 0° a 180° en el hemisferio oriental y de 0° a -180° en el hemisferio occidental, es decir, el primero al este y el segundo al oeste.



SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas geodésicas y geocéntricas. Sistema de referencia geodésico.

La segunda aproximación a la forma de la Tierra es un elipsoide de revolución definido por su semieje mayor (a) y su semieje menor (b) o aplanamiento (f). El centro del elipsoide coincide con el centro del sistema de referencia, es decir, con el geocentro y el semieje menor se hace coincidir con el eje de rotación terrestre quedando así constituido el sistema de coordenadas geodésico.

La vertical geodésica en un punto de la superficie del elipsoide de revolución coincide con la dirección del vector normal al elipsoide en dicho punto, y, por tanto, no pasa por el centro del elipsoide.

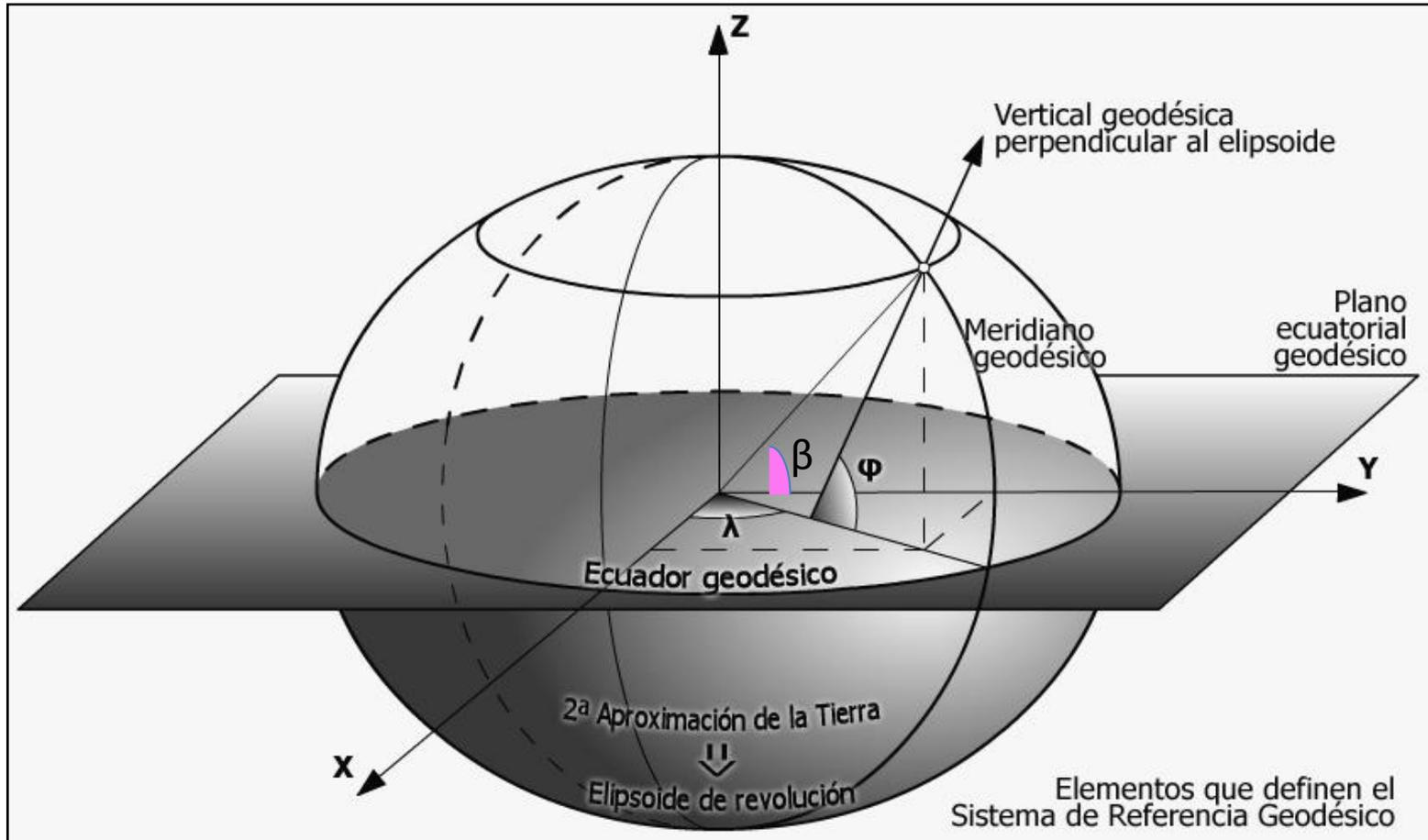
Así las coordenadas geodésicas serán:

- **Latitud geodésica:** es el ángulo que forma la vertical geodésica del punto con el plano ecuador geodésico.
- **Longitud geodésica:** es el ángulo formado por el meridiano geodésico del punto de cálculo y el meridiano geodésico origen.

Introducimos en este momento las coordenadas geocéntricas ya que, sobre el elipsoide no coincidirán con las geodésicas, en este caso la longitud geocéntrica será igual a la geodésica, pero la latitud geocéntrica (β), será el ángulo entre la línea que une el centro del elipsoide y un punto sobre el elipsoide y el ecuador geodésico.

SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas geodésicas y geocéntricas. Sistema de referencia geodésico.



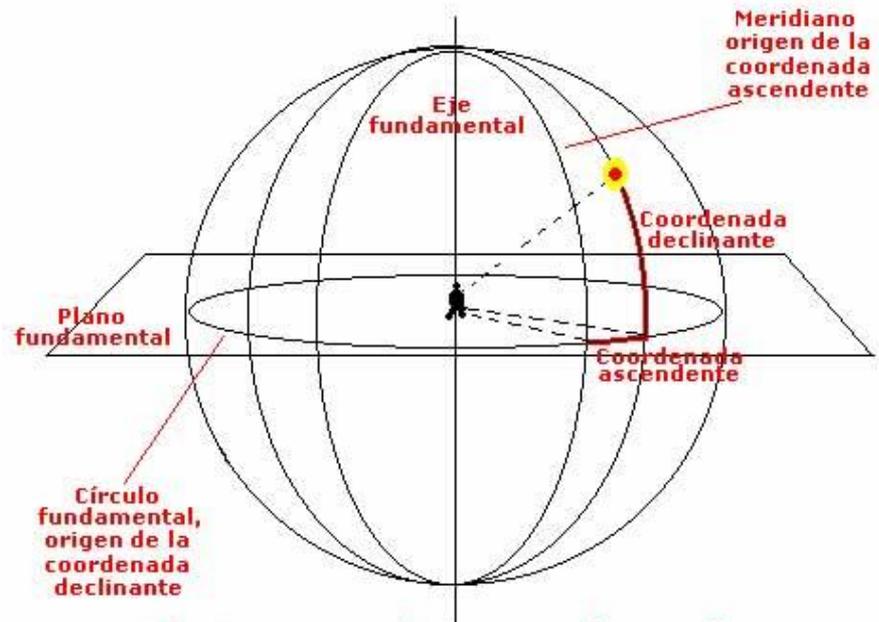
SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas astronómicas.

Un sistema de coordenadas astronómicas es, simplemente, un plano p , que llamaremos plano fundamental del sistema, y un eje perpendicular e , eje fundamental del sistema de coordenadas.

El círculo donde hipotéticamente el plano fundamental p corta a la esfera celeste es el ecuador celeste respecto al plano p , ecp. Y los puntos, N_p y S_p , en donde el eje fundamental corta a la esfera celeste se denominan polos celestes respecto al eje fundamental p .

Las coordenadas de cada punto de la esfera se miden sobre círculos paralelos al plano fundamental (coordenada ascendente, a_p) y sobre círculos máximos perpendiculares al plano fundamental y que se cortan en los polos del eje fundamental (coordenada declinante, d_p). Para efectuar su medición se fijan orígenes respectivos en d_{p0} y a_{p0} . Finalmente, es preciso fijar un sentido, un orden, para la medición de ambas coordenadas.



Sistemas de coordenadas astronómicas

SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas astronómicas.

Con todo esto, podemos tener ya un sistema de coordenadas astronómicas. Sin embargo, no se resuelve con esto el problema de la variabilidad de la situación de nuestro planeta debido a sus movimientos propios.

Lo que caracteriza a los diferentes sistemas de coordenadas astronómicas es la elección del plano fundamental y, consiguientemente, de su eje perpendicular, el eje fundamental por donde pasan los círculos máximos meridianos sobre los que se mide la coordenada declinante y que a su vez, delimitan perpendicularmente la medición de la coordenada ascendente. La coordenada ascendente se mide sobre el círculo fundamental del sistema de referencia.

Así, el plano fundamental puede ser cualquiera de los planos característicos, generalmente de simetría, de las estructuras u objetos masivos que observamos o bien el plano observable desde el lugar en donde nos encontramos:

- Plano ecuatorial de la Tierra.
- Plano de la eclíptica.
- Plano de simetría de la Vía Láctea.
- Plano del horizonte visible en el lugar de observación.

Con cada plano fundamental queda inmediatamente definido el eje fundamental, es decir, su eje perpendicular, y, por consiguiente, los polos referidos al eje fundamental. Con lo cual, también sabemos ya sobre qué arcos han de medirse las coordenadas correspondientes, tanto declinante como ascendente.

SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas astronómicas.

El siguiente paso consiste en definir el origen y sentido de la medición de ambas coordenadas astronómicas, para lo cual habrá que elegir:

Para la coordenada ascendente: un meridiano origen para el inicio de la medida y su sentido de medición, que puede ser Np-astro-Ns, o bien el contrario, Ns-Astro-Np.

Para la coordenada declinante: generalmente el origen es el círculo que define el ecuador celeste respecto de p, Ecp, en un sentido que puede ser hacia Np, con medida positiva de 0° a 90°, o bien hacia Sp, con medida negativa de 0° a -90°.

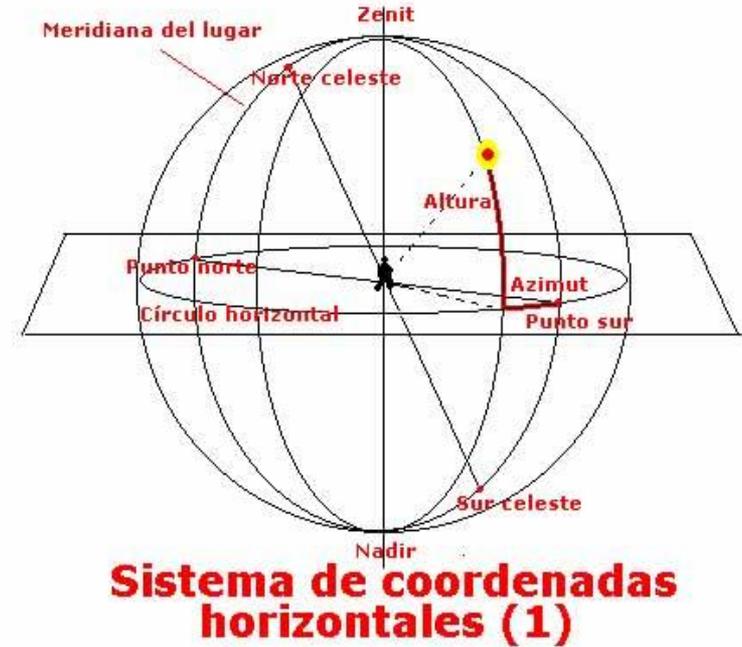
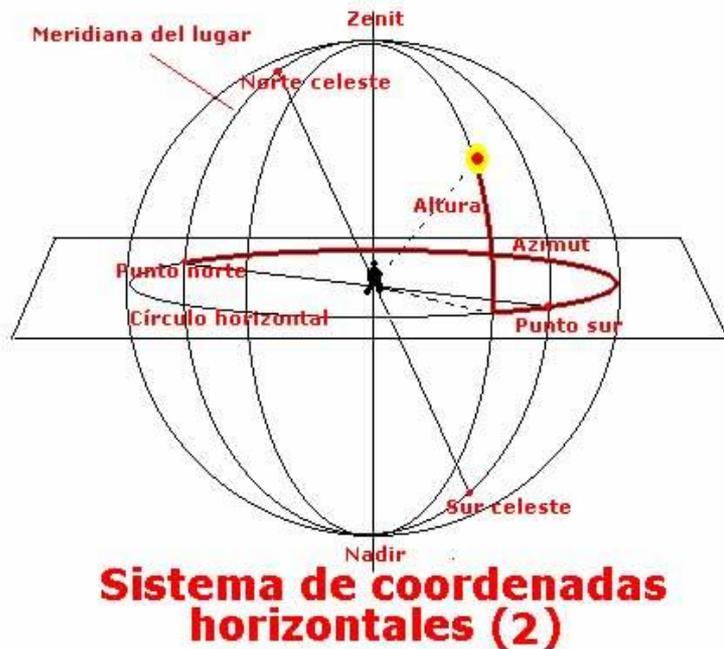
Estos son los característicos:

Sistema	Plano fundamental	Eje fundamental	Coord. ascendente	Coord. declinante
Coordenadas geográficas	Plano ecuatorial de la Tierra	Eje Norte-Sur geográficos	Longitud Geográfica	Latitud geográfica
Coordenadas horizontales u altazimutales	Plano del horizonte del observador	Eje Zenit-Nadir	Azimut	Altura
Coordenadas horarias o ecuatoriales locales	Plano ecuatorial de la Tierra	Eje Norte-Sur celestes	Angulo horario	Declinación
Coordenadas ecuatoriales	Plano ecuatorial de la Tierra	Eje Norte-Sur celestes	Ascensión recta	Declinación
Coordenadas Eclípticas	Plano de la Eclíptica	Eje Norte-Sur eclípticos	Longitud eclíptica	Latitud eclíptica
Coordenadas Galácticas	Plano de simetría de la galaxia	Eje Norte-Sur galácticos	Longitud galáctica	Latitud galáctica

SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas astronómicas horizontales:

Un criterio de medida de la coordenada ascendente (Azimut) consiste en tomar como origen de la medición el punto sur.



Existe otro criterio de medida de la coordenada ascendente (Azimut) consistente en tomar como origen de la medición el punto norte en lugar del punto sur.

- Medida de la altura: de 0° a 90° , hacia el zenit del observador.
- Medida del azimut: de 0° a 360° , en el sentido de las agujas del reloj.

SISTEMAS DE COORDENADAS

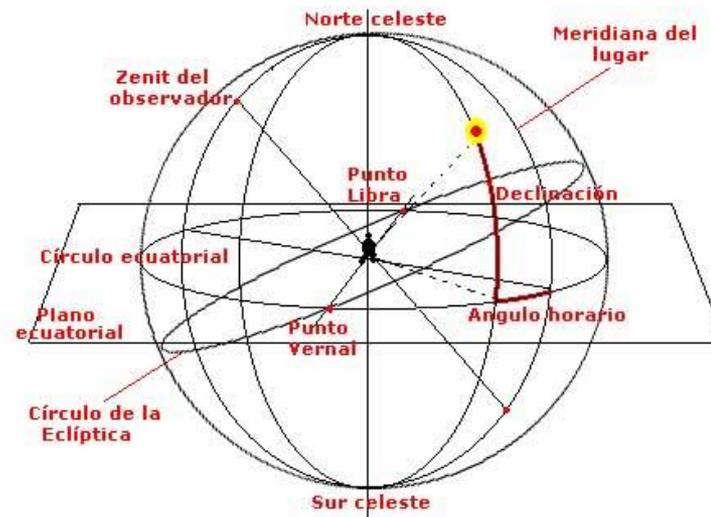
Sistema de coordenadas astronómicas horarias:

También llamado sistema de coordenadas **ecuatoriales** locales, por usar como plano fundamental el plano ecuatorial de la Tierra.

El origen del ángulo horario es el punto sur del observador, esto es, la intersección de la meridiana del lugar (pasa por el zenit del observador y por el polo norte celeste) con el círculo ecuatorial.

-Medida de la declinación: de 0° a $+90^\circ$ hacia el polo norte celeste, y de 0° a -90° hacia el polo sur celeste.

- Medida del ángulo horario: de 0 a 24 horas en el sentido de las agujas del reloj.



Sistema de coordenadas horarias

SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas astronómicas ecuatoriales:



El origen de la medida de la ascensión recta es el punto aries o punto vernal (equinoccio de primavera), que es el nodo ascendente en la intersección del plano ecuatorial de la Tierra con el plano de la Eclíptica.

-Medida de la declinación: de 0° a $+90^\circ$ desde el círculo ecuatorial hacia el polo norte celeste, y de 0° a -90° desde el círculo ecuatorial hasta el polo sur celeste. Evidentemente, coincide con la declinación del sistema de coordenadas horarias.

-Medida de la ascensión recta: de 0 horas a 24 horas en sentido contrario a las agujas del reloj.

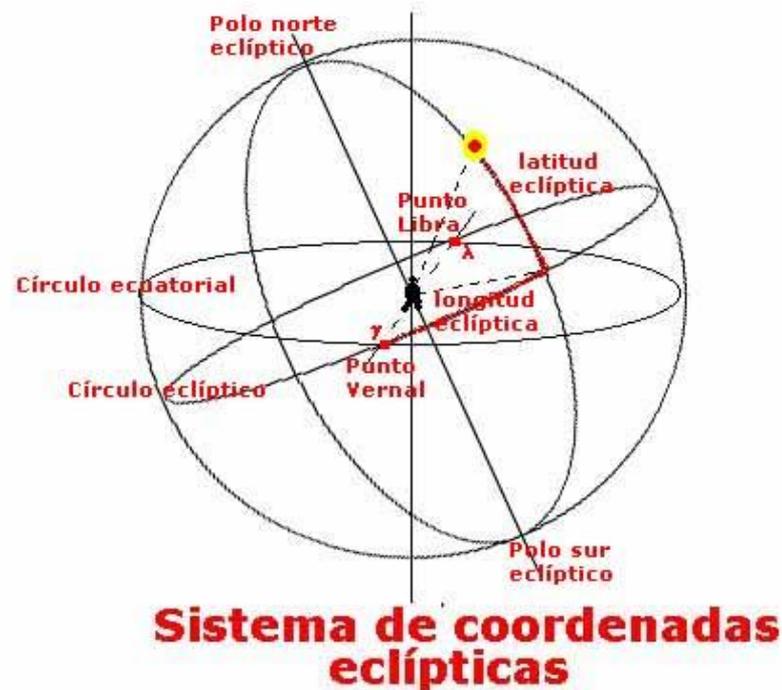
SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas astronómicas eclípticas:

El origen de la medida de la longitud eclíptica es el punto vernal o punto aries, punto de la intersección de los círculos eclíptico y ecuatorial.

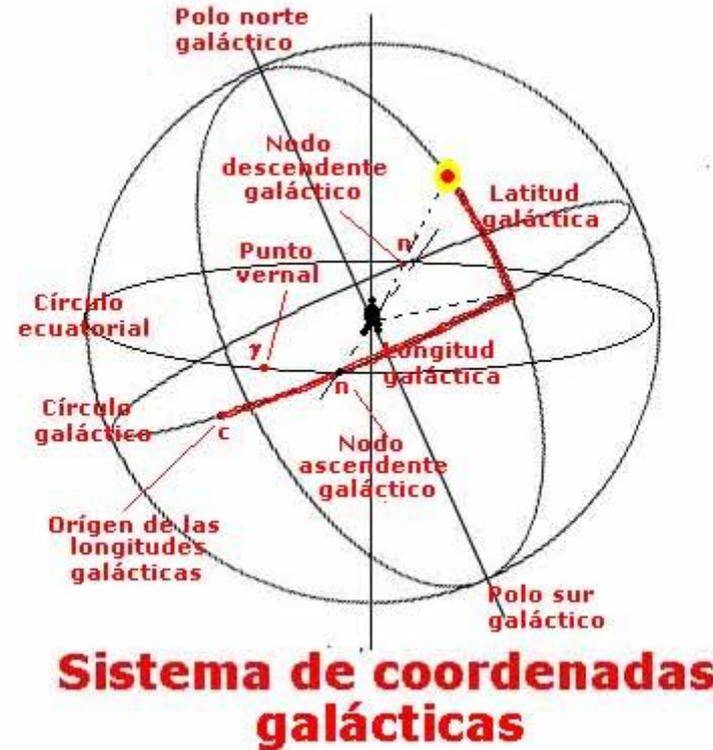
-Medida de la latitud eclíptica: de 0° a $+90^\circ$ hacia el polo norte eclíptico, y de 0° a -90° hacia el polo sur eclíptico.

-Medida de la longitud eclíptica: de 0° a 180° longitud oeste eclíptica hacia el oeste (sentido de las agujas del reloj), y de 0° a 180° longitud este eclíptica hacia el este (sentido contrario a las agujas del reloj).



SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas galácticas:



-Medida de la latitud galáctica: de 0° a $+90^\circ$ hacia el norte galáctico y de 0° a -90° hacia el polo sur galáctico.

-Medida de la longitud galáctica, desde el punto c, situado en dirección al centro de la Vía Láctea (en la constelación de sagitario) en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Para medir la longitud galáctica se acostumbran a usar dos datos básicos: la longitud galáctica del nodo ascendente galáctico y la ascensión recta del nodo ascendente galáctico.



**SISTEMA SOLAR. EL SOL Y
LOS PLANETAS. CINTURÓN
DE ASTEROIDES, NUBES DE
KUIPER Y ORT. SISTEMAS
DE COORDENADAS
USADAS EN ASTRONOMÍA.**