



ÍNDICE

1. Astronomía de Posición

- 1.1 Los movimientos de la tierra - La rotación
- 1.2 Los movimientos de la tierra - La precesión
- 1.3 La esfera terrestre
- 1.4 Coordenadas geográficas
- 1.5 Las coordenadas geográficas latitud y longitud
- 1.6 La esfera celeste
- 1.7 El sistema de coordenadas
- 1.8 Los objetos celestes y sus movimientos aparentes
- 1.9 El día sideral
- 1.10 Posiciones de la Estrella Polar según la latitud
- 1.11 El movimiento del Sol en la esfera celeste
- 1.12 El retorno cíclico de las estaciones
- 1.13 La eclíptica y el punto Aries
- 1.14 El Zodíaco
- 1.15 Las coordenadas astronómicas
- 1.16 Las coordenadas horarias o ecuatoriales locales
- 1.17 Las coordenadas ecuatoriales absolutas
- 1.18 Las coordenadas eclípticas

2. Sistema Solar

- 2.1 El Sistema Solar - Las leyes de Kepler
- 2.2 Consecuencias de las leyes de Kepler
- 2.3 La retrogradación
- 2.4 Un eclipse de sol
- 2.5 Posición aparente de los planetas interiores
- 2.6 La Luna - La órbita lunar
- 2.7 Revoluciones de la Luna
- 2.8 Libraciones de la Luna
- 2.9 Las fases lunares
- 2.10 Explicación de las fases de la luna
- 2.11 Mecanismo de un eclipse de luna
- 2.12 La escala de Danjon
- 2.13 Posiciones aparentes de los planetas exteriores
- 2.14 Fenómenos mutuos de los satélites galileanos
- 2.15 Los cometas
- 2.16 La nomenclatura de los cometas
- 2.17 Las colas de los cometas y los asteroides
- 2.18 Los asteroides
- 2.19 Los meteoros

3. Estrellas y constelaciones

- 3.1 Nombre y denominación de las estrellas
- 3.2 La magnitud estelar
- 3.3 Las estrellas variables
- 3.4 Estrellas dobles y múltiples
- 3.5 Las constelaciones
- 3.6 Las constelaciones circumpolares
- 3.7 Las constelaciones de primavera
- 3.8 Las constelaciones de verano
- 3.9 Las constelaciones de otoño
- 3.10 Las constelaciones de invierno

4. Cúmulos, nebulosas y galaxias

- 4.1 Los cúmulos
- 4.2 Los cúmulos globulares
- 4.3 Los cúmulos abiertos
- 4.4 Las nebulosas
- 4.5 Las galaxias

5. Instrumentos ópticos astronómicos

- 5.1 Los prismáticos
- 5.2 El telescopio
- 5.3 Las lentes
- 5.4 El tubo óptico y los portaoculares
- 5.5 La montura
- 5.6 Otras monturas
- 5.7 Tipos de telescopios
- 5.8 Consejos a tener en cuenta
- 5.9 Las monturas de los telescopios
- 5.10 Las monturas ecuatoriales
- 5.11 Círculos graduados
- 5.12 La alineación del telescopio
- 5.13 Los oculares
- 5.14 Explicación de los oculares
- 5.15 Los aumentos del objetivo

6. Orientación, observación y consejos

- 6.1 La proyección sobre el cielo
- 6.2 Senderos para encontrar las estrellas principales
- 6.3 Observar a partir de Polaris
- 6.4 El cinturón de Orión
- 6.5 El catálogo Messier
- 6.6 Otros catálogos y atlas
- 6.7 Los atlas gráficos
- 6.8 Uso de un planisferio
- 6.9 Cómo utilizar las cartas celestes
- 6.10 Cómo preparar una observación
- 6.11 Más consejos
- 6.12 Cómo preparar la observación - Ordenar y planificar
- 6.13 Preparación de la observación - Características físicas
- 6.14 La instrumentación
- 6.15 Prismáticos y su utilización
- 6.16 Observación con instrumentos de baja calidad
- 6.17 Observación lunar

7. Astrofotografía

- 7.1 Astrofotografía básica
- 7.2 Astrofotografía avanzada

8. Utilidades para el iniciado

- 8.1 Libros de astronomía
- 8.2 Consejos para comprar un telescopios
- 8.3 Como poner el telescopio en estación sin ver la Polar
- 8.4 Como alinear el telescopio por el método de deriva



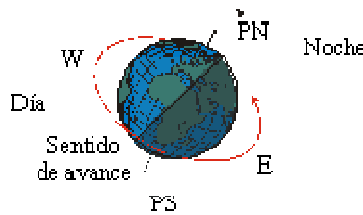
1. Astronomía de posición

1.1 Los movimientos de la tierra - La rotación

La Tierra, como los demás cuerpos celestes, no se encuentra en reposo, sino que está sujeta a más de diez movimientos. En este curso sólo vamos a estudiar los cuatro más importantes.

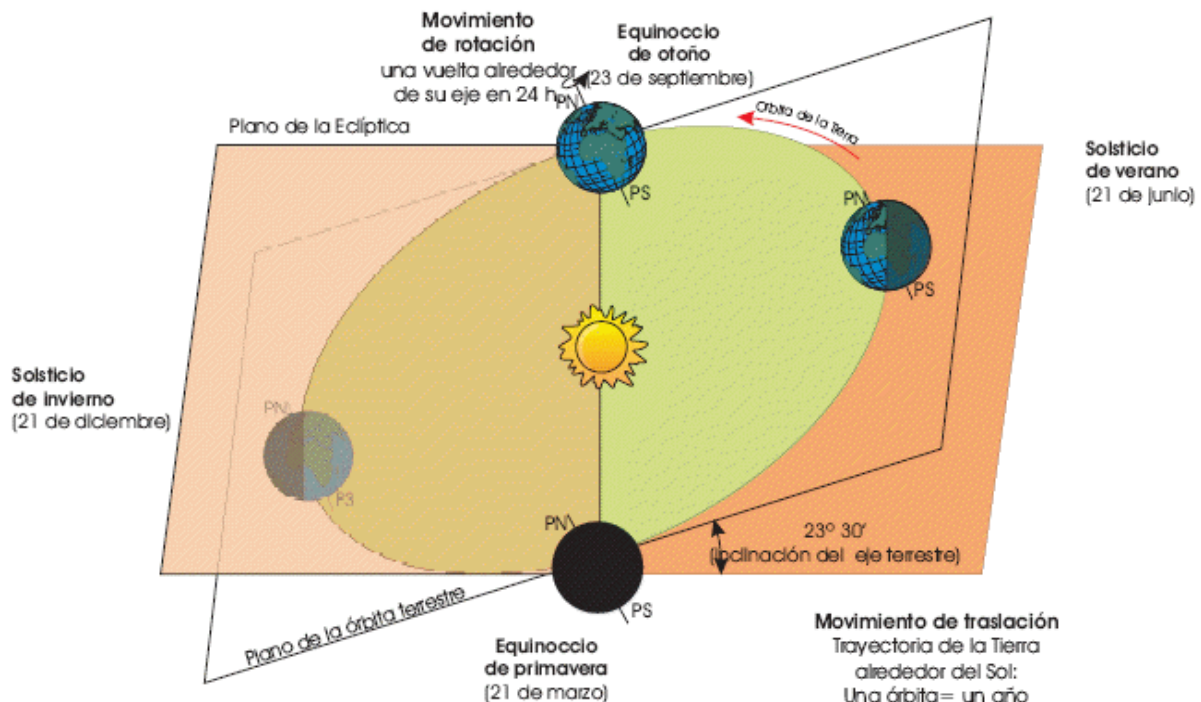
La rotación.- La Tierra cada 24 horas, exactamente cada 23 h 56 minutos, da una vuelta completa alrededor de un eje ideal que pasa por los polos, en dirección Oeste-Este, en sentido directo (contrario al de las agujas del reloj), produciendo la impresión de que es el cielo el que gira alrededor de nuestro planeta. A este movimiento, denominado rotación, se debe la sucesión de días y noches, siendo de día el tiempo en que nuestro horizonte aparece iluminado por el Sol, y de noche cuando el horizonte permanece oculto a los rayos solares. La mitad del globo terrestre quedará iluminada, en dicha mitad es de día mientras que en el lado oscuro es de noche. En su movimiento de rotación, los distintos continentes pasan del día a la noche y de la noche al día.

1 rotación = 23h 56 minutos



La traslación.- El movimiento de traslación es un importantísimo movimiento de la Tierra, por el cual nuestro globo se mueve alrededor del Sol impulsado por la gravitación, y en un tiempo de 365 días, 5 horas y 57 minutos, equivalente a 365,2422 que es la duración del año. Nuestro planeta describe una trayectoria elíptica de 930 millones de kilómetros, a una distancia media del Sol de 150 millones de kilómetros, ocupando el astro rey uno de sus focos, la distancia Sol-Tierra es 1 U.A. (una Unidad Astronómica es igual a la distancia promedio entre el Sol y la Tierra, es decir, 149.675.000 km). Como resultado de ese larguísimo camino, la Tierra marcha por el espacio a la velocidad de 29,5 kilómetros por segundo, recorriendo en una hora 106.000 kilómetros, o 2.544.000 kilómetros cada día.

La excentricidad de la órbita terrestre hace variar la distancia entre la Tierra y el Sol en el transcurso de un año. A primeros de enero la Tierra alcanza su máxima proximidad al Sol y se dice que pasa por el perihelio, y a primeros de julio llega a su máxima lejanía y está en afelio. La distancia Tierra-Sol en el perihelio es de 142.700.000 kilómetros y la distancia Tierra-Sol en el afelio es de 151.800.000 kilómetros.





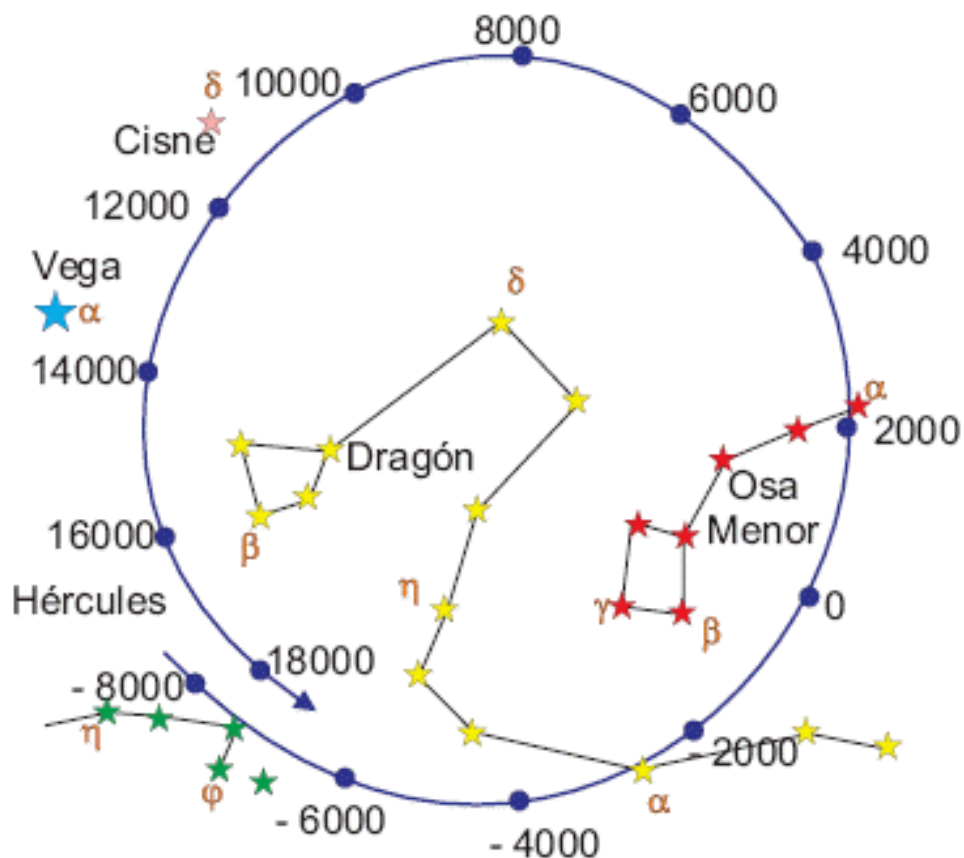
1.2 Los movimientos de la tierra - La precesión

Los movimientos de rotación y traslación serían los únicos que la Tierra ejecutaría si ésta fuese completamente esférica, pero al ser un elipsoide de forma irregular aplastado por los polos la atracción gravitacional del Sol y de la Luna, y en menor medida de los planetas, sobre el ensanchamiento ecuatorial provocan una especie de lentísimo balanceo en la Tierra durante su movimiento de traslación. Este movimiento recibe el nombre de precesión o precesión de los equinoccios, y que se efectúa en sentido inverso al de rotación, es decir en sentido retrógrado (sentido de las agujas del reloj).

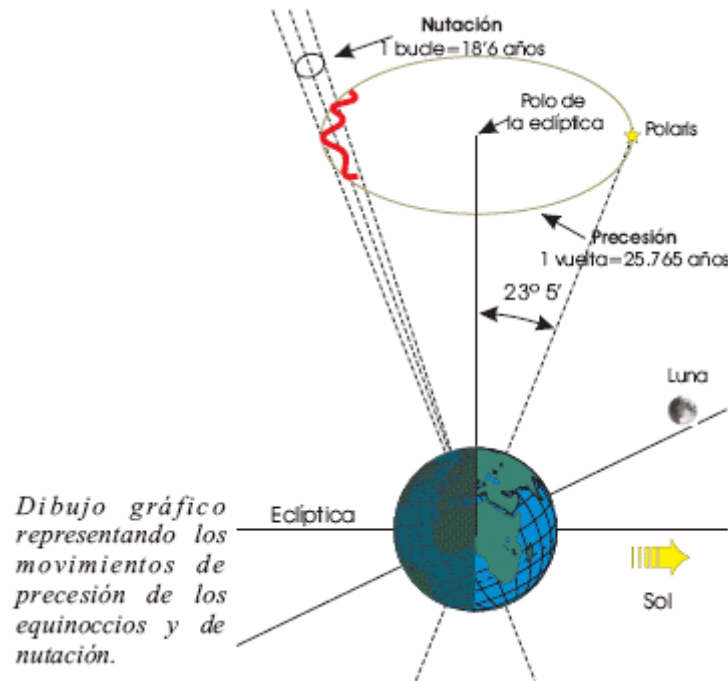
Bajo la influencia de dichas atracciones, el eje de los polos terrestres va describiendo un cono de 47° de abertura cuyo vértice está en el centro de la Tierra. Este movimiento puede compararse con el balanceo de una peonza que, al girar su eje, oscila lentamente mientras se traslada por el espacio, algo parecido sucede con la Tierra.

Debido a la precesión de los equinoccios se dan las siguientes consecuencias:

- 1) La posición del polo celeste va cambiando a través de los siglos. Actualmente la estrella Polar (se llama así porque está cerca del Polo Celeste), a Umi, es una estrella que no coincide exactamente con el Polo Norte Celeste, siendo la distancia de la Polar al Polo de aproximadamente 1°, se irá aproximando hasta el año 2100 llegando a una distancia de 30', luego se alejará paulatinamente describiendo un inmenso círculo para volver un poco cerca de su posición actual después de transcurrir 25.765 años.
- 2) El desplazamiento de la retícula de coordenadas astronómicas (A.R. y d) respecto a las estrellas. El Punto Aries y las coordenadas de las estrellas varían continuamente. Aunque imperceptibles, estos desplazamientos son significativos en largos períodos de tiempo y requieren constantes correcciones de dichas coordenadas celestes para un año en concreto. Actualmente el patrón está establecido para el comienzo del año 2000.
- 3) El lento pero continuo deslizamiento que tiene lugar entre las constelaciones y los signos zodiacales, que vinculados a las estaciones siguen a la Tierra en su movimiento. Mientras que ahora, durante las noches invernales, observamos algunas constelaciones como Tauro y Géminis, el Sol se encuentra en las constelaciones estivales como Escorpio y Sagitario. Bien, dentro de 13.000 años en las noches de invierno se observarán a Escorpio y Sagitario mientras que el Sol se encontrará en las constelaciones como Tauro y Géminis, constelaciones que se habrán convertido en estivales. Veamos un dibujo de este movimiento.



Hay un segundo fenómeno que se superpone con la precesión, es la nutación, un pequeño movimiento de vaivén del eje de la Tierra. Como la Tierra no es esférica, sino achatada por los polos, la atracción de la Luna sobre el abultamiento ecuatorial de la Tierra provoca el fenómeno de nutación. Para hacernos una idea de este movimiento, imaginemos que, mientras el eje de rotación describe el movimiento cónico de precesión, recorre a su vez una pequeña elipse o bucle en un periodo de 18,6 años, y en una vuelta completa de precesión (25.767 años) la Tierra habrá realizado más de 1.300 bucles.



1.3 La esfera terrestre

Como los diámetros ecuatorial y polar son casi iguales, para resolver numerosos problemas de astronomía y navegación, se supone que la Tierra es una esfera denominada esfera terrestre.

Las coordenadas geográficas.- Son aquellas coordenadas que indican la posición del observador en la superficie terrestre. Estas coordenadas tienen gran importancia en navegación, ya que uno de los problemas fundamentales es obtener la situación, por ejemplo, de un observador o de un barco.

Antes de explicar estas coordenadas vamos a definir los puntos y líneas de nuestra esfera terrestre:

1. Eje y polos: la Tierra gira alrededor de un eje denominado Eje de la Tierra, o Eje del Mundo, o Línea de los Polos. A los extremos de este eje se llaman Polo Norte (PN) y Polo Sur (PS).

2. Ecuador: es el círculo máximo normal al Eje de la Tierra. Los polos están separados 90° del Ecuador. El Ecuador divide a la Tierra en dos hemisferios o hemisferios, llamados Hemisferio Norte y Hemisferio Sur, según el Polo que tienen en su centro.

3. Paralelos: son los círculos menores paralelos al Ecuador; hay infinitos paralelos pero tienen nombre especial los siguientes:

- Trópico de Cáncer: paralelo del Hemisferio Norte separado del Ecuador $23^\circ 27'$.
- Trópico de Capricornio: paralelo simétrico al Paralelo de Cáncer en el Hemisferio Sur, por tanto también separado del Ecuador a $23^\circ 27'$.
- Círculo Polar Ártico: Paralelo que se encuentra separado del Polo Norte $23^\circ 27'$.
- Círculo Polar Antártico: paralelo que está separado del Polo Sur $23^\circ 27'$.

La Tierra queda dividida por estos paralelos en cinco zonas que reciben diferentes nombres que veremos en la siguiente unidad didáctica.

1.4 Las coordenadas geográficas

Continuamos hablando de las coordenadas geográficas y en concreto de las zonas en las que queda dividida la Tierra por los círculos de los paralelos.

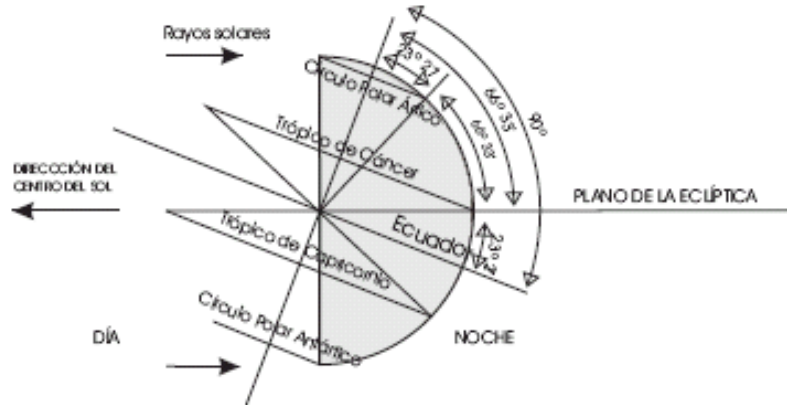
- **Una zona tórrida:** es la zona comprendida entre los paralelos de latitud $23^\circ 27'$ Norte y $23^\circ 27'$ Sur y que coincide con la máxima y mínima declinación del Sol, y por tanto, este astro alcanza grandes alturas en esta zona llegando a culminar en el cenit dos veces al año. Por ello, los rayos solares inciden casi normalmente sobre dicha zona y es la más calurosa.

- **Dos zonas templadas:** son las que están limitadas por los trópicos y los círculos polares. Allí, los rayos solares inciden más oblicuamente, nunca culmina el Sol en el cenit y al aumentar la latitud el Sol alcanza menos altura y, por tanto, la temperatura en esta zona es menos elevada que en la anterior.

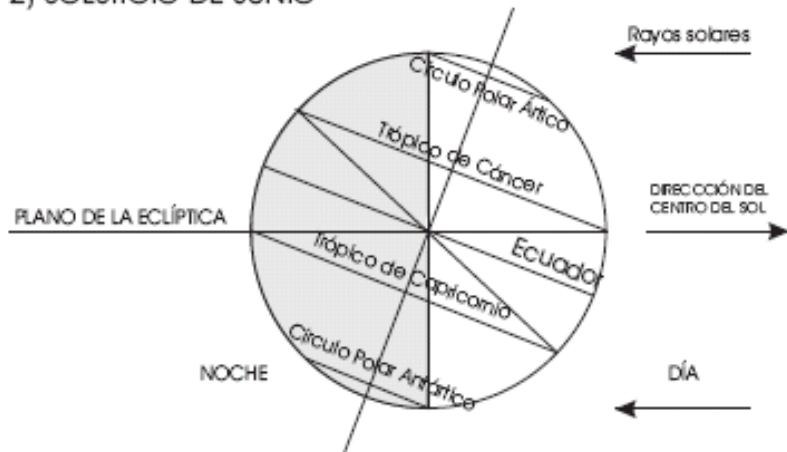


- **Las zonas glaciares:** son las extremas comprendidas entre los círculos polares y los polos. Allí, los rayos del Sol inciden muy oblicuamente, calentando poco. En estas zonas los días y las noches tienen mayores duraciones, tanto mayor cuanto mayor es la latitud, hasta llegar a los polos en que la noche y el día tienen una duración de seis meses, aunque existen los crepúsculos que duran unos dos meses, nos referimos al Sol de Medianoche.

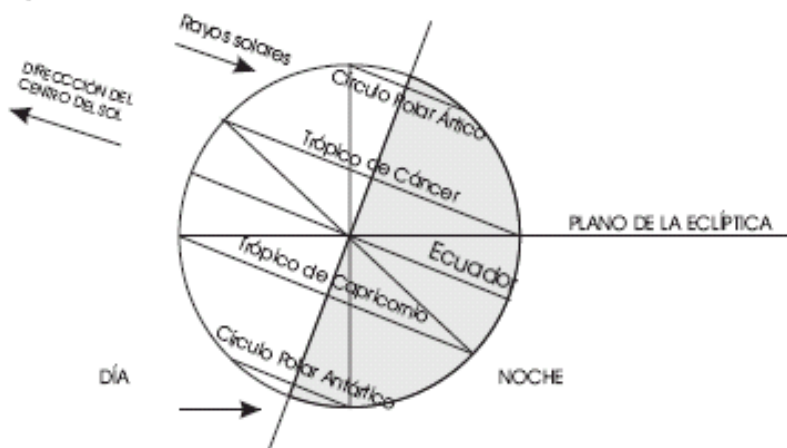
1) SOLSTICIO DE DICIEMBRE



2) SOLSTICIO DE JUNIO



3) EQUINOCCIO DE MARZO Y SEPTIEMBRE



Iluminación terrestre durante un año.



4. Meridianos: son los círculos máximos que pasan por los polos.

Entre los infinitos meridianos se distinguen especialmente el Meridiano del lugar, que pasa por un punto donde se encuentra el observador. Suponiendo que el observador está en el Oeste el meridiano es el PnOpsPn.

Los polos dividen a este meridiano en dos partes, la mitad que pasa por el observador (PnOPs) se llama meridiano superior, a la otra mitad se la denomina meridiano inferior. En general, cuando hablamos sólo de meridiano nos referimos al meridiano superior.

Primer meridiano: Es el meridiano que se toma como origen para medir las longitudes; actualmente es el Meridiano de Greenwich, llamado así por pasar por el observatorio de esa ciudad inglesa. Por lo tanto, es lo mismo hablar de primer meridiano que de meridiano de Greenwich. El meridiano de Greenwich también se divide en meridiano superior (PnGPs) y meridiano inferior que es la parte opuesta.

1.5 Las coordenadas geográficas latitud y longitud

Explicados estos círculos máximos podemos estudiar las coordenadas geográficas o terrestres "latitud" y "longitud".

Latitud: es el arco de meridiano contado desde el Ecuador al punto donde se encuentra el observador. Se representa por la letra f o por l . La latitud siempre es menor de 90° y se llama latitud Norte cuando el observador o el lugar se encuentra en el Hemisferio Norte y se llama latitud Sur cuando está en el Hemisferio Sur. En los cálculos a las latitudes Norte se les da signo positivo y a las latitudes Sur signo negativo. Los puntos que se encuentran en la misma latitud se encuentran en el mismo paralelo.

Colatitud: se llama así al complemento de la latitud ($c = 90^\circ - f$), por tanto, es el arco de meridiano comprendido entre el observador y el polo del mismo nombre que la latitud.

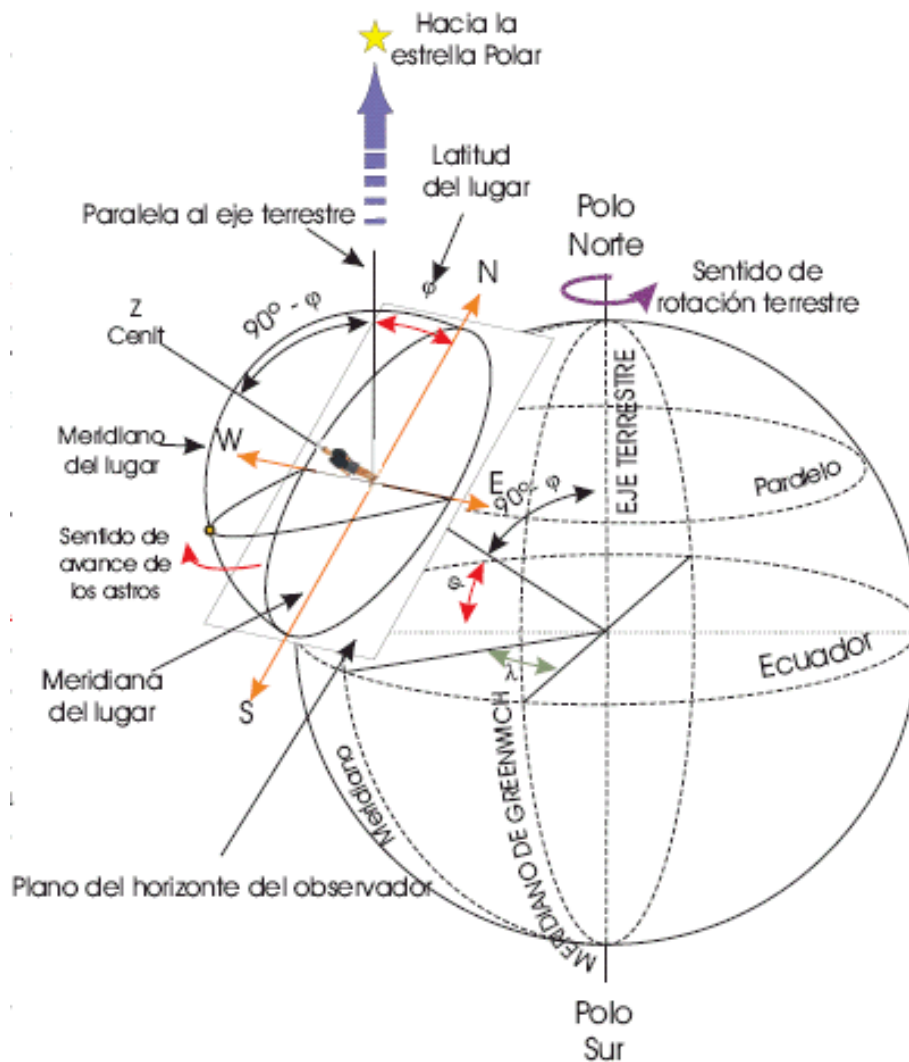


Gráfico que representa la longitud y la latitud de un determinado lugar de observación de un observador.

Longitud: es el arco de Ecuador contado desde el meridiano superior de Greenwich hasta el meridiano superior del lugar. Se cuenta menos de 180° , llamándose longitud Oeste (W) cuando, vista desde fuera de la Tierra y el Polo Norte arriba, el lugar queda a la izquierda del



meridiano superior de Greenwich y longitud Este (E) cuando, en estas condiciones, el lugar queda a la derecha del meridiano superior de Greenwich. Podemos decir que los paralelos son los lugares geométricos de los puntos que tienen la misma latitud y los meridianos son los lugares geométricos de los puntos que tienen la misma longitud. Se representa por el símbolo L.

Conociendo las coordenadas geográficas (ϕ , L) podemos situar el punto donde nos encontramos en la superficie terrestre. Para ello se toma en el Ecuador a partir del meridiano superior de Greenwich un arco igual a la longitud, si está el Polo Norte arriba, hacia la izquierda si es longitud Oeste o hacia la derecha si es longitud Este; en caso de tener el Polo sur arriba los sentidos son opuestos. Por el extremo de dicho arco trazamos el meridiano del lugar. Sobre este meridiano del lugar tomamos un arco igual a la latitud, el punto marcado corresponde a las coordenadas conocidas.

1.6 La esfera celeste

Los astros se encuentran diseminados en el espacio a distancias enormes de la Tierra y, además cada uno está a diferente distancia de los otros. Nos da la impresión de que es una esfera encontrándose todos los astros en su interior. Por estar los astros tan alejados, el observador desde la Tierra no aprecia que unos están más cerca que otros, sino que le parece que todos se encuentran a la misma distancia.

Para la resolución de la mayoría de los problemas de Astronomía se supone que esta apariencia es cierta, es decir, que todos los astros se encuentran en una gran superficie esférica de radio arbitrario denominada esfera celeste.

Uno de los puntos de mayor interés para el que se inicie en la afición de la Astronomía suele ser la orientación en la esfera celeste: cómo observar objetos cuya posición conocemos previamente a partir de un atlas, o deducir la posición aproximada del objeto que estamos observando, para identificarlo. Para localizar los objetos celestes necesitaremos un sistema de coordenadas. Conociendo las coordenadas del astro podremos identificarlo en el cielo, ya sea directamente mediante círculos graduados de nuestro telescopio o indirectamente mediante cartas celestes.

La localización de un objeto celeste en el cielo requiere únicamente conocer la orientación que debemos dar a nuestro telescopio, ya que para verlo no necesitamos saber la distancia a la que se encuentra. Por este motivo se introduce el concepto de esfera celeste: una esfera imaginaria de radio arbitrario centrada en el observador, sobre la cual se proyectan los cuerpos celestes.

Los sistemas de coordenadas que vamos a emplear en la esfera celeste serán parecidos a los utilizados para definir posiciones sobre la superficie terrestre: sistemas de coordenadas esféricas. En la superficie terrestre se emplea la longitud y la latitud terrestre.

Según el centro que se tome en la esfera celeste, existen tres clases de esferas:

1. **Esfera celeste local (topocéntrica):** Tiene por centro el ojo del observador. Es la que contemplamos, en un instante dado vemos una mitad de esta esfera, la que está sobre nuestro horizonte.
2. **Esfera celeste geocéntrica:** Tiene por centro a la Tierra.
3. **Esfera celeste heliocéntrica:** Tiene por centro el Sol.

1.7 El sistema de coordenadas

Para la esfera celeste, daremos algunas definiciones que nos ayudarán a introducir los sistemas de coordenadas.

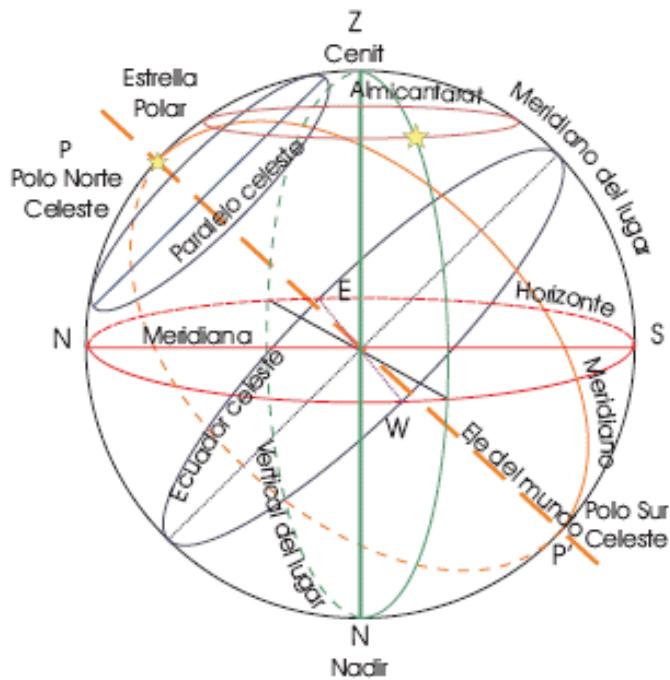
Si prolongamos la dirección de los polos terrestres tenemos el eje del mundo. Los puntos de intersección del eje del mundo con la esfera celeste constituyen los polos celestes, el polo que se halla encima del horizonte del Hemisferio Norte es el Polo Boreal, Ártico o Norte, que coincide con la estrella Polar; el otro se llama Polo Austral, Antártico o Sur.

El plano perpendicular al eje del mundo forma el ecuador terrestre, y su intersección con la esfera celeste forma el Ecuador celeste. El plano del ecuador celeste forma dos hemisferios celestes, el Hemisferio Norte o Boreal, y el Hemisferio Sur o Austral. Los planos paralelos al ecuador forman sobre la esfera celeste círculos menores denominados paralelos celestes o círculos diurnos.

La vertical del lugar es la dirección de la gravedad en dicho lugar y corta a la esfera celeste en dos puntos llamados cenit y nadir. El cenit es el situado por encima del observador y el nadir por debajo del mismo.

El horizonte del lugar es el círculo máximo de la esfera celeste, perpendicular a la vertical del lugar. El horizonte divide a la esfera celeste en dos hemisferios: el Hemisferio Superior o Visible y el Hemisferio Inferior o Invisible.

A cada lugar le corresponderá un meridiano, que será el formado por eje del mundo y la línea ZN (cenit-nadir) del lugar. Todo plano que pasa por el eje del mundo forma sobre la esfera celeste unos círculos máximos denominados meridianos celestes. Cuando dicho meridiano pasa por el cenit y por los polos se llama meridiano del lugar.



La meridiana es la recta de intersección del plano del horizonte y del meridiano del lugar. La meridiana o línea norte-sur corta a la esfera celeste en dos puntos opuestos, el más próximo al polo boreal se llama Norte o septentrión y se designa con la letra N, mientras que el más próximo al polo austral se denomina Sur o Mediodía y se designa con la letra S. La recta perpendicular a la meridiana forma en la esfera celeste los puntos cardinales Este u Oeste, el primero se designa con la letra E, mientras que el último con la letra W.

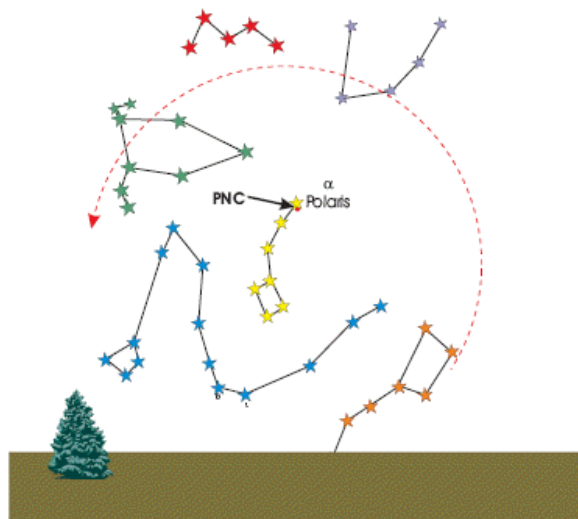
A los círculos menores de la esfera celeste paralelos al horizonte se les denomina Almucantaratos. El orto de un astro es su salida sobre el horizonte del lugar, y el ocaso de un astro es su puesta por el horizonte. El paso de un astro por el meridiano del lugar se llama culminación superior o paso por el meridiano.

1.8 Los objetos celestes y sus movimientos aparentes

Según las apariencias, la Tierra parece estar inmóvil, mientras a su alrededor giran todos los cuerpos celestes aproximadamente en 24 horas.

Si se utiliza como origen de referencia el sistema topocéntrico, en el cual se considera a un observador ocupando el centro del Universo, se comprueba que el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas giran alrededor nuestro.

Estos objetos celestes se ven moverse de Este a Oeste dando la sensación de que es la bóveda celeste la que está girando alrededor de la Tierra, cuando en realidad es la Tierra la que gira alrededor de su propio eje, en sentido Oeste-Este. Si contemplamos las estrellas durante horas veremos un movimiento común sin cambiar la figura de las constelaciones.



Movimiento aparentes de las constelaciones circumpolares alrededor del Eje del mundo o Polo Norte Celeste.

Las estrellas que están hacia el Este, se elevan; las que están hacia el Sur se mueven hacia el Oeste, y las que están hacia el Oeste bajan hacia el horizonte hasta desaparecer. Solamente es la estrella Polar la que aparentemente no gira, pero en realidad sí efectúa un giro completo, tan pequeño que a ojo desnudo nos parece que está quieta.

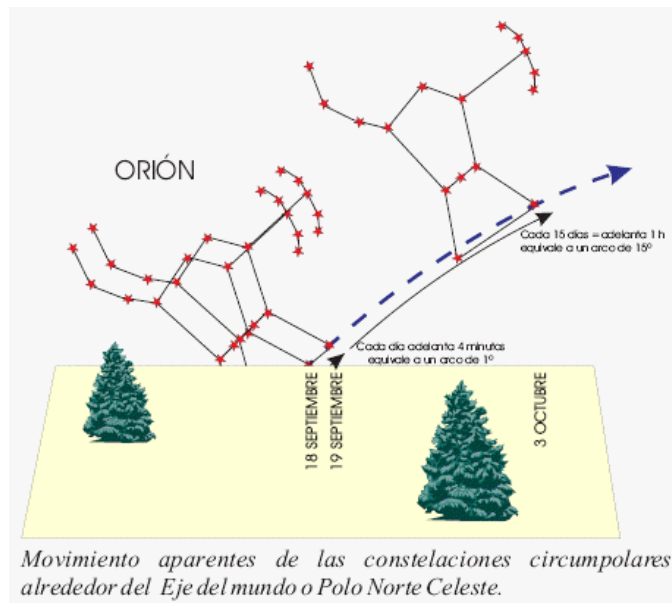
Tomando como punto fijo de orientación la estrella Polar, se reconoce que todo el movimiento común de las estrellas se realiza en un sentido contrario al de las agujas del reloj (sentido directo).

Si nos fijamos en el lugar que ocupa en el cielo una constelación dada a una hora determinada (por ejemplo la Osa Mayor a las 10 de la noche en la estación invernal), al día siguiente a la misma hora, no nos damos cuenta y nos parece que está en el mismo sitio, pero realmente cada día adelanta casi 4 minutos, es el denominado día sideral, cuyo valor es exactamente 23 horas, 56 minutos, 4.091 segundos, lo que equivale a un arco de 1° . Cada 15 días adelanta 1 hora, que equivale a un arco de 15° , entonces el aspecto del cielo ya no es el mismo, y a los seis meses, la Osa Mayor la encontraremos en la posición opuesta, llegando al mismo punto de origen otros seis meses después. Sucederá lo mismo con las demás constelaciones. Esto nos demuestra que la Tierra se desplaza alrededor del Sol y al cabo de un año vamos viendo las distintas constelaciones. Veamos en esta animación los movimientos aparentes de las constelaciones circumpolares alrededor del Eje del mundo o Polo Norte Celeste.

1.9 El día sideral

El día sideral es el tiempo transcurrido entre dos pasos sucesivos de una estrella por el meridiano del lugar y su duración coincide con el periodo de rotación terrestre. El día solar verdadero es el tiempo que separa dos pasos consecutivos del centro del Sol por el meridiano del lugar (su duración es de 24 horas). El Sol llega al sur aproximadamente cada día a las 12 horas del mediodía, pero una estrella llega a la misma posición cada día cuatro minutos antes que el Sol, y debido al movimiento de traslación el día solar verdadero es unos 4 minutos más largo que el sideral.

El hecho de que veamos distintas constelaciones en diferentes estaciones del año, es consecuencia del circuito del Sol en la esfera celeste. Sólo podemos ver estrellas en aquella parte del cielo que están lejos del Sol, y como que éste se mueve a través del cielo en dirección Este, cubre progresivamente unas constelaciones y deja ver otras. En esta imagen se ve la consecuencia de la diferencia entre el tiempo sideral y el tiempo solar.



Por ejemplo, en junio el Sol está en aquella parte de la Eclíptica que atraviesa Tauro y, durante un par de meses, antes y después de esa fecha, la constelación está situada en el cielo iluminado. En diciembre, cuando el Sol se ha desplazado a la parte opuesta del cielo, Tauro luce brillantemente a medianoche en el sur del cielo. Esta traslación es consecuencia de la diferencia entre el tiempo sideral y el tiempo solar. En esta imagen veremos los rastros de las estrellas registradas en una toma fotográfica sin motor de seguimiento.

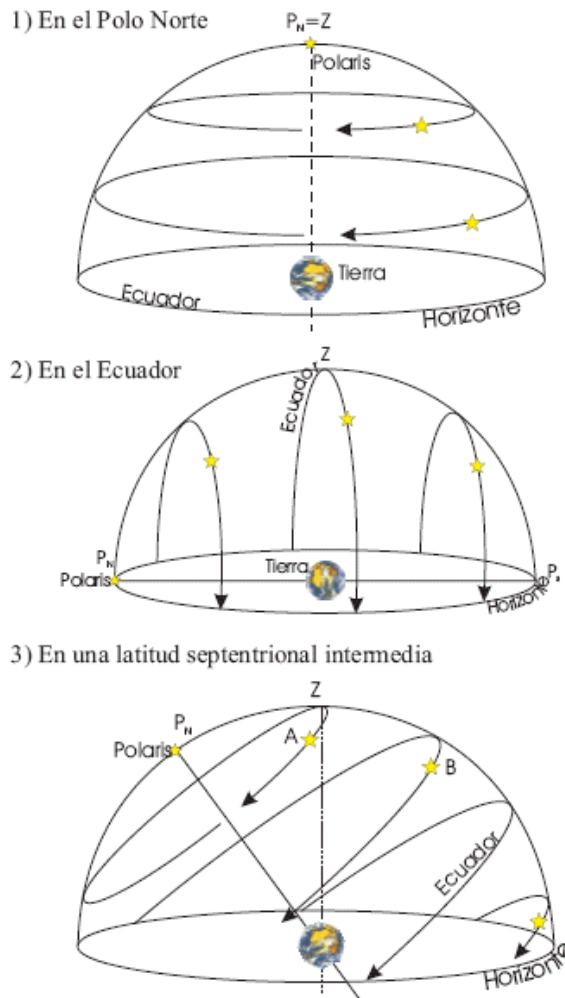




1.10 Posiciones de la Estrella Polar según la latitud

Si el observador se encuentra en una latitud septentrional media, como por ejemplo España, podemos considerar que la latitud media es de 40°N; la estrella Polar aparece a 40° por encima del horizonte norte. Vemos que las estrellas describen un movimiento a lo largo de su trayectoria (denominado movimiento diurno), unos cortan el horizonte del lugar de observación, de forma que las vemos salir, culminar y más tarde ocultarse. Las estrellas que distan menos de 40° del polo celeste nunca se pondrán, dichas estrellas no salen ni se ponen nunca, están siempre sobre el horizonte y siempre se ven, son las llamadas estrellas circumpolares siendo ejemplos típicos las constelaciones de Osa Mayor, Osa Menor, Casiopea, Draco, etc. El nombre "estrellas circumpolares" es relativo pues varía según la latitud el observador. Orientándonos hacia el horizonte sur, nos encontramos con que nunca podemos ver estrellas a menor distancia de 40° del Polo Sur, cuya declinación es de -50°. En la práctica, a causa de la atmósfera, el límite queda reducido. Esto significa que, objetos más al sur como las Nubes de Magallanes y otros objetos celestes están perpetuamente escondidos a nuestra vista.

Si el observador se encuentra en el Polo Norte todas las estrellas describen círculos paralelos al horizonte, ninguna estrella sale ni se pone, es decir, nunca aparecen nuevas estrellas. La estrella Polar se encuentra en la cabeza del observador, en el cenit, que apunta hacia el eje terrestre. Vemos perpetuamente la mitad exacta de la esfera celeste, mientras que alguien situado en el Polo Sur tendría una visión análoga de la otra mitad de la esfera celeste. Si el observador se encuentra en el Ecuador, podría ver que casi todas las estrellas describen círculos alrededor de la línea meridiana y todas las estrellas salen y se pone, excepto la Polar. La Luna también da la impresión de que recorre un círculo perfecto alrededor de la Tierra. Además del movimiento común de la bóveda celeste la Luna está dotada de un movimiento propio de Este a Oeste. Podemos observar que cada hora se desplaza en casi la mitad de su diámetro, se pone unos 49 minutos más tarde cada día, o sea que se desplaza unos 13° cada día. En esta imagen podemos ver la trayectoria de las estrellas según la latitud.



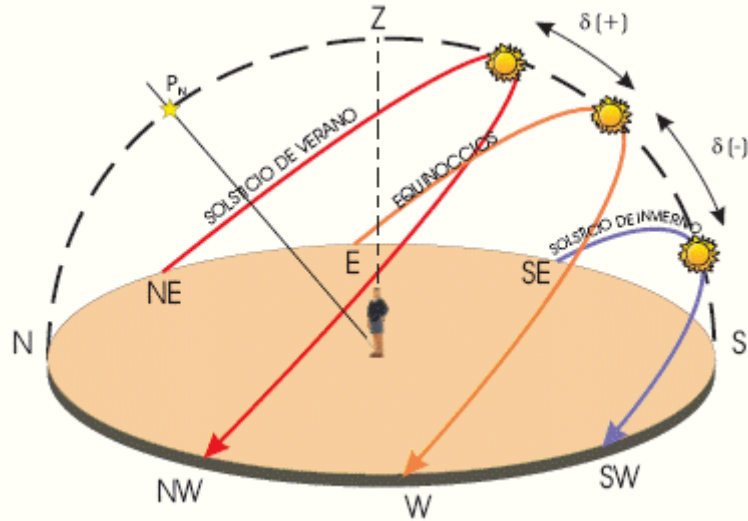
Los planetas realizan un movimiento doble en la esfera celeste: por una parte, participan en el movimiento diurno de la bóveda celeste trasladándose de Este a Oeste, y por otro poseen un movimiento propio de Oeste a Este.

Si observamos y anotamos en un atlas estelar sus posiciones, podemos comprobar que los planetas se mueven en dirección Oeste-Este respecto a las estrellas que virtualmente parecen fijas. Pero su movimiento no es regular, sino que se interrumpe por periodos permaneciendo inmóvil por unos días, luego se mueve en dirección contraria, de Este a Oeste (denominado movimiento retrógrado), para posteriormente seguir su ruta normal, es decir la dirección Oeste-Este. Estos movimientos se deben a la combinación de la traslación de la Tierra y del planeta alrededor del Sol.

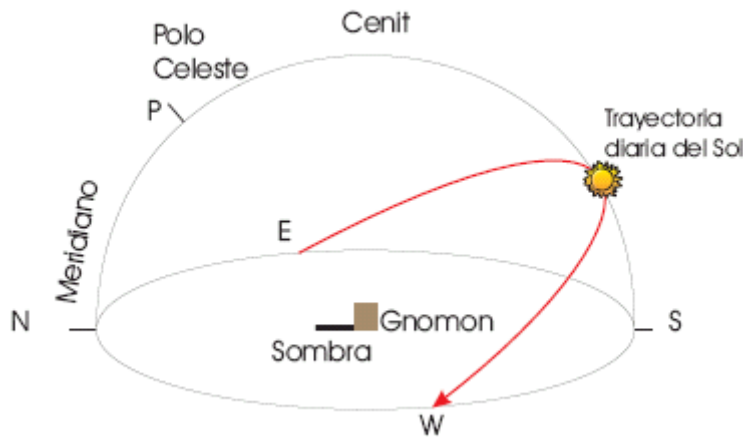


1.11 El movimiento del Sol en la esfera celeste

Los puntos del horizonte por donde sale (orto) y se pone (ocaso) el Sol varían constantemente en el transcurso de un año. El 21 de marzo, fecha del equinoccio de primavera, el Sol sale por el Este y se pone por el Oeste. Al pasar los días, estos puntos van corriéndose hacia el Norte, primero rápidamente, luego lentamente, hasta el 21 de junio, fecha del solsticio de verano, en que el Sol alcanza su máxima altura. A partir del 21 de junio, los puntos se alejan del Norte y se van acercando al Este y al Oeste, cuyas posiciones vuelven a ocupar el 22 o 23 de septiembre, equinoccio de otoño. Luego se acercan al punto Sur, hasta el 22 de diciembre, solsticio de invierno, del cual se alejan después. Transcurrido un año, vuelven a coincidir con los puntos Este u Oeste.



Si se construye un aparato denominado gnomon (constituye un importante instrumento de cálculo astronómico) que consta de una varilla colocada verticalmente en el suelo, es posible medir la distancia entre la sombra proyectada por dicha varilla y la longitud de la varilla. Mediante un sencillo cálculo trigonométrico utilizando la fórmula: $\text{tang } a = \text{longitud varilla} / \text{longitud sombra}$

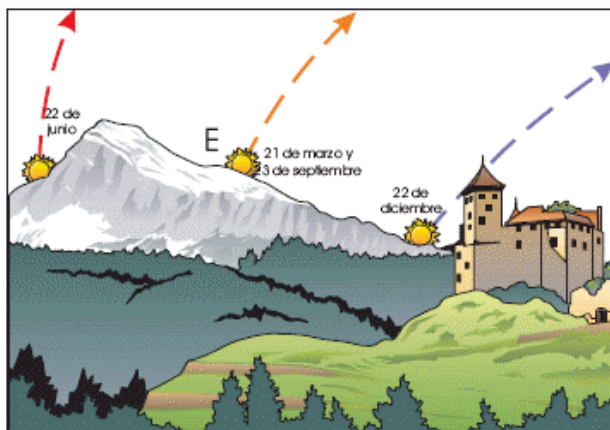


Se determina el ángulo **a** que nos da la altura del sol sobre el horizonte a cada instante.

A consecuencia del movimiento diurno, la sombra de la varilla se desplaza en el plano horizontal y cruza la línea norte-sur cuando el Sol pasa por el meridiano del lugar, eso ocurre al mediodía (es el momento en que el Sol alcanza su culminación superior y cuando está en el inferior se dice que es medianoche).

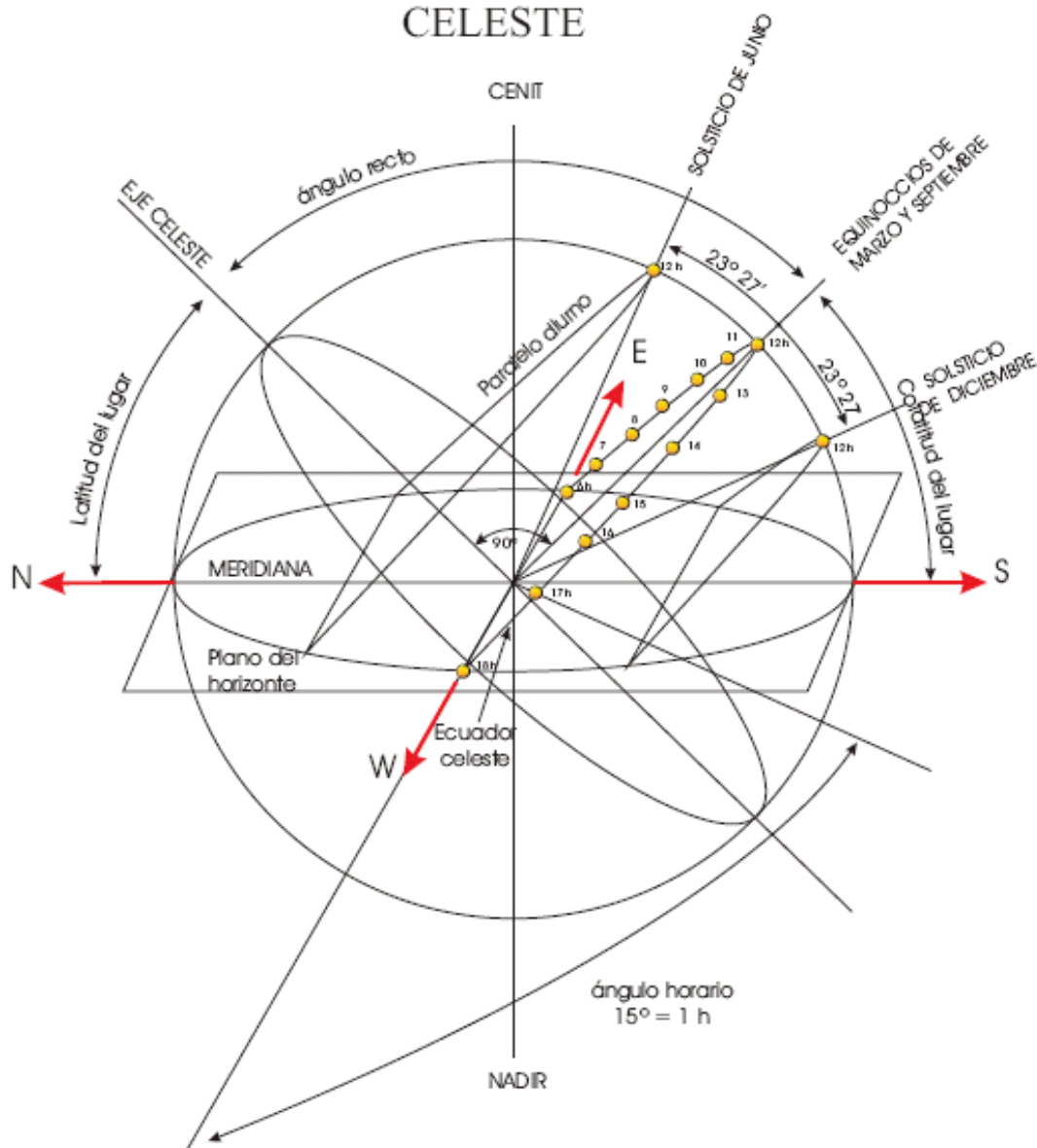
El 21 de diciembre, solsticio de invierno, la sombra de la varilla es máxima, al estar el Sol bajo en el horizonte, mientras que el 21 de junio, solsticio de verano, la sombra proyectada por la varilla es mínima, consecuencia de la máxima altura alcanzada por el Sol sobre el horizonte.

Un día antes de que el Sol atraviese el Ecuador el 21 de marzo su declinación es negativa, al día siguiente (21 de marzo) su declinación vale cero, en ese instante el Sol coincide con el Punto Aries. La duración del día sería igual a la de la noche. En los días posteriores la *d* del Sol es positiva, sigue subiendo hasta que su *d* alcanza +23° 27', estando el Sol en ese instante en el Solsticio de verano o Trópico de Cáncer. En el hemisferio norte ese día es el más largo del año y la noche es la más corta. A partir de ese momento la declinación del Sol empieza a disminuir hasta que nuevamente *d* = 0 el 21 de septiembre, coincidiendo con el paso del Sol por el Punto Libra, momento en que otra vez la duración del día es igual a la de la noche. Sigue disminuyendo la declinación, ahora con valores negativos, hasta el Solsticio de invierno o Trópico de Capricornio (21 de diciembre) alcanzando su declinación el valor *d* = -23° 27', época a la que le corresponden las noches más largas y los días más cortos.



Variación de los puntos de salida del Sol durante un año.

EL MOVIMIENTO DEL SOL EN LA ESFERA CELESTE



1.12 El retorno cíclico de las estaciones

El eje de rotación terrestre se mantiene apuntando durante todo el año hacia una región concreta de la esfera celeste, caracterizada por la cercanía de la estrella Polar. Las estaciones tienen lugar porque el eje de la Tierra está inclinado $23^{\circ} 27'$ con respecto al plano de su órbita.

Las estaciones varían de un extremo al otro del mundo. En las áreas más templadas de los hemisferios norte y sur se reconocen cuatro estaciones (primavera, verano, otoño e invierno).

En los Polos Norte y Sur hay sólo dos estaciones (invierno y verano) mientras que en los países ecuatoriales y tropicales las estaciones se dividen en aquellos periodos en los cuales hay sequías o lluvia.

El solsticio es aquel instante en que el Sol se halla en uno de los dos trópicos. Esto ocurre el 21 de junio para el Trópico de Cáncer y el 21 de diciembre para el Trópico de Capricornio. El solsticio de diciembre hace, en el hemisferio boreal, que el día sea más corto y la noche más larga del año; y en el hemisferio austral, la noche más corta y el día más largo. El solsticio de junio hace, en el hemisferio boreal, que el día sea más largo y la noche más corta del año; y en el hemisferio austral, el día más corto y la noche más larga.

El equinoccio es aquél instante en que, por hallarse el Sol sobre el Ecuador, los días y las noches son iguales en toda la Tierra; esto ocurre anualmente el 21 de marzo y el 22-23 de septiembre.

La latitud de los trópicos no puede ser otra que $23^{\circ} 27'$; al igual que la de los círculos polares es $66^{\circ} 33'$; es decir, $90^{\circ} - 23^{\circ} 27'$.

La Tierra, en su movimiento anual alrededor del Sol, provoca distintos tipos de iluminación. Los dos extremos contrarios de iluminación terrestre son los solsticios de verano e invierno, siendo los equinoccios de primavera y otoño idénticos en cuanto a iluminación terrestre.

Solsticios y equinoccios totalizan los cuatro instantes en que anualmente se produce un cambio de estación. El cambio de una estación a otra, así como de un estado de soleamiento a otro no se produce de forma repentina; el mismo movimiento de rotación y traslación terrestre produce un cambio constante y gradual que acontece con el sucesivo transcurrir de los días, semanas y meses.

En las regiones cercanas a los polos, el 21 de marzo, el Polo Norte recibirá la luz del Sol, mientras que sobre el Polo Sur reinará la oscuridad durante unos seis meses. A cada rotación de la Tierra, el Sol permanecerá visible sobre el horizonte durante las 24 horas mientras que al día siguiente aparecerá más alto en el cielo. Tras alcanzar alrededor del 21 de junio su máxima altura sobre el horizonte, el Sol comenzará un lento movimiento de descenso, casi una espiral vista desde el polo, que nuevamente lo llevará al horizonte alrededor del 23 de septiembre. Durante los seis meses siguientes, la luz del Sol no caerá ya sobre el Polo Norte, siendo el Sur el que disfrutará de un prolongado día con unos seis meses de iluminación o soleamiento.

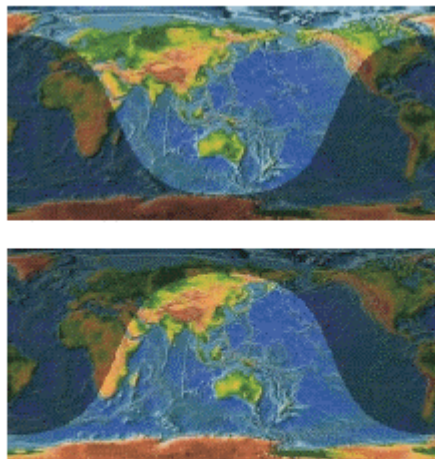


Figura de arriba.- Iluminación del Ártico desde el 21 de marzo hasta el 23 de septiembre mientras que en la figura de abajo la iluminación corresponde al Antártida que comprende desde el 23 de septiembre hasta el 21 de marzo.

En una latitud intermedia, el 21 de marzo el Sol resultará visible durante 12 horas y otras tantas durante la noche. Entre los meses que van de abril a junio los rayos del Sol calentarán el suelo durante más de 12 horas y el astro aparecerá, en cada mediodía, cada vez más alto sobre el horizonte, hasta alcanzar el 21 de junio su máxima altura. Entre los meses de junio y diciembre, el Sol aparecerá, en cada mediodía, cada vez más bajo, el 23 de septiembre se encontrará en el equinoccio de otoño para continuar su movimiento descendente hasta el 21 de diciembre que alcanza su mínima altura sobre el horizonte, pero al día siguiente vuelve a emprender su camino ascendente hacia un nuevo año. En el Ecuador, día y noche siempre serán iguales durante todo el año.

Debido al movimiento del Sol en su órbita (es la Tierra alrededor suyo) sobre la eclíptica, y según la segunda ley de Kepler, su velocidad no es constante y esa variación da lugar a la desigual duración de las estaciones, ya que dicha velocidad será máxima en las cercanías del



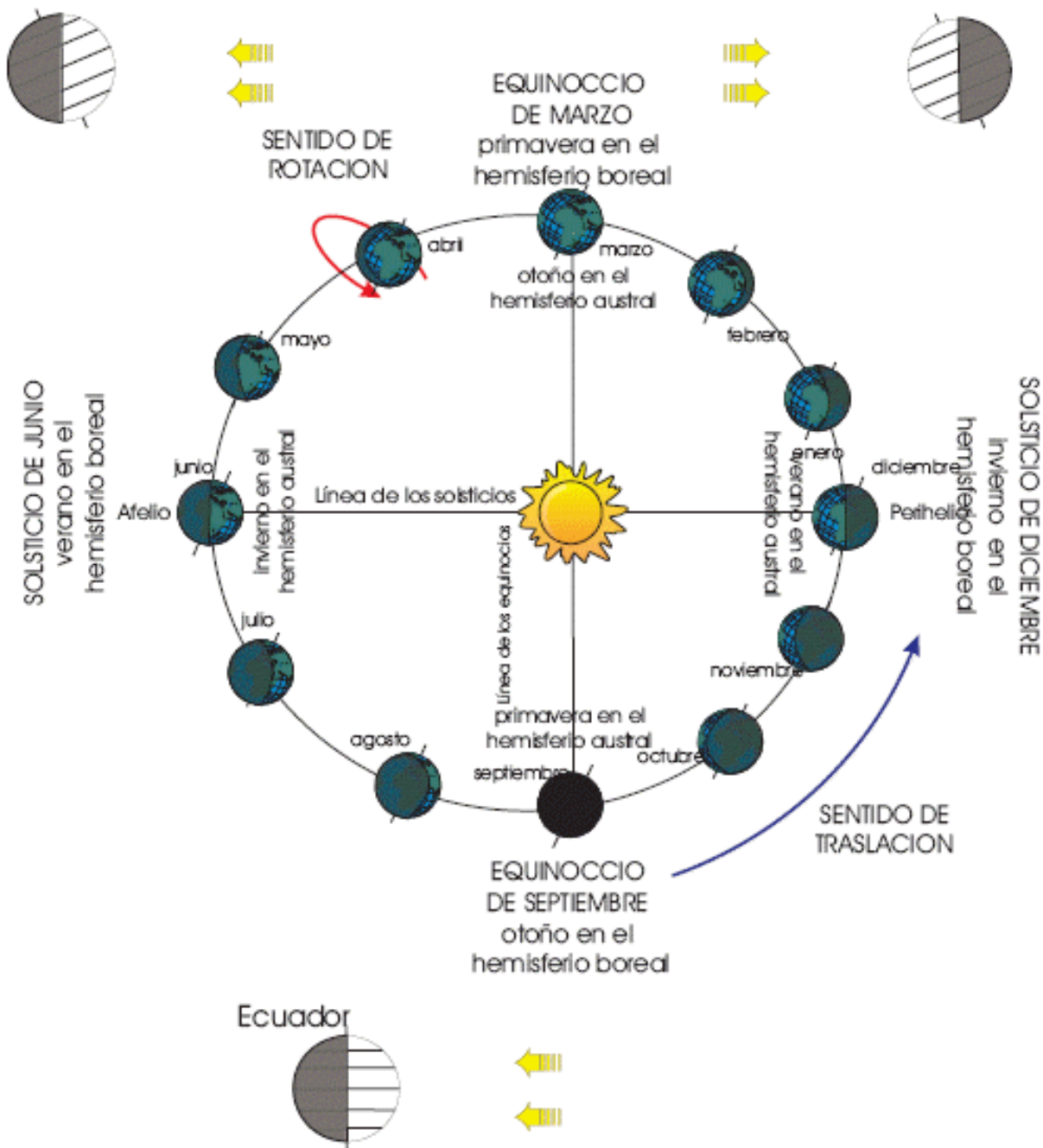
perihelio (punto más cercano al Sol a lo largo de una órbita) durante el 2 ó 3 de enero y mínima en el afelio (punto más alejado del Sol a lo largo de una órbita) el 2 ó 3 de julio.

La fecha de comienzo de las estaciones oscila en un periodo de dos días respecto al año trópico, entendido como el intervalo entre dos pasos consecutivos del Sol por el Punto Aries, dura 365,2422 días solares medios. La fracción de día (0,2422) que cada año se acumula es igual a seis horas, y cada cuatro años suma un día entero, éste se recupera en el año bisiesto, agregándolo a febrero y, por consiguiente se desplaza un día el comienzo de las estaciones siguientes. Veamos a continuación una representación gráfica del retorno cíclico de las estaciones.

RETORNO CICLICO DE LAS ESTACIONES

Trópico de Capricornio

Trópico de Cáncer



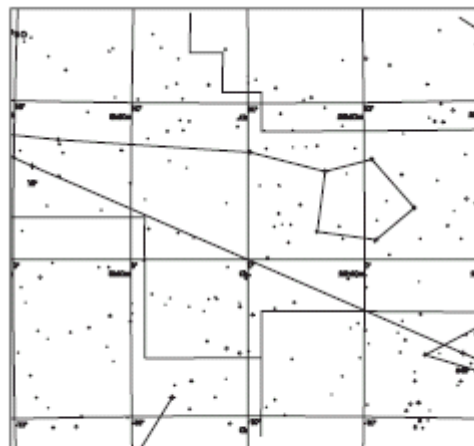
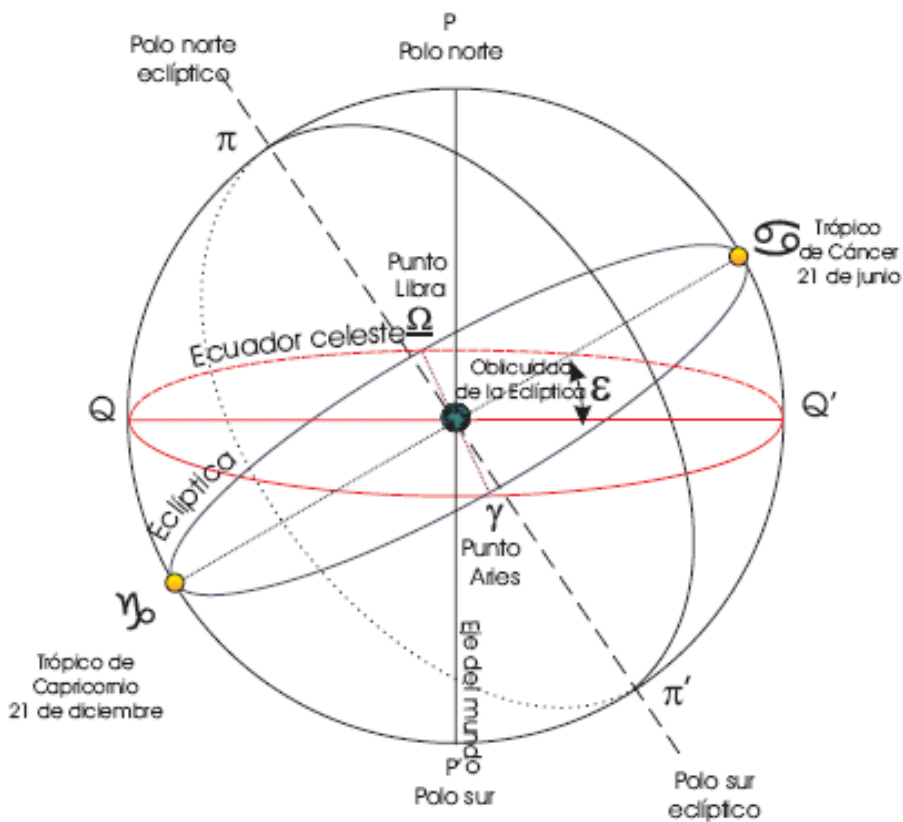


1.13 La eclíptica y el punto Aries

La trayectoria que sigue el Sol en la esfera celeste recibe el nombre de Eclíptica. Esta trayectoria en la esfera celeste es un círculo máximo que forma con el ecuador celeste un ángulo de 23° 27' llamado inclinación del Sol u oblicuidad de la Eclíptica. La denominación de Eclíptica proviene del hecho de que los eclipses sólo son posibles cuando la Luna se encuentra sobre la Eclíptica o muy próximo a ella, es decir en los llamados nodos.

En la Eclíptica destacan cuatro puntos importantes: el punto donde el Sol alcanza su altura máxima sobre el Ecuador del hemisferio norte, ocurre el 21 de junio y señala el día en que comienza el verano en el hemisferio norte, mientras que en el hemisferio sur el Sol alcanza el punto más bajo y señala el principio del invierno.

Siguiendo su curso aparente, el 22 de septiembre, el Sol corta al ecuador celeste en la posición del Punto Libra(Ω), que corresponde a la entrada del otoño en el hemisferio norte y el principio de la primavera en el hemisferio sur. Nuestro Sol continúa su carrera y el 21 de diciembre llega al punto más bajo del hemisferio norte señalando el principio del invierno y el más alto en el hemisferio sur indicando el principio del verano. Después el Sol remonta su camino hacia el hemisferio norte y cruza el ecuador celeste el 21 de marzo, iniciándose la primavera en el hemisferio norte y el otoño en el hemisferio sur. El Sol se encuentra en dicho día en el llamado Punto Aries (γ). Por último, el Sol sigue su camino hasta alcanzar el punto más alto, el 21 de junio, con lo cual ha realizado un ciclo completo. El Punto Aries o Punto Vernal.- Es la intersección del ecuador con la Eclíptica o el punto del cielo en que aparece el Sol en el instante del equinoccio de primavera, el 21 de marzo.



El Punto Aries (γ) es el punto donde la α marca 0h y la δ 0° en la constelación de PsC (Pisces)

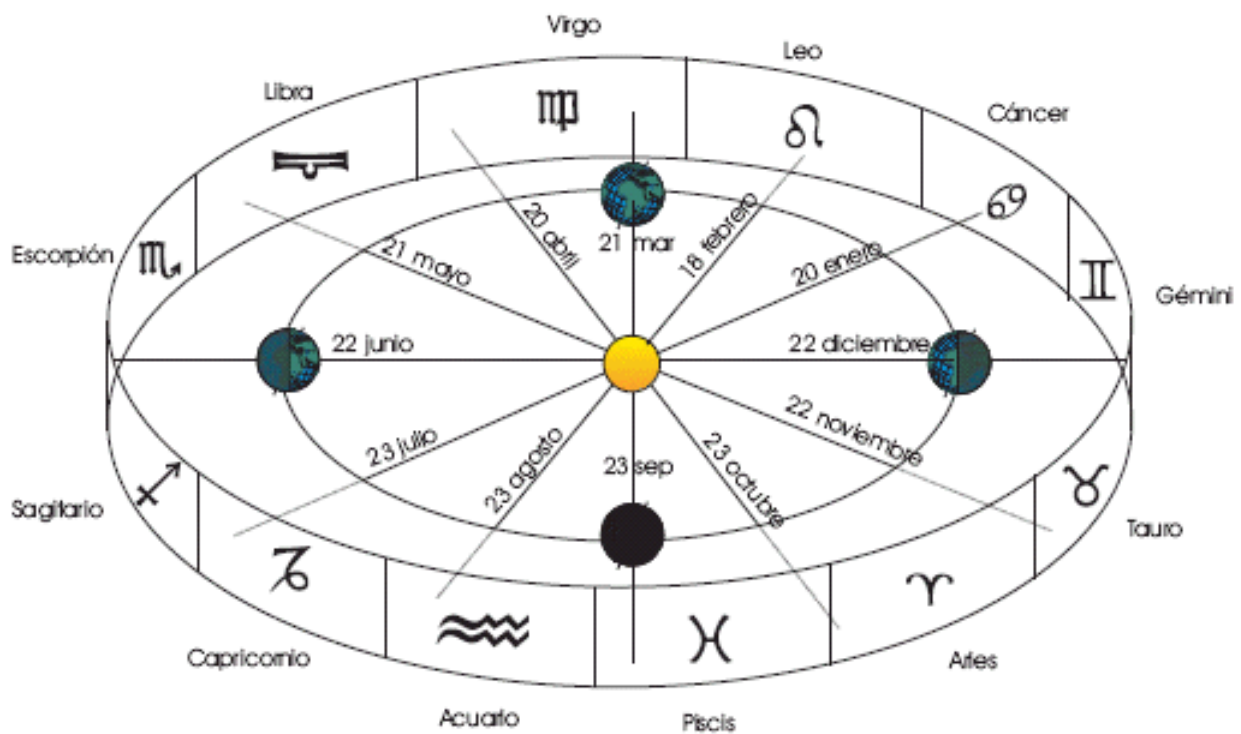
1.14 El Zodíaco

El Zodíaco.- es una zona limitada por dos planos paralelos a la Eclíptica, cuya distancia angular es 16° . La palabra zodiaco procede el griego y significa "Casa de animales", por alusión a los nombres de las doce constelaciones. Todos los planetas (excepto Plutón) tienen órbitas cuya inclinación respecto de la Eclíptica es menor de 8° , por lo que dentro del zodiaco se mueven los planetas del Sistema Solar, así como los asteroides o planetas menores.

Imaginemos un punto de referencia, el punto g y supongamos que el Sol tarda un año en pasar dos veces por el mismo punto g (es el denominado año trópico), cada día el Sol recorrerá por término medio 1° . Luego cada mes el Sol recorrerá una zona de unos 30° . Las constelaciones que en aquella época, hace 2.000 años, atravesaba el Sol cada mes, se han hecho corresponder a cada uno de los doce meses del año.

La constelación de Aries por donde pasaba el Sol el 21 de marzo, debido a la precesión de los equinoccios, se ha desfasado casi 30° , estando todas las constelaciones corridas de lugar. Hoy el 21 de marzo el Sol se proyecta sobre Piscis. Se ha considerado cómodo seguir llamando Aries al punto en que está el Sol ese día (cuya $d = 0$ y comienza la primavera) a pesar de no corresponder a la constelación sobre la cual se proyecta.

Durante un mes el Sol se proyecta sobre una constelación, al mes siguiente sobre otra constelación y así sucesivamente hasta recorrer las doce en un año, cuyos nombres son: **ARIES, TAURO, GEMINIS, CANCER, LEO, VIRGO, LIBRA, ESCORPIO, SAGITARIO, CAPRICORNIO, ACUARIO y PISCIS.**



1.15 Las coordenadas astronómicas

Las coordenadas horizontales son aquellas que están referidas al horizonte del observador. El origen de las coordenadas es un sistema topocéntrico cuyo eje fundamental es la vertical del lugar (línea que sigue la dirección de la plomada). El punto de intersección con la esfera celeste situado encima del observador es el cenit, mientras que el punto opuesto es el nadir.

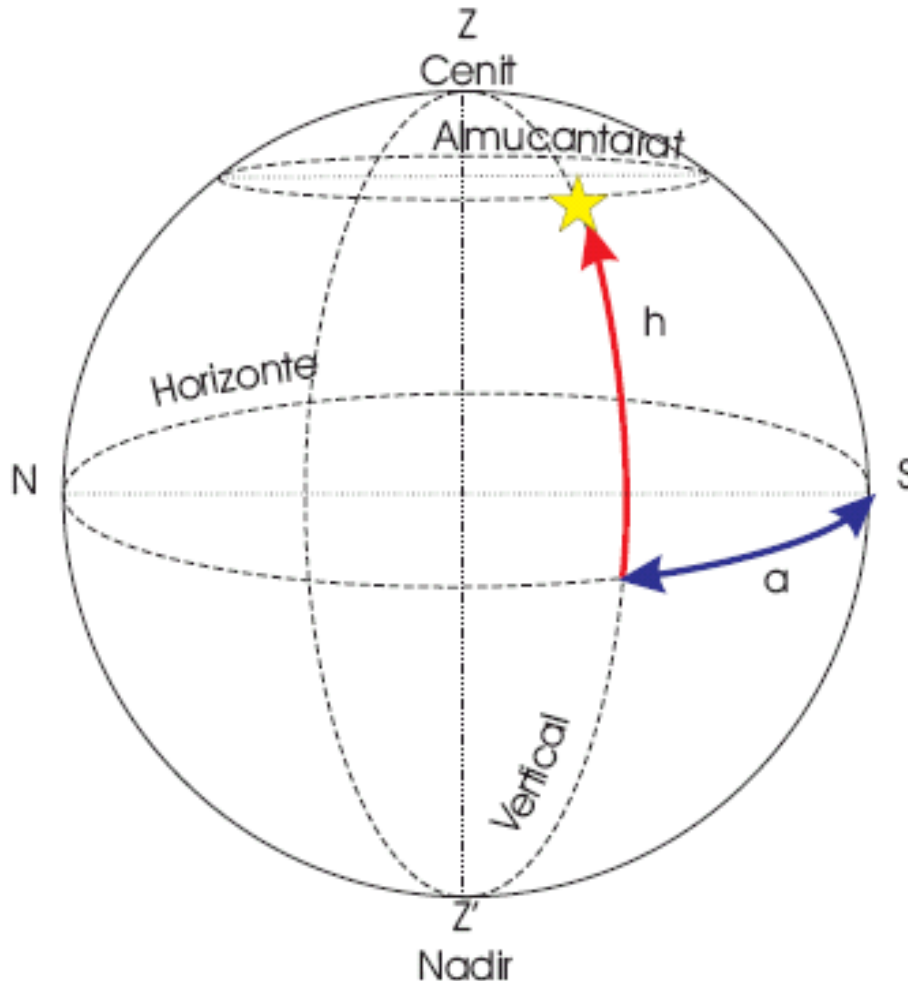
El círculo fundamental es el horizonte del lugar. Los círculos menores paralelos al horizonte del lugar se denominan almucantarates y los semicírculos máximos que pasan por el cenit, nadir y un astro determinado se denominan círculos verticales o vertical del astro.

Las coordenadas horizontales son la altura (altitud) y el acimut. La altitud es la altura del astro sobre el horizonte (arco de semidiámetro vertical comprendido entre el horizonte del lugar y el centro del astro); se mide de 0° a 90° a partir del horizonte, y tiene signo positivo para los astros situados por encima del horizonte y signo negativo para los situados por debajo del mismo; se representa por la letra h . También se usa, en vez de la altura, la distancia cenital, es el arco de semidiámetro vertical comprendido entre el cenit y el centro del astro. Se representa por Z y se relaciona con la altura por la ecuación: $h = 90^\circ - Z$

El acimut es el arco del horizonte medido en sentido retrógrado desde el punto Sur hasta la vertical del astro. Su valor va de 0° a 360° y se representa por la letra A o a .

En el sistema de coordenadas horizontales, la altitud y el acimut de los astros varían por la rotación terrestre y según el horizonte del observador.

Estos ejes de coordenadas son los que tienen los telescopios con montura acimutal. Veamos una imagen de este tipo de coordenadas.



1.16 Las coordenadas horarias o ecuatoriales locales

El origen de las coordenadas horarias o ecuatoriales locales es el centro de la Tierra, es decir, es un sistema geocéntrico.

El eje fundamental es el eje del mundo, que corta a la esfera celeste en dos puntos llamados polos. El plano fundamental es el ecuador celeste, y los círculos menores paralelos al ecuador celeste reciben el nombre de paralelos celestes o círculos diarios de declinación.

Las coordenadas horarias.- Son el ángulo horario y la declinación. El ángulo horario es el arco de ecuador celeste medido en sentido retrógrado desde el punto de intersección del meridiano del lugar con el ecuador hasta el círculo horario de un astro; se mide en horas, minutos y segundos, desde las 0 horas hasta las 24 horas y se representa por H.

La declinación es el arco del círculo horario comprendido entre el ecuador celeste y el centro del astro, medido de 0° a 90° a partir del ecuador; su valor es positivo cuando corresponde a un astro situado en el hemisferio boreal, y negativo cuando lo está en el hemisferio austral, se representa por d.

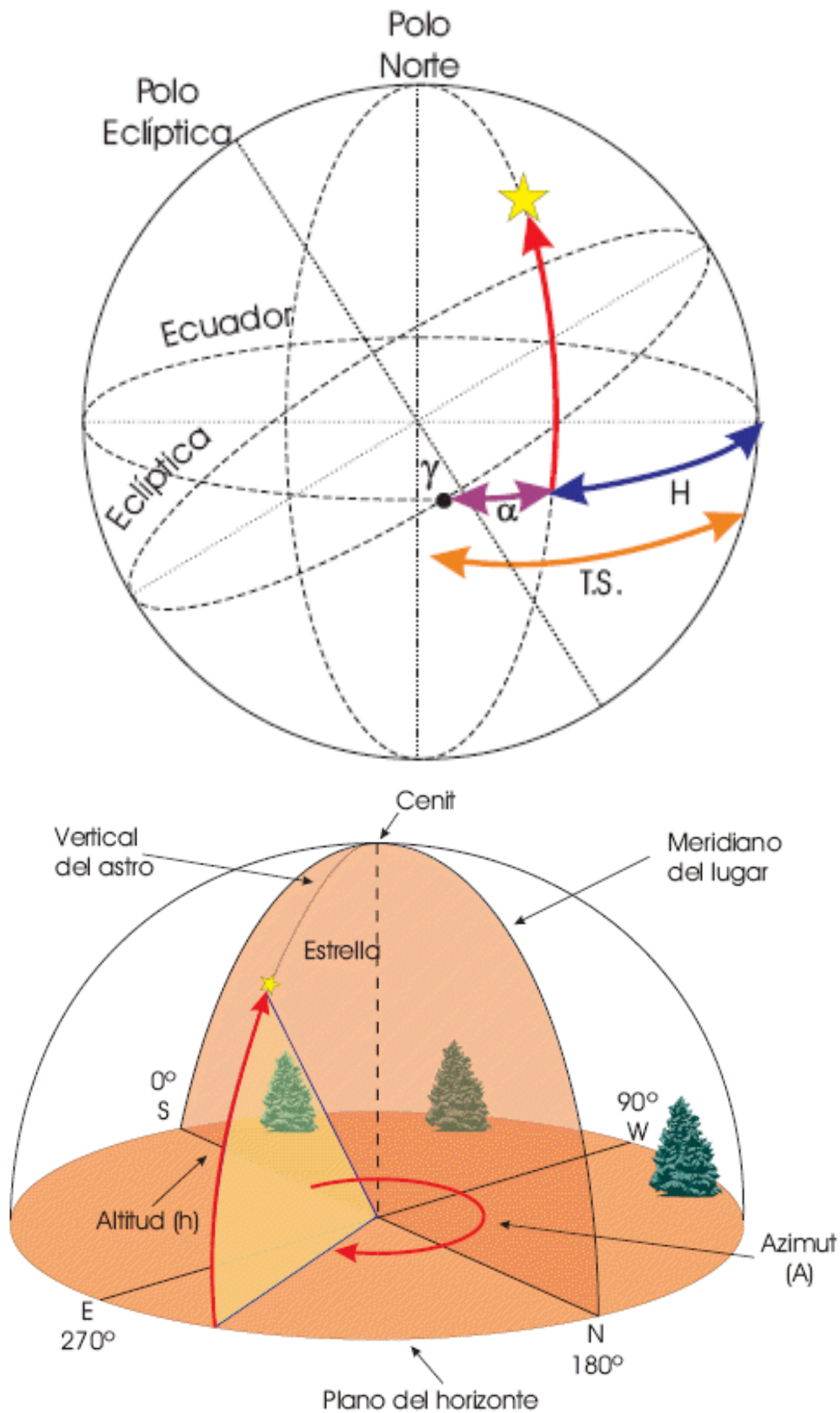
En vez de la declinación se mide la distancia polar, es el arco del círculo horario medido desde el polo boreal hasta el centro del astro. Se representa por p y se relaciona con la declinación por la fórmula: $p + d = 90^\circ$

El tiempo puede expresarse en unidades angulares. Veamos:

- El ángulo horario de 1 hora corresponde a 15°
- El ángulo horario de 1 minuto corresponde a 15'
- El ángulo horario de 1 segundo corresponde a 15"
- 1° corresponde a un ángulo horario de 4 minutos.
- 1' corresponde a un ángulo horario de 4 segundos.

- 1" corresponde a un ángulo horario de 1/15 segundos.

El ángulo horario se calcula a partir de la hora de paso del astro por la vertical del lugar.



1.17 Las coordenadas ecuatoriales absolutas

Las coordenadas ecuatoriales absolutas son aquellas que están referidas al ecuador celeste. Surgieron por los inconvenientes que presentaban la utilización de las coordenadas ecuatoriales locales.

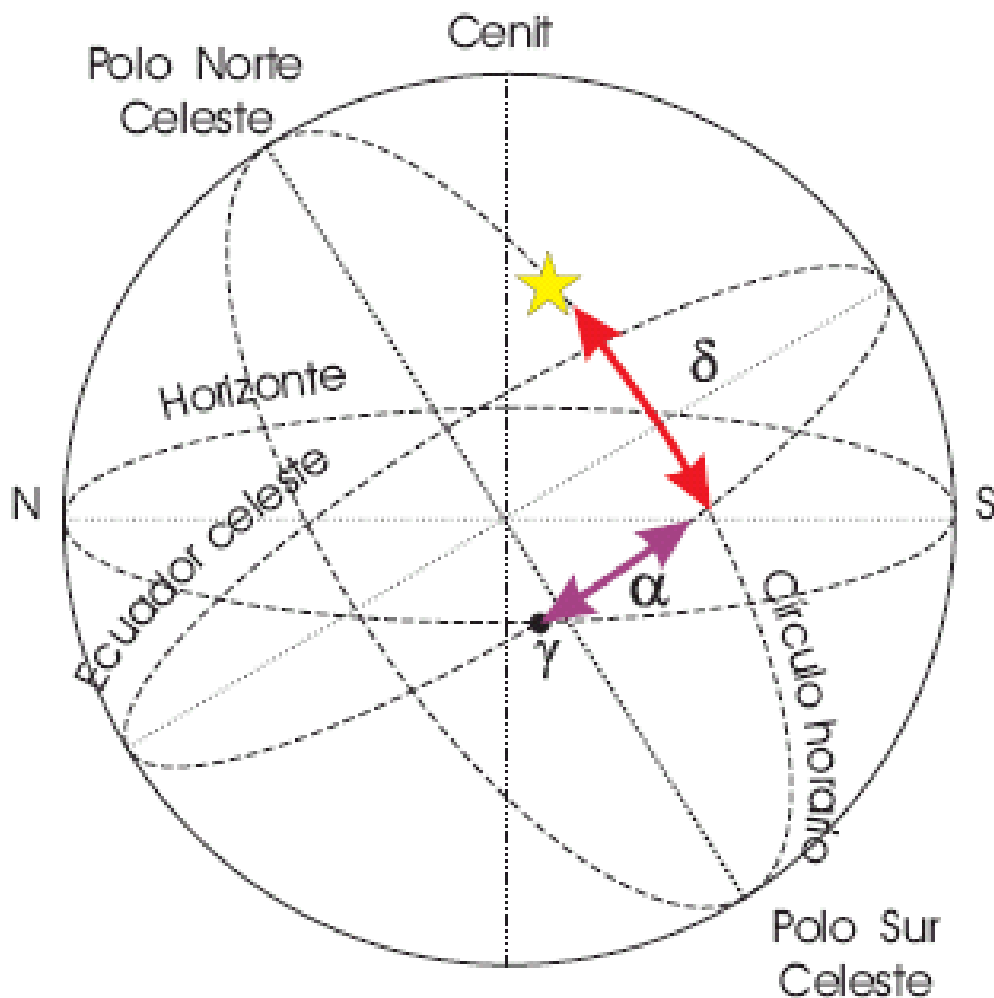
El eje fundamental es el eje del mundo, que corta a la esfera celeste en dos puntos llamados polos. El plano fundamental es el ecuador celeste, y los círculos menores paralelos al mismo son los paralelos celestes o círculos diurnos de declinación.

Las coordenadas ecuatoriales absolutas son: la declinación y la ascensión recta. La declinación (d) ya se ha definido en el sistema de coordenadas horarias. La ascensión recta es el arco del ecuador celeste medido en sentido directo a partir del Punto Aries hasta el meridiano que contiene el astro. Varía de 0 horas a 24 horas y antiguamente se representaba por A.R.

Pero actualmente se representa por a . La ascensión recta está relacionada con el ángulo horario por la ecuación fundamental de la Astronomía de Posición.

$$t = a + H$$

Siendo t la hora sidérea. Estas coordenadas son universales ya que no dependen ni del lugar, ni del instante de la observación.

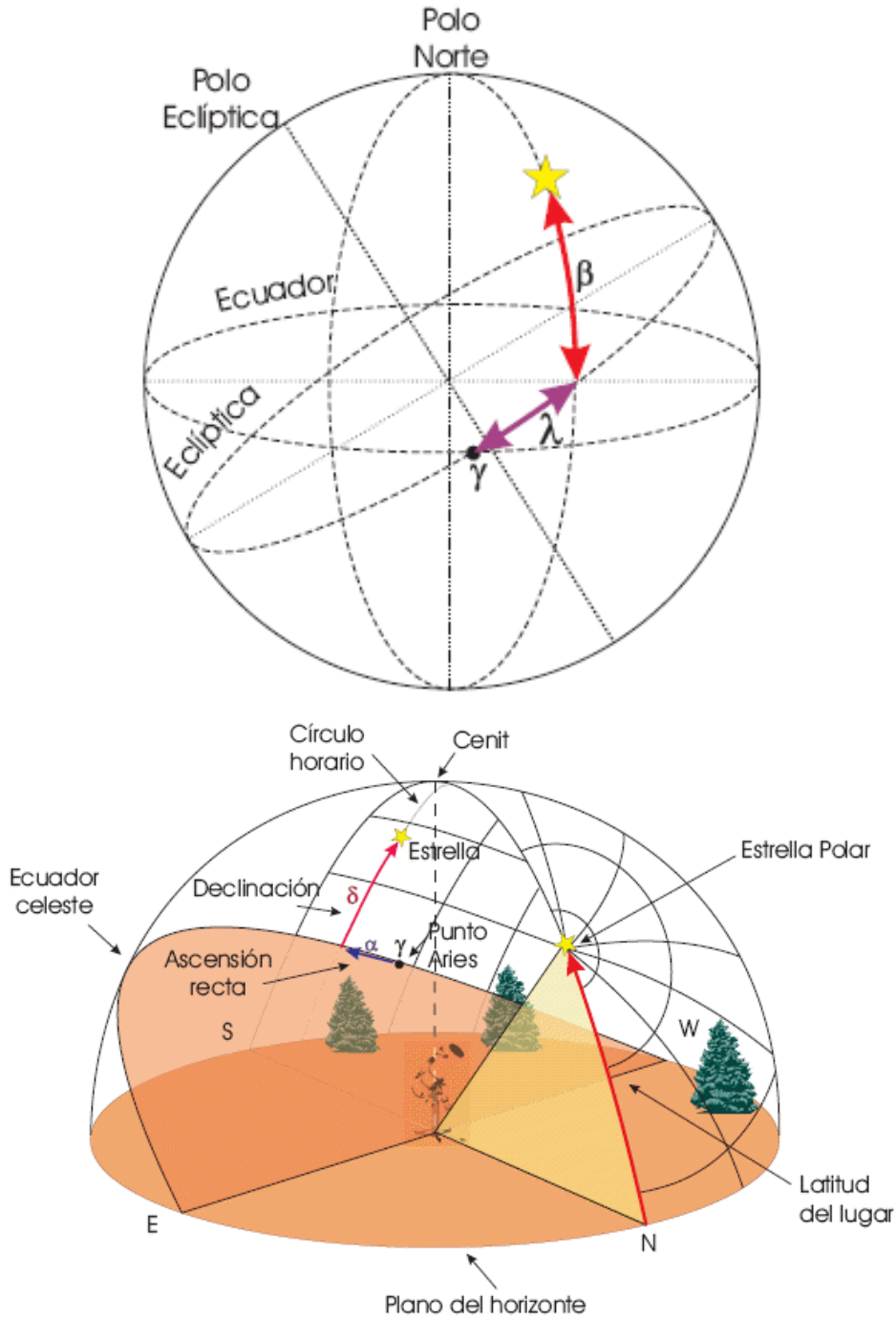




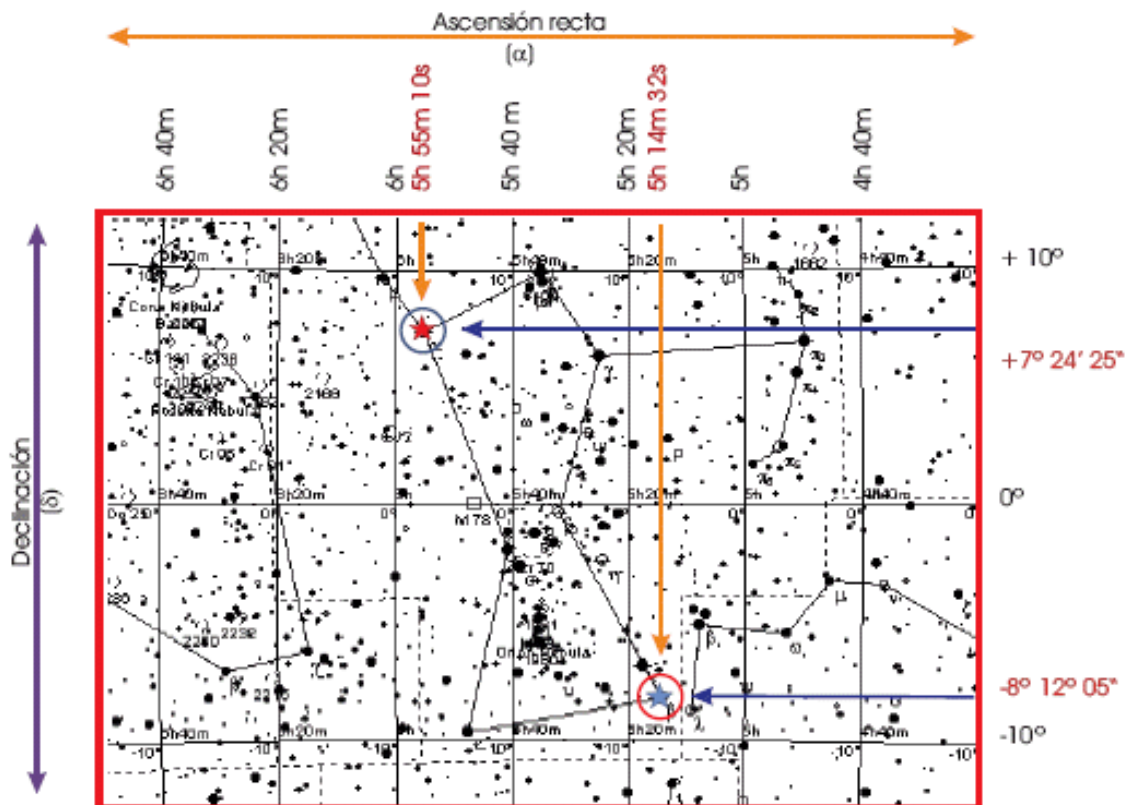
1.18 Las coordenadas eclípticas

Las coordenadas eclípticas son aquellas coordenadas que están referidas a la eclíptica. Son las más útiles para el estudio de las posiciones planetarias ya que se mueven dentro de la franja de la eclíptica. El eje fundamental es el denominado eje de la eclíptica que corta a la esfera celeste en dos puntos denominados polos de la eclíptica. El círculo fundamental es la eclíptica. Los semicírculos máximos que pasan por los polos se denominan máximos de longitud y entre ellos, aquél que pasa por el Punto Aries se denomina primer máximo de longitud. Los paralelos se llaman paralelos de latitud celeste.

Las coordenadas eclípticas son la longitud celeste y la latitud celeste. Se llama longitud celeste al arco de la eclíptica medido en sentido directo, que va desde el Punto Aries hasta el máximo de longitud de un astro; se mide en grados, desde 0° hasta 360°, y se representa por λ . La latitud celeste es el arco máximo de longitud que pasa por el astro comprendido entre la eclíptica y el centro del astro, medido a partir de la eclíptica. Su valor oscila entre 0° y 90° y se representa por b . En este sistema no se toma nunca la distancia medida desde el polo de la eclíptica.



ASCENSIÓN RECTA (α) Y DECLINACIÓN (δ)



Betelgeuse

α (J2000.0) 05 h 55 m 10.3 s
 δ (J2000.0) +07° 24' 25.35"

Rigel

α (J2000.0) 05 h 14 m 32.2 s
 δ (J2000.0) -08° 12' 05.98"



2. Sistema Solar

2.1 El Sistema Solar - Las leyes de Kepler

Las leyes de Kepler.- La naturaleza de las órbitas de los planetas fue uno de los problemas astronómicos más difíciles. Fue resuelto en el siglo XVII por el astrónomo alemán Johannes Kepler. El descubrimiento de sus tres leyes (sobre el movimiento de los planetas alrededor del Sol) se debe a los cálculos de gran precisión que hizo su maestro Tycho Brahe sobre el planeta Marte. La primera ley la enunció en 1609 y la tercera en 1618.

La primera ley dice que "todos los planetas se mueven describiendo órbitas elípticas encontrándose el Sol en uno de sus focos".

La segunda ley dice que "las áreas barridas por los radios-vectores, la recta que une al planeta con el Sol, son proporcionales a los tiempos empleados en recorrerlas, es decir, en tiempos iguales son iguales".

La tercera y última ley dice "los cuadrados de los periodos (T) de los planetas (el periodo es el tiempo que tarda un planeta en completar su revolución) son proporcionales a los cubos de los semiejes mayores (D) de estas órbitas".

$$T^2 = K \cdot D^3$$

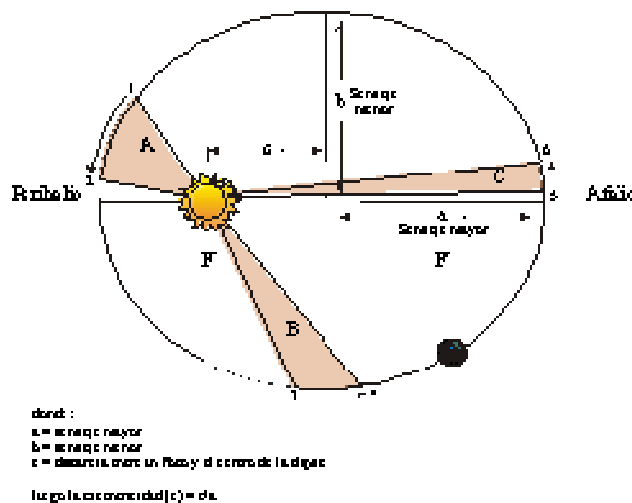
De estas tres leyes se deducen tres importantes consecuencias de las que hablaremos en el próximo capítulo.

2.2 Consecuencias de las leyes de Kepler

Según la 1ª ley, al ser las órbitas de los planetas elipses y ocupando el Sol uno de sus focos la distancia del planeta al Sol varía siendo la distancia mínima cuando el planeta se encuentra en el perihelio y la distancia máxima cuando el planeta se encuentra en afelio. La línea que va desde el perihelio al afelio se denomina línea de los ápsides.

Las elipses de los planetas tienen poca excentricidad (máxima 0,247 para Plutón), o sea, sus órbitas son casi circulares. Los planetas recorren sus órbitas en sentido directo (contrario al de las agujas del reloj para un observador situado en el Polo Norte).

Según la 2ª ley, la velocidad del planeta no es uniforme, siendo mayor en el perihelio que en el afelio, por ser la distancia al Sol en el primero menor que en el segundo.



Es decir "que en tiempos iguales los arcos de elipse recorridos por un planeta son tanto mayores cuanto más cercano se encuentra el planeta al Sol". Esta diferencia de velocidades, como posteriormente demostró Newton, es debida a la atracción que la masa del Sol ejerce sobre la masa del planeta, por lo que al estar el planeta próximo al Sol aumenta la atracción y su velocidad es mayor.

Según la 3ª ley, se deduce que la velocidad media con que recorren las órbitas los planetas es tanto menor cuanto más alejados se encuentren los planetas del Sol.

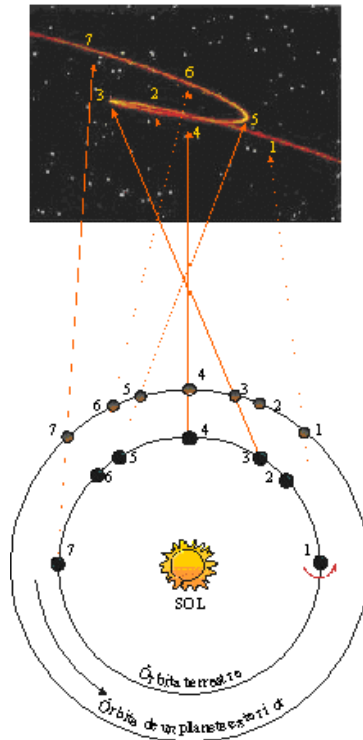
Las tres leyes de Kepler también se cumplen en los movimientos de los satélites alrededor de sus planetas.

2.3 La retrogradación

Gracias a las leyes de Kepler se ha resuelto el problema del curioso movimiento aparente de los planetas, denominado retrogradación.

Cuando se observa el movimiento de un planeta en la bóveda celeste, noche tras noche, se ve que se desplaza en sentido Oeste-Este. Sin embargo, dicho movimiento se detiene con frecuencia (punto 3) y el planeta invierte su movimiento en sentido Este-Oeste (3 a 5), de forma que desanda parte del camino recorrido (se dice que el planeta retrograda o que se mueve en sentido retrógrado), para posteriormente detener este movimiento (punto 5) y reanudar en sentido Oeste-Este (5 a 7).

Se trata de un simple efecto de perspectiva debido a las posiciones relativas de la Tierra y de los planetas contra el fondo estrellado.



Representación gráfica del movimiento retrógrado, en este caso, entre un planeta externo y la Tierra.

Mecanismo de un eclipse de Sol.- Es una de las mayores coincidencias de la Naturaleza: el Sol y la Luna aparecen en el firmamento con el mismo tamaño aparente vistos desde la Tierra. La Luna con un diámetro de 3.475 km. es 400 veces menor que el Sol (1.392.000 km.), lo que indica que éste se halla alejado 400 veces más. Esta condición permite que la Luna pueda cubrir el disco del Sol produciendo los eclipses totales de Sol. Para que tengan lugar los eclipses de Sol debe darse un alineamiento, en este orden, Sol-Luna-Tierra, lo que sucede cada mes en novilunio si los planos de las órbitas lunar y terrestres coincidieran, pero como la órbita lunar está inclinada 5° respecto a la eclíptica y una vez se sitúa por encima y otras por debajo de dicho plano. Ambos planos, eclíptica y lunar, se cruzan en dos puntos llamados nodos, que no son fijos, y que la Luna pasa dos veces al mes. Estos puntos son los únicos para que se puedan producir eclipses (de Sol o de Luna). Durante el eclipse solar, la Luna arroja una sombra sobre la superficie terrestre. Estas sombras están compuestas de dos zonas bien diferenciadas: la penumbra o sombra exterior y la umbra o sombra interior.

2.4 Un eclipse de sol

Si la Luna está a una distancia angular menor de 15° 21' del nodo habrá un eclipse parcial de Sol. En este tipo de eclipse la Luna no llega a tocar ningún lugar de la superficie terrestre y se producen en latitudes altas (norte o sur) y corresponden a los primeros o últimos eventos de un ciclo de saros.



Espectacular fotografía del eclipse total de Sol del 11 de julio de 1990

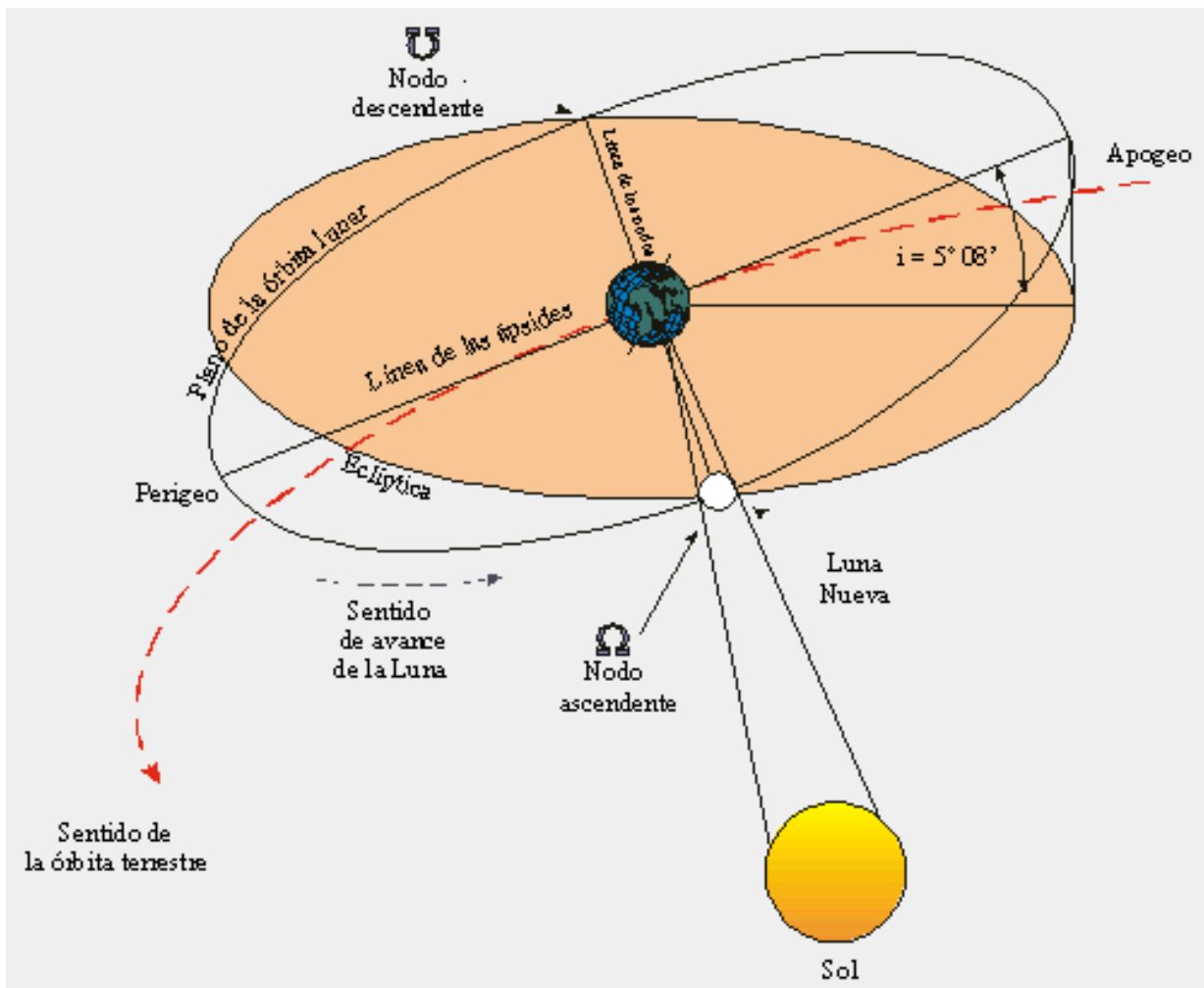
Todo eclipse parcial se desarrolla en dos contactos.

El primer contacto es el instante de tangencia entre los discos solar y lunar, marcando el inicio del fenómeno. Tras el avance paulatino de la Luna, se llega al medio del eclipse, movimiento en el que se cubre una mayor fracción del disco solar.

A partir de este momento la Luna comienza a retirarse hasta llegar al último contacto, fin del eclipse parcial.

Si la Luna Nueva se encuentra entre $11^{\circ} 50'$ y $9^{\circ} 55'$ del nodo, la umbra alcanzará la Tierra, dando lugar a un eclipse solar anular, aquí la Luna se halla en el apogeo y la Tierra en el perihelio, luego la umbra se queda a 39.400 km del centro de la Tierra y genera una umbra negativa o anti-umbra. La imagen de la Luna aparece menor que la del Sol mostrándose siluetas sobre la brillante fotosfera solar. Este tipo de eclipse tiene cuatro contactos. Hay una primera fase parcial en la que se producirá el primer contacto, o instante en el que se tocan por primera vez ambos discos. Poco a poco, durante una hora y media, el disco solar se va ocultando hasta que se produce el segundo contacto: es cuando el disco lunar entra completamente en la superficie solar. Se inicia la fase central o anularidad, culminando con el medio del evento. Posteriormente se invierten los procesos con un tercer contacto o fin de la anularidad y el cuarto contacto o finalización del eclipse. Fuera de la zona de anularidad el observador situado en la penumbra, ve el fenómeno como parcial.

Cuando la Luna Nueva está a menos de $9^{\circ} 55'$ del nodo y en el perigeo, mientras que la Tierra en el afelio, la umbra intersecciona con la Tierra produciendo un eclipse total de Sol. Los conos de sombra producen un barrido sobre la superficie de la Tierra denominado trayectoria de totalidad, desde el cual el fenómeno se contempla como total, fuera de la umbra el evento se contempla como parcial. Los eclipses totales también constan de cuatro contactos. En el primer contacto ambos discos se tocan pero antes de llegar al segundo contacto, la iluminación del ambiente cambia drásticamente y los parámetros atmosféricos cambian. En el instante del segundo contacto se produce el anillo de diamante, un fulgor que, por efecto de irradiación, tiene lugar en el punto donde desaparece la fotosfera.



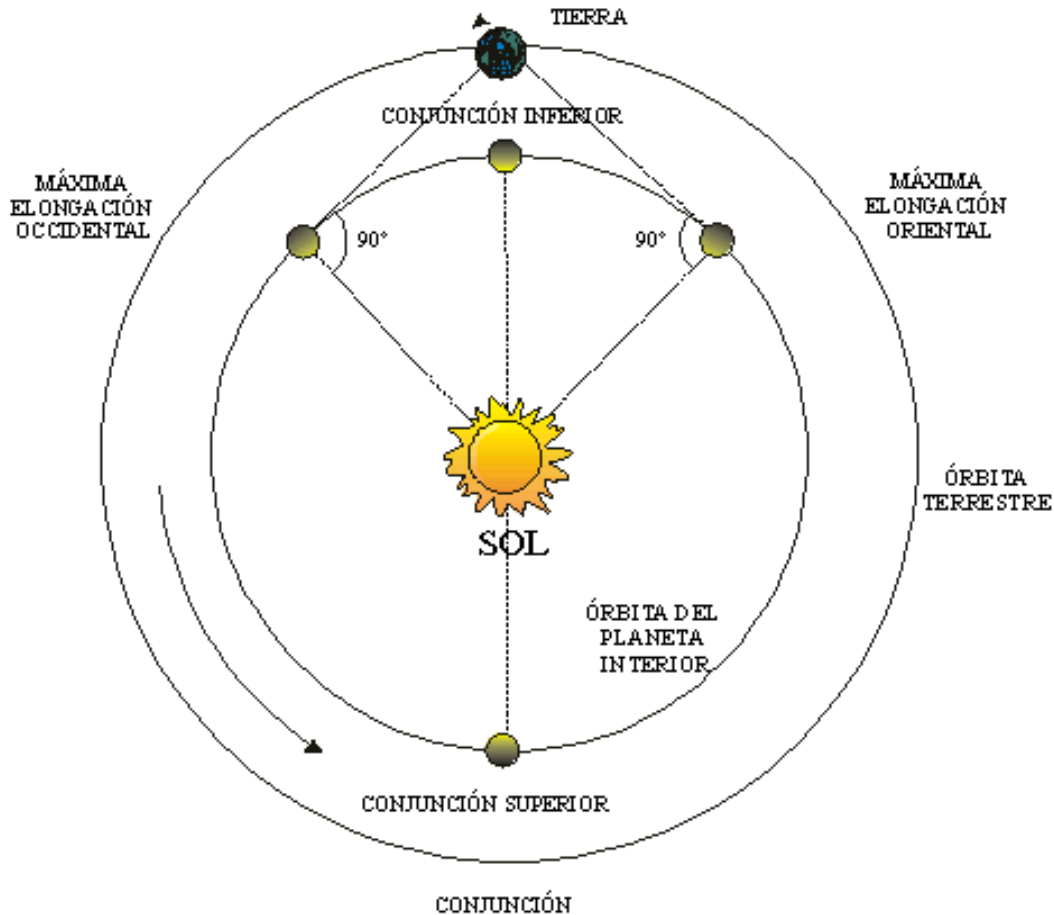
De repente aparece la corona solar, es decir, aparecen en el firmamento los planetas y las estrellas más brillantes. La totalidad dura poco y con el tercer contacto sucede de manera análoga pero en orden inverso.

Otro tipo de eclipse total es el híbrido, mixto o anular-total. Tiene lugar cuando la punta de la umbra cae corta sobre la superficie de la Tierra y el evento es anular, pero en su proyecto va cambiando a total, para terminar en anular.

2.5 Posición aparente de los planetas interiores

Mercurio y Venus son los planetas que se encuentran situados más cerca del Sol que de la Tierra, son los denominados planetas interiores.

El planeta más próximo al Sol es Mercurio y se mueve en el cielo más rápido que cualquier otro planeta y su periodo de rotación es de 58'65 días, esto es, 2/3 de su periodo de traslación alrededor del Sol.

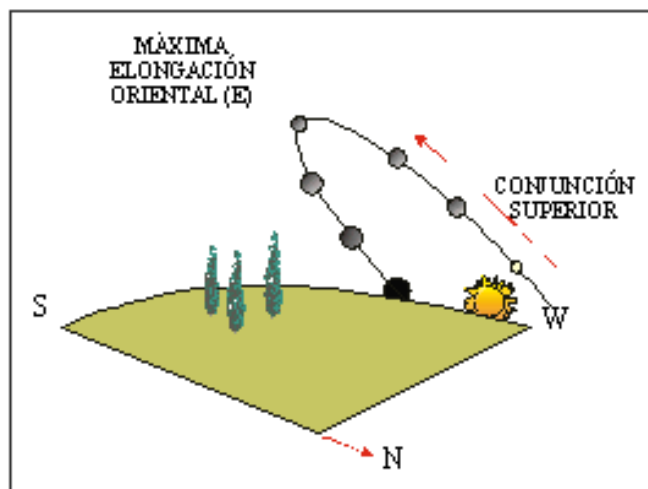
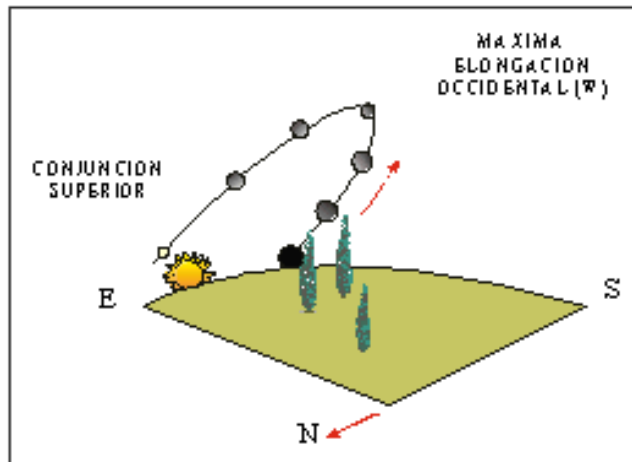


Venus es el astro, tras el Sol y la Luna, más brillante del cielo, alcanzando en condiciones favorables (39 días antes o después de la conjunción inferior) la magnitud -4.4 . Debido a que aparece antes de la salida del Sol o después de su puesta, se le conoce como "lucero del alba" o "lucero del atardecer".

La máxima separación angular (máxima elongación) de Mercurio es de 28° y la de Venus es de 47° , por ello nunca se pueden ver en el cenit del cielo a medianoche.

Mercurio siempre aparece cerca del Sol, se le puede observar 2 horas y 15 minutos, como máximo, antes del orto y después del ocaso solar. Hecho que dificulta la observación telescópica de este planeta, ya que la luz solar nos lo impide o dificulta.

Venus también se observa antes de la salida del sol o tras su puesta. Al estar más alejado del Sol, es observable hasta 4 horas como máximo antes del orto y después del ocaso solar.



Ambos planetas presentan fases como la Luna. Los planetas interiores presentan una geometría de posiciones planetarias diferentes a los planetas exteriores. Para explicar estos movimientos relativos consideremos al Sol en el centro de dos circunferencias concéntricas, representando la de radio menor la órbita del planeta interior y la de mayor radio a la órbita terrestre.

Se dice que un planeta está en conjunción superior cuando el planeta está en su posición más alejada de la Tierra. En las proximidades de una conjunción superior, un planeta interior muestra su cara totalmente iluminada, pero resulta difícil de observar considerando su aparente cercanía al Sol.

Al aproximarse la máxima elongación Este (oriental), siendo visible al anochecer, el planeta revela un efecto de fase creciente como la Luna.

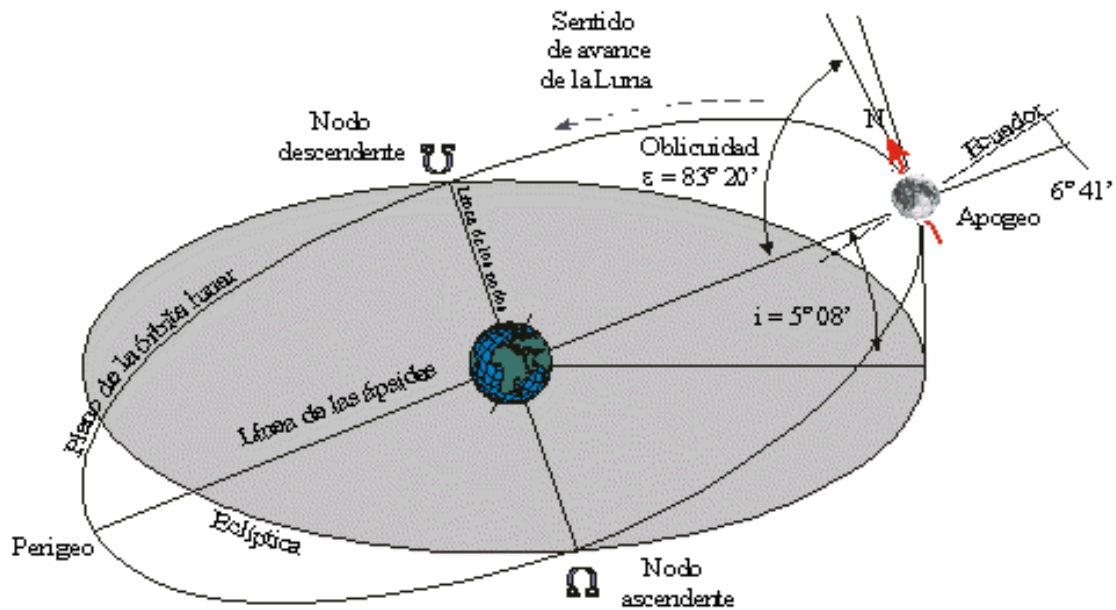
Transcurrido un tiempo, el planeta está en conjunción inferior, se dice que el planeta está en conjunción inferior cuando el planeta está en su posición más próxima a la Tierra. En la conjunción inferior no podrá observarse al planeta, tanto por su cercanía al Sol como por la reducida porción iluminada, ya que dirigirá hacia la Tierra su cara oscura. Posteriormente, el planeta alcanza su máxima elongación Oeste (occidental) siendo el planeta visible en las proximidades del alba, hasta por último encontrarse en una nueva conjunción superior.

2.6 La Luna - La órbita lunar

Para los observadores, antes de emprender una observación de la Luna, conviene conocer su movimiento orbital alrededor de la Tierra, para comprender su movimiento aparente y los diversos aspectos que puede presentar en el cielo a un observador terrestre.

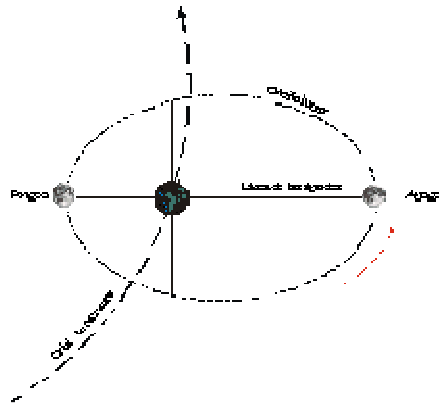
La Luna es el objeto astronómico más próximo a la Tierra.

La Luna gira alrededor de la Tierra describiendo una elipse en uno de cuyos focos se encuentra la Tierra con una gran inclinación, igual a 0,05490. Siguiendo este valor, el perigeo (distancia mínima de la Luna a la Tierra) está a 363.296 km y el apogeo (distancia más próxima de la Luna a la Tierra) está a 405.504 km, siendo la distancia media 384.400 km.



También se representan algunos elementos orbitales de nuestro satélite natural.

Su semieje mayor es de 384.399,1 km, la inclinación respecto de la eclíptica es 5,14540 (fracción de grado) o 5° 08' 43,33017" (grados sexagesimales). La longitud del nodo ascendente y la latitud del perigeo varían cíclicamente con el tiempo entre 0° y 360°, y no se las puede definir con un valor medio.



La intersección de la órbita lunar y la eclíptica determinan una recta que corta en dos puntos, denominados nodo ascendente y nodo descendente. Sólo en los puntos del nodo ascendente y descendente da lugar al fenómeno de los eclipses, tanto lunares como solares. La línea que une ambos nodos se denomina línea de los nodos. Dicha línea no conserva una dirección fija respecto de las estrellas lejanas, sino que retrograda en sentido inverso sobre el plano de la eclíptica al movimiento orbital de la Luna con un periodo de 18'6 años (6793'5 días). A consecuencia de ello, para volver al mismo nodo, debe realizar al menos una revolución completa (mes draconítico).

La línea que une los puntos del perigeo y apogeo se denomina línea de las ápsides. Dicha línea tiene un movimiento directo y se efectúa en el plano de la órbita lunar. Su periodo es de 8'85 años (3232'6 días).

2.7 Revoluciones de la Luna

El periodo de traslación de la Luna alrededor de la Tierra (mes o revolución lunar) puede considerarse de diferentes modos:

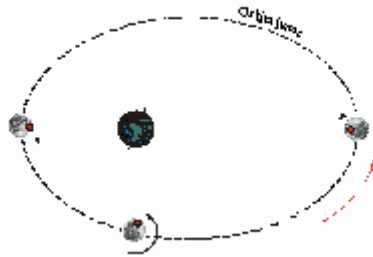
- 1) **Mes sidéreo:** es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de la Luna por el círculo horario de una estrella vista desde la Tierra. Su duración es de 27 días, 7 horas, 43 minutos y 11,6 segundos. Tiene poca importancia astronómica y su valor se calcula dado el semieje mayor de la órbita.
- 2) **Mes sinódico:** es el tiempo transcurrido entre dos posiciones análogas de la Luna y el Sol, es decir entre dos fases lunares. Su duración es de 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2'9 segundos y se denomina lunación.
- 3) **Mes trópico:** es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de la Luna por el círculo horario del punto Aries (γ). Su duración es de 27 días, 7 horas, 43 minutos, 4,7 segundos.



4) Mes anomalístico: es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de la Luna por el perigeo. Su duración es de 27 días, 13 horas, 18 minutos, 33,2 segundos.

5) Mes draconítico: es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de la Luna por el nodo ascendente de su órbita. Su duración es de 27 días, 5 horas, 5 minutos, 35,8 segundos.

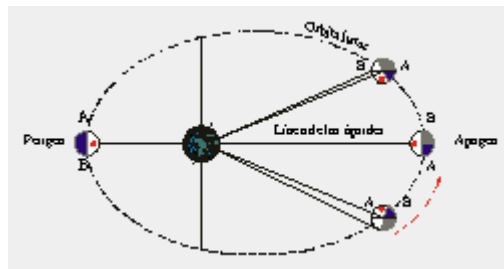
La Luna tiene un movimiento de rotación en sentido directo alrededor de su eje, y el tiempo que emplea en una rotación es el mismo que el de su revolución sidérea. La duración de la rotación es igual a la que tarda en recorrer su órbita alrededor de la Tierra, por ello, la Luna presenta siempre la misma cara a la Tierra salvo ligeras variaciones debido a las libraciones. Rotación y traslación tardan lo mismo, por consiguiente, la Luna nos presenta siempre la misma cara.



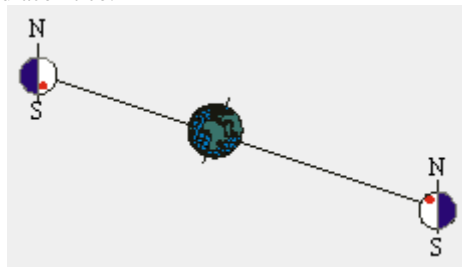
2.8 Libraciones de la Luna

Como la órbita es elíptica y el eje de rotación está inclinado respecto a la perpendicular del plano orbital, se produce un efecto conocido como libración (en longitud y latitud) que nos permite ver desde nuestro planeta algo más de la mitad de la superficie lunar (el 59%).

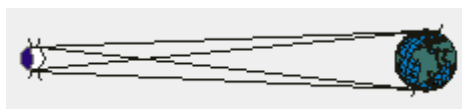
La libración en longitud se debe a que la Luna gira uniformemente con respecto a su eje, mientras que el movimiento orbital es más rápido cerca del perigeo y más lento cerca del apogeo (por la segunda ley de Kepler). Por tanto, un detalle superficial lunar, que en el perigeo y en el apogeo se encuentra justo en el meridiano del lugar, se hallará algo hacia el este del meridiano cuando la Luna está entre el perigeo y el apogeo, y algo hacia el oeste cuando la misma está entre el apogeo y el perigeo.



Esto implica que vemos más del 50% de la superficie lunar. El periodo de la libración en longitud es igual al mes anomalístico. La libración en latitud es debida a la inclinación del eje de rotación lunar con respecto a la perpendicular del plano orbital. Los puntos rojos muestran los detalles superficiales que se encuentran alternativamente algo al sur o algo al norte del centro de la superficie lunar vista desde la Tierra. El periodo de libración en latitud es igual al mes draconítico.



La libración diurna o paraláctica depende del lugar de observación en la superficie de la Tierra: dos observadores que se encuentran en dos puntos diferentes de la superficie terrestre ven en un mismo momento regiones algo diferentes de la superficie lunar.



Este es un ejemplo de libración diurna o paraláctica.

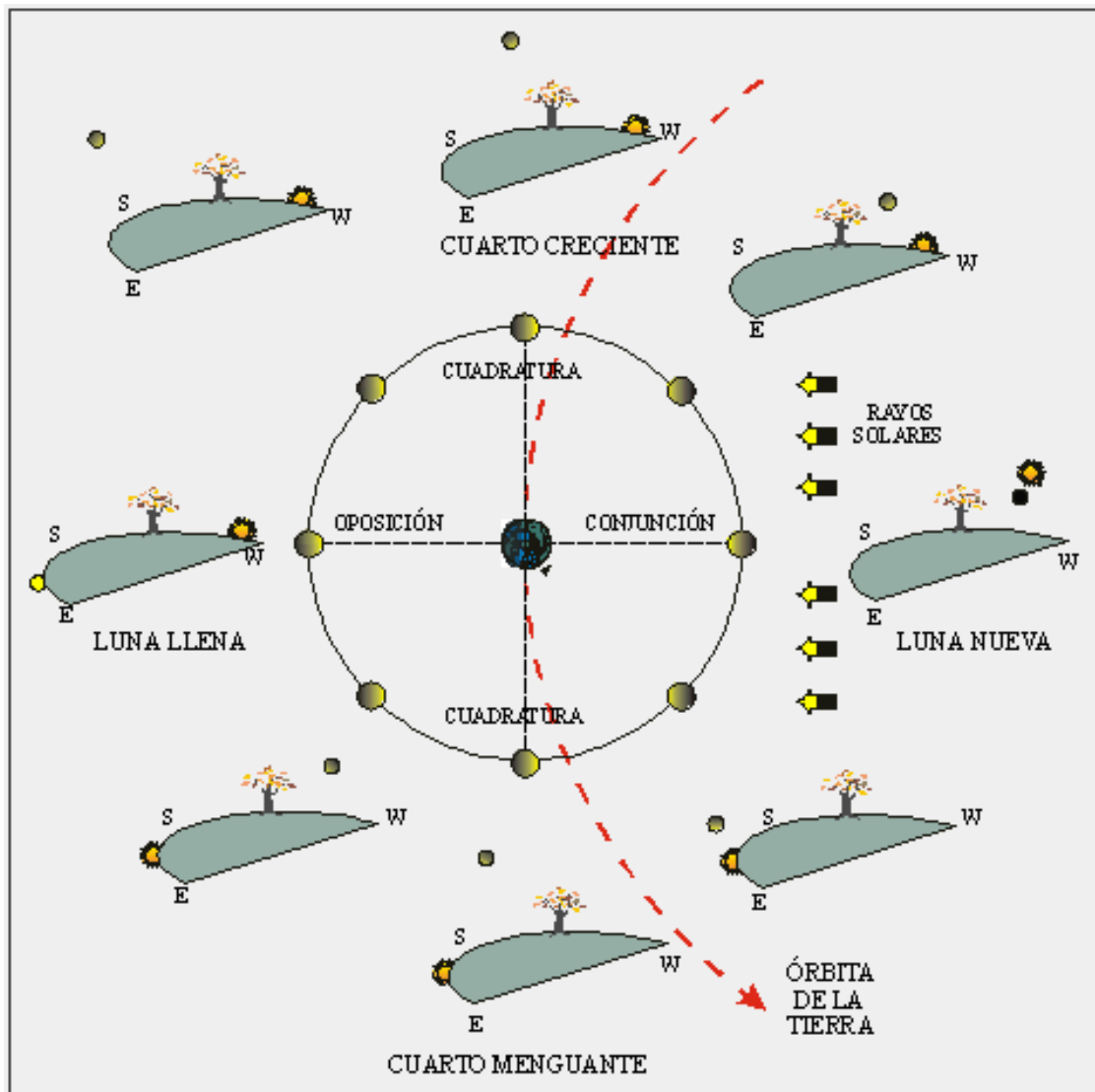
2.9 Las fases lunares

Se llaman fases lunares a los diversos aspectos bajo los cuales se presenta la Luna y que dependen de la posición relativa del Sol, de la Tierra y de la Luna, en un proceso cíclico determinado por los diversos estados de iluminación en que se nos muestra el disco lunar. Si observamos a la Luna en días sucesivos vemos que su forma aparente varía de un día para otro.

El periodo de este ciclo o lunación es de un mes sinódico. Para explicar este fenómeno de las fases suponemos a la Tierra en el centro de una circunferencia que representa la órbita lunar. Suponiendo el Sol situado a la derecha, el hemisferio de la Luna que se presenta al Sol estará iluminado y oscuro el opuesto.

El origen de la lunación se sitúa en la denominada Luna Nueva o novilunio, momento en que la Luna está en conjunción con el Sol.

En este momento se inicia una revolución sinódica. La Luna presenta a la Tierra el hemisferio no iluminado por el Sol y está oscura, por tanto, no vemos la Luna. Se denomina edad de la Luna para un instante dado de la lunación al tiempo transcurrido entre la Luna nueva (edad=0) y dicho instante. Las salidas y puestas de la Luna y del Sol casi coinciden, lo mismo que el paso de estos astros por el meridiano. Al tener la Luna un movimiento propio diario próximo a 13° en sentido directo, mientras que el Sol se desplaza 1° al día, la Luna se desplaza con respecto al astro rey unos 13° al día y, por ello, 2 ó 3 días después de Luna Nueva se presenta tras el ocaso del Sol bajo la forma de delgado huso, como un gajo con los cuernos hacia la izquierda. A continuación te ofrecemos una gráfica en la que se representan las diferentes fases de la Luna.



2.10 Explicación de las fases de la luna

Al pasar el tiempo el huso luminoso se ensancha y al transcurrir una semana desde la Luna Nueva, la Luna está a 90° del Sol (la Luna está en cuadratura) y está en fase Cuarto Creciente viéndose en forma de semicírculo iluminado. Su edad es de 7 días, 9 horas, 11 minutos y 0,72 segundos; en esta posición la Luna pasa por el meridiano del lugar aproximadamente 6 horas después del Sol.

En días sucesivos, el borde recto se curva aumentando la parte iluminada hasta que dos semanas después de Luna Nueva es Luna Llena o plenilunio viéndose todo el disco iluminado. Su edad es de 14 días, 18 horas, 22 minutos y 1,45 segundos. La Luna pasa por el meridiano del

lugar a medianoche y está en oposición (la Tierra está situada entre el Sol y la Luna). Las longitudes del Sol y de la Luna difieren 180° . El observador, situado en la parte oscura de la Tierra, es de noche para él, verá toda la cara de la Luna iluminada. En Luna Llena, cuando el Sol sale la Luna se pone.

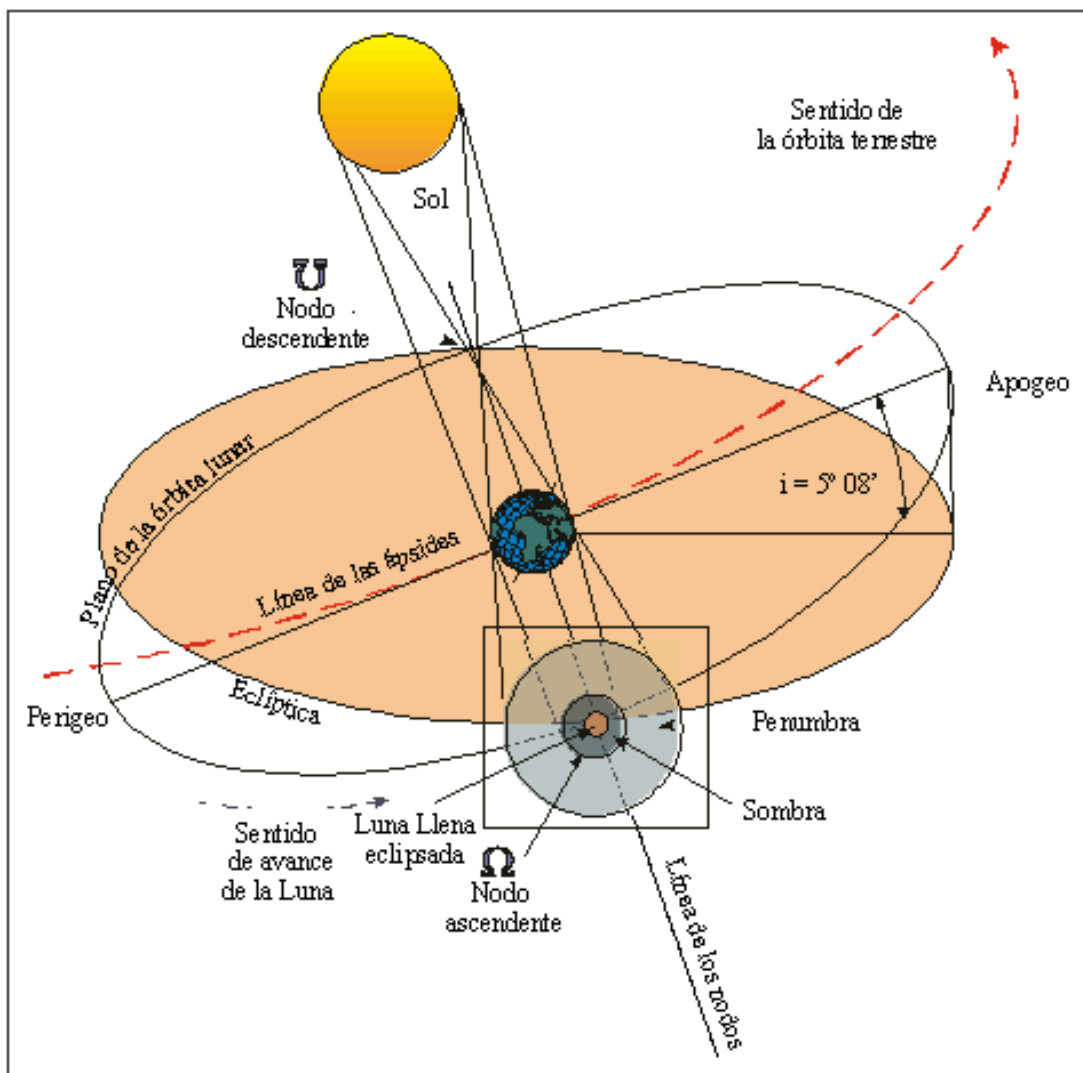
Después de la Luna Llena, la parte iluminada va disminuyendo gradualmente y pasa por aspectos simétricos pero opuestos a los presentados antes de Luna Llena, se dice que la Luna decrece.

Al transcurrir una semana de Luna Llena, la Luna se encuentra en Cuarto Menguante y su apariencia es como un semicírculo pero en el diámetro hacia levante (a la derecha). La edad de la Luna es de 22 días, 3 horas, 33 minutos y 2,2 segundos. Es el momento en que la Luna está a 270° del Sol (la Luna de nuevo está en cuadratura).

Con el paso del tiempo, la Luna volverá a presentarse bajo la forma de un gajo pero con los cuernos hacia la derecha, hasta que finalmente a la edad de 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2,9 segundos, transcurrido un mes sinódico, llegamos de nuevo a la Luna Nueva que supone el comienzo de otra lunación.

2.11 Mecanismo de un eclipse de luna

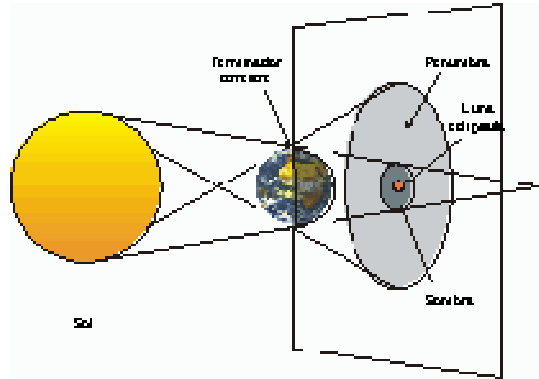
Los eclipses de Luna son producidos por la interposición de la Tierra entre el Sol y la Luna, es decir, cuando la sombra de la Tierra cae sobre la Luna, y ocurre necesariamente en el momento de una Luna Llena (Sol y Luna en oposición, es decir, diametralmente opuestos en el cielo con respecto a la Tierra), es decir en un eclipse de Luna se requiere la alineación Sol, Tierra y Luna. Si un cuerpo opaco de forma esférica se sitúa ante un foco luminoso también esférico, el límite de la sombra será la superficie cónica tangente a los dos cuerpos y aparecerán zonas de sombra y zonas de penumbra. La Tierra hace que los rayos solares no pasen en un cono llamando umbra o sombra y en otra región del espacio deja pasar parte de los rayos solares, llamada penumbra. El anillo de la penumbra tiene sensiblemente el mismo ancho que la Luna y el diámetro de la sombra es casi el triple.



En el caso de un eclipse de Luna, el Sol es la fuente luminosa y la Tierra es el cuerpo opaco. Para que la Luna entre en el cono de la sombra es preciso que la Luna esté en oposición y en Luna Llena o plenilunio. Si la Luna entra entera en el cono de sombra se producirá un eclipse total de Luna, si sólo entra una parte, se producirá un eclipse parcial de Luna.

Si el plano de la órbita lunar coincidiese con la Eclíptica, en cada oposición o plenilunio, habría un eclipse de Luna. Pero hay que recordar que el plano de la órbita lunar está inclinado 5° 8' respecto de la Eclíptica y, por tanto el cono de sombra pasará unas veces por debajo y otras por encima de la Luna, luego no habrá eclipse de Luna. Cuando haya una oposición y la Luna se encuentre en el nodo (momento en que la latitud de la Luna vale cero) o próximo al mismo, entonces habrá un eclipse de Luna.

Parámetros geométricos de un eclipse de luna:



El eclipse lunar lo pueden ver todos los observadores que vean a este objeto sobre su horizonte. Los tintes cobrizos que se observan en un eclipse total de Luna se deben a la refracción de los rayos solares en la atmósfera terrestre, proyectando sobre la Luna matices comparables a los de una puesta de Sol. La iluminación de la Luna durante un eclipse depende de nuestra atmósfera: el polvo, las cenizas volcánicas en suspensión en el aire oscurecen el eclipse.

El borde de la Luna se oscurece, primero de manera poco apreciable, posteriormente es más perceptible. Después de una hora la Luna ha entrado totalmente en la penumbra de la Tierra y ha perdido brillo. Aparece una escotadura negra que muerde el borde este, es la entrada en la sombra terrestre. La escotadura aumenta progresivamente y en una hora ya ha envuelto a la totalidad del disco lunar.

Al principio, la sombra es de color gris azulado y a medida que envuelve al disco lunar se torna rojiza. A partir del eclipse total domina el rojo, pero la tonalidad varía en el curso del fenómeno.

2.12 La escala de Danjon

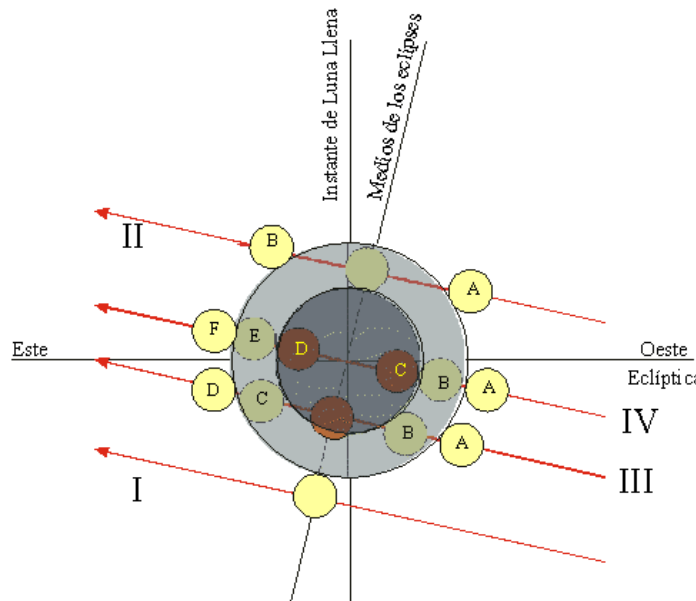
Durante el eclipse la Luna presenta un grado de visibilidad según la denominada Escala de Danjon:

Escala de Danjon	
0	Eclipse muy oscuro, Luna casi invisible.
1	Eclipse oscuro, gris o pardusco
2	Eclipse rojo oscuro o de color herrumbroso, bordes de la sombra muy claros.
3	Eclipse rojo ladrillo, sombra clara o amarillenta.
4	Eclipse muy claro, rojo cobrizo con bordes azulados

La Luna puede permanecer eclipsada durante 1 hora y 45 minutos como máximo, después la Luna sale de la sombra con un pequeño creciente luminoso, va ensanchándose a la izquierda del limbo, hasta que la sombra abandona el disco y la penumbra es enseguida sobrepasada. El eclipse ha terminado y puede durar unas 6 horas (desde A a F).



En la figura de abajo la órbita I muestra un caso límite en el que no hay eclipse; la Luna es tangente a la penumbra.

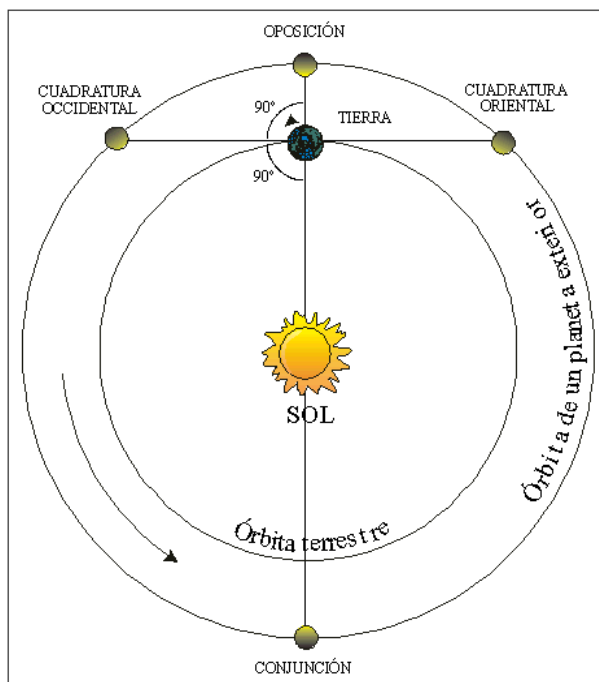


Tenemos una línea que indica el medio del eclipse: la Luna Llena se produce en el momento en que la Luna está en la línea del "instante de Luna Llena". La órbita III ofrece un eclipse parcial de Luna (por la sombra). A es el principio del eclipse y D es el fin del eclipse. B es el comienzo del eclipse por la sombra (es el primer contacto por la sombra) y C es el fin del eclipse por la sombra (es el último contacto por la sombra). Aquí el instante de Luna Llena precede al medio del eclipse. La órbita IV reproduce un eclipse total de Luna (total por la sombra, pero precedido y seguido por un eclipse, también total, por la penumbra). Las posiciones ABCDEF caracterizan las fases del eclipse. La totalidad tiene lugar entre las posiciones C y D. El medio del eclipse y el instante de la Luna Llena están muy próximos. La órbita II representa un eclipse parcial por la penumbra, fenómeno que llama poco la atención y pueden aún pasar inadvertidos si su magnitud es débil.

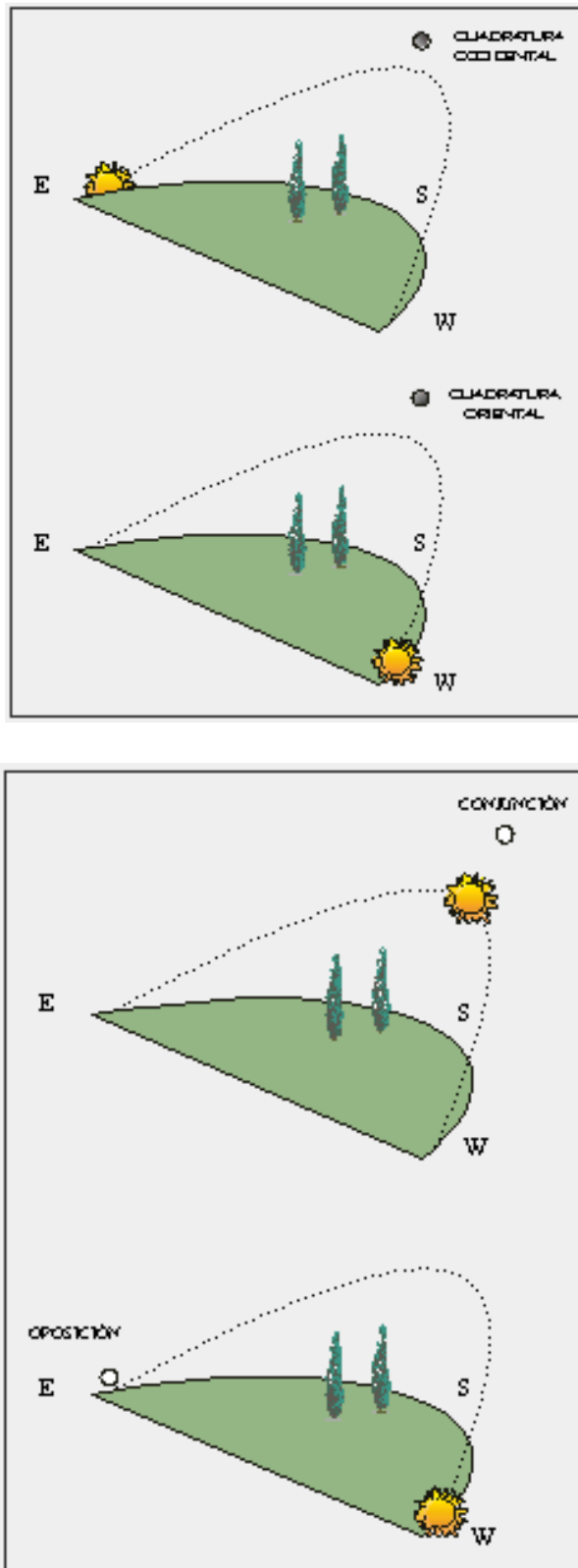
2.13 Posiciones aparentes de los planetas exteriores

Son planetas exteriores aquellos que se encuentran situados más lejos del Sol que de la Tierra. Son los siguientes: Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón.

Cuando la Tierra y el planeta exterior se encuentran en posiciones opuestas respecto al Sol, se dice que el planeta se encuentra en conjunción. Este es el momento en que el planeta se encuentra detrás del Sol, siendo imposible de observarlo. Se dice que un planeta externo está en oposición cuando el planeta está en su posición más próxima a la Tierra, aquí es visible durante toda la noche: el Sol se pone por el oeste y el planeta sale por el este.



Conforme pasa el tiempo el planeta se eleva hasta que se oculta por el oeste, más o menos en el momento en que el Sol va a salir por el este.



Representación de las posiciones aparentes de los planetas exteriores vistos desde el horizonte del lugar de un observador.

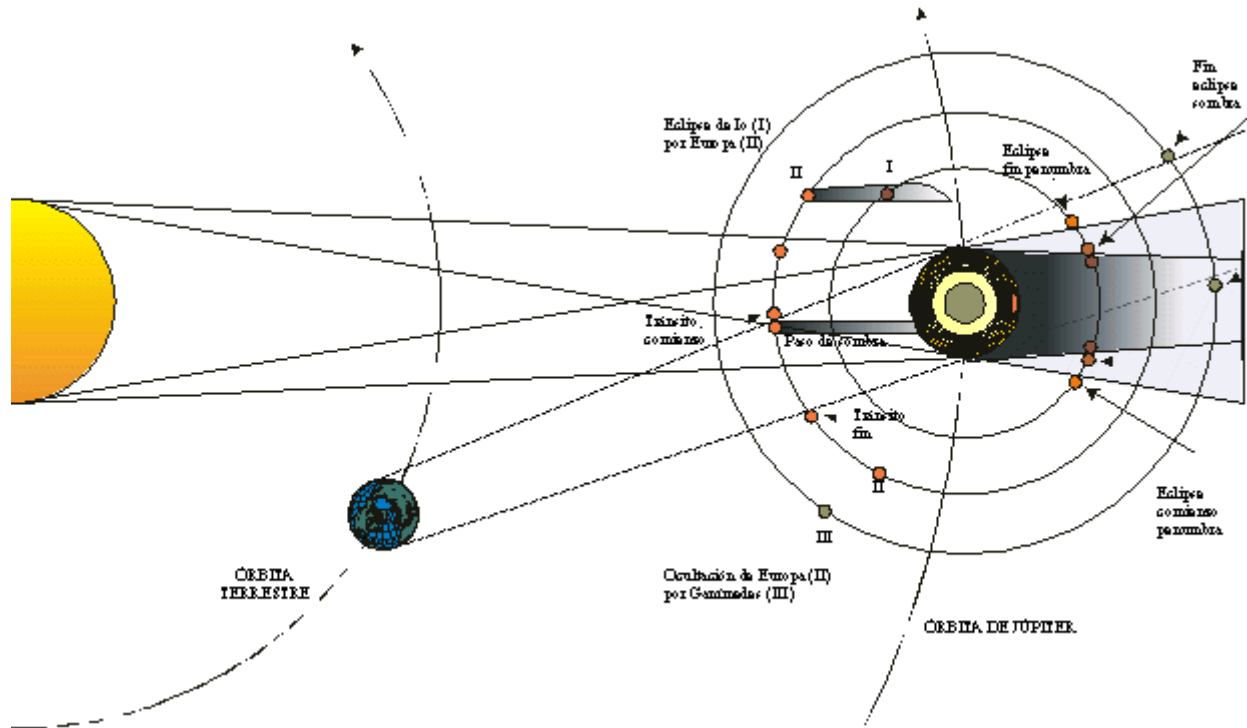
Se puede ver un planeta durante el tiempo en que no está en oposición. Cuanto más se acerque a su conjunción menos tiempo se podrá ver en el firmamento. Se dice que un planeta externo está en cuadratura con el Sol cuando el ángulo formado por el planeta-Tierra-Sol es un ángulo recto, de 90°. Se pueden observar un efecto de fase en algunos planetas exteriores.

2.14 Fenómenos mutuos de los satélites galileanos

Júpiter, el mayor planeta del Sistema Solar, tiene en la actualidad 17 satélites. Los cuatro primeros: Io (un satélite con actividad volcánica), Europa, Ganímedes y Calisto fueron descubiertos por Galileo Galilei. En su honor estas cuatro lunas son las denominadas satélites galileanos.

Los cuatro satélites galileanos pueden ser observados con instrumentos ópticos medianos, así como apreciarse los siguientes fenómenos o detalles:

- 1) **Eclipses:** producidos cuando un satélite penetra en la sombra proyectada por Júpiter.
- 2) **Ocultaciones:** son aquellas que se producen por el paso de un satélite tras el planeta Júpiter.
- 3) **Pasos:** se originan cuando un satélite se interpone entre Júpiter y la Tierra.
- 4) **Pasos de sombra:** son causados por la proyección de la sombra de un satélite sobre el planeta.



2.15 Los cometas

Antiguamente a los cometas los han relacionado con sucesos nefastos, guerras, epidemias, etc... La palabra cometa procede del griego y significa "cabellera", referida a la morfología de estos astros.

Representación gráfica de los fenómenos mutuos galileanos: visto desde la Tierra podemos presenciar con la ayuda de un instrumento óptico, como es el telescopio, los tránsitos, ocultaciones y eclipses de los satélites y Júpiter.

En la actualidad, la hipótesis más aceptada es la formulada por el astrónomo Oort, según la cual hay una vasta región del espacio situada entre 40.000 y 150.000 U.A. En la cual existen 100.000.000.000 núcleos cometarios, denominada Nube de Oort. Debido a perturbaciones esporádicas, causadas por el paso próximo de alguna estrella, algunos de éstos núcleos pueden ser impulsados al Sistema Solar. Una parte de ellos se acercarían al Sol según órbitas hiperbólicas o parabólicas y se alejarían después desapareciendo. Otros núcleos, debido a la influencia gravitatoria del Sol y de los planetas, como Júpiter y Saturno, serían capturados y se convertirían en periódicos con órbitas elípticas. Tras completar un gran número de órbitas o revoluciones alrededor del Sol ya habrían gastado su materia y acabarían por desaparecer por el continuo desgaste.

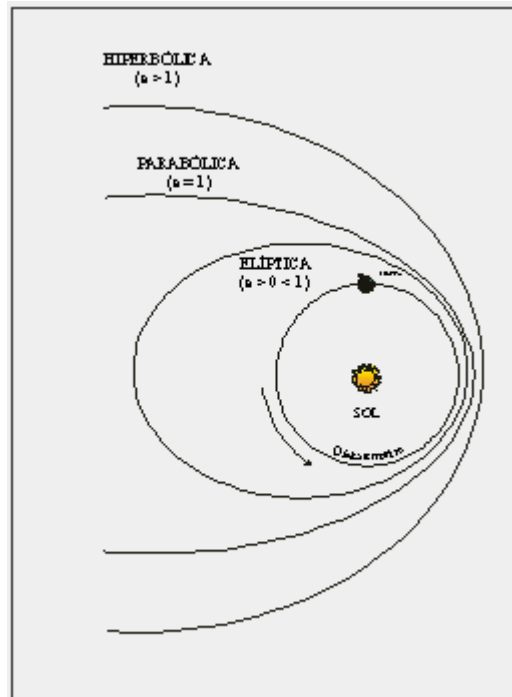
Los cometas pueden describir tres tipos de órbitas:

- 1) **Elípticas:** los cometas cuyas órbitas son elípticas tienen carácter de periódico moviéndose alrededor del Sol, el cual ocupa uno de sus focos. Por regla general, sus excentricidades son grandes. Algunos cometas tienen períodos orbitales relativamente cortos como es el caso del cometa P/Encke, con un periodo de 3'3 años mientras que otros tienen centenares de años.

Como los cometas tienen unas masas muy pequeñas, sus influencias gravitatorias sobre los planetas son casi nulas. Por el contrario, debido a las perturbaciones gravitatorias del Sol y de algunos planetas gigantes, concretamente Júpiter y Saturno, es muy frecuente que el periodo orbital del cometa se altere, experimentando cambios, a veces espectaculares.

Una de las alteraciones son las capturas de cometas por los planetas, cuyo afelio puede situarse mucho más allá de Plutón (cometas no periódicos) transformándolos en cometas de periodo más corto del que tenían, cuyo afelio se encuentra dentro del Sistema Solar. Estas capturas originan las familias de cometas como la de Júpiter, compuesta por más de 60 miembros cuyo afelio se localiza cerca de la órbita de Júpiter. También hay familias de Saturno, Urano, Neptuno y Plutón.

2) Hiperbólicas.



3) Parabólicas.

Los cometas cuyas órbitas son hiperbólicas o parabólicas no son periódicos puesto que sus curvas no son cerradas. Luego, aparecen una sola vez surgiendo de las profundidades del espacio, se acercan al Sol y se alejan del mismo desapareciendo para siempre.

Las órbitas de los cometas tienen muy distintas inclinaciones sobre el plano de la Eclíptica. Algunas de ellas tienen una inclinación mayor de 90° por lo que los cometas que las poseen se mueven en sentido retrógrado, como por ejemplo el cometa Halley.

2.16 La nomenclatura de los cometas

La nomenclatura de los cometas.- Los cometas se designan mediante una nomenclatura, es decir con el nombre de su descubridor/es (máximo tres descubridores), seguido del año del descubrimiento y una letra minúscula que indica el número de orden de la aparición del cometa dentro de ese año. Cuando se conocen los datos orbitales del mismo, el año se sustituye por el año del paso por el perihelio, seguido de un número romano que indica el número de orden de ese paso.

Para que un cometa sea visible debe acercarse al Sol, este provoca transformaciones al cometa haciéndolo que sea visible con telescopio, si es débil, o a simple vista si es brillante.

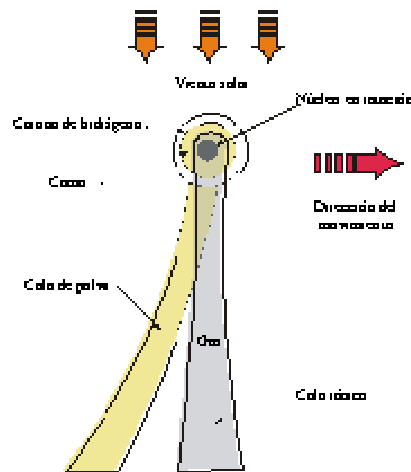
Típica y morfológicamente un cometa consta de:

- 1) Núcleo.
- 2) Coma o cabellera.
- 3) Cola o colas.

Frecuentemente los cometas aparecen desprovistos de cola, particularmente aquellos que ya han dado muchas vueltas al Sol perdiendo paulatinamente parte de su masa. En otras ocasiones muestran una espiga o pincho en la cara opuesta a la cola. La más aceptada entre los astrónomos es que el núcleo es una bola de nieve sucia, suponiendo que el núcleo de un cometa es una bola de hielo mezclado con partículas de polvo. Las dimensiones del núcleo pueden oscilar entre 1 y 100 kilómetros.

Cuando un cometa se acerca al Sol la radiación solar evapora parte del material helado del núcleo. En este proceso de evaporación se desprenden partículas de polvo formándose así una nube de gas y polvo que envuelve al núcleo. Dicha nube es la coma o cabellera del cometa cuyo diámetro puede alcanzar los 100.000 kilómetros.

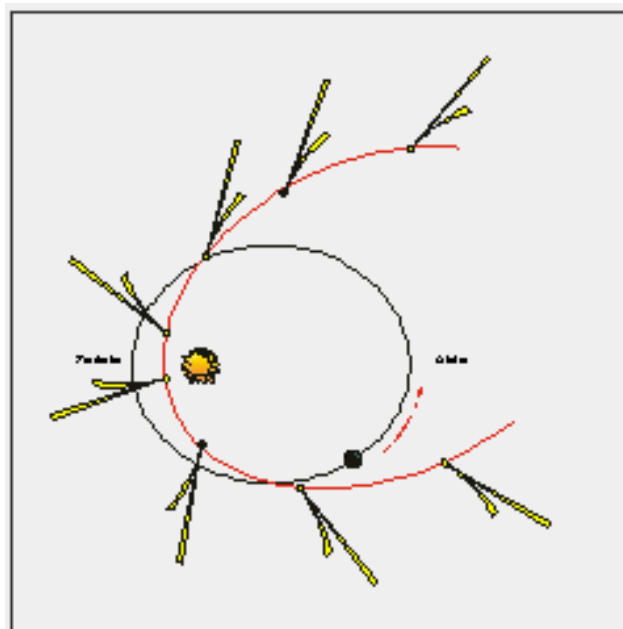
Modelo de la estructura de los cometas:



La coma es visible gracias a dos procesos: por un lado, el polvo del cometa refleja la luz solar; por otro lado las moléculas gaseosas se disocian debido a la radiación solar, y se vuelven fluorescentes emitiendo luz.

2.17 Las colas de los cometas y los asteroides

La cola de un cometa también lo origina el Sol. El primer astrónomo que se dio cuenta de la importancia del Sol en el desarrollo de este fenómeno fue Pedro Apiano, quien constató que la cola de los cometas siempre se desplegaban en dirección opuesta al Sol.



Orientación de las colas de los cometas.- Con frecuencia se observan en un mismo cometa dos colas diferentes: una cola de polvo y otra denominada cola iónica. Las colas de polvo son colas curvadas, están formadas por partículas de polvo arrancadas de la coma por la presión de la radiación solar y las alejan de la coma. Las colas iónicas son colas rectilíneas (o de muy débil curvatura) causadas por la radiación solar que ioniza las moléculas de la coma adquiriendo carga eléctrica, y los campos magnéticos del viento solar arrastran lejos de la coma dichas moléculas formando así la cola iónica.

2.18 Los asteroides

Los asteroides constituyen un conjunto numeroso y heterogéneo de pequeños astros, también denominados planetas menores, de forma irregular, que describen órbitas alrededor del Sol, la mayoría de las cuales quedan comprendidas entre las órbitas de Marte y Júpiter en el denominado Cinturón principal. Un asteroide es un pequeño cuerpo rocoso que gira alrededor del Sol con un diámetro inferior a 1000 km.

Los primeros asteroides se descubrieron de forma fortuita, cuando se dedicaban a encontrar el planeta que faltaba por buscar entre las órbitas de Marte y Júpiter. Sólo un 10% de ellos tienen un tamaño considerable, por ejemplo el mayor de todos y el primero en ser descubierto el 1 de enero de 1801 en Palermo (Italia) es 1 Ceres, tiene 1020 km. de diámetro, 2 Pallas y 4 Vestas siguen a Ceres en tamaño, con un diámetro aproximado de 540 km. En 1845 se descubrieron cinco asteroides. Diez años más tarde, eran ya cuarenta los asteroides descubiertos. Con la aplicación de las técnicas fotográficas, alrededor de 1895, se descubrían 15 asteroides por año, veinticinco asteroides por año en 1910, cuarenta al año en 1930.



Estas son fotografías de asteroides tomadas por las sondas, a la izquierda el asteroide Mathilde y a la derecha Iida con su luna.

La velocidad relativa que alcanzan estos asteroides en el cinturón principal es de 5 km/seg. Las colisiones, cuando se producen, son violentas y destructivas. Se piensa que los asteroides más corpulentos han debido sufrir varios ciclos sucesivos de destrucción-reconstrucción.

En 1920 K. Hirayama observó que ciertos asteroides tenían algunos de sus elementos orbitales agrupados en familia. Una familia comprende un asteroide principal que da su nombre y una nube de asteroides asociados mucho más pequeños.

Ejemplo, la familia asociada a 8 Flora (160 km) es la más conocida y poblada puesto que se conoce más de 400 miembros, la familia de 24 Themis (200 km) contiene 150 miembros, de los cuales tres miden más de 100 km. como 90 Antiope, 268 Adorea, 171 Ophelia.

En la órbita de Júpiter, alrededor de los puntos de Lagrange, uno a 60° delante de la órbita del planeta gigante gaseoso y otro a 60° detrás del mismo, se encuentra un grupo de asteroides denominados griegos los unos y troyanos los otros.

Si se representa en un diagrama la abundancia de asteroides en función de la distancia al Sol, se encuentra que la distribución es discontinua, existiendo lagunas o vacíos de asteroides, causados por la acción gravitatoria de Júpiter. Dichas lagunas o regiones despobladas se denominan "Lagunas de Kirtwood". La explicación clásica es que la atracción de Júpiter elimina por efecto de resonancia las órbitas cuyo periodo es una fracción racional de la suya. Por ejemplo, los objetos que tienen un semieje mayor a de 2,50 U.A. Ejecutan tres giros alrededor del Sol en el mismo tiempo en que Júpiter ejecuta un giro: es la resonancia 3/1, otras resonancias son 2/1, 3/2. Cuanto más lejos del cinturón principal más estabilizador es la resonancia.

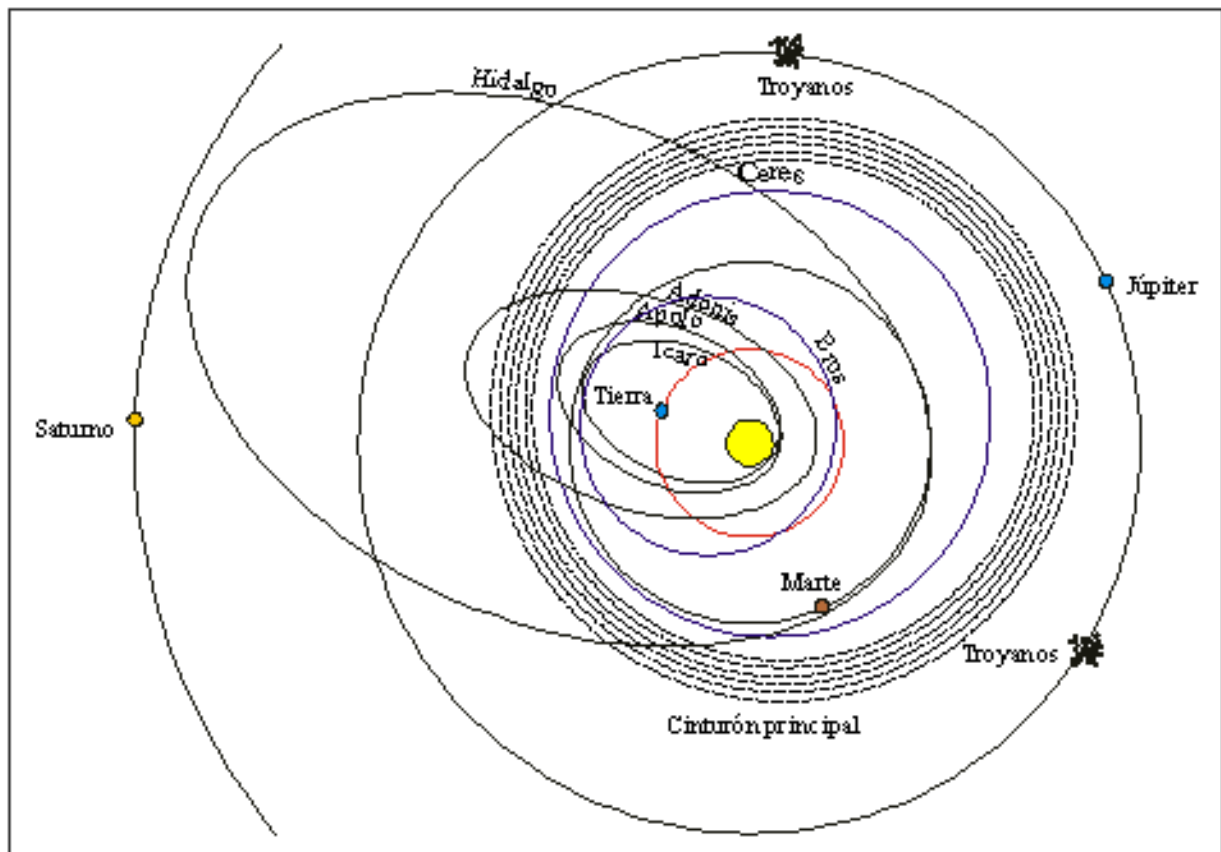
Hoy en día, se conocen unos pequeños asteroides cuyas órbitas se acercan mucho a la órbita terrestre a gran velocidad, son los llamados "Aten-Amor-Apolo" y se distinguen en varias categorías:

- 1) Los cuerpos cuya órbita pasa cerca de la del planeta Marte como el asteroide Hungaria.
- 2) Los objetos cuyo perihelio está más cerca del Sol que de Marte, a menudo los llaman "Mars-Crossers".

Éstos se subdividen en cuatro subconjuntos:

- 2.1) Aquellos que no se acercan a menos de 1,30 U.A. del Sol.
- 2.2) Aquellos que pasan cerca de la Tierra pero no se internan en la órbita terrestre, su prototipo es 1221 Amor.
- 2.3) Aquellos que se internan dentro de la órbita terrestre y poseen un periodo mayor de año. Su prototipo es 1862 Apollo.
- 2.4) Igual que en 2.3) pero con un periodo orbital menor de un año. Ejemplo típico: 2062 Aten.

Es preciso saber que el 75% de los asteroides están concentrados en el zodiaco (definido como una banda de 15° de anchura aparente centrado en la eclíptica). La mayoría de ellos son demasiado débiles para poder ser detectados por un telescopio de aficionado, sólo unos cuantos, los más brillantes, pueden ser observados. Para esto, consultar las efemérides de las revistas astronómicas y los programas informáticos de astronomía.



2.19 Los meteoros

Un meteoróide es un fragmento de materia, de tamaño y forma variable que situado en el espacio interplanetario puede ser atraído por el campo gravitatorio de la Tierra y caer sobre nuestro planeta. Debido al rozamiento con la atmósfera se produce una fuerte elevación de temperatura que origina un fenómeno luminoso, visible, conocido como meteoro o estrella fugaz.

Cuando un meteoro alcanza un alto brillo (magnitud -4 o más) se denomina bólido. Por último, cuando un meteoróide logra alcanzar la superficie terrestre se denomina meteorito.

Para los meteoros visibles con una magnitud comprendida entre 1 y 6 tienen un peso entre 2 miligramos y 2 gramos.

Pero hay fragmentos mucho más pequeños que causan meteoros indetectables a simple vista, constituyendo la cantidad total de materia meteórica que cae sobre la Tierra en un día, entre 1.000 y 10.000 toneladas.

Los meteoros pueden presentarse esporádicamente en cualquier punto de la bóveda celeste, o bien formando las denominadas lluvias de meteoros. Cualquier noche despejada es apropiada para la observación de meteoros esporádicos, pero son más frecuentes en la segunda mitad de la noche.

Durante una lluvia de meteoros, la frecuencia de meteoros suele ser mayor. En algunas se han llegado a contar 2.000 meteoros/hora. Si durante una lluvia de meteoros se representan los trazos meteóricos en un mapa estelar, se observa que todos ellos parecen proceder de un punto, a ese punto se le denomina radiante. Las lluvias de meteoros reciben el nombre de la constelación de la cual está situado el radiante, por ejemplo las leónidas, cuyo radiante se sitúa en Leo, las táuridas (en Tauro), las oriónidas (en Orión), las perseidas (en Perseo), etc...

En cuanto al origen de las lluvias de meteoros, éstas son asociadas a las órbitas cometarias, se producen cuando la Tierra atraviesa la órbita de un cometa. Los enjambres de meteoroides son restos o residuos de los cometas que giran alrededor del Sol en órbitas elípticas. Los meteoros esporádicos son originados por meteoroides residuales de antiguos enjambres.



3. Estrellas y constelaciones

3.1 Nombre y denominación de las estrellas

Desde las civilizaciones más antiguas, las estrellas se han considerado agrupadas en constelaciones. Los nombres de las estrellas proceden tanto de los griegos tales como Sirio, Procyon, Polux, Castor, Régulo, Polaris, Arturo, Canopo, las Pléyades, como de los árabes como los nombres de Alcor (la débil), Mizar (velo), Vega (caída), Aldebarán (el seguidor), Deneb (la cola), Rigel (la pierna), Algol (estrella demonio), Betelgeuse (hombro del gigante), y unos centenares de nombres más.

Ante la imposibilidad de dar nombre a la enorme cantidad de estrellas se planteó la idea de dar otro sistema de nomenclatura que resultase más útil para los astrónomos.

En 1603 el alemán Johannes Bayer publicó una obra denominada Uranometría, un atlas de mapas estelares en el que se indicaban las estrellas de cada constelación utilizando letras del alfabeto griego al que seguía el genitivo del nombre latino de la constelación a la que pertenece.

Bayer estableció un orden de brillo dentro de cada constelación, de modo que llamó **a** la estrella más brillante, alfa a la que le seguía en brillo, beta a la siguiente, y así sucesivamente. El inconveniente de esta nomenclatura es que el alfabeto griego sólo consta de 24 letras, mientras que, por término medio, hay unas 70 estrellas visibles por constelación. Cuando las letras del alfabeto griego resultaban insuficientes para una constelación Bayer recurrió al empleo de las letras minúsculas del alfabeto latino, complicando el método empleado.

Alfabeto griego					
a α alfa	b β beta	γ γ gamma	δ δ delta	ε ε épsilon	ζ ζ zeta
η η eta	θ θ theta	ι ι iota	κ κ kappa	λ λ lambda	μ μ mu
ν ν nu	ξ ξ xi	ο ο omicron	ρ ρ pi	ρ ρ rho	σ σ sigma
τ τ tau	υ υ úpsilon	φ φ phi	χ χ chi	ψ ψ psi	ω ω omega

LAS 18 ESTRELLAS MÁS BRILLANTES					
Nombre	α2000	δ2000	Mag V.	Mag abs.	Dist. (pc)
Sirio	06h 45m 09s	-16° 43'	-1,46	1,4	2,7
Canopo	06h 23m 57s	-52° 42'	-0,72	-3,1	30
Arturo	14h 15m 40s	+19° 11'	-0,04	-0,3	11
Rigel Kentaur	14h 39m 37s	-60° 50'	0,0	4,4	1,3
Vega	18h 36m 56s	+38° 47'	0,03	0,5	8,1
Capela	05h 16m 41s	+46° 00'	0,08	-0,6	13,8
Rigel	05h 14m 32s	-08° 12'	0,12	-7,1	276
Proción	07h 39m 18s	+05° 14'	0,38	2,7	3,5
Achernar	01h 37m 43s	-57° 14'	0,46	-2,3	36
Betelgeuse	05h 55m 10s	+07° 24'	0,50	-5,6	159
Hadar	14h 03m 49s	-60° 22'	0,61	-5,2	150
Altair	19h 50m 47s	+08° 52'	0,77	2,2	5,2
Aldebarán	04h 35m 55s	+16° 30'	0,85	-0,7	21
Antares	16h 29m 24s	-26° 26'	0,96	-5,1	159
Espiga	13h 25m 11s	-11° 10'	0,98	-3,3	67
Pólux	07h 45m 19s	+28° 02'	1,14	1,0	11
Fomalhaut	22h 57m 39s	-29° 37'	1,16	2,0	6,9
Deneb	20h 41m 26s	+45° 17'	1,25	-7,1	491



Tras la aparición del telescopio se demostró la existencia de un número mayor de estrellas, y se planteó de nuevo el problema de su denominación.

En 1712, el astrónomo inglés John Flamsteed, hizo el primer catálogo con la ayuda del telescopio, denominado Historia Coelestis Britannica, recurrió al empleo de los números en vez de letras, asignó un número a cada estrella según el orden en que llegaba al meridiano.

Con el tiempo se perfeccionaron los telescopios, observándose ya millones de estrellas en cada constelación, a las estrellas se las distingue, no por su nombre, ni letras, ni números, sino por la posición que ocupan en la esfera celeste, esto es, por su ascensión recta y declinación.

3.2 La magnitud estelar

El registro de las posiciones de las estrellas en unas listas denominadas catálogos estelares constituye una base de referencia fundamental para importantes conocimientos astronómicos como pueden ser la determinación del tiempo, los fenómenos de precesión y nutación, el movimiento propio de las estrellas. El catálogo más antiguo fue elaborado por el astrónomo griego Hiparco en el año 127 A.C. Contiene las posiciones de 1.080 estrellas divididas en seis clases de acuerdo con su brillo aparente. Los árabes conservaron otro catálogo de estrellas denominado "Almagesto" de Claudio Ptolomeo, de esta obra hemos heredado la costumbre de agrupar las estrellas en clases de brillo o magnitudes. Las clases de brillo recibieron el nombre de magnitud, llamando a las más brillantes de 1ª magnitud, de 2ª, 3ª, 4ª, etc., hasta la 6ª magnitud, estas últimas son las estrellas más débiles que se distinguen a simple vista.

Por magnitud se entiende el brillo aparente con el que vemos las estrellas y dimensiones de estos astros. En 1856 el astrónomo Norman Pogson estableció la "escala de Pogson": una estrella de 1ª magnitud tiene una intensidad luminosa aparente 2'512 mayor que una estrella de 2ª magnitud, ésta una intensidad luminosa 20'512 mayor que una estrella de 3ª magnitud y así sucesivamente. Pogson incluyó las estrellas Aldebarán y Altair que hacia las veces de base de la escala. Dicha escala de magnitudes se extiende por una parte hacia el cero y los números negativos, para abarcar a los astros más luminosos como el Sol y la Luna.

La magnitud aparente depende del brillo de la estrella y de la distancia a la que se encuentra, un ejemplo, Sirio tiene una magnitud aparente de -1'46 (es la más brillante del cielo, porque se halla a 9 años luz de nosotros, mientras que Rigel, es 2.000 veces más luminosa, aparece con una magnitud 0'08 por hallarse a una distancia 100 veces mayor).

La magnitud absoluta de una estrella es la magnitud que tendría dicha estrella si estuviera situada a una distancia de 10 parsecs (1 parsecs es 3,2616 años luz = 3,0857 x 10¹⁶ m, esto es, la distancia desde la cual la Tierra y el Sol parecerían estar separados por un ángulo de 1 segundo de arco).

La magnitud de las estrellas se conoce actualmente por medio de los fotómetros o fotográficamente.

Se aplica el término primera magnitud a aquellas estrellas que van desde +0,6 a +1,5, segunda magnitud desde las estrellas de +1,6 a +2,5, tercera magnitud de +2,6 a +3,5, etc.

El número de estrellas visibles a simple vista es aproximadamente 6.500, siendo 20 estrellas de 1ª magnitud, cerca de 60 de 2ª magnitud, próximo a 200 estrellas de 3ª magnitud, unas 600 de 4ª magnitud, unas 1.600 estrellas de 5ª magnitud y más de 4.000 de 6ª. Suponiendo que las estrellas se encuentran repartidas por igual en el firmamento, un observador en un instante verá unas 3.000 estrellas.

3.3 Las estrellas variables

Un gran número de estrellas no tienen brillo constante, sino que varían periódicamente, o lo que es lo mismo, no conservan la misma magnitud aparente y en un periodo más o menos largo y más o menos regular, sus magnitudes alcanzan valores diferentes, tales estrellas se llaman variables.

Por ejemplo, la estrella Mira Ceti (constelación de la Ballena) que históricamente fue la primera estrella variable conocida, en un periodo de 332 días pasa de 2ª a la 9ª magnitud.

Con el uso de la fotografía en Astronomía, se descubrió mucho mejor la variabilidad de las estrellas, para ello, se fotografiaba la misma región del cielo en dos fechas diferentes con el mismo instrumento y en idénticas posiciones, comparando ambas fotografías se observa si la imagen estelar varía o no.

Las estrellas variables se clasifican en:

1) Intrínsecas: son aquellas en que sus variaciones de magnitud se deben a cambios en la estructura interna de la estrella, ya que las variaciones de color, temperatura y espectro, acompañan a estos cambios de luz.

2) Extrínsecas: no se consideran como verdaderas variables, ya que la variabilidad de su luz es producida por causas físicas externas, ajenas a la propia estrella.

Según la curva de variabilidad de las estrellas, éstas se dividen en:

a) Periódicas o regulares: la curva de luz es periódica, es decir, después de un intervalo de tiempo, llamado periodo, se reproduce inalterablemente.

b) Semirregulares: el periodo es ligeramente variable y la curva se reproduce con poca precisión en cada periodo.

c) **Irregulares:** en estas sólo hay un pequeño indicio de periodicidad.

La observación de estrellas variables es uno de los programas de trabajo más interesante para el astrónomo amateur. No requiere el empleo de instrumentos costosos y elaborados, ya que con frecuencia lo más adecuado para la observación visual es utilizar unos prismáticos o un refractor de 60 mm. La labor del variabilista es la de definir el rango de variación de luminosidad y el periodo de la variable en cuestión. Para aquellos observadores que quieran profundizar en este campo se pongan en contacto con las grandes organizaciones internacionales de estrellas variables, ya que por medio de sus boletines, vía Internet o e-mail podemos enterarnos de las últimas noticias que más nos interesen. Estas organizaciones también distribuyen unas cartas estelares especiales para encontrar la variable a estudiar, además de otras características importantes. El siguiente link nos enlaza con las cartas que la AAVSO (pinchar) pone a disposición del astrónomo aficionado.

ESTRELLAS VARIABLES				
Nombre	Magnitud		Período (días)	Tipo de Variable
	Máx.	Mín.		
γ Cas	1,6	3,0	—	γ Cas
RX	10,3	13,6	14,1	Z Cam
And	3,3	4,4	50	Semi-reg.
ρ Per				
β Per	2,1	3,4	2,867	Algol
∇ W Hy	8,4	14,4	28	U Gem
T Tau	8,4	13,5	—	T Tau
T Cep	5,2	11,3	388	Mira
UW	4,8	5,3	4,393	β Lyrae
UMa				
α Ori	0,4	1,3	2110	Semi-reg.
ζ Gem	3,7	4,2	10,15	
W UMa	7,9	8,3	20,2	δ Cep W UMa
U Mon	6,1	8,1	92,3	RV Tau
Z Cam	10,2	13,4	103	Z Cam
R UMa	6,7	13,4	302	Mira
RV Tau	9,3	13,0	78,7	RV Tau
UX Ori	8,7	12,8	—	T Ori
RX Lep	5,0	7,0	—	Irregular

3.4 Estrellas dobles y múltiples

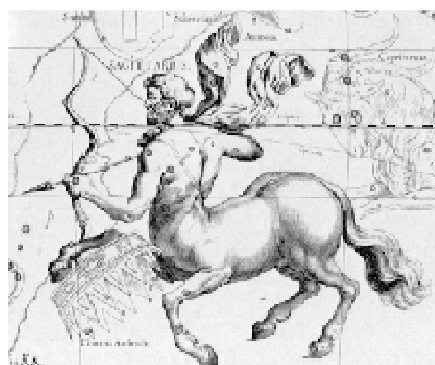
Muchas estrellas como Aldebarán, Antares, Rigel, la estrella Polar, etc... que a simple vista aparecen como un solo punto luminoso, observadas con telescopio resultan formadas por dos o más astros próximos entre sí. A estas estrellas se las llaman dobles si la forman dos, triples si son tres y si son más se llaman, en general, múltiples.

Las estrellas dobles se dividen en:

1) **Dobles ópticas:** cuando están formadas por dos estrellas independientemente situadas a gran distancia una de la otra y que se ven próximas proyectadas en la esfera celeste por el efecto de la perspectiva.

2) **Dobles físicas o binarias:** cuando entre los dos astros existe ligazón física, o sea, cuando giran el uno alrededor del otro según las leyes de Kepler y Newton, constituyendo un sistema binario.

En algunas estrellas dobles, las componentes están tan próximas que aún con los más potentes telescopios aparecen como estrellas simples y se saben que son dobles por el análisis espectral, o bien, por los eclipses que la más oscura de las componentes produce total o parcialmente a la más brillante, apareciendo la estrella como una variable, como por ejemplo la estrella Algol.





Dibujo de Sagitario procedente del atlas de estrellas de Hevelius (1690). La constelación está dibujada en sentido inverso con respecto al que aparece en el firmamento debido a que el autor dibujó la esfera celeste observada desde fuera.

Entre las estrellas triples tenemos a Regulus, entre las múltiples de Lyra.

ESTRELLAS DOBLES			
Nombre de la estrella doble	Magnitud		Separación (")
	A	B	
η Cas	3,7	7,5	12,2
γ Leo	2,6	3,8	4,3
χ Cet	4,8	6,8	136
ν Dra	5,0	5,0	62
μ Boo	4,5	6,2	103
31 Cyg	4,0	7,1	107
α Cap	3,8	4,6	379
α Lib	2,9	5,3	231
$\theta 1-\theta 2$ Ori	4,8	4,8	135

3.5 Las constelaciones

Desde la Tierra las estrellas visibles se proyectan sobre la esfera celeste que fueron agrupadas de forma distinta, según las épocas, por las antiguas civilizaciones. A estas agrupaciones de estrellas de formas variadas se les llaman constelaciones, las cuales se distinguen bien con nombres mitológicos (Orión, Andrómeda, Perseo, etc.) o con nombres de animales u objetos (Osa Mayor, Osa Menor, León, Corona Boreal, etc.) sugeridos por las formas que presentan y las fantasías de los antiguos.

La forma de cada constelación se debe a un efecto de perspectiva, ya que si el observador se colocase en un punto lejano de la Tierra, la constelación aparecería de forma diferente.

Todo el cielo está repartido en áreas que tienen límites y cada área contiene una de las antiguas constelaciones que le da nombre a dicha zona. Una constelación no tiene ningún significado objetivo físico, es simplemente una región del cielo con estrellas enmarcadas en unos límites que siguen siempre meridianos y paralelos celestes.

A partir de 1927 la Unión Astronómica Internacional ha subdividido el cielo, delimitando las zonas asignadas a cada constelación mediante arcos de ascensión recta y declinación.

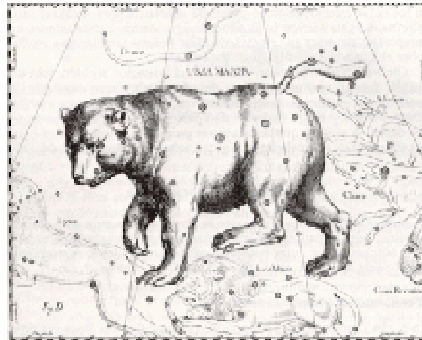
Las constelaciones son en total 88; de estas, 48 constelaciones han llegado hasta nosotros desde la antigüedad (por griegos y árabes) y 40 han sido introducidas en la época moderna (casi todas las nuevas constelaciones se encuentran en el hemisferio austral que eran desconocidas por las antiguas civilizaciones mediterráneas).

ALGUNAS CONSTELACIONES BOREALES	
Águila	Jirafa
Andrómeda	Lince
Casiopea	Ofiuco
Cefeo	Orión
Cisne	Osa Mayor
Cochero	Osa Menor
Corona Berenice	Pegaso
Corona Boreal	Perro Mayor
Delfín	Perro Menor
Dragón	Peseo
Escudo	Serpiente
Flecha	Triángulo
Hércules	Zorra



Las constelaciones varían de posición a lo largo del año, motivo por la cual vemos el cielo de distinta forma. En España son visibles unas 70 constelaciones.

Un asterismo es un conjunto de estrellas que forma parte de una o más constelaciones pero no se trata de una constelación en sí misma.



Ursa Major, una constelación circumpolar del hemisferio boreal.

El asterismo más prominente en el firmamento boreal es el Gran Carro (para los ingleses la forma delineada es la de un gran cucharón) cuyas siete estrellas delinean la forma de un carro. El Gran Carro es un asterismo y no una constelación debido a que constituye sólo una parte de la constelación de la Osa Mayor.

3.6 Las constelaciones circumpolares

Son aquellas constelaciones que forman parte del hemisferio norte, visibles durante todo el año, y que nunca se ocultan ni se ponen. Sin embargo, aquellas constelaciones que tengan declinaciones menores de 50° dejarán de ser circumpolares. Las constelaciones circumpolares, para lugares comprendidos entre los +40° y +50° de latitud del lugar de observación del observador, son las siguientes:

CONSTELACIONES CIRCUMPOLARES	
Osa Mayor	Cefeo
Osa Menor	Casiopea
Dragón	Jirafa

3.7 Las constelaciones de primavera

En primavera, al igual que en otoño, la característica del cielo nocturno se habrá alterado. De nuevo volveremos a mirar hacia el espacio intergaláctico. En esta estación, el cielo está caracterizado por una gran extensión de firmamento muy libre de estrellas que los astrónomos denominan el reino de las galaxias.

Desde Ursa Major hacia el sur pasando por Canes Venatici, Coma Berenices y Virgo se extiende una ventana a través de la cual podemos observar con nuestros telescopios centenares de galaxias situadas a impresionantes distancias. M94, situado en Canes Venatici, es una luminosa espiral que se nos muestra de frente, encontrándose a una distancia de nosotros de 14 millones de años luz (1 año luz es la distancia que la luz recorre en un año, equivalente a 9.460.000.000.000 km., o sea 63240 U.A.). La distancia de la famosa Galaxia Remolino, M51, es de unos 37 millones de años luz. El racimo de galaxias que hay en el cúmulo de Virgo están situadas en una región del Universo desde la cual la luz necesita unos 40 millones de años para alcanzar la Tierra.

Además de las constelaciones circumpolares, podemos ver en la bóveda celeste las siguientes constelaciones de primavera:

CONSTELACIONES DE PRIMAVERA	
Boyero	Crater
Canes Venatici	Dragón
Coma Berenices	Hydra
Corona Boreal	Leo
Corvus	Virgo

3.8 Las constelaciones de verano

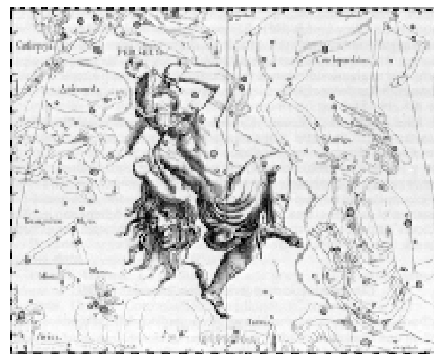
En verano, la posición de la Tierra en su órbita alrededor del Sol es tal que estamos mirando hacia el denso plano de nuestra galaxia, hacia la Vía Láctea, así como hacia el centro galáctico (las impresionantes nubes estelares de Sagitario). Es un campo celeste muy rico en estrellas y objetos de "cielo profundo".

CONSTELACIONES DE VERANO	
Águila	Hércules
Caballito	Lira
Capricornio	Ofiuco
Cisne	Flecha
Delfín	Sagitario
Dragón	Serpiente
Escudo	Zorra

3.9 Las constelaciones de otoño

A mitad de otoño la característica del cielo nocturno también habrá cambiado. Aquellas densas regiones de la Vía Láctea llena de estrellas de primera magnitud que hacían que el cielo de agosto fuera denso y rico ha dado paso hacia un oscuro vacío, ya no estamos directamente hacia el plano de nuestra galaxia, sino que estamos mirando hacia afuera, hacia el inmenso espacio intergaláctico.

Hay un cambio, en vez de la abundancia de nebulosas y cúmulos de verano ahora el cielo nos ofrece numerosas galaxias situadas muy lejos de la nuestra.



En la foto la mitológica constelación de Perseo.

En otoño, el cielo nos muestra las siguientes constelaciones:

CONSTELACIONES DE OTOÑO	
Andrómeda	Cefeo
Acuario	Jirafa
Aries	Pegaso
Ballena	Perseo
Casiopea	Triángulo

3.10 Las constelaciones de invierno

A pesar de que observar el cielo en invierno puede ser a la vez incómodo (debido al frío) y frustrante (debido a la frecuente presencia de las nubes), hay que tener constancia de que el cielo de invierno es realmente espléndido cuando las noches son serenas y despejadas.

En la foto la constelación de Orión.



Al anochecer en invierno, el Gran Carro está en un nivel bajo en el firmamento septentrional. Las constelaciones visibles en otoño ahora aparecerán cada vez más cercanas al Oeste. La Vía Láctea aparece en lo más alto del cielo al atardecer. La constelación siguiente, hacia el sudeste, a lo largo de la Vía Láctea es Auriga, el Cochero, con su estrella brillante Capella. Hacia el sur de esta parte de la Vía Láctea puede percibirse un cúmulo de seis o siete estrellas, las Pléyades o M45 en la constelación de Tauro. Las Pléyades son las Siete Hermanas de la mitología griega, las hijas de Atlas.

El grupo más prominente de estrellas en invierno consiste en tres estrellas brillantes que forman una línea recta y dan lugar al cinturón de Orión. Sobre el hombro de Orión se observa a la rojiza estrella Betelgeuse. La espada de Orión se extiende hacia abajo desde el cinturón, allí se encuentra la Gran Nebulosa de Orión. A los talones de Orión, tenemos a su perro, Canis Major. El cinturón de Orión está orientado directamente hacia Sirio, la estrella más brillante de la bóveda estrellada. Sirio sale al firmamento poco después de Orión. Proción está situada en las proximidades y pertenece a Canis Minor. Proción, Sirio y Betelgeuse forman un triángulo casi equilátero. En Tauro, la estrella rojiza Aldebarán delimita el extremo de un lado de la V. Las Híades forman el contorno de la cara de Tauro; las Pléyades y las Híades son cúmulos abiertos de estrellas. El cielo invernal presenta las siguientes constelaciones:

CONSTELACIONES DE INVIERNO	
Can Mayor	Liebre
Can Menor	Orión
Cochero	Tauro
Gemini	Unicornio

El Sol cada mes se proyecta sobre una de las doce constelaciones zodiacales, así hasta completar el ciclo durante un año. Dichas constelaciones son:

CONSTELACIONES ZODIACALES	
Aries	Libra
Tauro	Escorpio
Gémini	Sagitario
Cancer	Capricornio
Leo	Acuario
Virgo	Piscis

Taurus es una constelación típicamente invernal, además de zodiacal.



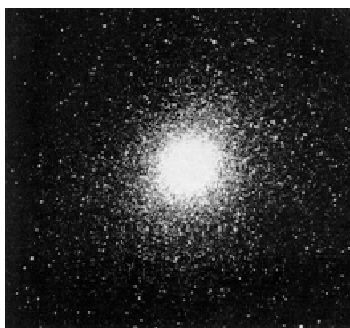
4. Cúmulos, nebulosas y galaxias

4.1 Los cúmulos

También hay estrellas que forman grupos. En el primer peldaño de la escala de cúmulos se encuentran los globulares, son gigantescas agrupaciones de estrellas que tienen unos 15 millones de años de edad, tanto como la Vía Láctea. En el último peldaño están los cúmulos abiertos. A continuación una pequeña introducción sobre estos cuerpos celestes.

4.2 Los cúmulos globulares

Más organizados y compactos que los cúmulos abiertos son los cúmulos globulares. Un cúmulo globular es una bola de estrellas densamente empaquetadas que contiene cientos de miles de estrellas individuales. Los cúmulos globulares de nuestra Galaxia están dispersos a lo largo de un halo esférico que rodea a la Galaxia, y contienen algunas de las estrellas más viejas de la Galaxia. Existen unos 150 cúmulos globulares en nuestra Galaxia. Se han identificado en otras galaxias cúmulos globulares similares distribuidos en halos esféricos, por ejemplo más de 300 en la galaxia Andrómeda M31, y aproximadamente 6.000 en las proximidades de M87. El número de estrellas es tan elevado y las distancias relativas tan mínimas que constituyen grupos ligados gravitacionalmente, en un solo parsec cúbico de espacio puede haber hasta 1.000 estrellas, en los que cada estrella recorre una órbita más o menos elíptica alrededor del centro del conglomerado. La distribución de los cúmulos sugiere que se formaron cuando la Galaxia era joven, hace 15.000-18.000 millones de años, cualquier modelo del big bang debe dar una edad del universo de unos 20.000 millones de años o más. Los cúmulos globulares contienen principalmente estrellas de Población II, muchas de las cuales han evolucionado hasta convertirse en gigantes rojas.



El objeto M5 (NGC 5904) de la imagen es un bello cúmulo globular del hemisferio norte, perteneciente a la constelación de Serpiente. Su localización resulta muy fácil en los meses estivales.

SELECCIÓN DE CÚMULOS GLOBULARES			
Nombre	Constelación	Mg. V.	Dist. (años-luz)
M 3	Perros de Caza	6,0	35.000
M 13	Hércules	5,9	23.000
M 92	Hércules	5,9	26.000
M 15	Pegaso	6,5	34.000
M 22	Sagitario	6,4	10.000
M 5	Serpiente	5,8	26.000

Observados a través de un telescopio pequeño aparecen como pequeñas bolas borrosas, pero con instrumentos de mayor apertura (200 mm. o más de diámetro) convierten a esas bolas en miles de estrellas.

El mejor cúmulo globular del hemisferio norte es M13 en la constelación de Hércules, con una magnitud de 5,8, un diámetro de 14' y situada a 23.000 años luz de distancia, tiene una anchura de 100 años luz. Fácil de encontrar en el trapecio pequeño de Hércules, en la línea que une a las dos estrellas Zeta y Eta.

4.3 Los cúmulos abiertos

Un cúmulo abierto es una agrupación irregular o enjambre de estrellas que a simple vista aparecen como manchas de luz. También se las denomina cúmulo galáctico, al estar situados relativamente próximo a nosotros en el plano de nuestra Galaxia.

Los cúmulos abiertos contienen estrellas jóvenes y calientes de la Población I que se han formado recientemente en el disco de la Galaxia. Cúmulos abiertos dignos de mención son los siguientes, todos son visibles dentro del hemisferio norte:

SELECCIÓN DE CÚMULOS ABIERTOS		
Nombre	Constelación	Mg. V.
M 44	Cáncer	3,1
M 39	Cisne	4,6
M 35	Gémini	5,5
M 6	Scorpio	4,6
M 7	Scorpio	3,3
M 11	Escudo	5,8
Híades	Tauro	0,5
M 45	Tauro	1,2



Las nebulosas que rodean al cúmulo abierto M45, comúnmente denominada las Pléyades, son de reflexión (foto).

4.4 Las nebulosas

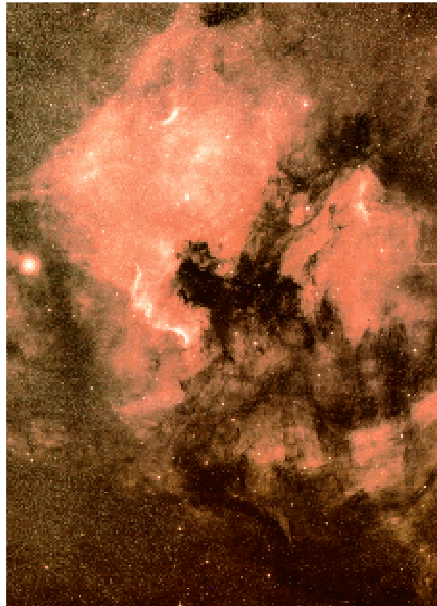
Las nebulosas son nubes de gas y polvo que parecen brumosas a simple vista. Estos objetos celestes son algunos de los objetos más bellos que pueden observarse en el espacio. La palabra nebulosa procede del griego y significa nube. Las nebulosas desempeñan un importante papel, ya que en su interior se forman nuevos astros debido al colapso gravitatorio. Parte del gas se formó al comienzo de la historia del universo. El polvo y los elementos pesados son de origen más reciente, ya que se han formado en estrellas que lo liberaron al medio interestelar al final de sus vidas de forma más o menos violenta (supernovas).

Las nebulosas se dividen en tres tipos básicos:

- 1) Nebulosas de reflexión.
- 2) Nebulosas de emisión.
- 3) Nebulosas oscuras o de absorción.
- 4) Nebulosas planetarias.

1 .Las nebulosas de reflexión: son nubes de polvo cuyos átomos reflejan la luz de una estrella próxima, por lo que aparecen del mismo color que las estrellas cuya luz reflejan, un ejemplo de ello es el de la nebulosa azulada que rodea a las Pléyades. Parecen más azules que la estrella debido a la forma en que la luz estelar es dispersada por las partículas de polvo en la nebulosa (equivale a la dispersión de la luz que hace que el cielo sea azul).

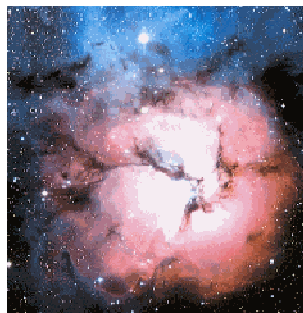
2. Las nebulosas de emisión: brillan porque sus átomos, excitados por la radiación emitida por las estrellas próximas, se convierten en fuentes de radiación. Son nubes de gas que reciben energía irradiada por estrellas cercanas calientes, y se muestran rojas en las fotografías astronómicas debido a la radiación característica del hidrógeno en la región roja del espectro.



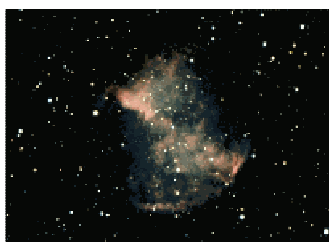
La nebulosa Norteamericana en la constelación del Cisne, constituye un ejemplo de nebulosa de emisión con una nebulosa de absorción que define los límites que percibimos. En la zona equivalente al Golfo de México se observan pocas estrellas debido a la nebulosa de absorción oscura situada en ella.

3. Las nebulosas de absorción: son vastas nubes ricas en polvo que absorben la luz y sólo son ópticamente visibles cuando detrás de ellas hay una fuente luminosa sobre la que puedan destacar. El gran trazo oscuro que parte la Vía Láctea en dos en las constelaciones del Cisne y del Águila también se debe a una nube de polvo oscuro.

4. Nebulosas planetarias: algunas nebulosas representan envolturas de gas desprendidas de estrellas moribundas. El término fue utilizado por Herschell a causa de su aspecto circular y muy delimitado que recuerda al disco de un planeta, de ahí su nombre. Una nebulosa planetaria brilla porque la luz (radiación ultravioleta) procedente de la estrella con la que está asociada es absorbida por los átomos de la nebulosa y reirradiada. Son estrellas viejas que están expulsando material al espacio (enriqueciendo la materia interestelar con elementos pesados) y van camino para convertirse en enanas blancas, es decir, núcleos de estrellas gigantes rojas que han perdido sus capas externas. Una nebulosa planetaria es una transición desde el estado de gigante roja al de enana blanca. Hay catalogadas unas 1.500 nebulosas planetarias.



La nebulosa Trífida, M20, en Sagitario, constituye una nebulosa de emisión, color rojizo, mientras que el color azul es de una nebulosa de reflexión.



4.5 Las galaxias

Una galaxia es un conjunto gigante de millones o billones de estrellas, gas y polvo que se mantienen unidas por la gravedad para formar una galaxia de disco de 30 kiloparsecs (1 kiloparsec = 1000 parsecs y 1 parsecs = 3,2616 años luz) de diámetro y rodeada por un halo de cúmulos globulares visibles. Las galaxias son los objetos celestes más grandiosos. Es una isla de materia en el espacio.



M81 situada en Uma, es una galaxia del tipo Sb semejante a nuestra Galaxia, denominada Vía Láctea.

Las estrellas del disco describen órbitas alrededor del centro de la galaxia. La velocidad de cada estrella en su órbita alrededor del centro depende de su distancia a dicho centro galáctico: las estrellas más alejadas del centro se mueven más lentamente que las estrellas más cercanas al mismo. El Sol se mueve en su órbita a unos 250 km./s, y necesita unos 225 millones de años para describir una órbita alrededor de la Galaxia.

Las partes de una galaxia espiral son:

- 1) Núcleo o protuberancia.
- 2) Disco de acreción.
- 3) Cúmulos globulares.

Del núcleo central de las galaxias espirales salen en dos puntos diametralmente opuestos dos o más brazos espirales que se despliegan girando alrededor del núcleo en forma de espirales.

En el halo y en la región central hay sólo estrellas rojas y viejas (15 millones de años), especialmente en los cúmulos globulares, conocidas como Población II. Las estrellas jóvenes, de Población I, son estrellas típicamente calientes de la secuencia principal y se encuentran en los brazos espirales de las galaxias, donde se desencadena una continua formación estelar, las estrellas de los brazos espirales se están moviendo y desvaneciéndose constantemente a medida que envejecen, pero la estructura espiral no se gasta porque constantemente están naciendo estrellas azules a lo largo de los bordes interiores de los brazos. Las estrellas de Población I se encuentran en los cúmulos abiertos y en los objetos difusos como las nebulosas.

La mayoría de las galaxias son demasiado pálidas y están demasiado alejadas como para ser percibidas a simple vista o con prismáticos, excepto la galaxia Andrómeda M31 que es visible a simple vista como una mancha borrosa, pero es fascinante estudiar sus formas con un telescopio.

Las galaxias tienden a darse en grupos, llamados cúmulos de galaxias unidos por la gravedad. Nuestra Galaxia es un miembro de un cúmulo llamado el Grupo Local, que sólo tiene alrededor de 40 miembros, entre ellas la galaxia Andrómeda, Las Nubes de Magallanes y varias galaxias enanas.

El cúmulo de galaxias más grande y próximo a nosotros es el cúmulo de Virgo, con 2.500 galaxias. Los cúmulos de galaxias se agrupan en supercúmulos, y el Grupo Local es parte del mismo supercúmulo de Virgo.

5. Instrumentos ópticos astronómicos

5.1 Instrumentos ópticos astronómicos - los prismáticos

El siguiente paso sería disponer del primer instrumento, siendo el ideal unos prismáticos o binoculares. Es un placer pasearse, prismático en mano, por la Vía Láctea en una noche veraniega contemplando ante nuestros ojos nebulosas, cúmulos estelares y estrellas no visibles a simple vista.

Si el aficionado dispone de unos prismáticos guardados en casa, será un buen instrumento para empezar.

Los binoculares son baratos, fáciles de usar (permitiendo apuntar y observar con rapidez a los objetos celestes), de transportar y guardar. Estos instrumentos tienen un campo de visión amplio, mostrándonos una zona del firmamento mayor que la de un telescopio, que nos lo limita.

A diferencia de los telescopios, que invierten la imagen, los binoculares siempre nos ofrece la imagen derecha tal como se observa a simple vista gracias a los prismas porro incorporados en su interior.

Los prismáticos nos amplían aquellas zonas que a simple vista se veían pocas estrellas, apareciendo esta vez repletas de ellas, proporcionándonos magníficas vistas.

Una vez que se tenga unos prismáticos hay que disponer de mapas estelares y guías, que con el tiempo se irá adquiriendo habilidad en su uso. Hay algunos fenómenos que se observan mejor con prismáticos que a ojo desnudo.



Los prismáticos son unos instrumentos ideales para empezar en astronomía, mucho antes de comprarse un telescopio se ha de usar este instrumento óptico durante algún tiempo.

Para empezar nos permite distinguir algunos cráteres y cadenas montañosas de la Luna, los constantes cambios de los satélites galileanos, y todos los planetas excepto Plutón, así como los asteroides más brillantes como Vesta, Pallas, etc... Algunas nebulosas como M42 o Gran Nebulosa de Orión, y ciertas galaxias como M31 denominada Galaxia Andrómeda.

Se pueden identificar muchas estrellas dobles y estudiar la variación de luz de las estrellas variables. Pero se convierten en magníficos instrumentos para la contemplación y observación de cúmulos abiertos.

También son imprescindibles para la observación de cometas grandes y brillantes con extensas colas. Incluso se observan mejor los eclipses de Luna con unos prismáticos que a simple vista.

Cuanto más grande sean los objetivos de los prismáticos, más luz recogerán y mejor veremos los objetos débiles. Los aumentos elevados hacen danzar las estrellas y demás cuerpos celestes si no se dispone de un trípode, ofreciéndonos además un campo menor de visión, resumiendo:

- 1) A mayor aumento < campo de visión
- 2) A menor aumento > campo de visión

Para uso astronómico se recomienda unos prismáticos 7x50 o bien 10x50 que incorporen unos prismas de porro, en el primer ejemplo, 7 es el número de aumentos que proporcionan los prismáticos y 50 hace referencia al diámetro del objetivo en milímetros. Los aumentos no han de superar, una vez más, los 10 aumentos, ya que como los prismáticos pesan, nos cansamos enseguida haciéndonos bailar los objetos celestes, para estos casos se recomienda que los prismáticos vaya acoplado a un trípode.

Evitar los prismáticos baratos, y decidirse por la compra de uno de calidad pero comprobarlo antes, las lentes han de estar recubiertas por una capa antireflectante ("Coating").

5.2 Instrumentos ópticos astronómicos - El telescopio

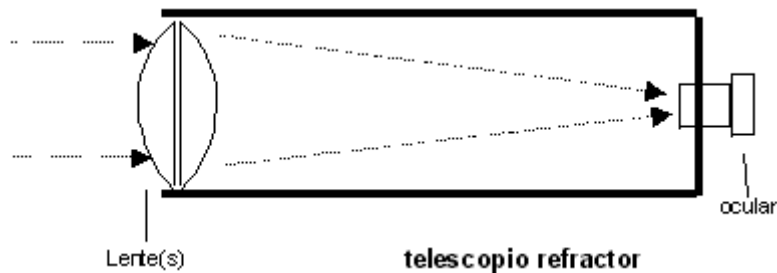
Abundante lectura, consejos y lecciones teórico prácticas sobre los distintos modelos y monturas de los TELESCOPIOS para aficionados, recorren las redes de Internet.

Todas las Asociaciones de astrónomos amateurs del Planeta, han publicado hasta la saciedad, el desarrollo de los telescopios, las distintas monturas que les acompañan, los distintos métodos para sus puestas en estación (posicionamiento del telescopio al Polo celeste), y como sacarles el mejor aprovechamiento.

Desde las Asociaciones Astronómicas se han realizado estudios de la totalidad de los telescopios que han aparecido en el mercado especializado, investigación de los instrumentos que han dado los mejores resultados con la práctica observacional.

En revistas especializadas aparecen casi todos los meses, artículos en los que se desmenuza técnicamente los distintos instrumentos que salen al mercado y su comportamiento práctico (SKY & Telescope, Astronomy , Internet y en revistas periódicas de las Asociaciones).

En esta entrega, voy a salirme de lo que realmente por naturaleza se entiende la Iniciación a la Astronomía y vamos a dar un repaso a los mínimos elementos técnicos que deben acompañar al TELESCOPIO para que la trilogía PRECIO - CALIDAD - RESULTADOS, sean una realidad en manos de los aficionados que se inician en la comprensión y práctica de la Astronomía. Deseo dejar claros los conceptos de los mecanismos que acompañan la óptica y montura del telescopio en su buen funcionamiento, básicamente, en los modelos más utilizados por los aficionados.



Hay que entender que los espejos aluminizados y lentes de los que se dotan los distintos modelos, si son de buena calidad por su fabricación y calibrado, su valor en el mercado es elevado. No se puede pretender adquirir una óptica excelente a un precio módico. Lo mismo ocurre con las monturas que soportan el telescopio, el mecanismo de la cruz de ejes, así como los motores de seguimiento y la estabilidad del conjunto, a mayor calidad y acabado el precio del instrumento se dispara. No tiene sentido, instalar un tubo óptico de media-alta calidad en una montura inestable con una mecánica simple, por muy ecuatorial que sea.

Muchos fabricantes intentan abaratar un instrumento, para que este al alcance de todos los bolsillos. El resultado de ésta práctica, es el siguiente: infinidad de aficionados en su inicio de la práctica astronómica, tienen en sus manos, telescopios muy limitados en capacidad, para realizar observaciones de calidad media. Dichos aparatos están plagados de holguras mecánicas, defectos de montaje, monturas inestables, lentes, espejos y accesorios de baja calidad. Ante la compra realizada, los aficionados, con todo su ardor digno de mención, comienzan a rectificar los fallos que se producen en el movimiento de ambos ejes, intentando mejorar si cabe la estabilidad de la montura, posicionamiento de los motores y mejora del control de regulación.

En la mayoría de los casos, encuentran, que el conjunto de la estructura, no da para milagros. Llega la decepción y a continuación abandonan esta afición tan maravillosa. ¡Es hora de romper esta dinámica!

Desde estas líneas recomendamos que, si no se dispone del capital necesario para la compra de un telescopio como mínimo de media calidad, se desista de adquirir instrumental de baja calidad. Es más práctico disponer de un buen trípode y unos prismáticos excelentes que se pueden adquirir por unas 70.000 ptas., que comprar un telescopio ecuatorial por la misma cantidad. Es obvio que un telescopio ecuatorial a ese precio es de gama baja y todos los que conozco de esas características dan muchos problemas, salvo rara excepción. El equipo alternativo de trípode y binoculares da mejores resultados y satisfacciones que el telescopio de baja calidad. Consultar en las Asociaciones de aficionados se hace imprescindible, porque estas os asesorarán en la compra de los instrumentos, con cariño y afición, con una elevada profesionalidad que les ha dado la experiencia y sin ánimo de lucro.

Todos los telescopios de aficionados constan de dos partes fundamentales: la óptica entubada y la montura que lo soporta.

La óptica de los telescopios reflectores, refractores y catadióptricos, están encerradas en unos armazones normalmente fabricados con material aislante o metalizados especiales, de alta resistencia mecánica y de baja densidad proporcionando a la estructura entubada, rigidez y poco peso. Esta fabricación eleva los precios del producto acabado pero, da seguridad y calidad.





5.3 El telescopio - las lentes

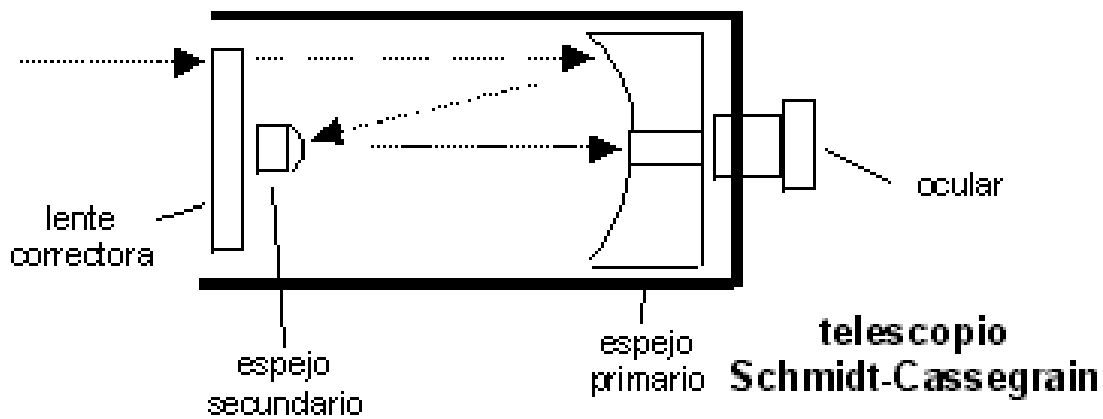
Las lentes en los refractores, los espejos en los reflectores y la combinación de ambos elementos en los catadióptricos, la calidad del vidrio utilizado y el pulido de sus caras implican un trabajo muy profesionalizado. Al límite que llegan en la fabricación y calibración de los espejos y lentes repercute en su precio. Pulir las cuatro caras del doblete acromático de un refractor y parabolizar el espejo de un reflector, su precio está directamente relacionado con el límite de calidad alcanzado.

Hablar de estos límites en este capítulo, excede las pretensiones del que hacía referencia al principio, pero si quiero dejar claro que, las lentes en los refractores con un bajísimo cromatismo residual, son de elevado precio. Los espejos de los reflectores, en su acabado final, con una longitud de onda emergente de $\lambda = 1/10$, son de calidad media y el coste es alto.

Hay espejos parabolizados con una onda emergente de $\lambda = 1/4$ que dan buenos resultados si su $n^\circ F$ es superior a $8 = (d/f)$ ($d =$ diámetro del espejo o lente en mm. y $f =$ distancia focal en mm.), estos buenos resultados también dependerán de la estabilidad de la atmósfera en el lugar que se observa.

Este dato de onda emergente lo da normalmente el fabricante que los distribuidores lo hacen llegar a los compradores-usuarios. Se dan muchos casos de compra de espejos con una determinada onda emergente, que sometidos a nuevas calibraciones, están muy lejos de alcanzar los parámetros mencionados en el parte de fabricación. Así que estad atentos a la calidad del calibrado de fabricación.

El mismo tratamiento que en los límites está, lo que se entiende por onda emergente de los espejos parabolizados, no es tema de esta entrega. Los telescopios catadióptricos tales como los tipos de Cassegrain/Maksutov van provistos de unas láminas correctoras de alta precisión y anclaje acompañados generalmente de unas monturas estables y sólidas, siendo los más caros del mercado. Estos tipos de telescopios son una opción ideal, en contra partida, hay que reseñar, que no está al alcance de todos los bolsillos.



5.4 El telescopio - El tubo óptico y los portaoculares

El tubo óptico en general está compuesto de la óptica (lentes o espejos) y el portaocular. En los refractores, las lentes, están soportadas en la boca del tubo sobre la base de un casquillo, normalmente metálico que le da rigidez y firmeza, y en los reflectores, el espejo primario lo soporta una pieza metálica llamada barrilete, que permite su centrado y alineación del eje óptico por medio de unos tornillos fijados en su base. Si estas piezas que soportan las ópticas son de plástico vulgar, hay que sospechar que son de baja calidad y por tanto hay que rechazarlos.

Los portaoculares en ambos sistemas deben ser metálicos, sólo estos, permiten el enfoque fino y sin holguras. Una característica típica de una óptica de baja calidad, es la inclusión por el fabricante en el tubo óptico, de un portaocular al que sólo se le puede intercalar oculares de 1" (25 mm.).

Esto implica al usuario observar el cielo con oculares de focales superiores a los 20 mm., Porque, los de corta focal (mayores aumentos), la visión a través de ellos es incomodísima, debido a la pequeña pupila de salida, inherente a su propia construcción. Los portaoculares adecuados son aquellos, en los que se puede intercalar oculares de 1 1/4" (31,7 mm.), con los de 2" (50,8 mm.) proporcionando, imágenes más planas y mayor campo. Prácticamente existen pocos instrumentos en el mercado con portaoculares de 25 mm., pero en algunos comercios los tienen todavía a la venta. Se deben rechazar.

El espejo secundario de los reflectores va fijado al tubo por una pieza que se llama la araña, también de fabricación metálica que posibilita el centrado y ajuste con el espejo primario del eje óptico. Debe disponer en el cuerpo en que está fijado el espejo secundario, de al menos tres tornillos de ajuste que permitan bascular el secundario en todas las direcciones. Se debe rechazar el telescopio en el que el espejo secundario no se pueda regular.

5.5 El telescopio - La montura

La óptica del telescopio se apoya en la montura, y en la observación astronómica la montura ecuatorial es la que posibilita el seguimiento de los astros, contrarrestando la rotación terrestre.

Montura de horquilla



La montura del telescopio está directamente relacionada con el sistema óptico que debe soportar. Sus ejes, el de A.R (ascensión recta o eje horario) y el D (declinación del astro), se construyen específicamente en función del peso que deben soportar. A mayores diámetros de las lentes o espejos, mayores diámetros de los ejes, que permitan rotar con suavidad y regularidad.

De una misma marca comercial existen monturas con nominación, que recorren toda la gama de calidades. Desde las inestables hasta las de altas prestaciones, permitiendo acoplar distintos accesorios como, CCDs, cámaras fotográficas, buscadores y adaptadores para el seguimiento y búsqueda automática de objetos estelares. Cabe decir, que el precio individual de estas monturas, supera las 80.000 ptas., en contrapartida la calidad y precisión.

A mi entender, por experiencia, realizar una inversión en la montura de precisión es la opción a seguir. Nos evitará muchísimos quebraderos de cabeza y dispondremos de más tiempo para la observación, sin preocuparnos del seguimiento, después de una correcta puesta en estación.

Las monturas ecuatoriales más comunes que se encuentran en el mercado estatal son básicamente de dos tipos: la montura alemana y la montura de horquilla.

Las monturas de horquilla son llamadas así porque recuerdan la horquilla en forma de lira, en cuyos extremos libres se sitúa el tubo óptico. Este conjunto es soportado por un sólido trípode que da elevada estabilidad a todo el equipo. Son utilizadas estas monturas con los sistemas ópticos Cassegrain/Maksutov. Estos tipos de telescopios en su conjunto, tanto la óptica como las monturas recorren la gama desde media a alta calidad y por lo tanto, su precio es elevado, pero el rendimiento que se les puede sacar también es elevado.



Montura alemana

5.6 Otras monturas

La montura alemana.- Es la más asequible, sus precios en el mercado actual están por debajo de las monturas de horquilla. Por otro lado, a este tipo de montura se adaptan la gran mayoría de los telescopios reflectores (espejo parabólico) y refractores (lentes), permitiendo combinar los tipos con la misma montura. La montura alemana en vez de utilizar el trípode como soporte total del tubo óptico y el bloque de la cruz de ejes, utiliza como soporte normalmente una columna tubular, de cuya base salen tres pies dando a toda la estructura estabilidad. Se hace preciso que esta columna tubular sea metálica con un peso superior al tubo óptico y corta de altura para acercar el centro de gravedad de toda la estructura lo más posible al suelo donde descansa para la observación. A su vez, ésta columna permite ser retirada en caso de que se quiera dejar fijo el telescopio y montar el bloque de la cruz de ejes con la óptica sobre una columna prefabricada (observatorio fijo).

La montura ecuatorial.- Esta montura va soportada por medio de un trípode plantea a los telescopios superiores en diámetro a los 150 mm., algunos problemas de transmisión de vibraciones. Sus fabricantes, a pesar de ser extensibles les construyen altos en su mínima extensión, y una pequeña brisa o un golpecito sin intención tardan más de 10 ó 12 segundos en estabilizar la imagen, muy perjudicial en largas exposiciones fotográficas. De ahí que muchos aficionados tratan de dar estabilidad a base de montar un peso adicional en su centro de gravedad o bien enlazando las tres patas del trípode con una estructura metálica; y si uno es manitas es posible que de resultado, pero no todos los aficionados lo son. Sólo los trípodes de media y alta calidad por su solidez dan estabilidad al conjunto y claro, su precio también.

Lo mismo ocurre con los accesorios (oculares, barlows, buscadores, motores de seguimiento, reguladores de velocidad, adaptadores para la fotografía astronómica, etc.). Toda esta variedad de elementos utilizados en la observación astronómica, conlleva un desembolso económico elevado, obligando al usuario a seleccionar los más importantes y necesarios para un trabajo de observación medianamente serio. Todos los telescopios de la gama media-alta son acompañados de los mínimos accesorios, siendo de buena calidad. Los de gama baja no son de fiar por regla general, son válidos para observaciones sin ningún valor astronómico y dejan mucho que desear. Como estos elementos se pueden adquirir individualmente nos da opción a escoger aquellos que necesitamos eligiendo los de calidad. El asesoramiento de los astrónomos aficionados con experiencia son los que mejor conocen las características y la calidad de los accesorios que nuestro flamante nuevo telescopio necesita, consúltalos. La compra de un telescopio de baja calidad, obliga al usuario, a realizar reformas mecánicas y a veces electrónicas, que en la mayoría de las veces, no da los resultados de mejora del equipo. En esta situación he conocido aficionados abandonar sus ilusiones en el conocimiento y diversión de la Astronomía. Otros, más fuertes de voluntad y asesorados utilizan sólo la óptica como simples buscadores de los objetos estelares, como apoyo de un equipo superior en diámetro del objetivo principal y una montura sólida. Esta es la única salida, para un telescopio de baja calidad.

5.7 Tipos de telescopios

Todos los telescopios tienen una misma función pero su funcionamiento no es el mismo. Todos ellos tienen un objetivo, su misión es captar la luz de los cuerpos celestes. Cuanto más débil sea la luminosidad del objeto a observar, mayor diámetro o abertura deberá tener el objetivo del telescopio. El objetivo puede estar formado por lentes (telescopios refractores), espejos (telescopios reflectores), o ambas configuraciones a la vez (telescopios Schmidt y Schmidt-Cassegrain). El tipo de configuración óptica (el tipo de objetivo) es el que da nombre al telescopio:

I) Los telescopios refractores o anteojos están formados por una lente objetivo (doblete acromático, e incluso una combinación de tres lentes como los sistemas apocromáticos que mejoran más las imágenes) colocado en un extremo del tubo y un ocular intercambiable, en el extremo opuesto, que actúa como lente de aumento.

II) Dentro de los telescopios reflectores destacan dos sistemas:

- a) el más común de todos es el reflector tipo Newton, ideado por Isaac Newton. En el interior del tubo tiene un espejo cóncavo que recoge la luz y la dirige hacia el extremo del tubo, donde otro espejo secundario, pequeño y plano, la intercepta y la envía al ocular.
- b) el otro sistema es el Cassegrain, ideado por G. Cassegrain en el siglo XVII. En este caso el objetivo principal es un espejo parabólico y en su centro hay un orificio. Al converger al foco se encuentra con un espejo secundario divergente que posee una curvatura hiperbólica y convergen en un mismo punto situado detrás del espejo principal.



Telescopio reflector Great Polaris, con un objetivo de 200 mm. de diámetro y 800 mm. de distancia focal, siendo su relación focal $f/4$, convirtiéndose en un instrumento ideal para la observación de objetos extremadamente débiles.

Continuamos explicando los tipos de telescopios que podemos encontrar en el mercado.

III) En cuanto a los telescopios que utilizan ambas configuraciones ópticas, denominados telescopios catadiópticos, tanto de espejos como de lentes, es decir combinan las ventajas de la refracción y de la reflexión tenemos:

a) Cámara Schmidt ideada por Bernard Schmidt. Esta cámara es ideal para la realización de astrofotografía e imposible de utilizar en observación directa ya que el foco queda dentro del tubo del instrumento, colocándose en ese lugar los negativos de fotografía a la hora de realizar las tomas.



Uno de los modelos más sencillos de los Schmidt-Cassegrain, es el telescopio de 203 mm. de diámetro y 2.032 mm. de distancia focal, siendo su relación focal $f/10$. Va equipado con montura Great Polaris.

b) Otro instrumento muy compacto es el telescopio Schmidt-Cassegrain, de focal muy larga. Debido a la dificultad para fabricar la lámina correctora Schmidt, dichos instrumentos tienen un elevado coste, pero aún así son muy populares entre los astrónomos aficionados.

c) otro tipo de telescopio es el Maksutov, su diseño es debido a la dificultad que entraña la realización de la lámina Schmidt, siendo sustituida por una lente con forma de menisco divergente. El funcionamiento es el mismo que el Schmidt-Cassegrain.

5.8 Consejos a tener en cuenta

En esta unidad didáctica veremos una serie de consejos a tener en cuenta a la hora de adquirir un telescopio.

- 1) Un telescopio es mejor cuanto mayor sea su abertura o diámetro, mayor será la luz captada procedente de los objetos celestes débiles. Mucha gente cree que la calidad de un telescopio viene por el número de aumentos que el telescopio nos puede ofrecer, eso es falso.
- 2) Todo telescopio tiene un límite de potencia, se calcula multiplicando por dos el diámetro del objetivo (en milímetros).
- 3) Los aumentos que proporciona un telescopio se obtiene dividiendo la distancia focal del objetivo por la distancia focal del ocular, en milímetros.
- 4) Cada telescopio tienen una relación focal diferente y fija según sus características como la distancia focal y el diámetro del objetivo. Se obtiene dividiendo la distancia focal del objetivo por su abertura y se expresa por $f/$ seguido de un n° , que va desde el 2 hasta el 15. La relación focal define la luminosidad del telescopio. Los telescopios muy luminosos, $f/4$, son adecuados para astros débiles de cielo profundo, mientras que los luminosos $f/12$ o bien $f/15$ son potentes e idóneos para astros brillantes del Sistema Solar. Los intermedios, $f/7$ valen para todo tanto para astros débiles como brillantes.
- 5) Otro factor importante es el poder de resolución del instrumento, a mayor diámetro del objetivo mayor separación de dos puntos próximos.

Lo ideal para el debutante son los telescopios refractores de 60 cm de diámetro con montura acimutal. Posteriormente, si sigue la afición, es cambiarse a otro mayor, desde los 160 a 250 mm. de diámetro, equipado con montura ecuatorial y motorizado, principalmente el eje de A.R. (ascensión recta). El aficionado puede construirse por sí mismo un telescopio newtoniano adquiriendo las piezas ópticas en el mercado. Para el principiante es muy importante que busque a otros aficionados e intentar localizar la agrupación astronómica más próxima, ya que compartirá con otras personas las mismas inquietudes e intereses comunes, y lo que es más importante realizar las actividades astronómicas con calma. Con el tiempo tendrá la oportunidad de conocer a mucha gente y de hacer nuevos amigos.

5.9 Las monturas de los telescopios

Todo telescopio debe ir provisto de un mecanismo que permita articular el tubo para dirigirlo a cualquier punto de la bóveda celeste. Por montura se entiende la parte mecánica del telescopio cuya función consiste en permitir la orientación y posterior seguimiento del objeto observado.

Puesto que la Tierra gira sobre sí misma en el espacio, la montura tiene la función de permitirnos compensar este movimiento de rotación, para conseguir que el objeto celeste observado permanezca en el campo visual del telescopio.

La elección de una montura tiene gran importancia, ya que resultará vital para una buena observación. De ella dependerá el nivel de vibraciones, su rigidez o estabilidad para que una vez localizado el astro no se mueva por sí solo o se vea afectado por el viento, principal enemigo de los instrumentos poco estables, las posibilidades de realizar astrofotografía, y en resumen sacar las mayores posibilidades en el rendimiento de nuestro telescopio.

Según el principio de su funcionamiento, las monturas pueden ser:

1. Acimutales
2. Ecuatoriales: montura alemana, montura de horquilla, montura inglesa simple, montura inglesa acuñada.

Aunque sólo hablaremos de las acimutales y de las monturas alemanas, ya que son las más usuales. Cada una de ellas posee unas características distintas.

Monturas acimutales.- Son las monturas más sencillas. En ellas el telescopio posee dos ejes de giro:

1. Eje vertical: nos indica la altura del objeto.
2. Eje horizontal: nos señala el azimut.

Estas monturas presentan el inconveniente de que deben accionarse simultáneamente los dos ejes a mano alzada o mediante mandos de movimientos lentos para seguir a un astro, dado que la bóveda celeste no gira horizontalmente, sino de forma oblicua (excepto para los habitantes del ecuador y los polos).

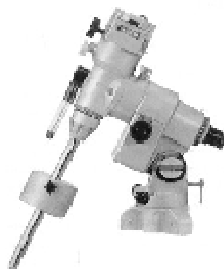
Mediante estos dos ejes es posible localizar y mantener el objeto observado en el campo visual, pero el constante desplazamiento de la imagen llega a ser molesto e incluso impedir fijar detenidamente la atención a los pequeños detalles. Generalmente el uso de estas monturas, a la larga, es incómoda.

En tales monturas la realización de la astrofotografía es imposible porque la imagen del astro no está fija en el campo visual del telescopio.

Normalmente las monturas acimutales suelen equipar a instrumentos de tipo refractor, también tiene este tipo de montura los denominados telescopios Dobson.

5.10 Las monturas ecuatoriales

La principal ventaja de las monturas ecuatoriales es su capacidad de compensar el movimiento de rotación terrestre, consiguiendo que los objetos observados permanezcan en el campo visual del telescopio, permitiéndonos fijarnos más atentamente en los pequeños detalles de los astros observados. El principio de su funcionamiento no es complicado:



La típica montura ecuatorial alemana, la más usada por los astrónomos aficionados, con sus dos ejes principales.

- 1) El eje de giro principal recibe el nombre de eje de ascensión recta (α), eje horario o eje polar. Este debe ser colocado en paralelo con el eje de giro de la Tierra y, posteriormente, orientado hacia la estrella Polar.

Haciendo girar el telescopio sobre este eje y a una velocidad constante que compense el movimiento de rotación terrestre, se consigue accionando con la mano los mandos de movimientos lentos o mediante un motor de seguimiento, mantendremos el objeto en el campo visual constantemente. La otra particularidad es la posibilidad de localizar objetos celestes a partir de sus coordenadas astronómicas, ya que las mismas poseen círculos graduados para esta función. Los sistemas ecuatoriales son imprescindibles para realizar astrofotografía, ya que se necesitan tiempos de exposiciones generalmente largos y, al mismo tiempo, un seguimiento sumamente preciso.

Ya hemos visto que la ascensión recta es el eje principal, pero dispone de otros tres ejes más:

- 2) El eje de declinación (d) gira en un plano vertical al del eje de ascensión recta. Este movimiento es el que permite el ajuste vertical y sigue las líneas verticales dibujadas en los mapas celestes. Permite que el telescopio se mueva hacia arriba o hacia abajo en el cielo y permite localizar cualquier estrella hacia el norte o el sur.
- 3) El eje de acimut, o movimiento horizontal de la base, permite que el telescopio pueda girarse 360°. Este movimiento en acimut se usa para colocar el telescopio en dirección a la estrella Polar.
- 4) El eje de altitud permite el movimiento vertical del telescopio para situarlo desde la horizontal hasta 90°. Este ajuste se utiliza para alinear la montura sobre el polo celeste; el ángulo formado por la montura y el polo celeste es igual a su latitud del lugar de observación.

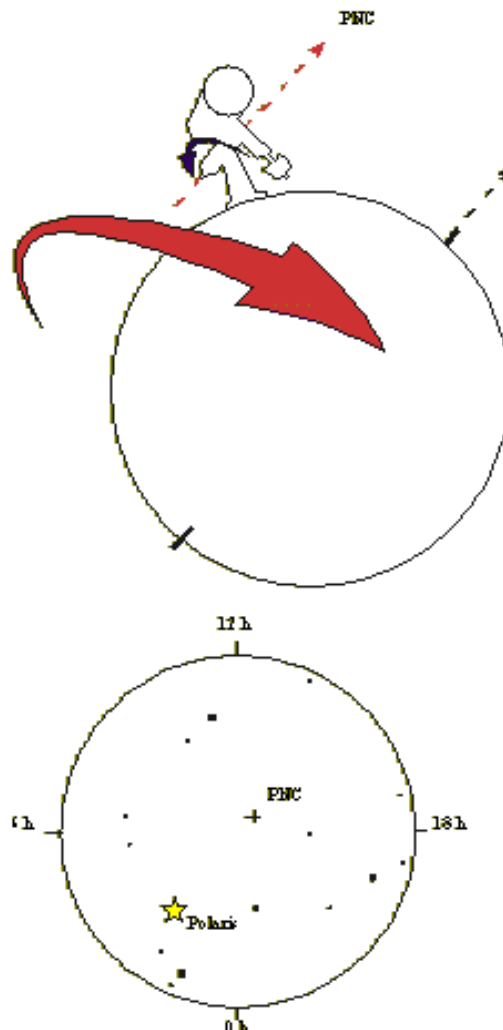
5.11 Círculos graduados

Si el telescopio viene equipado con círculos graduados, sus esfuerzos por alinear el eje polar le permitirán utilizar estos círculos como ayuda para localizar los objetos celestes. Antes de usar los círculos graduados hay que ajustar la montura del telescopio hasta que el eje polar sea paralelo al eje de la Tierra.

La utilización del círculo de declinación (d) es sencilla y directa de usar. Sus graduaciones, en grados y minutos de arco, representan las distancias por encima o por debajo del ecuador celeste tal como indican los paralelos de declinación de cualquier carta estelar.

Si se desea visualizar a la estrella Sirius, cuya declinación en las cartas es de $-16^{\circ} 43'$ el telescopio debe girarse sobre el eje de declinación hasta que éste señale los $-16^{\circ} 43'$.

La otra coordenada precisa para localizar la estrella es la ascensión recta (a). No es posible realizar una lectura directa sobre este círculo, ya que la ascensión recta es una coordenada que depende del tiempo. La ascensión recta de un objeto celeste puede referirse a su ángulo horario, ya que es el desplazamiento del objeto hacia el este, en horas y minutos de movimiento diurno, desde un origen que se ha situado en la constelación de Piscis: el punto se designa por 00h 00m, es el Punto Aries.





La forma más sencilla de utilizar el círculo de ascensión recta del telescopio es enfocararlo hacia una estrella brillante en a conocida, situar el mismo hacia esa estrella y mover el círculo hasta que indique su ascensión recta. Para localizar cualquier estrella débil, nebulosa o galaxia en a bastará con mover el telescopio hasta que la ascensión recta del objeto sea señalada por el indicador del círculo graduado de a. Un consejo: no dejar transcurrir mucho tiempo entre el ajuste del círculo y el subsiguiente reajuste del telescopio hasta la posición deseada, debido a que cada minuto que esperamos el círculo acumula un cuarto de grado de error. En un telescopio sin motor, tendrá que volver a poner el círculo en otra estrella brillante de referencia antes de comenzar una nueva búsqueda de un objeto débil.

Si el telescopio es controlado por un motor, el círculo de ascensión recta permanecerá correcto y directamente utilizable a lo largo de toda la sesión de observación.

5.12 La alineación del telescopio

Polaris, la estrella Polar, que indica el norte, está por lo general a unas 9 décimas de grado del Polo Norte Celeste (PNC). Es hacia ese punto donde debe señalar el eje de ascensión recta de un telescopio, en el hemisferio norte, a fin de asegurarnos un preciso seguimiento con un mínimo de error en declinación. Un telescopio perfectamente alineado constituye una gran ayuda en astrofotografía. Hay métodos para conseguir un ajuste preciso en dirección a la Polar, denominado también puesta en estación del telescopio. Uno de ellos es el siguiente:

- 1) Nivelar la montura del telescopio.
- 2) Comprobar el ángulo formado entre el eje de ascensión recta con la horizontal se corresponde con la latitud del lugar de observación.
- 3) Alinear aproximadamente, a simple vista, el eje polar o A.R. con el Polo Norte Celeste (PNC).
- 4) Alinear el buscador con el telescopio. Comprobar el paralelismo entre el eje del tubo y el eje del buscador.
- 5) Centrar la Polar en el campo del buscador ajustando los movimientos en altitud y acimut.
- 6) Enfocar una estrella próxima al ecuador celeste con el máximo aumento. Conectar el motor. Fijarse en qué dirección se desplaza la estrella dentro del ocular. Si se desplaza hacia el norte el eje polar apunta hacia el oeste del polo; si va hacia el sur apunta hacia el este. Ajustar el telescopio utilizando sólo el movimiento en acimut y repetir el proceso hasta que no se observe ninguna desviación.
- 7) Enfocar una estrella cercana al ecuador celeste y también hacia el horizonte este. Si la estrella deriva hacia el norte el eje polar está por encima del polo y lo hace hacia el sur es que el eje está por debajo del polo. Corregir actuando sólo el movimiento de altitud.

5.13 Los oculares

Este accesorio también ha de ser fundamentalmente de muy buena calidad. Se usa con el telescopio para obtener más aumento. La variedad en oculares es amplia y extensa.

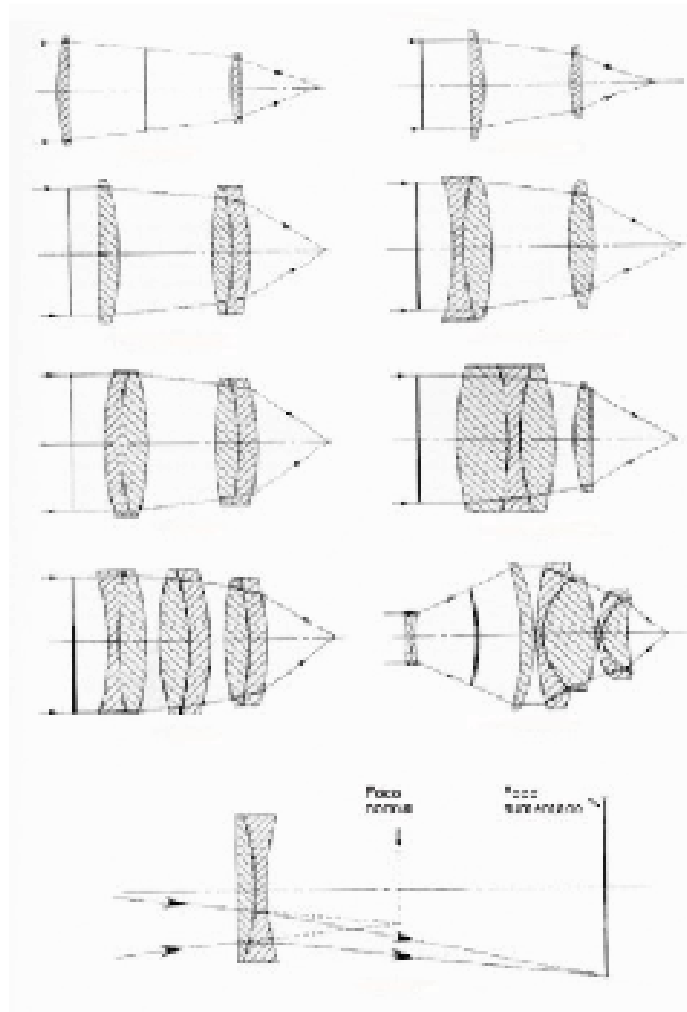
Generalmente se suministran a la hora de adquirir un telescopio un sólo ocular, cuando normalmente precisamos más, a lo sumo tres oculares, uno de bajo aumento (de 35 a 50 aumentos), otro de aumento medio (de 80x a 120x) y por último, uno más de aumento alto (de 150x a 200x).

El aumento bajo visto desde un telescopio ofrecerá campos más amplios para localizar objetos débiles de cielo profundo, vistas panorámicas, etc; el aumento medio nos sirve para cúmulos abiertos y globulares, estrellas dobles, mientras que el alto nos va para planetas, estrellas dobles.

Los aumentos superiores ya no nos ofrecerán una mayor utilidad debido a que las imágenes se vuelven borrosas y poco nítidas. Se ha de evitar, en la medida de lo posible, los oculares con zoom, debido a su mala calidad.

Los oculares se venden por su distancia focal, no por su potencia o aumentos. Una vez más, no dejarse engañar por aquellos comerciantes que anuncian grandes aumentos para telescopios pequeños. Lo importante no es el mayor aumento, sino lo contrario.

El ocular lleva marcado la distancia focal del objetivo del ocular propiamente dicho expresado en milímetros. Así pues cuanto más pequeño es la distancia focal del ocular mayor es el aumento que nos proporcionará a la hora de observar los objetos celestes.



(en el mismo orden explicados)

5.14 Explicación de los oculares

A continuación le explicamos cada uno de los tipos de oculares.

Huygens: Ocular compuesto de dos lentes, de mala calidad. Común entre los telescopios de principiantes de bajo precio. El campo aparente tiene un rango de 25° a 40°. Trabaja satisfactoriamente en telescopios.

Ramsden: Ocular compuesto de dos lentes, de mala calidad, pero superior al Huygens. El campo aparente tiene un rango de 30° a 40°. Trabaja satisfactoriamente en telescopios.

Kellner tipo I: Consisten en lentes acromáticas simples. Es una lente plano-convexa. El campo aparente es de 35° a 50°. Este ocular provee una mejor corrección al color.

Kellner tipo II: Consisten en lentes acromáticas simples. Es una lente doble plano-convexa. Mismas características que el tipo I.

Kellner tipo III o Plössl: Ocular consistente en dos acromáticos con un diseño similar a los Kellners. Se estima que es uno de los oculares más finos. El campo aparente es de 35° a 50°.

Ortoscópicos: Es uno de los oculares más estimados. Consiste en un triplete. Tienen un campo aparente que cae entre 30° a 50°.

Erfle: Este ocular tiene un gran campo aparente, de 50° hasta 70°, comúnmente 65°. Tiene tres acromáticos y tiene una buena definición central, pero las aberraciones son obvias en los bordes.

Nagler: Ocular con siete elementos y con un asombroso campo aparente de 82°. Se ha diseñado para ser usado con los telescopios Newtonianos, aunque trabaja bien con relaciones focales más altas. Es un ocular muy caro, cuatro o cinco veces más que un ortoscópico, Erfle.

Barlow: Una Barlow es una lente negativa que alarga el plano de la imagen en un telescopio. No es un ocular sino un accesorio del ocular. Las lentes Barlow son generalmente usadas para incrementar la longitud focal efectiva del telescopio dos o tres veces.



5.15 Los aumentos del objetivo

Los aumentos dependen sobre todo de la distancia focal del objetivo del telescopio, así como de la distancia focal del mismo ocular. Por ejemplo, dos telescopios de distinta distancia focal, uno de 1200 mm y el otro de 1500 mm pero con un mismo ocular de 12 mm de distancia focal, no nos proporcionarán el mismo aumento ya que el primero nos ofrecerá 100x (x equivale a aumentos) y el segundo 125x, deducido de la siguiente fórmula:

Aumento = D. F. Objetivo/D.F. Ocular
siendo D.F. La distancia focal.

$$1200/12 = 100x$$

$$1500/12 = 125x$$

Los oculares que hay en el mercado se diferencian en el diámetro de su casquillo, así pues hay tres tipos de medidas:

- 1) 24,5 mm ó 0,9" (pulgadas, una pulgada equivale a 25,4 mm). Suelen ser oculares de importación japonesa.
- 2) 38 mm ó 1 1/4". Superior en cuanto a precio con respecto al primero por su calidad.
- 3) 50,8 mm ó 2". Estos últimos son más caros que los dos anteriores porque se tratan de oculares gran angulares, que sólo se usan en algunos telescopios del mercado. Los oculares se han de resguardar del polvo y de la suciedad. Se limpian, lo menos posible, se quita el polvo con una perilla, después con un algodón ligeramente empapado en un líquido limpiador y se pasa por un algodón seco.



6. Orientación, observación y consejos

En la observación a simple vista, es el primer momento del inicio en el conocimiento y práctica observacional. Sentir que toda la esfera celeste se mueve aparentemente. Es necesario decir que quien verdaderamente se mueve es nuestro planeta Tierra y nosotros con él y que gira precisamente de Oeste a Este. Por eso vemos aparecer las estrellas o planetas por el Este y ocultarse por el Oeste, igual que el Sol.

Al ser principiantes y contemplamos la maravilla del Cielo desde lugares con mínima o nula contaminación lumínica que se da en las ciudades y vías de enlace, nos parecerá el firmamento, una incalculable cantidad de estrellas sin aparente orden ni concierto. Sí distinguiremos una franja blanquecina contrastada con el fondo del cielo, llamada la Vía Láctea o el Camino de Santiago muy conocido por este nombre, que partiendo del horizonte sudeste, pasa por encima de mis cabezas y se pierde por el horizonte noroeste. Fenómeno del que hablaremos en los próximos artículos.

Bien, estamos frente al firmamento y es necesario situarnos en posición, es decir, reconocer los cuatro puntos cardinales planetarios. Esta posición, es bien conocida desde temprana edad y hay un hecho que todos los días se repite, como es la salida del Sol por el Este y el ocaso o puesta del astro Rey por el Oeste. Con esta referencia, sabemos a continuación, que en la mitad de estas dos posiciones se encuentra el Sur mirando al frente. Nuestra espalda marcará el Norte. Si además disponemos de una pequeña brújula, aunque sea de juguete, nos orientará a grosso modo, la posición del Norte y el Sur.

Volviendo nuestra mirada al cielo, nunca podremos ver durante todo el año las mismas figuras de estrellas, si observamos siempre desde una misma latitud terrestre (1), fundamentalmente las cercanas al horizonte Sur y las que transitan por encima de nuestras cabezas, excepto las estrellas que giran en la zona del Polo Norte celeste. Estas últimas son vistas a distintas horas de la noche en el transcurso del año, pero las primeras mencionadas (horizonte Sur) sólo se pueden observar en concretas épocas del año. De aquí procede el nombre muy extendido entre los aficionados de las Constelaciones de Primavera, Verano, Otoño y Constelaciones de Invierno.

La mayoría de las estrellas más brillantes tienen nombre. Prácticamente todas fueron señaladas en la época de los Babilonios y Egipcios (4.000 años A.C). Más tarde fueron datadas por los Árabes, como generalmente hoy son conocidas.

6.1 La proyección sobre el cielo

La proyección sobre el cielo de las estrellas más brillantes forman unas figuras -un tanto aleatorias- llamadas Constelaciones y cuyas formas representan lo que su nombre indica (personajes míticos, animales, objetos e instrumentos de medida, etc.). Ocupan un área con fronteras imaginarias, incluyendo en su espacio galaxias y nebulosas, cúmulos de estrellas, hasta el paso de Planetas durante un período de tiempo por ellas.

El espacio que ocupan las Constelaciones, ha variado mucho desde la Antigüedad y los nuevos mapas estelares dan cuenta del hecho. En la actualidad, el número de Constelaciones acotadas y vistas en los dos Hemisferios (norte y sur) es 88, reconocidas por la I.A.U. (Unión Astronómica Internacional), organización mundial que regula y sentencia sobre los conocimientos de la Astronomía.

Hasta este momento, con sólo alzar la mirada nos quedamos hechizados de la grandeza e inmensidad del Cosmos. Pero al mismo tiempo, queremos saber que figuras forman las estrellas, como se llaman, cuando observarlas favorablemente desde nuestro puesto de observación, cuantas estrellas y objetos celestes contienen y que relación hay entre ellos tanto física como de posición. A que distancias están de la Tierra, cual es su brillo y su tamaño, como se mide, etc. Infinidad de preguntas que iremos dando respuesta práctica a todas ellas.

Bueno, se comienza por conocer el nombre de las figuras y las estrellas que lo forman, los nombres de las más importantes y otros objetos celestes que hay en su área. Para ello nos tenemos que dotar de un instrumento sencillo de posición llamado Planisferio. Es relativamente fácil de encontrar en librerías y comercios de venta de instrumentos astronómicos.

Su tamaño varía desde los 20 cm hasta los 35 cm aproximadamente, siendo este último muy práctico por su facilidad de manejo. Consta de dos planos circulares que giran pivotados por un remache en su centro, indicando las posiciones de las Constelaciones cada día durante todos los meses del año. Lleva impresos los puntos celestes Norte, Sur, Este y Oeste, y el dibujo de las Constelaciones y otros objetos contenidos en ellas, sobre un fondo dividido en grados desde el Ecuador celeste hasta el Polo Norte celeste en dos coordenadas llamadas ecuatoriales (A.R.= Ascensión Recta y D. = Declinación). Estas coordenadas sitúan a las estrellas y objetos, puntualmente como referencia sobre la Esfera Celeste.

Este instrumento es parte del aprendizaje y muy importante para localizar a simple vista las estrellas en cualquier momento y hora de la noche. Cuando nos iniciamos en la observación, se puede decir que el Planisferio ha sido y es, la herramienta que han utilizado todos los astrónomos profesionales y que usamos los aficionados. Acompañan al Planisferio instrucciones de cómo usarlo.

Para todos los que se inician en el conocimiento del firmamento es necesario compartir las dudas, y la metodología de cómo recorrer las zonas durante la observación con otros aficionados, por ello recomiendo que contactéis con las asociaciones astronómicas de vuestra localidad o provincia que os orientarán de cómo dar los primeros pasos con seguridad y así integrarse en el progresivo conocimiento de la Astronomía.

6.2 Senderos para encontrar las estrellas principales

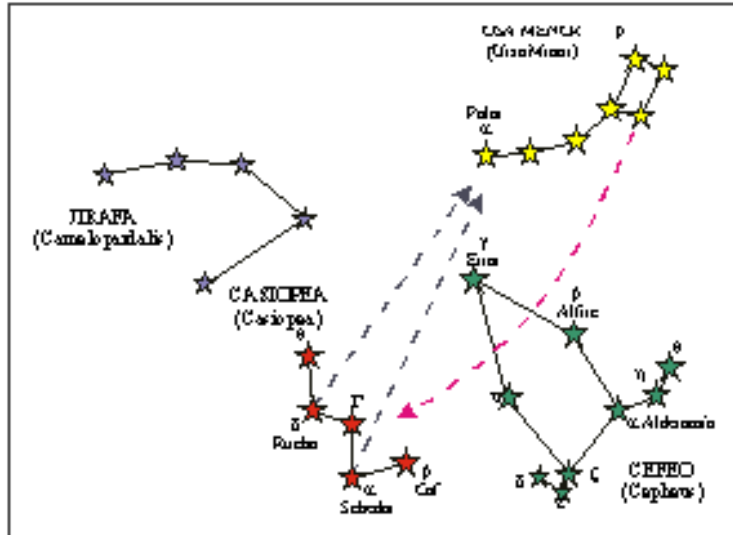
Una vez que el novato o debutante sabe distinguir los planetas de las estrellas, el siguiente paso es la localización e identificación de estrellas así como de las constelaciones. No es preciso que vaya reconociendo todas las constelaciones de una vez, sino poco a poco. Para abrirse camino entre las estrellas y constelaciones, hay que elegir como punto de partida cualquier constelación conocida, y gradualmente se irá avanzando de una constelación a otra y de estrella a estrella.

La Osa Mayor, para los habitantes del hemisferio norte, es indudablemente el mejor lugar para empezar, debido a su fácil localización y porque se encuentra situada encima de nuestro horizonte del lugar de observación. Las dos estrellas de la Osa Mayor, Merak y Dubhe, que

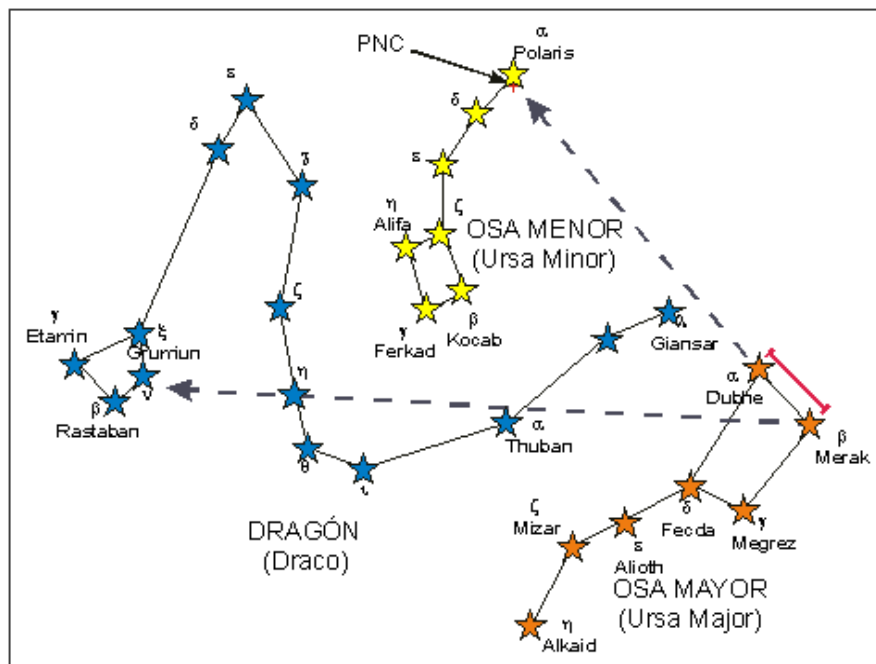
prolongada, en dirección septentrional o norte, unas cinco veces, la distancia Merak-Dubhe, nos señala la Polar y son los guías más fiables a tener en cuenta a la hora de empezar.

En dirección opuesta señala hacia la constelación de Leo, a una distancia de 35°, con su visible asterismo en forma de "hoz".

Si desde Merak y Dubhe se dirige hacia la Polar y luego se tuerce en ángulo recto hacia la derecha, encontramos a Capella, estrella de 1ª magnitud situada en la constelación de Auriga (Cocheo). Desde Capella si dirige hacia la constelación de Gémini y llegar hasta Proción en Can Menor.



Desde la estrella Alioth, de la Osa Mayor, se avanza de nuevo hacia Polaris y siguiendo en línea recta en una distancia igual, pero en sentido opuesto encontremos una figura en forma de W cuando está baja en el horizonte y M cuando está alta, que es Casiopea, formada por cinco estrellas, la bisectriz de cualquiera de los dos ángulos que forma la constelación pasa por la Polar. A lo largo de una línea curva, están las llamadas "cuatro C" (Camelopardalis, Cassiopeia, Cepheus y Cygnus) por orden alfabético. Deneb (constelación del Cisne), Vega (constelación de la Lyra) y Altair (constelación del Águila) forman un triángulo isósceles, denominado Triángulo de verano.



6.3 Observar a partir de Polaris

De nuevo estamos en Polaris, si trazamos una línea hasta β Cas y prolongándolo por el sur hasta Alpheratz (α de Andrómeda) y el borde oriental del Gran Carro de Pegaso. Al sur del rectángulo de Pegaso se encuentra un asterismo, un pequeño círculo, es un delicado anillo de estrellas que señala la cabeza del pez occidental de la constelación de Piscis. Al este de Andrómeda está la constelación de Perseo, hacia el sudeste se encuentran sucesivamente: el Triángulo, Aries y la cabeza de Cetus (la Ballena). Desde γ de Andrómeda podemos llegar hasta la vecina constelación de Perseo.

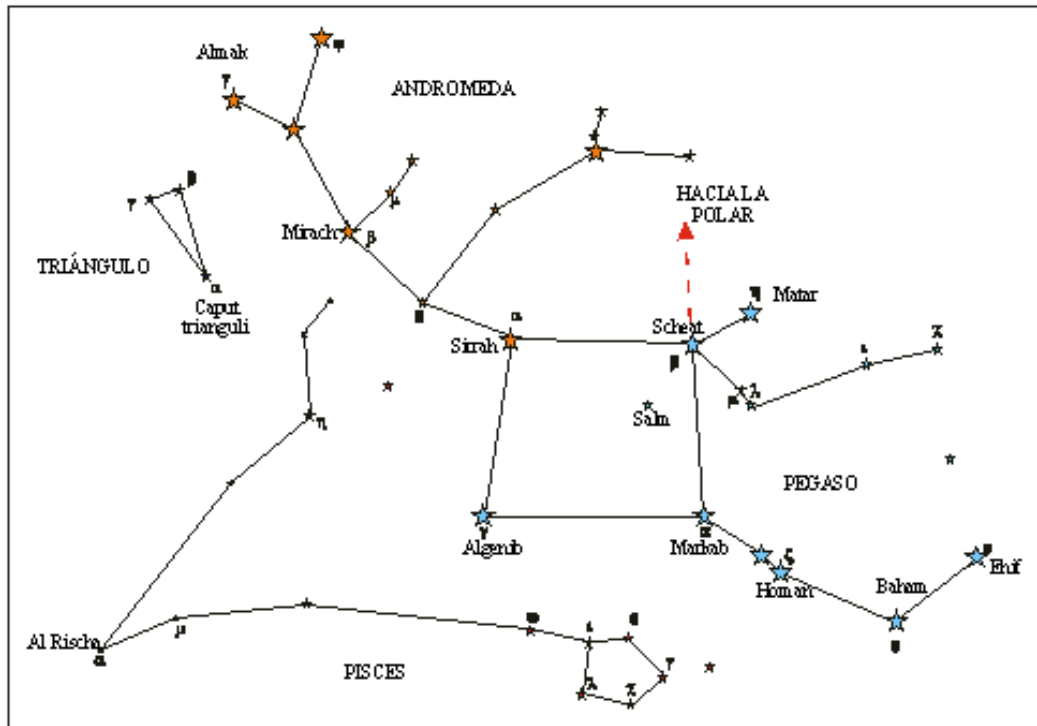
Volvemos de nuevo a Polaris, si prolongamos una línea pasando por las Guardas o Defensas, que son el brillante par de estrellas situadas en el extremo del cuenco de la Osa Menor, hacia el sur nos indicará otro delicado círculo de estrellas que es la conocida constelación de Corona Boreal.

Observar que el cuerpo del Dragón parece retener a la Osa Menor, marcándose bien su cabeza por el asterismo llamado Rombo. Al sur de la cabeza del Dragón está la constelación de Hércules.

Desde las Guardas de la Osa Menor trazamos una línea que pase por η de Draco (Dragón) prolongándola unas ocho veces nos encontraremos con la constelación de Hércules. Desde β de Hércules pasando por α de Serpent Caput podemos dirigirnos hacia la constelación de Libra.

Desde δ de Ofiuco hacia el oeste nos encontramos a la constelación de la Cabeza de la Serpiente (Serpens Caput).

Sagitario, está situado al sur de Águila. Inmediatamente al sur de Ofiuco está Scorpio, con su brillante estrella roja Antares y el agudo agujijón debajo del pie derecho de este gigante. Al oeste de Scorpio está Libra, a la cual designaban los antiguos con el nombre de Garras del Escorpión.



Volviendo a la Osa Mayor, siguiendo la curva de la vara del Gran Carro en dirección opuesta a lo largo de unos 30° (la amplitud de tres puños, pulgar incluido) llegaremos hasta la estrella Arcturus (Arturo), Arcturus es la estrella más brillante de la constelación de Boyero, y continuando esta línea otros 30° tropezamos con Spica, perteneciente a la constelación de Virgo. Denébola (β de Leo), Spica y Arturo forman un triángulo isósceles.

6.4 El cinturón de Orión

Otro asterismo que atrae la atención del observador cuando contempla el firmamento invernal es una agrupación de tres estrellas en línea recta. Estas estrellas constituyen el cinturón de Orión.

Unos 10° al norte del cinturón de Orión tenemos a la estrella rojiza brillante Betelgeuse, y casi 10° al sur del mismo cinturón se percibe la estrella azulada Rigel. Si se sigue a la línea marcada por el cinturón de Orión hacia el este (o hacia la izquierda cuando el observador está orientado hacia el sur) se hallará la estrella blanco azulada Sirius, la más brillante del firmamento.

Hacia el oeste del cinturón de Orión hallaremos a la brillante estrella roja Aldebarán de la constelación de Taurus, y un poco más hacia el oeste llegaremos hasta el cúmulo abierto M45 o las Pléyades.

Procyon, Sirius (Sirio) y Betelgeuse forman un triángulo, pero el denominado Hexágono de invierno lo forman las siguientes estrellas: Procyon, Pólux, Castor, Capella, Aldebarán, Rigel y Sirio.

6.5 El catálogo Messier

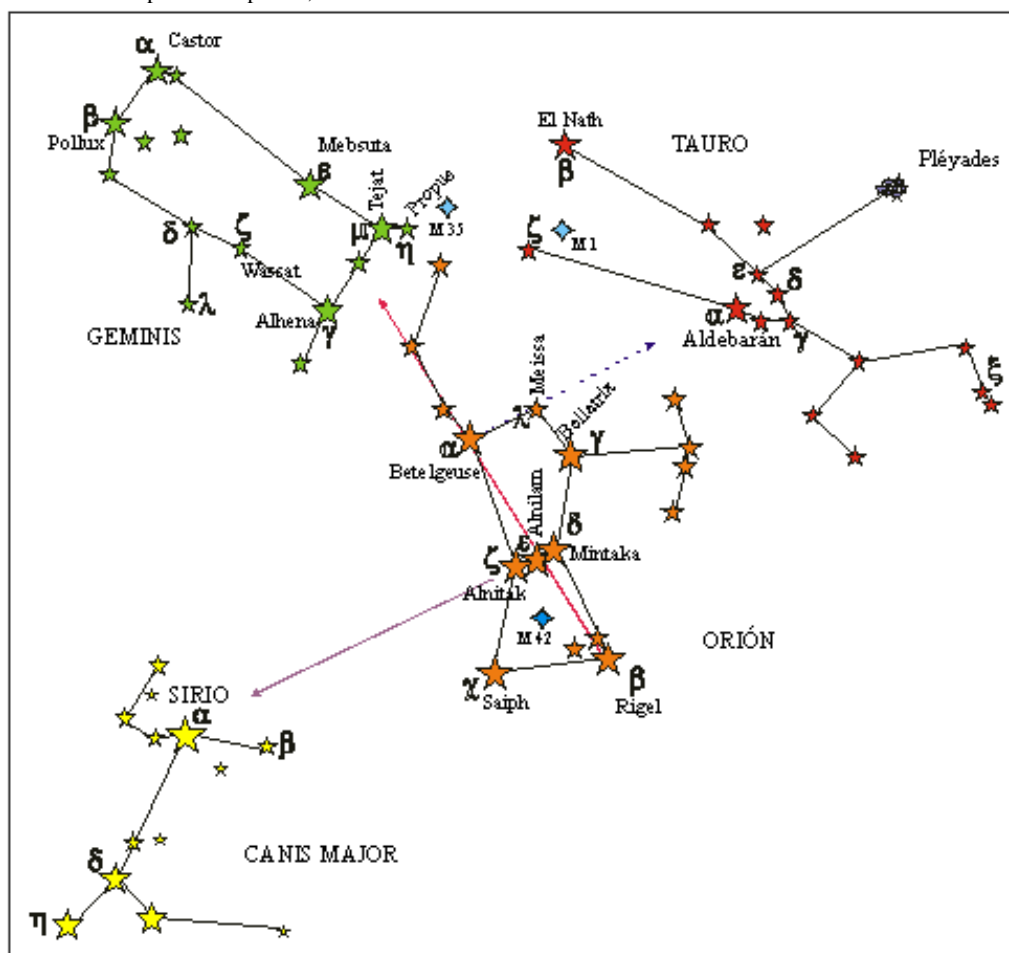
Un gran cazador de cometas fue el astrónomo francés del siglo XVIII Charles Messier, quien, en 1784, realizó un catálogo de objetos difusos para evitar confundirlos con los cometas. Messier descubrió 21 cometas, posteriormente ingresó en la Academia Real de Ciencias de París y se convirtió en el astrónomo más célebre de Francia. Luis XV le concedió el título de "el hurón de los cometas". Pero con la llegada de la Revolución su vida no fue gloriosa, la Academia cerró y se quedó sin trabajo ni sueldo y en 1793 huyó de París. En 1802 recibió la visita de Herschel. Murió en 1817, a los 87 años.

Inicialmente este catálogo de 103 objetos celestes contenía 32 galaxias, 28 cúmulos globulares, 27 cúmulos abiertos, 5 nebulosas de emisión, 1 nebulosa de reflexión, 4 nebulosas planetarias y 1 objeto que es el resto de una supernova (M1 ó Nebulosa del Cangrejo). Posteriormente se añadieron otros objetos celestes, desde M 104 hasta M110 por otros autores después de la muerte de Charles Messier.

Siendo el primer catálogo de objetos no estelares, naturalmente el de Messier es una selección de aquellos que son más fácilmente observables.

Una vez al año, por el 21 de marzo, son visibles 109 de los 110 objetos del catálogo Messier en una misma noche; el ausente es el cúmulo globular M30 en la constelación de Capricornio; es el único sumergido por la luz del Sol.

Los números de Messier vienen precedido por M, en honor a su descubridor.



6.6 Otros catálogos y atlas

Entre los catálogos no estelares destaca el "New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars" (NGC), realizado por J.L.E. Dreyer y que data desde 1888 y se completó en 1895 y 1908 por el Index Catalogue (I.C.) y el Second Index Catalogue. Las tres publicaciones cuentan con 7.840, 1.529 y 5.386 objetos no estelares respectivamente.

Web Society Deep-Sky Observer's Handbook es un catálogo publicado en cinco volúmenes:

- Volumen 1: Estrellas dobles.
- Volumen 2: Nebulosas planetarias y gaseosas.
- Volumen 3: Cúmulos globulares y abiertos.



- Volumen 4: Galaxias.
- Volumen 5: Cúmulos de galaxias.

Cada uno comprende una descripción del objeto concerniente, con unas recomendaciones para la observación, es un catálogo tan rico que acompaña dibujos realizados en observaciones telescópicas. Entre los álbumes fotográficos destacan:

- 1.- The Cambridge Deep-Sky Album, con 126 fotografías a color realizadas por Jack Newton.
- 2.- Altas of Deep-Sky Splendor que muestran más de 400 cúmulos, nebulosas y galaxias realizadas por el astrónomo aficionado Hans Vehrenberg.
- 3.- The Hubble Atlas of galaxies que reúne 208 fotografías de galaxias tomadas por el Hubble con los telescopios de 1,5 y 2,5 m de Mont Wilson.

6.7 Los atlas gráficos

Entre los diferentes atlas gráficos encontramos los siguientes:

- 1.- Altas fotométrique des Constellations, de Antoine Brun. Consta de 55 cartas, cubre el cielo desde la declinación +90° hasta -30°, con una escala de 6'/mm, este atlas tiene una magnitud estelar de 7,5 mientras que para cúmulos, nebulosas y galaxias llega hasta la 12.

Se realizó en coordenadas 1900.0 y la difundió la Association Française des Observateurs d'Etoiles Variables (A.F.O.E.V.).

- 2.- Altas de la American Association of Variable Star Observers (A.A.V.S.O.). Dibujado con coordenadas 1950.0 cubre la totalidad del cielo hasta la magnitud 9,5 con 178 cartas, la escala es de 4'/mm.

- 3.- Sky Atlas 2000.0, de Wil Tirion. Primer atlas en 26 cartas en una escala aproximada de 8'/mm. La magnitud estelar es de 8, con un total de 43.000 estrellas y 2.500 objetos celestes. Este atlas es el mejor de todos, que está mucho más detallado, y que se ha convertido en el mapa de carreteras del cielo más utilizado entre los astrónomos aficionados.

- 4.- Atlas Uranometría 2000.0, de Wil Tirion, Barry N. Rappaport y George Lovi, publicado en dos tomos (hemisferio norte y sur respectivamente) con 259 cartas cada uno, contiene más de 30.000 estrellas hasta la magnitud 9'5 y 10.000 objetos no estelares; la escala es 1° = 18 mm.

- 5.- Atlas Boréalis (+90°/+30°), Eclipticalis (+30°/-30°), Australis (-30°/-90°), diseñado por Antonin Becvar, cubren la totalidad del cielo con 80 cartas hasta la magnitud estelar 9. Los objetos no estelares son coloreados según sus colores reales. En coordenadas 1950.0 con una escala de 3'/mm, estos atlas interesan a los astrónomos interesados en estrellas y asteroides.

- 6.- Atlas Falkauer, de Hans Vehrenberg. Cubre todo el cielo, hemisferio norte con 303 cartas y el sur con 161. Las cartas son cuadradas, de 18x18 cm, y una escala de 4'/mm. Magnitud límite 13, sus coordenadas están referidas para el equinoccio 1950.

- 7.- Atlas Stellarum, de Hans Vehrenberg. Las cartas son de 33x33 cm con una escala de 2'/mm. El hemisferio norte cuenta con 315 cartas y el sur con 171. Magnitud límite estelar 14,5.

Otros catálogos y atlas son los siguientes:

- 8.- Norton's Star Atlas (Sky Publishing Corporation, EEUU) es de utilidad intermedia pero es un gran libro clásico de la literatura anglosajona.

- 9.- Burham's Celestial Handbook. Esta obra no consta de cartas pero describe los principales objetos que interesan a los astrónomos aficionados como estrellas brillantes, estrellas dobles, estrellas variables, NGC, etc...) de una constelación a otra. El "Burham" es un impresionante libro de referencia con 2.000 páginas, en tres volúmenes.

6.8 Uso de un planisferio

Uno de los principales problemas de los observadores noveles del cielo nocturno es el aprender la posición de las estrellas que se pueden observar en la bóveda celeste.

Un planisferio es la representación de la esfera celeste en una superficie plana. Su origen es muy antiguo. Su uso de basa en la falsa creencia de que aparentemente la Tierra está en el centro del Universo, y es la bóveda celeste el que gira alrededor nuestro.

El cielo nocturno sobre nuestras cabezas tiene la forma de una enorme cúpula, sobre la cual, segundo a segundo y de este a oeste, parece que se van moviendo las estrellas. El objetivo final del planisferio será el de indicarnos, a todas las horas del día y todos los días del año, qué objetos celestes son lo que se podrían ver en el cielo y cuáles están ocultos ante nuestra vista.

El planisferio en sí es la lámina inferior, y contiene dibujadas en su superficie todas las estrellas visibles a lo largo del año. El límite del círculo suele coincidir con el ecuador celeste pero es más habitual con estrellas situadas algunos grados más hacia el sur. El planisferio se centra en la estrella Polar.



Partes del planisferio.-

I) Una externa, donde se halla toda una serie de círculos concéntricos que nos facilitan la información necesaria. Esta se divide, de fuera hacia el interior, en:

En la parte más externa están marcadas las constelaciones zodiacales, en sentido contrario a las agujas del reloj.

Un círculo interior a éste último divide el cielo del planisferio en 360° (el campo perteneciente a cada signo zodiacal es de 30°). Dibujados en el sentido de las agujas del reloj.

El siguiente círculo está dividido en 24 horas, dibujados en el sentido de las agujas del reloj.

Los dos siguientes círculos se corresponden, el primero, con los meses del año mientras que el segundo a los días de cada mes, también en el sentido de las agujas del reloj. Los meses están separados entre sí en franjas de 30° y están colocados de la forma que el 21 de marzo coincida con el Punto Aries.

II) Una parte central (dentro del círculo de los días) donde figuran las estrellas.

Los paralelos nos indican la declinación de las estrellas (el ecuador celeste está marcado en 0°), y los meridianos nos indican la ascensión recta de los cuerpos celestes. El Planisferio se basa en el sistema ecuatorial.

La lámina superior sirve para determinar qué estrellas se pueden ver en un momento dado desde la latitud geográfica del observador. Una parte de la lámina es opaca, mientras que las estrellas visibles la vemos dentro de un marco con forma de elipse, si se hace girar la lámina superior sobre la inferior, se puede fijar el día del año del mes correspondiente, además de la hora para observar que estrellas veremos en ese instante. En los bordes de la lámina superior se indican las horas del día (en sentido contrario a las agujas del reloj); dichas horas se han de corresponder con el tiempo universal. Para nosotros, los habitantes de la Península, debemos sumar 1 hora en invierno y 2 horas en veranos para conocer la hora civil (reloj de pulsera). En la misma lámina están señalizadas los puntos cardinales, el Sur coincide con las 12 horas. Podemos observar una línea recta que va desde el Norte al Sur, es la meridiana del lugar, y en el centro de dicha línea vemos una cruz, es el cenit (el punto del cielo que está situado por encima de la cabeza de un observador).

El Sol, la Luna, los planetas, asteroides y los cometas no se indican en los planisferios ya que sus movimientos, independientes, no se corresponden con el movimiento común de las estrellas.

6.9 Cómo utilizar las cartas celestes

Para localizar los cuerpos celestes en el cielo es indispensable disponer de buenas cartas celestes. Las posiciones señaladas para cúmulos estelares y globulares, nebulosas y galaxias en relación a las estrellas de las constelaciones son fáciles de localizar, una vez que nos resulten familiares.

Pero localizar astros del Sistema Solar (planetas, asteroides, cometas, etc.) es un problema diferente, ya que dichos objetos están más cercanos a nosotros y se desplazan continuamente con respecto al fondo estelar.

Un elemento muy importante en el equipo astronómico es un buen atlas estelar. Un astrónomo aficionado no s verticales del mapa representan la ascensión recta (α), es decir, la distancia en horas, minutos y segundos de tiempo, contadas hacia el este a partir del Punto Aries o Vernal (γ). Las líneas horizontales representan a la declinación (δ), es la distancia en grados por encima o por debajo del ecuador celeste.

En las cartas estelares se suele indicar su escala en grados ó minutos por milímetros. Actualmente las coordenadas de los catálogos, atlas, mapas y cartas de estrellas están indicadas para el equinoccio 2000.0.

Cuando se sale a observar al campo ó en sesiones hay que proveerse de cartas y mapas haciendo uso de una linterna roja para poder consultar las mismas.

Una vez que el aficionado conoce las constelaciones, las estrellas más importante, sabe localizar los planetas y ciertos objetos celestes puede adquirir programas informáticos que nos muestran el firmamento visible para una determinada fecha, hora incluida. En el mercado hay software bastante buenos, indicaré algunos de ellos:

- 1.- The Earth Centered Universe (ECU) V3.0A
- 2.- The Sky
- 3.- Deep Space
- 4.- Dance of the Planets versión 2.71
- 5.- SkyMap Pro versión 6
- 6.- Guide Project Pluto 7

De todos ellos, Dance of the Planets y SkyMap Pro son muy buenos para mi gusto personal.

Si el astrónomo aficionado, después de muchos años de aprendizaje, llega a estudiar fotometría o astrometría, entonces necesitará disponer de cartas estelares más precisas que le sirvan de referencia, están disponibles en CDs tales como USNO, ATC, AC 2000, Tycho-2, etc... son catálogos de referencias con una ingente cantidad de estrellas, por ejemplo "The Tycho-2 Catalogue" contiene 25 millones de estrellas, "The AC 2000" contiene las posiciones de 4.621.836 estrellas, etc...



6.0 Cómo preparar una observación

La observación de los astros requiere aprendizaje. Mirar a través de un telescopio no significa saber detectar la información proporcionada por el instrumento. La mayoría de las imágenes visuales de los astros son débiles, pequeñas, poco contrastadas, hasta el punto que llegan a decepcionar al debutante. También fomentan esta decepción las extraordinarias imágenes fotográficas de las revistas astronómicas, frutos de la ampliación de la imagen a través de una ampliadora y no a través de un telescopio.

El principiante deberá dedicar mucho tiempo con los astros brillantes, como estrellas, constelaciones y planetas, porque le será fácil de localizarlos así como porque ofrecen menores dificultades. La Luna es un astro para el aprendizaje y los momentos más idóneos son los días más cercanos a los cuartos (en Luna Llena los accidentes orográficos no presentan contraste debido a la iluminación lunar). El debutante deberá dejar las galaxias y nebulosas para más adelante.

Requisitos para la observación.- Para avanzar en la observación astronómica hay que hacerlo de la manera más cómoda, no lo olvidemos. El aficionado a la astronomía debe situarse ante su telescopio estando perfectamente equipado y dispuesto a pasar un buen rato tranquilo. La astronomía observacional es una actividad paciente y relajante, aquí no valen las prisas ni se improvisa.

Para observar con un instrumento astronómico como es el telescopio no ha de faltar una silla o un pequeño taburete regulable, ya que en ciertas direcciones una observación prolongada puede resultar cansada, se ha de permanecer lo más cómodamente posible evitando las posturas incómodas, e ir bien abrigado, ya que la inmovilidad durante bastante rato acentúa la sensación de frío. El termo siempre será bien recibido.

Conviene tener papeles para efectuar anotaciones, lápiz para dibujar, goma, bolígrafo y una linterna que se pueda sostener por sí sola. La linterna ha de proporcionar una luz mínima para no deslumbrarnos, su luminosidad ha de ser verde o roja, tanto para anotar, dibujar, consultar los atlas o cartas estelares, así como para leer los círculos graduados del telescopio. El motivo de la luz roja es que si nuestros ojos están ya adaptados a la oscuridad y si de repente hay una luz amarilla fuerte y la miramos, la misma ciega temporalmente los ojos y los insensibiliza a los objetos celestes de luz débil como las nebulosas y galaxias, requiriendo otra previa adaptación a la oscuridad, nunca de inmediato, cuya duración puede variar entre diez y veinte minutos, hasta que las pupilas de nuestros ojos se han abierto al máximo y son de nuevo sensibles a la luz de las estrellas y demás objetos celestes.

6.11 Más consejos

Tampoco el ojo es capaz de distinguir de inmediato formas de poco contraste, aunque sean luminosas, por ejemplo, las nubes de Júpiter, asequibles con cualquier telescopio mediano nunca son percibidas inmediatamente después de poner el ojo en el ocular. El debutante que observe por primera vez Júpiter, no verá por ejemplo, las nubes con claridad, debe transcurrir mucho tiempo antes de que progresivamente vaya advirtiendo detalles cada vez más tenues. Un excelente método para acelerar este proceso consiste en dibujar todo cuanto se vaya viendo en la imagen, con paciencia y empleando todo el tiempo necesario para apurar las posibilidades de percepción que nos ofrecen nuestros ojos. Así es como se va educando al ojo ante las formas poco contrastadas. Ve más y mejor los detalles el ojo del astrónomo con muchos años de observación y dedicación a base de dibujos que otro que nunca ha educado sus ojos de esta manera.

Otros materiales.- Entre el material que rodea a un telescopio deben figurar cartas celestes, mapas y la documentación precisa para el programa establecido con anterioridad.

El observador debe procurar no tener que ir a buscar objetos olvidados porque afectaría a la adaptación de sus ojos a la oscuridad.

El peor emplazamiento para observar los astros es una ventana abierta, debido a la turbulencia que provoca el intercambio de aire entre el interior y el exterior. Tampoco son ideales los balcones, terrazas, paredes cercanas, tejado propio o del vecindario, fachadas, por la turbulencia que origina el calentamiento del suelo durante el día. El lugar ideal es aquel provisto de hierba de un jardín, ya que la hierba no provoca calentamiento ni turbulencia.

La contaminación lumínica de las ciudades con su contaminación industrial y el resplandor urbano impiden la visión de la bóveda estrellada. En plena ciudad, donde pocas veces se ven más de 200 estrellas al mismo tiempo, se descubre un firmamento simplificado en el que sólo los astros más brillantes pueden observarse. Pese a todo, incluso en una gran ciudad se pueden observar algunos objetos celestes, pero el cielo profundo (nebulosas, galaxias) resulta inaccesible. Hay que alejarse mucho de la ciudad, unos 30 kilómetros, en busca de un lugar libre de luces parásitas para que la bóveda estrellada vuelva a ofrecernos sus tesoros y belleza, por ejemplo en el campo o en un lugar montañoso. Se descubrirá a simple vista infinidad de estrellas poco brillantes que eran invisibles en la ciudad.

Al observar objetos débiles y difusos como los cometas, nebulosas y galaxias cerca del límite de detección del telescopio, puede ocurrir que ya estén dentro del campo del ocular y sin embargo no lo veamos. Hay un truco para estos casos, es imprimir suaves movimientos de vaivén al telescopio mediante cualquiera de los dos mandos lentos acoplados a la montura ecuatorial, con lo cual la imagen oscilará y el objeto débil se percibirá mejor.

Se puede hacer el mismo truco con una estrella débil de baja luminosidad. Igualmente sirve en Heliófica, en la observación de los pequeños poros de manchas y fáculas del Sol. Si se observa por proyección y la pantalla de cartulina está sujeta al telescopio, un ligero movimiento en la pantalla de cartulina permitirá detectar los minúsculos detalles que pasarían desapercibidos con la pantalla de cartulina fija y no imprimiéramos suaves golpes al tubo del telescopio.

El más modesto de los anteojos (refractores) astronómicos de aficionados permite contemplar la superficie del astro del día y estudiar sus estructuras tales como las manchas solares. ¡Pero atención! La observación directa del Sol presenta unos peligros, alteraciones definitivas en la retina por quemadura, de las cuales conviene ser perfectamente consciente; antes de observar con cualquier instrumento óptico tomar las precauciones elementales para evitar todo riesgo ocular. La primera de las precauciones es no poner el ojo en el ocular sin asegurarse de que

se ha puesto unos filtros especiales. Desconfiar de los filtros solares que se suministran con la mayor parte de los instrumentos, y se venden en los comercios. Algunos filtros dejan pasar una parte de los rayos infrarrojos, rayos que el ojo no ve, pero que puede provocar quemaduras en la retina. Para localizar el Sol con el telescopio, incluso la Luna (no se debe mirar ni por el ocular ni por el buscador debido a su poder calorífico, como ya sabemos) existe un método muy simple. Se trata de apuntar el tubo al Sol vigilando la sombra que proyecta en el suelo, cuando la sombra deja de ser alargada la imagen ya está en el ocular. Tener cuidado con el buscador y taponarlo con seguridad para no producir quemaduras en el cuello, ojo, cara, etc. Puede ocurrir que la fuerte luminosidad de un astro nos impida ver otros cuerpos más débiles que se hallen próximos a él. Es el caso de las estrellas que son ocultadas por la Luna, de los satélites de Júpiter o de algunas estrellas dobles, siendo la estrella principal muy luminosa e impidiéndonos la visión telescópica de su débil compañera. En estos casos, se advierten dichos cuerpos si desplazamos por ejemplo la Luna fuera del campo del ocular, manteniendo su borde tangente al campo e ir paseando el campo del ocular por todo el contorno lunar.

Es recomendable que se utilicen oculares de muy poca potencia (bajos aumentos) para buscar los astros y cambiarlos cuando dichos astros ya estén en centro del campo del telescopio. Los observadores miopes pueden observar a través del ocular prescindiendo de sus gafas, pero corrigiendo previamente el enfoque del ocular. Los observadores astigmáticos deberán observar siempre con sus gafas. También es recomendable que el observador observe los astros en el ocular con los dos ojos abiertos para evitar la fatiga ocular e ir alternando ambos ojos en la observación.

No todas las noches son adecuadas para la observación del firmamento. Conviene echar un vistazo al calendario antes de preparar una observación. Los peores enemigos para el observador es la luz lunar y el viento. Hay que descartar los días que preceden y siguen a la Luna llena ya que ocultan las estrellas poco luminosas e impide la identificación de las constelaciones. Las noches más favorables son aquellas que preceden y siguen a la Luna nueva. Para las observaciones planetarias este calendario no tiene tanta importancia ya que la luz lunar no afecta para nada la observación. Cuando los discos planetarios aparecen con notable claridad, revelando detalles, se dice que hay "buena visibilidad"; ocurre cuando las capas altas de la atmósfera están en calma, pero cuando hay turbulencia, la mala visibilidad los discos planetarios "bullen", y a veces se ven bien.

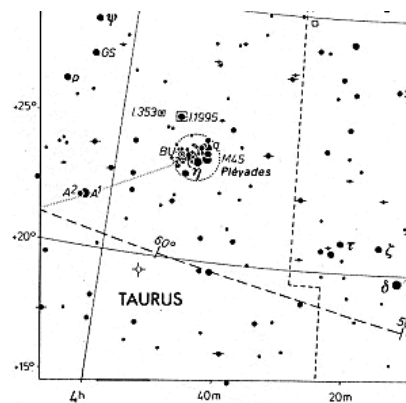
6.12 Cómo preparar la observación - Ordenar y planificar

Ordenar y planificar las observaciones con los medios disponibles, rinde los frutos esperados, salvo excepciones. En la actualidad se realizan muchas observaciones del Cielo, pero si exceptuamos las contemplativas, del resto se obtienen porcentajes elevados de calidad observacional.

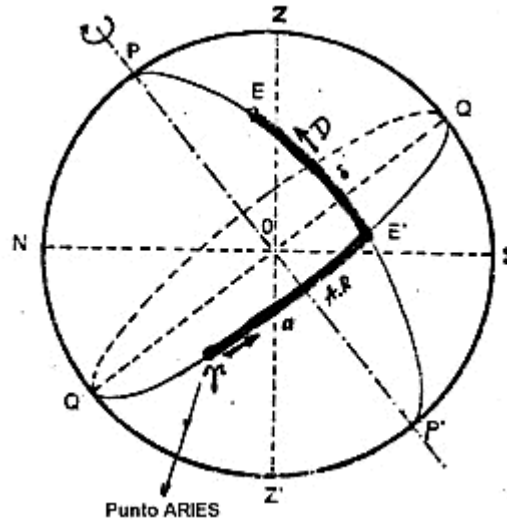
Muchas veces durante nuestra vida, los aficionados a la Astronomía nos asomamos a ella de dos formas. Una, saltando de astro en astro, de constelación en constelación, vagando sin rumbo y disfrutando de la belleza que nos brinda el Firmamento. Otra, cuando buscamos en la observación, objetivos concretos a estudiar. Por ejemplo, el estudio y evolución del sistema planetario, el estudio de las curvas de luz de las estrellas variables, la medición de los sistemas dobles estelares, las observaciones diarias en la evolución de las manchas solares, la fotografía y la observación lunar, el reconocimiento de los cúmulos estelares, etc. La realización de estos trabajos no se pueden improvisar, si queremos resultados. Muchas observaciones fracasan por no planificarlas. Esto no quiere decir que, cuando se realizan observaciones serias y planificadas, el aficionado no disfruta. Todo lo contrario, el aficionado siente que realiza algo importante, puesto que, verifica datos ya realizados y los confirma, otras aporta nuevos parámetros que sirven de apoyo como referencia a los observatorios profesionales.

Sin profundizar en los detalles, expongo la dinámica que se utiliza en las observaciones. No busco implantar unas reglas patrones, porque cada aficionado avanzado basado en su propia instrumentación, utiliza las propias como resultado de la experiencia. Pero si repasaremos unas reglas generales elásticas, que ayuden a superar dificultades y cometer los mínimos errores. De aquí se deduce una regla básica en toda observación. El estudio de cualquier objeto celeste, nos obliga a reunir previamente toda la información que esté a nuestro alcance, sobre él. Es decir, su situación en el Firmamento en la hora y día de su observación, características físicas, su hora exacta del paso por nuestro meridiano local, instrumento con el que se puede observar y verificación del funcionamiento correcto del mismo.

La situación del astro en el Firmamento, hace referencia a las coordenadas ecuatoriales en las que se encuentra, dando su posición exacta en la esfera celeste. Estas aparecen con dos reseñas: A.R (ascensión recta) y D (declinación). A.R viene expresada en horas, minutos y segundos y D se expresa en grados, minutos y segundos.



Utilizando el Planisferio Celeste del que hemos hablado en anteriores capítulos, podemos buscar el astro con estos dos datos: primero, posicionando el mes el día y la hora en que se observa. Segundo, buscando en los paralelos al ecuador celeste la A.R. (horas, minutos, etc.) y en los meridianos la D (grados, minutos, etc.).



6.13 Preparación de la observación - Características físicas

Las características físicas del objeto a observar, son aquellas que nos hablan de su magnitud, tipo de astro, su tamaño aparente en el firmamento y otros datos específicos. Estos datos vienen publicados en las Efemérides de ininidad de Observatorios profesionales que se publican anualmente, también aparecen en revistas especializadas de Astronomía y en las publicaciones de las Asociaciones astronómicas. En muchas de las WWW de Astronomía y Astrofísica instaladas en la Red, suministran información sobre cualquier objeto celeste.

El paso por el meridiano local. Allí donde se sitúe el observador, existe, aunque no esté dibujado en ningún mapa celeste, un meridiano, que partiendo del Polo Norte o del Polo Sur, pasa, por encima de nuestras cabezas y corta el horizonte. A esta línea imaginaria se le llama meridiano local del observador.

Los astros salen por el Este y según avanzan, ascienden, alcanzando su máxima altura al cortar ésta línea imaginaria y comienzan a descender, hasta ocultarse por el Oeste. De modo que, en su máxima altura sobre el horizonte es cuando las condiciones de observación son las mejores, por dos aspectos fundamentales: uno por comodidad en la visualización y dos porque hay más posibilidades de estabilidad térmica de las capas atmosféricas, que posibilitarán observar los objetos con bajas turbulencias y por tanto, mejor estabilidad en las imágenes.

Es conveniente comenzar las observaciones antes de que culminen su paso los objetos por el meridiano local, para así aprovechar las mejores horas de la noche y evitar perseguir al objeto cuando comienza a descender hacia su puesta.

El cuaderno de campo. Esta herramienta es imprescindible, además de todos los informes que hacen referencia de los objetos a observar. No se tiene mucha costumbre en la mayoría de aficionados de anotar en un cuaderno de campo todo lo que se ve y las incidencias de una jornada de observación, aunque cada vez se tiene más en cuenta.

Si observamos detalles planetarios, características lunares, distribución de las estrellas comprendidas en los cúmulos estelares, dibujo de las manchas solares y anotación del n° de Wolf, etc., nos exige la estricta anotación y dibujo de los datos observados. De hecho, las Asociaciones astronómicas, disponen de Reportes (hojas gráficas específicas para la anotación del estudio planetario, heliofísico y de Cielo profundo), en las cuales el observador data y verifica los resultados de las observaciones realizadas. De esta forma el aficionado dispone de una base de datos que le permite el seguimiento y estadística evolutiva particular.

6.14 La instrumentación

La totalidad de los aficionados tenemos muy claro que objetos estelares y planetarios, no deben observarse y registrar con un solo y único instrumento. El tamaño aparente y la magnitud del objeto, determinan el instrumento óptico adecuado para su observación. El aparato óptico que mayor campo abarca en el firmamento es, el prismático, y en el registro observacional es la cámara fotográfica con sus distintos objetivos fotográficos.

Los prismáticos de 7 x 50, 10 x 50 y 11 x 80, son idóneos para obtener detalles lunares, sobre todo en cuartos (creciente y menguante), así como los cometas brillantes y cúmulos estelares abiertos del tipo de las Pleyades, Hiades y cúmulos de la Vía Láctea.

El método de anotación y dibujo afianza al aficionado en:

- Asegurarse de lo que está visualizando.
- Retener en la memoria las estructuras estelares y lunares.



- Disponer de un archivo de consulta.

Se debe utilizar siempre una luz roja a la hora de anotar y leer información durante el transcurso de la observación para evitar que nuestros ojos pierdan sensibilidad y perder tiempo hasta nueva adaptación visual si se utiliza luz blanca.

El registro fotográfico sin seguimiento. Mucho se ha escrito sobre este tema. Trataré de no repetirlo pero si tocar pequeñas nociones para abrir el camino a los iniciados.

Lo mismo que los prismáticos, la cámara fotográfica debe estar bien apoyada y sujeta al trípode. La mínima variación de altura, deslizamiento lateral y pequeñas vibraciones, echará por tierra las tomas realizadas.

Las cámaras fotográficas llamadas reflex, son las más adecuadas para el registro fotográfico en la Astronomía, puesto que el campo observado se realiza a través del propio objetivo que en definitiva es lo que la cámara va a registrar. También permiten utilizar un cable disparador, evitando con ello vibraciones transmitidas al accionar el botón de disparo. Las del tipo manual y semiautomáticas disponen de una gama de tiempos de exposición, selector de las distintas sensibilidades de películas y control variado de diafragma permitiendo al operador seleccionar las tomas y un mecanismo importante, como es la posición de disparo llamada B, que permite realizar exposiciones de tiempo, tanto como se desee.

Estas cámaras están dotadas en su base de un agujero roscado ($\frac{1}{4}$ " Whitworth) universal, que coincide su rosca con el tornillo incorporado en el cabezal del trípode. Debemos asegurar la fijación perfecta del acoplamiento trípode-cámara.

Las películas fotográficas de uso corriente para este tipo de registros son las de media y alta sensibilidad, (400 a 3200 Iso), tanto si se utilizan en blanco y negro como para papel color o diapositivas. Los objetivos más usados van desde el de 50 mm (el que se adquiere al comprar la cámara), hasta el 200 mm de focal.

Teniendo en cuenta que realizamos fotografía sin contrarrestar la rotación de la Tierra (sin seguimiento motorizado y tampoco manual), existe un límite de tiempo de exposición, que varía en función del objetivo utilizado y de la altura sobre el horizonte en que se encuentra la región o el objeto a fotografiar.

Con un objetivo de 50 mm. y para registrar desde el Zenit (el punto encima de nuestra cabeza), hasta la región del Polo Norte Celeste (estrella Polar), el tiempo de exposición esta comprendido entre los 27 y 20 segundos. Si queremos registrar la zona comprendida desde el Zenit hasta el horizonte, el tiempo de exposición es menor de 20 segundos. Utilizando un objetivo de 200 mm., obliga a reducir el tiempo de exposición entre 6 y 4 segundos.

Hay muchos aficionados que usan la apertura total de los objetivos, es decir el diafragma de la cámara totalmente abierto. Este sistema permite recoger más luz de las estrellas, pero también, entra en registro los defectos residuales de las ópticas de los objetivos más corrientes. En los extremos del campo que recogen los objetivos, no son planos y el cromatismo aparece con más intensidad. Las estrellas dejan rastros, no siendo puntuales, se producen reflejos internos en los objetivos y los colores no son reales.

A mi entender no se debe fotografiar el Cielo con apertura total, sino cerrar varios pasos el diafragma de la cámara, para evitar los errores antes mencionados. Mayores tiempos de exposición que los arriba indicados suponen la aparición en el registro fotográfico de trazas estelares, las estrellas no se registran como puntos sino como rayitas continuas.

La fotografía astronómica es una sesión de observación y como tal hay que anotarla. Se registra el día y la hora en T.U (tiempo universal). Se debe anotar el lugar desde donde se realiza y sus coordenadas geográficas (latitud y longitud). Hay que registrar en el parte de observación fotográfico el objetivo utilizado, tiempo de exposición, diafragma utilizado, marca y tipo de película (Iso) utilizada. Conviene anotar la altitud del lugar de observación y las incidencias atmosféricas.

Todos estos datos ayudan a seleccionar las mejores imágenes y son básicos para determinar la posición de los objetos registrados. Lo mismo ocurre con el tipo de película utilizada, puesto que, conoceremos la respuesta que da en las condiciones en que se han realizado las tomas. Se han perdido grandes trabajos de fotografía, por no disponer de los datos específicos, por no haber sido registrados.

Se puede profundizar en estas técnicas de registro fotográfico, hasta tal punto que, daría pie, a componer un libro. En las librerías especializadas, hay muchos textos sobre el tratado de la Astrofotografía, repetir lo que en ellos se dice sobrepasaría el respeto de los autores. Además entiendo que, el aficionado se hace con la experiencia y rodaje. De enorme utilidad es la consulta en las Asociaciones de Astronomía a los socios más experimentados en este campo. Mi deseo con esta 3ª entrega es que sirva de base, despierte vuestra pericia y habilidad y os evite cometer los mínimos errores al comienzo del placer que supone registrar aquello que estamos observando.

Como veis, los prismáticos, el aparato óptico quizás más barato y al alcance de los aficionados, tiene su campo de aplicación, y seguirá siendo la herramienta de "pecho", como yo la llamo, para disfrutar con las maravillas del Firmamento. La cámara fotográfica es el "apoyo y guarda" de nuestros ojos. Anotar lo que se fotografía, donde, como y cuando, plasmará ese viaje por las estrellas, sin salir del planeta madre, la Tierra.



6.15 Prismáticos y su utilización

¿ Qué instrumento permite consolidar aún más, la observación a simple vista y obtener mayor conocimiento de los astros?

La herramienta que sirve de apoyo y de búsqueda rápida, incluso observando con telescopio son los Binoculares, vulgarmente llamados Prismáticos. Conociendo su construcción entenderemos sus características y sus límites, pero sin duda, nos abre el camino para conocer posteriormente la construcción y el manejo del verdadero instrumento de la observación astronómica, el Telescopio. Comencemos.

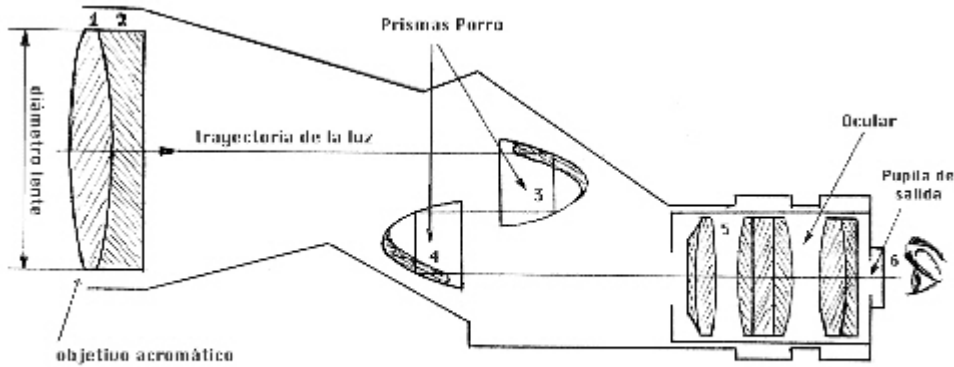


Fig 1: Disposición del objetivo, prismas de reflexión total de Porro y ocular en cada cuerpo del prismático

La figura 1 representa de forma esquemática la configuración de todos los elementos ópticos mínimos que se utilizan en su construcción. El cuerpo A, llamado objetivo principal, está compuesto por dos lentes que forman el Sistema Refractor Acromático. La lente 1, llamada biconvexa produce aberraciones cromáticas que hay que corregir (aunque no se extingan totalmente). Se consigue colocando detrás de la 1ª lente una 2ª bien estudiada llamada lente divergente, para que esta desvíe contrariamente la luz de la 1ª y así conseguir que los haces de luz pertenecientes a las longitudes de onda de dos o tres colores fundamentales, incidan en un mismo punto del Plano Focal (ver figura 2).

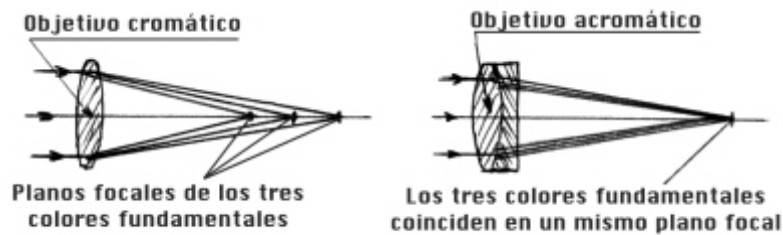


Fig 2: Objetivos

La luz que recoge el objetivo pasa al primero de los prismas de reflexión total, reflejando en sus paredes internas la imagen y conduciéndola al segundo prisma de construcción idéntica al 1º. La función de estos dos prismas, es la de enderezar la imagen, es decir, ver la imagen tal como la vemos a simple vista. La luz es reflejada en el 2º prisma y va directamente al ocular, que es el accesorio que da los aumentos indicados por el fabricante. El ocular está compuesto de dos o más conjuntos de lentes. A mayor número de conjuntos de lentes, implica mejor calidad de imagen. Según su construcción el campo observado es más plano y con menos aberraciones ópticas residuales y por supuesto, encarece el precio del Prismático.

Sobre este accesorio (el ocular), hablaremos en próximos artículos, puesto que es, uno de los elementos más importante de los telescopios astronómicos. En los Prismáticos estos oculares no se pueden intercambiar como en los telescopios, es decir, están fijos en el chasis del cuerpo del instrumento.

Un buen objetivo además de su cuidadosa construcción es aquel, cuyas lentes han sido tratadas con una película o recubrimiento antirreflectante que proporciona imágenes contrastadas, eliminando reflexiones internas de las lentes. Visto el objetivo de frente, con este recubrimiento aparecen las lentes de un color violáceo o anaranjado. Actualmente con el avance producido en las técnicas de construcción óptica, han mejorado mucho la calidad de las lentes. Pero hay que rechazar el Binocular de ocasión, porque hay "gato encerrado", sobre todo en el objetivo y ocular. Es preciso consultar a los expertos de las Asociaciones Astronómicas si se tienen dudas, en la adquisición de dicho instrumento.

Características

Los binoculares son definidos por dos cifras anotadas normalmente en el cuerpo del instrumento, de la siguiente forma: 7x50 , 10x50 , 11x80, etc. Presento estos tres ejemplos porque son los más utilizados por los aficionados a la Astronomía. Existen en el mercado otros intermedios para la utilización terrestre y otros superiores para la observación astronómica pero de un coste muy elevado.

La 1ª cifra indica los aumentos que da el prismático (7, 10, 11, etc.) y la 2ª cifra (50, 80, etc.) es el diámetro en mm. de los objetivos.



A mayor diámetro del objetivo, más luminosos serán los prismáticos. A mayores aumentos e igual diámetro del objetivo, menos luminosos serán los instrumentos.

A mayores aumentos e igual diámetro de los objetivos, la llamada "pupila de salida", será más pequeña. Este concepto tiene mucha importancia puesto que el diámetro que presente la "pupila de salida", define el campo observado, es decir, el ángulo que forma el campo observado será mayor o menor. A menores aumentos e igual diámetro del objetivo, más campo se abarca y mayor es la luminosidad que recoge el instrumento. La luminosidad de todo instrumento en la observación astronómica es de vital importancia.

Es necesario que el prismático esté equilibrado ópticamente, es decir, que su objetivo disponga de un diámetro requerido y se corresponda con los aumentos que da el ocular, para que el campo resultante sea lo suficiente luminoso y resuelva los objetos con puntualidad, con nitidez.

Dividiendo el diámetro del objetivo entre los aumentos, nos dá el diámetro de la pupila de salida, del instrumento.

La pupila del ojo humano en la observación nocturna se dilata al máximo, como unos 7 mm. aproximadamente, haciéndose menor con el paso de los años. Conviene por ello, que las pupilas de salida de los prismáticos se aproximen a los 7 u 8 mm. Menores de 5 mm. y mayores de 8 ó 9 mm. no son óptimos para la observación astronómica. Por debajo de los 5 mm. no deja pasar la suficiente luz para puntualizar un campo relativamente oscuro. Y por encima de los 8 ó 9 mm. la pupila del ojo no puede recoger toda la información luminosa porque es menor su diámetro, se convierte incómoda la observación.

Si colocamos los prismáticos frente a la luz diurna y observamos por los oculares a una distancia de 20 a 30 cm. de los ojos, veremos unos círculos luminosos, siendo éstos las llamadas pupilas de salida.

Si ya hemos calculado el diámetro de la pupila de salida de nuestros binoculares, por ejemplo:

$$Ps = D \text{ del objetivo} / \text{aumentos en mm. } 7 \times 50 = 50/7 = 7,14$$

siendo este valor el diámetro de la pupila. Su luminosidad es el cuadrado de este valor $7,14 \times 7,14 = 50,97$ que indica el índice de un modelo muy luminoso. Un 10×50 -Ps = 5-Luminosidad = 25 siendo la mitad de luminoso que el anterior ejemplo. En mi caso, yo uso este último con muy buenos resultados. Por debajo de un índice de luminosidad de 25 no son recomendables en la observación astronómica.

Recordemos a los observadores que utilizan lentes para corregir la visión de sus ojos, pueden prescindir de las mismas y corregir con el enfoque de los prismáticos, su propio defecto visual, excepto aquellos que padecen "astigmatismo", ya que este defecto óptico, no lo corrige el enfoque del binocular.

Bien, conocida la construcción del prismático, su capacidad teórica y características técnicas, es hora de que practiquemos con ellos.

Como realizar el enfoque de las imágenes

El primer impulso que realizamos al coger los prismáticos y apuntar a una estrella o planeta, es el de enfocar de inmediato con la rueda central de enfoque, siendo esta práctica muy habitual entre los aficionados a la Astronomía. Pero no es la correcta. Hay que seguir un procedimiento que lleva escasamente 5 minutos, para sacar el mayor partido de la imagen que queremos observar. El procedimiento es el siguiente:

1º.- Se cierra el ojo derecho o con la tapa correspondiente se obstruye el objetivo derecho. Con el ojo izquierdo visualizamos el objeto elegido y con la rueda central enfocamos hasta conseguir la imagen nítida y puntual. Una vez conseguido, retiramos la tapa del objetivo derecho y obstruimos el objetivo del lado izquierdo o cerramos el ojo izquierdo y con la rueda de enfoque "instalada en el ocular derecho" ajustamos la imagen, consiguiendo nitidez y puntualidad de la misma.

2º. - Debemos regular la distancia entre ojos ajustando los dos cuerpos del prismático y acomodándolos a la distancia precisa que separa los ojos de forma que, ambas imágenes se superpongan con exactitud, dando comodidad a la observación.

Las imágenes deben ser claras, cuando las estrellas aparecen puntuales, como puntos perfectos y luminosos. En la mayoría de ocasiones, las aberraciones ópticas no han sido totalmente eliminadas y sobre todo la aberración de "coma", que aparece en muchos de los instrumentos y también la distorsión de "barrilete" que aparece en el perímetro del campo observado. En función de la calidad y precio de los binoculares reside el que estas dos aberraciones, aparezcan minimizadas.

La prolongada observación con prismáticos, se hace imprescindible la utilización de un soporte rígido, que permita la observación cómoda y que evite las vibraciones del instrumento. El soporte rígido es ni más ni menos que un buen trípode y su estabilidad, está determinada por su estructura. La fijación del prismático al trípode se realiza por medio de una pieza metálica: Existen en los comercios de Fotografía distintos sistemas de fijación, siendo el más práctico aquél que inmoviliza el cuerpo del prismático al trípode, pero que permite la manipulación de los enfoques cómodamente.

A la hora de enfocar y poner a punto el prismático, debemos elegir aquellas estrellas u objetos planetarios que nos permitan una cómoda visión y cómodo manejo de los mandos de los dos movimientos de que consta el trípode.

Un buen momento para poner a prueba la capacidad del prismático adquirido, es apuntar en las noches de invierno hacia el cúmulo abierto de las Pléyades, muy bien definida su situación en cualquier Planisferio. Debemos distinguir siete estrellas principales muy luminosas y resolverlas con nitidez, las cuales entran perfectamente en el campo que nos dan los prismáticos de uso corriente en la observación astronómica. Entre y alrededor de ellas aparecerán otras menos luminosas pero perfectamente enfocadas. Es todo un espectáculo observarlas.

Realizar un dibujo de su posición y el conteo de las mismas comparando el resultado con un Atlas Estelar, supone un test de la capacidad del binocular utilizado.

Durante todo el año disponemos de un astro como es nuestro satélite, la Luna. Observarla sobre todo en los cuartos creciente y menguante disfrutando de la visión de los "cráteres" y "mares" y otras estructuras lunares. Realizar dibujos de estas estructuras ayudan al observador a ser crítico con lo que observa y al mismo tiempo consolida los nombres y caracterización de la Luna.

Si la noche es buena, es decir, baja en turbulencias y baja contaminación lumínica en el puesto desde donde se observa, la visión del planeta Jupiter y sus satélites galileanos, cuatro puntitos que aparecen a ambos lados del planeta, mostrará la visión conjunta, la calidad de los binoculares utilizados y las aberraciones ópticas residuales que le son propias.

Durante todo el año podremos ver a distintas horas de la noche y si el tiempo lo permite la constelación de la Osa Mayor. Otra prueba del comportamiento del equipo, es localizar y enfocar a la estrella central de los "mulos" que tiran del Carro. Dicha estrella se llama Mizar, y es una estrella doble (en realidad múltiple), pero con prismáticos sólo podemos resolver, las dos estrellas más luminosas del conjunto. De las dos que visualizaremos, la menos luminosa se llama Alcor. Esta visión supone un buen ejercicio de la agudeza visual y un excelente examen de cómo responde el instrumento con el que se observa.

Durante la estación invernal, disponemos de un Cielo extraordinario que en los comienzos de la Primavera y en las dos primeras horas de la noche, todavía se puede contemplar con gran magnificencia, la Constelación de Orión, también conocida por el nombre de El Cazador. En el centro de la constelación hay tres estrellas brillantes que toman una inclinación hacia el horizonte, que representan el Cinturón del Cazador. En la vertical de las mismas hacia el horizonte terrestre, cercano a ellas se encuentra, un puntito brillante que observado con los prismáticos se deja entrever una estructura nebulosa en forma de pétalo, vulgarmente llamada la Nebulosa de Orión o M42 del catálogo de Messier. Su visión es espectacular, no tanto como la visión telescópica, pero si espectacular, porque es muy brillante.

En plenas noches vacacionales veraniegas, es obligatorio visitar la galaxia llamada Andrómeda o M31. De nuevo la herramienta Planisferio nos muestra su posición de altura sobre el horizonte nordeste y entre las Constelaciones de Casiopea y el cuadrado de Pegaso. Observaremos si la noche es oscura y limpia, una nubecita algodonosa, pero apreciable en el campo del binocular. Una visión inolvidable.

Bueno, se puede recorrer la esfera celeste y enumerar visualizando los numerosos objetos celestes, tanto estelares como planetarios. De los observadores depende el número de horas de observación. Prismáticos y Planisferio son dos herramientas muy potentes, que equilibradamente utilizadas y estrujando sus posibilidades nos producirá unas gratas y alicientes observaciones de las maravillas del Universo.

6.16 Observación con instrumentos de baja calidad

Muchos aficionados al Cielo estrellado, con la urgencia de las vacaciones de verano, preparan sus telescopios, justo unos días antes de dar comienzo las mismas. Esto acarrea consigo la precipitación del montaje y puesta a punto de toda la instrumentación, que ya de por sí, arrastra defectos de fabricación. Estamos hablando de aquellos equipos, que por su relación calidad-precio, no dan el rendimiento que sería deseable.



El resultado desde las primeras observaciones es catastrófico. Fallo tras fallo, pone al aficionado en la tesitura de optar, bien por embalar el instrumento y ponerlo en venta, o bien almacenarlo en el trastero de casa, acompañado por una pérdida de ánimo por la adquisición de un aparato prácticamente inservible. Conozco amigos de afición, que cayeron en la tentación de abandonar hasta la práctica observacional. Desde estas líneas quiero dar ánimo a los aficionados, para que valoren la importancia que tiene el poner en marcha nuestros flojos telescopios, dándoles un rendimiento con cierta calidad. Es una meta que se puede alcanzar y un reto a nuestra capacidad.



¡Hay que salir del estupor! al ver que nuestro telescopio nos falla en el seguimiento motorizado del Cielo, o que la Luna la vemos poco definida y que a la menor brisa, la imagen no se estabiliza a los pocos segundos, lo que nos demuestra que la montura que usamos adolece de firmeza.

Si al mal funcionamiento de nuestro telescopio añadimos la falta de contacto con amigos aficionados y el desconocimiento de alguna Asociación de astronomía cercana a nuestra residencia, esto incrementará el desánimo. El primer paso a dar es reflexionar sobre las causas que provocan los fallos en nuestra instrumentación.

En esta séptima entrega del curso, vamos a tratar de, minimizar los fallos que se producen, atajándolos con el "espíritu del viajero estelar", en la medida de nuestras posibilidades. Un equipo astronómico bajo en calidad por su fabricación, adolecerá de precisión mecánica en sus piezas que, sumado a un bajo rendimiento de su óptica, no permiten mejoras excelentes, pero sí, reformas aceptables a las que sacar partido.



Una montura inestable se puede mejorar. Se comienza reforzando el trípode, añadiendo a cada pata, un soporte rígido en toda su extensión, o bien su en parte media inferior. Las monturas de baja calidad, suelen venir acompañadas de una bandeja porta-accesorios. Y como son desmontables, las holguras son infinitas. En lugar de instalar esta bandeja, podemos utilizar el espacio para reforzar la parte media superior del trípode, instalando unos tirantes metálicos rígidos y fuertes. Con esto se consigue, en los trípodes con patas de aluminio o madera de baja densidad, eliminar el pandeo mecánico que produce el peso de la cruz de ejes y el sistema óptico. Si a estos tirantes metálicos les añadimos en su centro de gravedad un peso de 4 ó 5 Kg., la estabilidad aumentará.

Da un estupendo resultado fijar las tres patas del trípode por su parte inferior con un triángulo equilátero fabricado en metal o aglomerado-pasta antihumedad, de tal forma que la estructura se monolitiza, dando una estabilidad inigualable. La fijación de esta pieza a las patas del trípode se realizará en función de la estructura corporal de las patas adaptando los sistemas de fijación lo más sólido posible.

Vuelvo a insistir que, en un equipo astronómico por debajo de las 80.000 pesetas, normalmente los materiales que el fabricante utiliza, como el aluminio simple, maderas y calaminas, le permite abaratar costes en detrimento de su calidad. Una montura de gama media a alta en calidad, supera en coste muchas ocasiones al instrumento óptico.

Algunos telescopios de una cierta calidad, los soporta la montura llamada alemana. Esta posee una mayor estabilidad que las de trípode sencillo, pero en ocasiones resultan ser excesivamente elevadas, manteniendo el centro de gravedad alto. La solución es la de cortar un segmento, por su parte inferior, que haga descender el centro de gravedad, haciéndola insensible a las rachas de viento leve.

Cuando nos disponemos a realizar observaciones con el seguimiento motorizado, la puesta en estación del telescopio puede tener dos grados diferentes de precisión, según el tipo de trabajo que tengamos programado. La fotografía astronómica de larga exposición necesitará de la máxima precisión del seguimiento motorizado sideral. Si queremos hacer observaciones visuales, no será necesario la precisión del movimiento, bastará con el apuntado a la Polar.

Pero en el anterior caso, no bastará con el apuntado a la Polaris, sino que serán necesarios unos ajustes de "acimut" y de la "latitud" del lugar. Observando estrellas situadas en el meridiano local entre 20° y 30° de altura y otras situadas al Este entre 15° y 20° de altitud. Es fundamental disponer de un ocular de 12 mm de focal con retículo iluminado, que nos permita apuntar y guiar las estrellas elegidas consiguiendo que éstas no se desvíen de la cruz de hilos. Con estos ajustes debemos conseguir un mínimo de 20 minutos de guiado correcto, para garantizar unos resultados fotográficos aceptables.

Para los aficionados sin experiencia en la puesta en estación de su telescopio, los ajustes de un guiado correcto llevan su tiempo, puesto que los pasos a realizar hay que repetirlos para estar seguros de que la orientación al Polo Celeste es la adecuada. No hay que olvidarse nunca de ajustar la montura horizontalmente, antes de comenzar la puesta en estación.

Debemos tener en cuenta que, cada telescopio tiene sus límites, dependientes de la apertura del objetivo principal (\emptyset) y de su focal correspondiente, que limita la magnitud límite teórica que puede alcanzar y el campo angular que abarca.



En una montura de bajo precio, si trae incorporado el motor de seguimiento, hay que asegurarse que esté correctamente montado en su lugar correspondiente y que el cuerpo del motor -con sus piñones de ataque- estén limpios. El mismo caso es cuando el equipo no haya sido utilizado durante un largo período. Fijar correctamente los piñones a su eje, para que estos no patinen y centrar su alineación, evitará las holguras y los tiempos inerciales al cambiar el sentido de marcha. Si existieran holguras no deseables, es preciso eliminarlas con soportes de relleno de arandelas metálicas que impidan el deslizamiento horizontal y el cabeceo de los piñones.

Una vez montado todo el sistema con los accesorios, se realizarán las pruebas de puesta en marcha y se observará el resultado de las correcciones.

Un error que cometemos frecuentemente los aficionados es el deficiente equilibrado del telescopio. El tubo óptico apoyado sobre sus anillas correspondientes o sobre una plataforma de "cola de milano", realiza el seguimiento y la búsqueda de los astros en la gran mayoría de las veces, desplazado del centro de gravedad de la estructura. Si el peso total, con todos los accesorios para la observación o fotografía, no está compensado y equilibrado en sus dos ejes, el seguimiento motorizado nunca será regular, puesto que, durante su marcha el motor y los piñones de ataque no mantendrán la regularidad.

En la observación visual no tendrá mucha relevancia este problema, exigiendo sólo mover los ajustes finos para centrar el objeto en el campo del ocular. Pero en fotografía astronómica, no se pueden hacer correcciones cada 5 segundos, puesto que los errores de deriva afectarán al negativo.

Es obligación del astrónomo aficionado, incorporar al tubo óptico todos los accesorios que va a usar en la observación tanto visual como fotográfica y:

- 1.- Horizontalizar la estructura con un nivel de burbuja de aire.
- 2.- Bascular el tubo óptico al Este y al Oeste, regulando el contrapeso instalado en el eje de declinación, hasta observar que el conjunto óptico se queda en cualquier posición, sin deslizamientos. Entonces se dice, que está equilibrado en A.R (ascensión recta), teniendo siempre el tornillo de fijación libre.
- 3.- A continuación, se desplaza el tubo óptico al Este y al Oeste manteniéndolo horizontalmente el tubo y el eje de declinación, realizándolo con un nivel de burbuja. Se libera el tornillo de fijación y se comprueba si, el tubo cabecea por cualquiera de sus extremos hacia el suelo. Si es así, se regula deslizando la óptica por sus anillas o ajustando el soporte del tipo cola de milano, hasta que el tubo no cabecee en absoluto. Entonces se dice que el equilibrado es correcto en D (declinación).

Con estos equilibrados en los ejes, conseguimos la estabilidad de las monturas, proporcionando suavidad en el movimiento de los ejes. El rendimiento del motor o de los motores será óptimo.

Es muy corriente, que al adquirir telescopios de media/baja calidad, los accesorios que acompañan al equipo sean también de baja calidad. Sobre todo los oculares, la lente Barlow y por descontado el motor y su control de seguimiento, si es que lo lleva incorporado.

Los oculares no tienen solución de arreglo. Los llamados Kellner, Huygens y Ramsden, si no han sido mejorados en su construcción, dejan mucho que desear, sobre todo cuando se realiza fotografía por proyección (con aumentos).

Los aficionados con experiencia tenemos por costumbre sustituirlos en el tiempo, por los llamados Ortoscópicos, Plossl, Erfles y otros que han aparecido en el mercado en los últimos años y que dan mejor resolución y campo más plano. En función de nuestras posibilidades económicas los iremos sustituyendo.

Lo mismo ocurre con la lente Barlow. Si queremos buenas imágenes, este importante accesorio debe ser de calidad, y su precio puede sobrepasar las 12.000 pts. Muchos aficionados -y entre ellos el autor- utilizamos para duplicar la focal inicial del telescopio los duplicadores fotográficos de calidad que se incorporan al cuerpo de la cámara, proporcionando excelentes resultados.

Con las monturas de baja calidad, los fabricantes no integran en el equipo el motor de seguimiento. Si lo hacen, la calidad del mismo no es que sea mala, sino pésima.

Hay distintas casas comerciales en el ámbito del Estado, a las que consultando por teléfono o por Internet, asesoran acerca de qué motores y controles disponen con garantía de calidad, para todas las monturas. En las Asociaciones de astrónomos aficionados asesoran sobre estas casas comerciales y sobre qué motorización necesita todo tipo de telescopios. La experiencia que tienen las Asociaciones es garantía absoluta para el equipamiento de nuestro telescopio.

Nunca nos cansaremos de repetir desde esta tribuna que, merece la pena esperar un tiempo para adquirir un telescopio de media-alta gama de calidad. Apresurarnos en la compra de un instrumento, agobiados por el deseo de mirar las estrellas y objetos celestes, nos da pie a cometer errores que no tienen vuelta atrás. No por correr y tener un telescopio -el que sea- vas a satisfacer tus ansias de Firmamento, sino que la simple visión de las bellezas celestes, obliga a pensar para aplicar lo razonado. Un buen funcionamiento de tu telescopio te ayudará a llegar donde tu desees.

Prepara tu equipo antes de las vacaciones, verifica su funcionamiento. Mejora aquello que no te satisfaga y te sentirás bien con los resultados. Así se desarrolla tu experiencia.

6.17 Observación lunar

Recuerdo que, a principio de los 80 del siglo pasado, a los pocos meses de pertenecer como socio a la Agrupación Astronómica VBE, adquirí un telescopio reflector de 150 mm de f y 1200 mm de focal. Mi primer objetivo observacional fue la Luna, nuestro satélite natural.

Siempre atrajo este objeto mi atención, que aún perdura después de 20 años. La primera impresión al observar la superficie selenita fué de éxtasis al ver sus cráteres, los llamados mares lunares, cordilleras, grietas, picos centrales, valles y las distintas tonalidades a medida que las sombras recorrían los accidentes lunares según el ángulo de los rayos solares incidían sobre ellos. Las interjecciones que salían de mis labios no se pueden reflejar sobre el papel porque dejaría en mal lugar mi cordura pasional ante la maravilla que mis ojos y mi espíritu recibían.

De chico, en verano, durante las vacaciones acompañaba a mis primos apacentando los rebaños en las montañas santanderinas. En infinidad de ocasiones en los atardeceres observaba la Luna a simple vista tumbado sobre la hierba, me preguntaba como sería su superficie, que había en ella, ¿habría vida?, de que estaba compuesta, ¿habría ríos, montañas y valles? Me estoy refiriendo a los años 60 del siglo pasado.

Así comenzó mi afición al cielo estrellado, que junto a las enseñanzas de mi padre por el cariño a la naturaleza, pastor en sus años juveniles, observador profundo de todo lo que se movía en la Tierra y en la Bóveda Celeste.

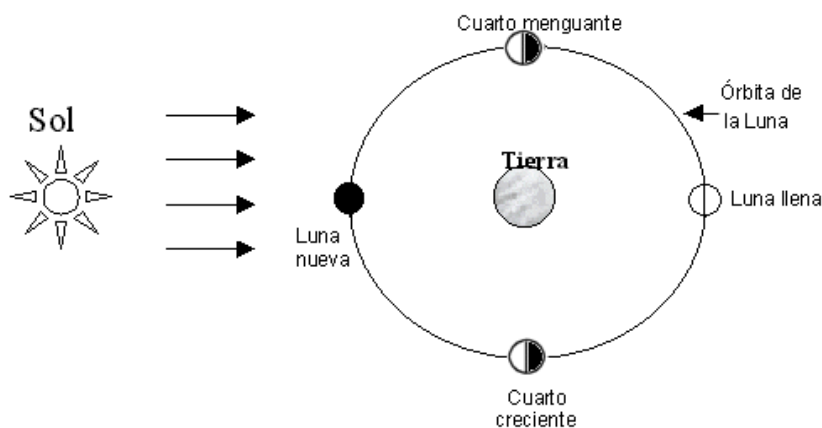
La primera observación lunar estuve pegado al ocular unas tres horas durante aquel cuarto creciente, recorrí la gran mayoría de todos los accidentes. Me enganchó en la observación de los cuerpos celestes y es hoy en día, mi debilidad en el registro fotográfico selenita.

La Luna contiene tal cantidad de aspectos físicos, que su estudio geológico y composición, permite al astrónomo que se inicia, experimentarse en el dibujo planetario, observación de su morfología craterizada y medida de la extensión de sus accidentes. Contemplar su superficie es relajante, por el simple placer de mirar.

La tenemos tan cerca (unos 350.000 Km.), que nos permite, incluso a telescopios pequeños, aplicar grandes aumentos, teniendo siempre en cuenta la apertura del objetivo, es decir, que podemos aplicar el doble de aumentos. Ejemplo, un diámetro de 114 mm del objetivo principal o primario podemos aplicar unos 200 aumentos sin apenas pérdida de luz.

Teniendo en cuenta este dato podemos decir que, un telescopio con el objetivo de 150 mm de diámetro y una focal primaria de 1200 mm, incorporando un ocular de 20 a 26 mm de focal, obtenemos unos aumentos entre 46 y 60. Los oculares mencionados nos dan unos campos aparentes que van desde los 40' a 60' según los fabricante lo que nos permitirá observar la Luna completamente, ya que el diámetro angular aparente de la Luna vista desde la Tierra es de 1 ° (30'), por tanto, entra en los oculares que he puesto como ejemplo, enteramente. Si utilizamos oculares de focales más cortas, por ejemplo, los comprendidos entre 9 y 18 mm de focal, la visión lunar se ve reducida a zonas, lo que nos ayudará a registrar detalles más finos de la superficie de nuestro satélite en la medida que aumentamos los aumentos.

Es de dominio general el llamado ciclo lunar que tiene una duración de unos 29,5 días de media, las cuales nos permite observar cambios continuos de los contornos de su superficie. La órbita que realiza la Luna alrededor de nuestro planeta, nos da una imagen cambiante de su cara iluminada produciendo cuatro fases, popularmente conocidas como luna nueva, cuarto creciente, luna llena y cuarto menguante. Las fases de luna nueva y luna llena también son conocidas como novilunio y plenilunio, siendo explicadas todas ellas por la posición que toman la Tierra y la Luna con respecto al Sol, como muestra la imagen.



Cuando se produce el novilunio, la Luna se sitúa entre el Sol y La Tierra posicionándose nuestro Planeta, por encima o por debajo de la línea recta que nos une a nuestra estrella. Después de unos siete días aproximadamente de la Luna nueva culmina el cuarto creciente, también llamado primer cuarto, que visto desde la Tierra es medio círculo iluminado, apuntando su curvatura hacia la puesta de sol (oeste), en tanto que el otro medio círculo está en absoluta oscuridad.

El medio círculo iluminado sigue creciendo y aumentando su forma gibosa, que al cabo de 14 días y medio después del novilunio, la cara visible de la Luna aparece en su totalidad esplendorosamente iluminada, llamada esta fase Luna llena. En este punto la Tierra se sitúa entre el Sol y la Luna. A partir de ese momento el primer cuarto iluminado va decreciendo de forma gibosa y al cabo de 21 días aproximadamente desde la Luna nueva, llega ésta al cuarto menguante, también llamado segundo cuarto, cuya iluminación del medio círculo apunta su curvatura hacia la salida del Sol (este).

El período lunar continúa reduciendo el área iluminada de nuestro satélite y apareciendo este como un simple arco tenuemente iluminado, alcanzando baja altura sobre el horizonte este, finalizando el período lunar con el nuevo novilunio (luna nueva) desde que inició, el anterior transcurriendo 29,5 días, y así da comienzo la nueva lunación.

La Luna en su órbita de traslación (órbita alrededor de la Tierra) tarda el mismo tiempo que dar una rotación sobre su eje. Esta es la causa que hace posible observar desde la Tierra la misma cara iluminada de la Luna. En realidad, observamos algo más del 50% de su superficie debido a varios movimientos específicos que la Luna desarrolla debido a la proximidad con la Tierra. De ellos hablaremos en otro momento, debido a su importancia.

En la fase de Luna llena, esta se presenta con toda su grandeza. La intensidad luminosa es muy elevada y en lugares sin contaminación lumínica es posible la lectura sin apenas esfuerzo ocular.

Con instrumentos de apertura del diámetro superiores a los 114 mm, molestan las retinas del observador, incluso las puede dañar. En mi caso, hace unos años observando la luna llena con un Schmidt Cassegrain de 200 mm de diámetro y sin filtro amortiguador sentí a los pocos segundos molestias que se mantuvieron una semana. Aconsejo que la observación en la fase de iluminación total del disco lunar, se realice con la protección de un filtro verde o amarillo que amortigüe la luz.

Durante esta fase lunar la luz que nos llega, sólo permite observar grandes extensiones oscuras y claras acompañadas de matices que van desde el blanco-amarillo hasta el gris oscuro. También se distinguen los gigantescos rayos brillantes que surgen del cráter de impacto llamado Tycho, diversas estructuras de otros cráteres, y afinando el enfoque podemos visualizar en los extremos del disco iluminado (limbo) muchas formas estructurales de la superficie lunar.



No obstante, serán los cuartos crecientes, menguantes y días intermedios cuando las observaciones nos darán mayores satisfacciones, puesto que en la Luna, aparece el llamado terminador, que es la línea que divide la luz, de la sombra sobre la superficie selenita. Este efecto visual



realza los accidentes lunares. La luz del Sol "dibuja" los contornos de los cráteres, cordilleras, grietas y mares, permitiendo la visión de detalles en los mismos.

Amaneceres y atardeceres en la Luna vistos desde la Tierra, por ejemplo sobre los cráteres, conforman distintas sombras en cada salida y ocaso, datando la escala de grises e intensidades de los mismos. El ángulo dado por los rayos de luz solar que inciden sobre la superficie lunar, permite observar la altura de los picos centrales que contienen muchos de los cráteres, y observando con claridad las terrazas de los circos, delimitando cordilleras, resaltando grietas y cañones entre los llamados mares de la cara iluminada.

La zona del Polo Sur lunar es la menos visitada por los aficionados, que en muchas ocasiones nos limitamos a los paralelos centrales. La observación del Polo Sur es de una belleza inmensa. La zona está plagada de cráteres que por la perspectiva aparecen ante nuestra vista amontonados, deformados en dirección este-oeste, unidos por sus paredes unas aterrazadas y otras lisas, en algunos se distinguen sus picos centrales, como estacas que quisieran medir sus alturas. Es impresionante la visión telescópica.

Un ejercicio reconfortante es, realizar durante varios días en las fases de creciente y menguante, un dibujo de la superficie lunar del Polo Sur, recogiendo los cráteres y accidentes que se encuentren en ella. Esta tarea de entretenimiento, nos ayudará a ser exhaustivos en la observación planetaria, acostumbrándonos a anotar todo aquello que vemos, preparándonos para ser observadores críticos en el estudio y análisis del Universo.

Esta octava entrega no trata de hacer un recorrido por la Luna, analizando todos los accidentes, composición, lugar, edad y medidas no, lo que busco es, animar a los aficionados que os iniciáis en la observación planetaria, a que echéis raíces en la observación, y que ésta la realicéis exhaustivamente y con espíritu crítico. Aprender de lo que se observa, dibujarlo y analizarlo, nos dará la experiencia necesaria para poder aportar estudios concretos y serios, además de la satisfacción que se siente ante la belleza contemplada.

¿Qué mejor que comenzar con lo más cercano?. Lo más cercano es nuestro satélite natural, la Luna. La distancia media que nos separa de ella es de unos 384.000 Km. Como antes mencionábamos su diámetro angular visto desde la Tierra es de medio grado. Con un modesto telescopio podemos recorrer toda su superficie (cara iluminada). Como ya sabéis, todos sus accidentes geológicos tienen sus propios nombres.

Desde que Galileo se asomó con su pequeño refractor a la Luna, comenzó la elaboración de los primeros mapas lunares. A principios del siglo XVII Michel Floret Van Langren, elaboró el primer mapa lunar hacia el año 1645. Continuó con Hevelius y Giovanni Baptista Riccioli, marcando unas pautas a la nomenclatura en uso. Después contribuyeron a la nomenclatura J.M. Schröter, W. Beer y J.H. Mädler. Ya en el siglo tan cercano como el pasado, se creó la I.A.U (Unión Astronómica Internacional), que sentó las bases y la única con autoridad desde entonces, para nominar y realizar cambios.

Los datos actuales y que nos sirven de base so la nomenclatura de unos 6.240 cráteres en la cara visible, unos 800 de los cuales llevan su nombre propio y unos 5.450 se identifican con una letra griega o latina que se le añade al nombre propio del cráter más cercano.

Este lo realizó brevemente, puesto que la historia de la nominación de todos los accidentes lunares estuvo plagada de distintas metodologías en la cartografía de nuestro satélite natural, hasta que la I.A.U puso orden en la 2ª y 3ª década del siglo pasado.

En la divulgación de los conocimientos astronómicos muchos autores, una vez asentados en su tarea, remiten muy poco las fuentes de las que ellos se alimentaron, unas veces por celo profesional y otras por "olvido".

Cuando el que suscribe entró como socio de la Agrupación Astronómica Vizcaína, recuerda que, el Vicepresidente y que actualmente sigue, me dijo estas palabras: el conocimiento adquirido por la humanidad en todos sus órdenes, no debe ser ocultado nunca. Este principio intento que sea el baluarte de nuestra Asociación para todos los aficionados.

Con ese mismo objetivo quiero remitiros a aquellas obras escritas, de las que yo y muchos aficionados bebimos, y que os ayudarán a escudriñar, palmo a palmo la superficie y composición lunar. Me remito fundamentalmente a las obras en castellano, que son las únicas que yo he utilizado y que aún sigo utilizando, exceptuando mapas, que normalmente están en lengua anglosajona:

"La Luna. Selenografía para telescopios de aficionados". Julio C. Montejó. Equipo Sirius

"La Luna. Estudio básico". José Violat y Purificación Sánchez, Equipo Sirius. Antares.

La revista "Tribuna de Astronomía y Universo" que edita el equipo Sirius, contiene las direcciones y teléfonos para adquirirlos. En muchos de sus números publicados, hay artículos muy valiosos sobre la Luna

Mapa lunar

Mapa lunar (cuadrantes)

Las dos caras de la Luna

"Antares" (revista de Tribuna de Astronomía y Universo).

7. Astrofotografía

7.1 Astrofotografía básica

La astrofotografía básica es aquella que no requiere el empleo de sofisticados instrumentos como un telescopio, una montura ecuatorial, motor seguimiento, etc.

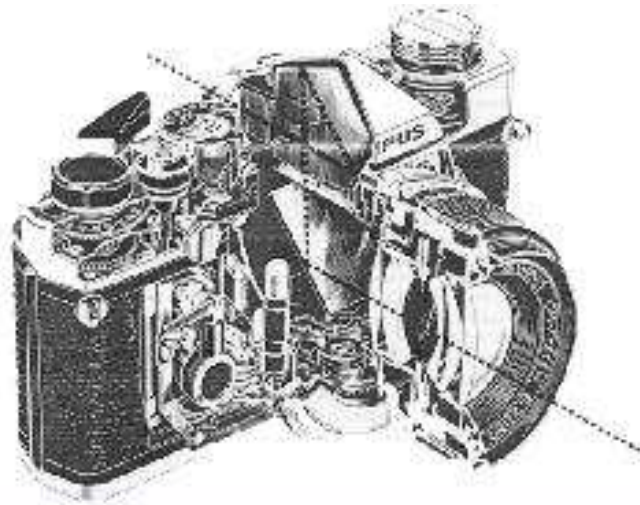
Material necesario

Cámara réflex: Estas cámaras permiten cambiar los objetivos y están preparadas para el uso de un disparador de cable, nosotros hemos de dar el tiempo de exposición que creamos preciso, no nos conviene la cámara fotográfica automática. Necesitaremos disponer de la opción "B" (de pose), para hacer fotografías manualmente.

Objetivos: La mayoría de las cámaras réflex van dotadas de un objetivo de 50 mm, o 55 mm, siendo las más idóneas para hacer la mayoría de las fotografías que no precisan telescopio. Si se dispone de otros objetivos nuestras posibilidades aumentan. Si se desea fotografiar las constelaciones o las conjunciones planetarias, la Vía Láctea, las nebulosas extensas o los campos de galaxias se seleccionará un campo relativamente amplio como el suministrado por un objetivo de 35 a 85 mm de distancia focal (para un formato de 24x36). Un gran angular nos permitirá tomar más campo del cielo aunque deforma la imagen. Si nos interesa una región del cielo más precisa, un cúmulo estelar nos será más útil un teleobjetivo de 100 a 300 mm. Un teleobjetivo reducirá el campo y será interesante hacer fotos por ejemplo de las Pléyades que el telescopio separaría demasiado. Para cualquier objetivo, hay que enfocar al infinito con el diafragma totalmente abierto, siempre que no haya demasiada luz ambiental (por ejemplo Luna llena o luz parásita) que en este caso conviene cerrar un poco el diafragma y hacer algunas pruebas. En cualquier caso, hay que elegir un objetivo lo más abierto posible y no diafragmarlo, para recoger la máxima cantidad posible de luz.

Trípode: Es imprescindible para dar estabilidad a la cámara fotográfica, es necesario para obtener fotos que requieran largos tiempos de exposición.

Disparador de cable: Nos permite disparar la cámara sin apretar el botón, favoreciendo la ausencia de vibraciones y reduciendo el peligro de que la fotografía quede movida.



La mejor opción para iniciarse en astrofotografía son las cámaras réflex mecánicas de paso universal 24x36.

Películas

Color: Las películas en color perciben mejor que el ojo la diferencia de coloración entre las estrellas; las fotografías de constelaciones en color son muy hermosas. Los resultados demuestran que las diapositivas en color dan mejores resultados que el papel. Además se puede pasar de diapositiva que nos interesa a papel, sin perder calidad, mientras que de papel a diapositiva conlleva complicaciones. Si queremos fotografías las puestas y salidas del Sol, o de la Luna, es suficiente usar una película de 100 ASA. Si lo que nos interesa es fotografiar constelaciones, planetas el tiempo de exposición ha de ser mucho más largo y se deberá usar una película mucho más sensible, como una película de 1000 ASA.

Blanco y negro: Las películas en blanco y negro nos permitirá trabajar más fácilmente desde una ciudad ya que no afecta la contaminación y luminosidad ambiental. Además hay dos ventajas, una es su precio, y la otra es que uno mismo puede revelar el material, consiguiendo unas copias con más o menos contraste. Conviene utilizar una película con más sensibilidad que 100 ASA. En el mercado podemos encontrar películas con sensibilidades que van desde 400 ASA, 800 ASA, hasta 3200 ASA, suficiente para nuestras necesidades. Si llevamos a revelar las fotografías al laboratorio hay que decirle que se trata de fotografías astronómicas para que no nos digan que no hemos fotografiado nada.

Ocultación manual



Procedimiento denominado "ocultación manual" evitándonos que las fotografías queden movidas debidas a las vibraciones del espejo de la cámara fotográfica.

Un truco es la ocultación manual, es un procedimiento fundamental para el éxito de una foto. Sólo con dicho sistema se pueden evitar las vibraciones causadas por el levantamiento del espejo de la cámara. Se recorta un disco o rectángulo de cartón cuyo diámetro sea un 20 % mayor que el diámetro de la abertura instrumento, y se colocará un mango de 20 cm. de largo, de modo que se parezca a una raqueta. A dicho disco o rectángulo se le pintará de negro mate para evitar las reflexiones parásitas. Con el cuerpo fotográfico acoplado al trípode, o en el telescopio, se sostiene la raqueta a varios centímetros del objetivo, se dispara en pose B con un disparador de cable y se espera unos 10 segundos antes de apartar la raqueta. Tras la exposición se vuelve a colocar delante de la entrada del objetivo sin tocarlo y se cierra el obturador con el disparador.

Tabla de los tiempos de exposición

El tiempo de exposición dependerá del objetivo de la cámara, de la sensibilidad de la película, de la magnitud límite que se desee alcanzar, del estado del cielo, etc... Cuando realicemos una fotografía, siempre hay que proceder de la misma manera. A continuación se da una tabla orientativa de los tiempos de exposición para un objetivo de 50 mm. según la sensibilidad de la película y el cuerpo celeste que nos interesa.

TIEMPOS DE EXPOSICIÓN SEGÚN SENSIBILIDAD DE LA PELÍCULA Y LOS OBJETOS QUE NOS INTERESAN PARA UN OBJETIVO DE 50 mm.		
Objetivo	Películas	Tiempo de exposición
Vía Láctea Constelaciones	Color: Ektachrome 200 y 400, Kodak Color Gold 1600. B&N: T-Max 400 y P3200.	40-50 segundos
Luna	C o l o r : Kodachrome 64, Ektachrome 100 HC, Ektachrome 400, Fujichrome 400. B&N: Tri-X Pan, T-Max 100 y 400.	De 1/500 segundos a 4 segundos
Conjunciones planetarias	C o l o r : Kodachrome 64, Ektachrome 64, Ektachrome 400. B&N: Carece de interés.	1-3 segundos
Cometas brillantes	Color: Ektachrome 800 y 600, Fuji 1600. B&N: Kodak Technical Pan 2415, T-Max 400, Agfapan 400 Professional.	40-50 segundos
Meteoritos	Color: Ektachrome 400. B&N: Kodak Tri-X Pan, Ilford HP 5 Plus, T-Max 400.	15-25 minutos
Asteroides	Color: FujiChrome 100 B&N: T-Max 400	30 segundos a 1 minuto
Bóveda Celeste	Color: 3M 1.000 ASA, VR-1000, Fuji-1600 ASA. B&N: TMax-400.	30 minutos a 1 hora

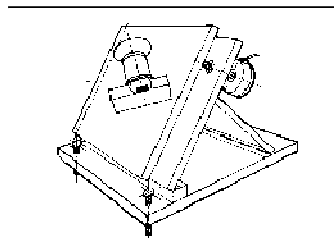
Campo fotografiado

La siguiente tabla nos da el campo fotografiado sobre un formato 24x36 en función de la focal del objetivo utilizado:

CAMPO FOTOGRAFIADO SEGÚN LA FOCAL DEL OBJETIVO	
FOCAL (mm.)	CAMPO
24	74° x 50°
28	64° x 46°
35	54° x 38°
50	40° x 27°
85	24° x 16°
100	20° x 14°
135	15° x 10°
200	10° x 7°
300	7° x 5°

Plancheta ecuatorial

Para luchar contra la rotación del cielo, es decir, para fotografiar el cielo hace falta una montura ecuatorial, pero los astrónomos aficionados que no dispongan de ella pueden construirse por sí mismo una plancheta ecuatorial, es un sistema sencillo con el que paralizar el cielo durante unos minutos. tiempo más que suficiente para obtener bellas fotografías de cometas brillantes, de la Vía Láctea, de extensos campos estelares, etc...



Plancheta ecuatorial denominada "batiente de puertas".



En estas dos fotografías se muestran, a la izquierda, una plancheta ecuatorial "batiente de puertas", mientras que el de la derecha es una plancheta accionada con un reloj despertador que hace la función de motor.

Aquí no se va a explicar su construcción, sino que lo comentaremos de paso, para ello hay algunos libros donde explican cómo construirlo.

Si hemos construido una plancheta ecuatorial, nuestras posibilidades de realizar fotografías astronómicas son mayores que en astrofotografía básica, ya que disponemos de un sistema ecuatorial que contrarresta la rotación terrestre. La tabla siguiente da las focales y los tiempos de exposición según el objeto celeste fotografiado:



Fotografía de Taurus y las Pléyades, realizada con una plancheta ecuatorial, 5 minutos de exposición y T-Max 400 ASA, por el autor.

FOCALES Y TIEMPOS DE EXPOSICIÓN SEGÚN EL OBJETO CELESTE CON UNA PLANCHETA ECUATORIAL		
Objetivo	Focal	Tiempo de exposición
Constelaciones	50-100 mm.	1 a 3 minutos
Vía Láctea	21-50 mm.	10 a 20 minutos
Cometas	135-200 mm.	15 a 20 minutos
Nebulosas	100-200 mm.	15 a 20 minutos
Galaxias	100-200 mm.	20 a 25 minutos
Cúmulos abiertos	50-200 mm.	5 a 10 minutos

7.2 Astrofotografía avanzada

Por astrofotografía avanzada entendemos aquella que requiere el empleo de sofisticados instrumentos de observación, un motor de seguimiento, un preciso guiado, diversos materiales como adaptadores para poder acoplar la cámara fotográfica al portaocular del telescopio, etc...

Cualquier tipo de telescopio que reúna unas mínimas características puede usarse para la fotografía astronómico. Los telescopios más usados por los astrónomos aficionados son los refractores y los reflectores. Si nuestro telescopio es un refractor, una abertura de 60-70 mm de abertura será suficiente para la astrofotografía, mientras que si es un reflector, nos bastará una abertura de 125 mm. Pero cuanto mayores sean las aberturas mayor número de objetos podemos abordar.

Se admite que los refractores son los más idóneos para las fotografías lunares y planetarias y que los reflectores son más adecuados para la fotografía de cielo profundo.

Material imprescindible

Para hacer fotografías con telescopio necesitaremos casi los mismos materiales que en astrofotografía básica, estos son:

Cámara réflex: Estas cámaras se pueden acoplar a los telescopios con mucha facilidad.

Disparador de cable: ya explicado en astrofotografía básica.

Objetivos: Para acoplar la cámara al telescopio quitaremos el objetivo de la cámara fotográfica y está función la hará el propio telescopio. Se acopla el cuerpo de cámara al telescopio a través de un adaptador especial . Estos acopladores se comercializan en las ópticas especializadas y dependen de la característica del telescopio y de la cámara fotografía utilizada.

Motor de seguimiento: Si se trabaja con muchos aumentos, aunque el tiempo de exposición no sea excesivo, es recomendable acoplar al telescopio un motor de seguimiento que corrija el movimiento de rotación terrestre.

Oculares: Se puede realizar fotografías telescópicas sin oculares y con oculares, si se realizan con oculares la imagen aumenta, pero atención cuanto más aumentos tengamos, más disminuirá la luminosidad y el contraste de la imagen, aumentando las oscilaciones y el peligro de que la imagen nos quede movida. Si ponemos mucho aumento, la imagen es tan sensible que hasta el viento la pueda hacer mover.

Aquí también se puede utilizar la raqueta o un simple cartón pintado de negro mate, para evitar la más mínima vibración de la cámara cuando se dispara el obturador al hacer la fotografía, que nos servirá para tapan la abertura del telescopio sin tocarlo, justo antes de accionar el disparador de cable, retirando el cartón seguidamente. Damos el tiempo de exposición que creamos conveniente y para acabar volveremos a tapan con el cartón la abertura del instrumento, y soltamos el disparador.

Acoplar la cámara al telescopio

Foco primario

Un telescopio, al igual que una cámara fotográfica, básicamente es un sistema para formar una imagen de un objeto; la diferencia entre ambos es que, la imagen formada por un telescopio lo origina un ocular ampliándola, mientras que la cámara fotográfica forma su imagen en el negativo a través de su objetivo.

El mejor método para tomar fotografías astronómicas es a través de un telescopio con la ayuda de la cámara fotográfica, el cuerpo de la cámara (normalmente una réflex), sin el objetivo, se coloca en lugar del ocular a través de un adaptador, disponible en el comercio.

Con todos los telescopios es posible el foco primario, aunque algunos son más satisfactorios que otros.

Si se coloca el cuerpo de la cámara en lugar del ocular y se enfoca la imagen en el negativo o en la película, se debe mover retrocediendo el tubo de enfoque del telescopio hacia atrás, más allá del plano de la imagen original, y no todos los telescopios darán el recorrido necesario. Con los refractores y con los Cassegrain no hay problema, y con los Schmidt-Cassegrain y Maksutov-Cassegrain el recorrido es bastante amplio, unos 40 cm. para el Celestron 8.

El problema se incrementa con el newtoniano, ya que sólo proporciona un centímetro o dos para recorrer hacia atrás, lo justo para ajustar las diferencias entre los oculares. Puede incrementarse el mismo moviendo el espejo principal de la montura unos 5 cm hacia adelante de su posición original en el tubo. Cuando eso se haya hecho, es necesario introducir un tubo más prolongado cuando se vaya a usar los oculares para obtener la nueva posición del plano de la imagen. Sin embargo, es mucho mejor no modificar el telescopio y usar otra de las configuraciones ópticas que no requieren el mencionado recorrido extrafocal como el afocal o la proyección positiva.



Modalidad de telescopio sin ocular y cámara sin objetivo o a "foco primario".

El método afocal

El método fotográfico denominado foco primario tiene un gran inconveniente: requiere un notable recorrido extrafocal, más de lo que muchos telescopios pueden proporcionar. El método afocal carece de ese inconveniente y tiene como punto a su favor en el hecho de que la cámara y el telescopio pueden mantenerse con unos trípodes por separado, previniendo de cualquier vibración del obturador de la cámara al telescopio.

Si se dispone de una cámara fotográfica lo primero que se le ocurre al principiante es fotografiar tras el ocular situando el objetivo de la cámara en vez del ojo. Sin embargo, es muy difícil alinear la cámara fotográfica con un trípode justo en el eje del telescopio. El enfoque es impreciso y es imposible realizar una exposición de más de medio segundo debido al movimiento diurno. No se recomienda este procedimiento.

Proyección positiva

Los fabricantes de telescopios suministran un conjunto acoplador de cámara, mediante el cual se puede utilizar este sistema, dentro del acoplador se puede colocar una lente, en este caso un ocular para aumentar las imágenes. Es el sistema más empleado para efectuar tomas lunares y planetarias. Aquí conviene hacer uso de un disparador de cable.

Proyección negativa



Otra configuración común es colocar una lente negativa (cóncava) en la trayectoria de la luz que proviene del telescopio; su efecto es ampliar la longitud focal resultante, luego es un dispositivo inapreciable para la fotografía lunar y planetaria.

Hay dos tipos de lentes comúnmente utilizados en proyección negativa son: la lente Barlow, diseñada para uso visual con los telescopios, y el teleconvertidor (dobladores o triplicadores) destinado para ser usado con la cámara y su correspondiente objetivo. Una lente de Barlow es una lente divergente que se sitúa en el trayecto de los rayos luminosos poco antes del foco del telescopio. Las Barlow de buena calidad no están formadas de una sola lente, sino por dos acopladas, lo que permite atenuar la aberración cromática. El teleconvertidor da buenas imágenes con un amplio y plano campo, y a menudo cumple mejor con telescopios que con el teleobjetivo.

Reductor

El reductor es todo lo contrario a la proyección negativa: la lente insertada en el cono de luz convergente es una lente positiva (convergente) y sirve para hacer la imagen más pequeña en vez de ampliarla. Aquí lo racional es que reduce la relación focal y por tanto hay que reducir el tiempo de exposición necesario para los débiles objetos de cielo profundo). Se observa que F_2 es positiva, pero S_1 y M todavía son negativas. Se aplican las mismas fórmula que en una proyección negativa.

La lente reductora (también denominada telecompresor) generalmente es un acromático sencillo -con frecuencia se usan los objetivos de binoculares- montado con su parte más plana hacia el film. También son muy probables las aberraciones

Es una buena idea recordar que el tamaño de las imágenes reducidas pueden también obtenerse con el método afocal y con la proyección positiva.

Películas usadas en astrofotografía

Una película fotográfica es una superficie sensible a la luz. Está construida por un soporte sobre el que se ha aplicado una fina capa de una emulsión de cristales de plata en gelatina, dichos cristales se llaman fotosensibles, ya que la luz modifica su estructura interna.

Un tratamiento químico como el revelado hace posible distinguir los cristales que han recibido luz de aquellos que no han sido expuestos a ella: después del revelado, el cristal, constituido por bromuro, cloruro o yoduro de plata, se transforma, si ha sido iluminado, en plata metálica negra. En las zonas en que la película recibe mucha más luz, todos los cristales se habrán ennegrecido, en las zonas no iluminadas, sin embargo, pocos cristales están ennegrecidos.

La sensibilidad de la película es el concepto que permite conocer la iluminación que necesita. La escala que más se emplea para caracterizar la sensibilidad de las películas es la escala ASA : una película de 200 ASA es doblemente sensible que una película de 100 ASA. Se dice que las películas sensibles son "rápidas", ya que para un mismo objeto fotografiado, se precisa de tiempos de exposición más cortos; por el contrario, a las películas poco sensibles se les llama "lentas".

Las películas se clasifican en tres grandes grupos:

Películas ortocromáticas: sitúan su respuesta en el azul y son extensivos al verde.

Películas pancromáticas: sitúan su respuesta a lo largo de todo el espectro visible siendo extensivos al rojo.

Películas infrarrojas: sitúan su respuesta en la banda infrarroja del espectro en los 650 nm hasta los 1.200 nm.

Hay unas películas denominadas espectroscópicas que son emulsiones de blanco y negro que han sido especialmente fabricadas para la detección de débiles fuentes luminosas como son las estrellas, nebulosas, galaxias, etc.

Dentro de las existentes, hay algunas que llevan la letra "a", viene de "astronómica", y significa que estas emulsiones aminoran o presentan una pequeña desviación a la ley de reciprocidad, y son muy apropiadas para exposiciones largas.

Las de la serie 103a de Kodak son las más asequibles al aficionado, comercializándose en el formato 24x36. Entre ellas destaca:

103a E: el pico de sensibilidad se sitúa en la banda roja del espectro, terminando su respuesta hacia los 670 nm. Es la película ideal para el registro de nebulosas brillantes de emisión.

103a F: su sensibilidad se sitúa a lo largo de toda la banda visible del espectro. Su empleo se extiende para todos los objetos de "cielo profundo".

103a O: es una película ortocromática, situándose su máxima sensibilidad entre los 300 y 500 nm. Es adecuada para captar nebulosas de reflexión y para todos los objetos que emitan en la banda azul del espectro.

PELÍCULAS CORRIENTES DE ALTA DEFINICIÓN		
Sensibilidad	Agfa	Kodak
10 ASA (ortocromática)	—	Recordak (10 ASA)
25 ASA	Agfaorto 25 (25 ASA)	—



PELÍCULAS CORRIENTES PANCROMÁTICAS DE SENSIBILIDAD MEDIAS			
Sensibilidad	Agfa	Ilford	Kodak
25-50 ASA	Agfapan 25 (25 ASA)	Pan F (50 ASA)	Panatomic (32 ASA)
100-125 ASA	Agfapan 100 (100 ASA)	FP 4 (125 ASA)	Plus X (125 ASA)
400 ASA	Agfapan 400	HP 4 HP 5	Tri X

Fallo de Reciprocidad o efecto Schwarzschild

Imaginemos que la fotografía de un objeto exige un tiempo de exposición de 1/100 de segundo: la fotografía de un objeto 10 veces menos luminoso precisará un tiempo de exposición 10 veces más largo, es decir, 1/10 de segundo. Es lo que se llama la ley de reciprocidad: el producto $h = E \times t$ es constante.

Esta ley se verifica para los tiempos de exposición que sobrepasan a un segundo. Para la mayoría de las películas más usadas cuanto más largo sea el tiempo de exposición más se separará de la ley de reciprocidad.

Hay dos soluciones para luchar contra este inconveniente:

- 1) las películas corregidas contra el efecto Schwarzschild: son las películas Kodak que no se separan de la ley de reciprocidad para exposiciones inferiores a una hora; son las películas caracterizadas en los catálogos por la letra "a": IIA0, 103aF...las películas 103a tienen la misma sensibilidad que una película de 80 ASA, para tiempos de exposición cortos; pero decrece poco a pesar de las exposiciones largas; así una exposición de 7 minutos de una película 103a, tiene el mismo resultado que 20 minutos sobre un 400 ASA normal.
- 2) la hipersensibilización: consiste en someter una película no corregida inicialmente, antes de su exposición, a un tratamiento químico.

La forma más apropiada de calcular el efecto del fallo de reciprocidad por la clásica fórmula de Schwarzschild es :

$$\text{Velocidad actual} = \text{velocidad valorada} \times t^{(p-1)}$$

donde t es el tiempo de exposición en segundos y p , conocido como el exponente de Schwarzschild, es un número que varía con las películas, de 0.65 a 0.75 para las películas típicas 400 ISO, de 0.8 a 0.9 para las películas como Technical Pan 2415 y la serie T-Max, y de 0.95 a 1.0 para las películas que muestran una pequeña desviación en el fallo de reciprocidad (tales como las películas hipersensibilizadas por forming gas).

Filtros de color

Existe una amplia gama de filtros, según el tipo de observación que se va a realizar. Se trata de filtros comúnmente usadas en fotografías, son filtros de cristal o gelatina coloreadas. Dependiendo de la marca se puede encontrar en una variedad de formas, dimensiones y respuestas espectrales. Es recomendable evitar las de gelatina ya que se erosionan fácilmente. Las casas más conocidas son Kodak y Shott.

Estos filtros se colocan entre el ocular y el ojo, o bien enroscados sobre el ocular en los Celestron.

Cada observador lunar o planetario debe disponer un juego de filtros ya que son imprescindibles para la visibilidad de ciertos detalles atmosféricos y superficiales de los planetas, así como la apreciación de sus matices.

La luz es el elemento fundamental de la fotografía y al estar compuesta por varios colores hace que la respuesta de una película sea diferente en función del tipo de longitud de onda que lo impresione. Hay que contar con unos filtros para seleccionar las distintas longitudes de onda y obtener la respuesta deseada.

Entre las características generales de un filtro cabe destacar:

Transmitancia espectral (T): es la cantidad de luz que transmite un filtro, la T varía en función de la longitud de onda incidente entre 350 y 750 nm (nm = nanómetro = 10^{-9} m) para el espectro visible, y es expresada en tantos por ciento (%); por ejemplo, una transmitancia del 95% (0,95) nos indica que el filtro absorbe un 5% y permite el paso del 95% de la radiación.

Absorción: es la propiedad que tiene un filtro de eliminar ciertos colores.

Ciertos filtros reducen los efectos de la contaminación lumínica que produce las grandes ciudades conocidos como "filtros LPR y bloquean el paso de las longitudes de onda verdes y amarillas, aquellas que emiten los alumbrados y las farolas de la calle pero que transmiten los colores verdes-azulados y rojos de las nebulosas. Aunque estos filtros también mejoran la observación de los cúmulos de estrellas y de las galaxias, su principal función es realzar las nebulosas de emisión con una mayor claridad.



8. Utilidades para el iniciado

8.1 Libros de astronomía

A la hora de comenzar en la afición, es importante que además de la observación, adquiramos, por un lado, conocimientos sobre astronomía, y por otro apoyarnos en libros de referencia que faciliten y guíen nuestra actividad. Existe gran cantidad de literatura sobre el tema, pero alguno hay que elegir. Estos son los que os proponemos, la mayoría considerados clásicos entre lo escrito sobre Astronomía:

Teoría, historia y divulgación:

Cosmos. Carl Sagan. Ed. RBA Editores. ISBN 84-87634-59-1. Todo un clásico de este maestro de la divulgación recientemente fallecido.

El universo. Isaac Asimov. Ed. Alianza Editorial. ISBN 84-206-1458-0. Historia y teoría unidas en un estilo fácil de leer típico del autor.

Historias del universo. Telmo Fdez. Castro. Ed. Espasa. ISBN 84-239-7753-6. Igual que el anterior, combina historia y teoría de la Astronomía de una forma amena que expone los avances de la Humanidad en el conocimiento del Cosmos.

Corazones solitarios en el Cosmos. Dennis Overbye Ed. Planeta. El autor relata de forma amena la historia de la cosmología del siglo XX, conoceremos cómo vivían, trabajaban y pensaban los principales astrofísicos del momento; sus descubrimientos, los enfrentamientos, las controversias, los logros, los fracasos, sus amigos, sus enemigos, etc.

Observación, Práctica y guías de campo:

Manual práctico del astrónomo aficionado. Jose M. Oliver. Ed. De Vecchi. ISBN 84-315-0043-3. J.M. Oliver, Presidente de la Agrupación Astronómica de Sabadell presenta un práctico libro de iniciación a la astronomía y la observación.

Guía del Firmamento. Jose Luis Comellas. Ed. Ediciones Rialp. ISBN 84-321-1976-8. Considerado como la "Biblia" del observador, el autor describe los objetos observables en las distintas épocas del año y con diferentes instrumentos. Ahora, en su 5ª edición, presenta un formato más pequeño, más adecuado que los anteriores para su utilización durante las observaciones. Una verdadera joya.

Guía de Campo de las estrellas y los planetas. Donald Menzel y Jay Passachoff. Ed. Omega. ISBN 84-282-0749-6. La guía de campo por excelencia. De pequeño tamaño (19x12cm) y robusta encuadernación aguanta cualquier trato. Incluye 24 mapas estacionales y 52 cartas estelares hasta la magnitud 7,5 además de 2500 objetos.

Guía del Cielo. Ed. Cuadernos Procivil. ISBN 84-920442-8-4. Una pequeña guía de campo (50 páginas) que se edita anualmente y muestra el cielo observable a simple vista así como las efemerides anuales (planetas, eclipses, lluvias de meteoros). Recomendable para los no iniciados.

8.2 Consejos para comprar un telescopio

Lo menos importante es el aumento del telescopio. Una buena referencia del máximo aumento que podrás obtener es de 50 aumentos por cada pulgada (2,5cm) de apertura de la lente principal (un telescopio de 3 pulgadas debe tener un aumento máximo de 150). Por encima de este valor, la imagen comienza a aparecer difusa.

Lo más importante es la apertura o diámetro de la lente principal, ya que en la medida que éste sea mayor, mayor será la cantidad de luz que capta, permitiendo ver un mayor número de estrellas y objetos del "espacio profundo".

Básicamente son 3 los tipos de telescopios, a grandes rasgos:

- Newtonianos o reflectores: que usan un espejo cóncavo (de allí el nombre reflector).
- Refractor: que usan una lente en la parte frontal, como un catalejo.
- Smith-Cassegrain o catadióptricos: combinación de lente y espejos.
-

Los Newtonianos o reflectores ofrecen mayor apertura (recuerda: diámetro de lente) por la misma cantidad de dinero. En USA un reflector de 4" puede costar 400-500 dólares, mientras que un refractor del mismo diámetro está en 1000 dólares o más. Estos últimos son preferidos por muchos principiantes que gustan de observar planetas, pues ofrecen imágenes un poco más finas que los reflectores. Para los que gustan de observar los objetos de "espacio profundo" son mejores los reflectores.

Como una primera compra son igual de buenos un REFRACTOR de 80 a 90 mm o un REFLECTOR de 4.5" -, ambos de desempeño similar y precio en EE.UU. entre 400 y 600 dólares.

La ventaja de telescopios de diámetros mayores es la cantidad de detalles que se puede apreciar con ellos. Con un REFRACTOR de 60 mm se puede apreciar los cinturones de Júpiter. Con uno de 100 mm se puede ver la estructura interna de los cinturones y con uno de 200 mm detalles mucho más específicos. Con uno de 4" un "star cluster" se ve como una pequeña esfera difusa y con uno de 168 mm ya se ven las muchas estrellas que forman ese "cluster". Con uno de 4" una galaxia en espiral se ve como un globo, con uno de 200 mm ya se ven los brazos de la espiral.

Lo anterior puede llevarte a pensar que lo mejor es un telescopio lo mayor posible. ¡Sin embargo -palabras de astrónomos con muchos años de experiencia- con un REFRACTOR de 80 mm uno tiene suficiente cosmos para ver y estar entretenido durante años!. Además, MUY IMPORTANTE, es la portabilidad del telescopio, pues si como todos los ciudadanos debes salir de la ciudad para hacer las observaciones, el acarrearlo y armarlo puede convertirse en una molestia constante. El mejor telescopio no es el más grande o el de mejor óptica, sino aquel que se puede usar más a menudo sin inconvenientes.



La recomendación sobre los telescopios de mayor tamaño que guarden la condición de portabilidad es la siguiente:

- REFRACTOR: 5 pulgadas
- REFLECTOR: 6 pulgadas, montaje ecuatorial.
- REFLECTOR: 10 pulgadas, montaje dobsoniano.
- CATADIÓPTRICO: 8 pulgadas, pero estos si que son caros.

¿Qué quiere decir lo de la montura (trípode)? Imagínate que estas con un catalejo de esos de los piratas. Para ver cualquier objeto en el cielo debes girar sobre tí mismo y luego elevar el catalejo hasta ver tu objetivo. Pues bien, eso es una montura dobsoniana o ALTAZIMUTAL. Un telescopio con ese tipo de montura es el perfecto para la observación normal de uno u otro objeto.

Sin embargo la tierra gira y las estrellas, desde nuestro punto de vista, dan una vuelta completa sobre nosotros cada 24 horas. Cuando enfocas tu telescopio con montura altacimutal, sobre todo si trabajas con gran aumento (sucede a partir de los 100 aumentos, imagínate que estas viendo solo una estrella, pues las demás ya no están en tu campo de observación) a los pocos minutos la estrella estará fuera de foco!, y tendrás que enfocar nuevamente tu equipo.

Esta situación se agrava si lo que quieres es tomar fotografías, las que requieren de largos tiempos de exposición.

Aparece entonces la montura ecuatorial, en el cual (haz uso de tu imaginación) el pirata con su catalejo inclina su cuerpo de modo que el eje de su cuerpo esta apuntando hacia el polo norte celestrial. El pirata estaría vertical únicamente en el polo norte y en cualquier otro lugar de la tierra tendría que inclinarse tanto grados como latitud sea la del lugar en donde se encuentre. La ventaja de esta posición es que, al mantener el eje del cuerpo fijo en esa posición, los movimientos necesarios para hacer el seguimiento de una estrella serán solamente de rotación alrededor de ese eje. Bastará adosar un motorcito al telescopio, regulado de modo que gire una vuelta cada 24 horas (que "gire con el cielo"), para no perder nunca de vista a tu objetivo. Podrás enfocar tu estrella, irte a tomar un café, regresar a los 10 minutos y allí estará. Sirve también para fotografía.

Conclusión, dependiendo del tipo de observación al que apuntes, por lo general una montura dobsoniana es mejor para observar aquí o allá y una ecuatorial para observaciones mas detalladas. Naturalmente la diferencia se refleja también en el precio.

Por si acaso, los telescopios astronómicos por lo general presentan las imágenes invertidas (cuestión de óptica), debido a que ponerlas en su "verdadera" posición implicaría una lente más, quitándole fidelidad a la recepción de la imagen. ¡Por eso, si quieres ver paisajes, aves o chicas en la playa, mejor que uses binoculares!

Para una primera compra mi recomendación es:

Un reflector ecuatorial. Los reflectores de 6" o mayores son buenos. Precio en USA a partir de 650 dólares. Un reflector Dobsoniano de 6". Los Meade o los Orion son buenos, a partir de los 350-400 dólares. Por ultimo:

NO COMPRES UN TELESCOPIO DE PLASTICO, aun cuando el precio sea atractivo, No te servirá de nada. LAS LENTES NUNCA DEBEN SER DE PLASTICO, pierden fidelidad.

EL TRÍPODE DEBE SER SÓLIDO, pues no hay peor cosa que un telescopio que vibre al menor movimiento. OLVÍDATE DEL AUMENTO, muchos vendedores te dirán que un telescopio te ofrece 500 o más aumentos. No sirve de nada, lo que importa es el diámetro de la lente o espejo.

EL LOCALIZADOR (especie de pequeño catalejo adosado al telescopio que sirve para hacer una primera aproximación de tu objetivo y sin el cual seria muy difícil hacerlo por el poco campo visual que te ofrece el telescopio), debe tener un mínimo de apertura (diámetro) de 30 mm, si es 50 mm mejor, así tendrás un buen campo visual para capturar lo que deseas ver y luego afinar con el telescopio.

EL OCULAR, o elemento que amplifica la imagen captada por el lente o espejo principal hacia tu pupila debe tener como mínimo 1.25" de diámetro. Si es posible 2". Desecha los de 0.965"

Con estas condiciones, no esperes encontrar un buen telescopio, aun para principiantes, por menos de 50-60.000 pesetas.

8.3 Como poner el telescopio en estación sin ver la Polar

Dado que a veces el área celeste que podemos observar no incluye el polo norte celeste, debido a que se interpone algún tipo de obstáculo, necesitamos un sistema para poder realizar la puesta en estación, lo más fiablemente que se pueda, si se pretende realizar un seguimiento fotográfico o simplemente que los mandos de A.R. y DEC nos sirvan para realizar correctamente su función de localización de objetos celestes con su posterior mantenimiento dentro del campo del ocular moviendo únicamente el mando de A.R.

Por otro lado, el método que aquí se presenta no depende de ningún punto cardinal concreto, ni siquiera se necesita que el área a observar sea muy extensa, más bien requiere un buen reconocimiento de las estrellas visibles, dentro de ese área, hasta una magnitud aproximada de +3; lo cual no resultará nada difícil si se dispone de una carta celeste de la zona. Además habrá que saber cómo calcular la hora sidereal dada una hora civil.

Como elementos auxiliares deberemos contar con una brújula y un nivel de burbuja. Pasemos, pues, a la descripción de los diferentes pasos a realizar para conseguir una puesta en estación:



Orientar el conjunto del telescopio hacia el Norte, usando por ello el Norte magnético como referencia.

Nivelar el telescopio con el terreno, es decir, que la base de la montura ecuatorial del telescopio esté lo más perfectamente horizontal que nos sea posible (algunas monturas disponen de un pequeño nivel de burbuja en su base, si no fuera éste el caso usar el nivel de burbuja que debemos tener).

Aproximar el eje de A.R. con la latitud del lugar; esto se puede haber realizado con antelación, pues solo interviene la montura ecuatorial (nos puede ayudar disponer de una plantilla de cartón duro que sea un triángulo rectángulo con uno de los ángulos agudos igual a la latitud del lugar de observación).

Moviendo el mando de A.R. del telescopio colocar el eje de A.R. perpendicular a la línea cenit - nadir, de forma que al mover el mando de Declinación se conforme el plano que comprende al meridiano del lugar de observación.

Buscamos visualmente una estrella de magnitud igual o inferior a +3, la cual podamos identificar en un mapa celeste y obtener sus coordenadas, sirviéndonos de estrella de referencia. (Si sabemos la orientación aproximada de nuestro lugar de observación y la hora de inicio de la misma, podremos llevar esta información ya preparada).

Calcular la Hora Sideral (ver el siguiente artículo) para el instante "t" de puesta en estación (normalmente con un margen de unos 5 minutos bastará).

Mover el mando de Declinación del Telescopio hasta que su círculo graduado marque la Declinación que corresponde a nuestra estrella de referencia.

Sin mover el mando de A.R. mover el círculo graduado del A.R. para poner la hora sideral escogida.

Mover, ahora, el mando de A.R. hasta que el círculo graduado de A.R. marque la A.R. de la estrella de referencia.

En el instante "t", o sea, cuando nos encontremos en la hora civil que se corresponde con la hora sideral calculada, proceder a centrar la estrella de referencia en el ocular del telescopio (usar un ocular que nos dé pocos aumentos, al menos para la primera aproximación) moviendo únicamente los mandos de latitud y acimut del telescopio, "no tocar ni el mando de Declinación ni el mando de A.R.". Este paso debe realizarse lo más rápidamente posible.

Se puede proceder a un nuevo centrado más fino actualizándose la hora sideral en el círculo de A.R. para un nuevo instante "t", moviendo el círculo de A.R. el número de minutos transcurridos entre ambos instantes y realizando de nuevo los pasos 9 y 10 si la estrella de referencia es la misma o los pasos 5,7,8,9 y 10 si cambiamos de estrella de referencia.

Si los pasos se han realizado de una forma exacta, en el segundo centrado nos debe aparecer la estrella escogida en el nuevo instante "t" dentro del campo del ocular sin tener que realizar ningún movimiento en el paso 10.

Obviamente la precisión de la puesta en estación vendrá dada, fundamentalmente, por la precisión de los círculos graduados de nuestro telescopio, tanto en A.R. como en DEC.; no consiguiendo un centrado excelente como resultaría de tomar como base la estrella polar, pero si lo suficiente bueno como para realizar búsquedas de objetos celestes basadas en sus coordenadas, e incluso intentar la astrofotografía, aunque con exposiciones cortas que debemos delimitar.

En cuanto a los errores tenemos que, por ejemplo, en un círculo de Declinación con intervalos de 2 grados fácilmente el error en el posicionamiento podemos hacerlo menor de 30' y en un círculo de A.R. con intervalos de 10 minutos se llegaría a un error inferior a los 3 minutos que, traducido a grados, sería inferior a los 45'. Sirva como ejemplo que un centrado directamente sobre la polar provoca un error de 44' 9" en Declinación por lo que respecta a la puesta en estación.

Por otro lado, también hay que contar con una nivelación del telescopio y un posicionamiento del eje de A.R. sobre el meridiano lo más perfectos posibles para obtener un error inferior a 35' de arco (desviarse menos de 1 mm en 10 cm, bien de la horizontal en el primer caso, bien del meridiano en el segundo caso).

Dadas las condiciones de la observación (invisibilidad del norte celeste) y la sencillez del método aquí expuesto, éste podría ser equiparable a un centrado directo sobre la estrella Polar.

Un vez colocado el telescopio en estación, sólo nos queda mantener la H.S. actualizada sobre el círculo de A.R. y ello lo podemos hacer de 2 formas: actualizando dicho círculo con los minutos transcurridos desde una actualización anterior, lo cual nos obligaría a llevar un registro del tiempo transcurrido. Puesto que el día solar supera al día sideral en 3 minutos 56 segundos habría que tomar en cuenta esta diferencia, pero dado que el error que podemos cometer en la puesta en estación es de unos 3 minutos en el círculo graduado de A.R. y que una observación de 5 horas nos produce un desfase < 50", esto nos lleva a la conclusión de que efectuar dicha corrección es inoperante para la observación y en todo caso con añadir 30" cada 3 horas de observación el error provocado por este motivo sería inferior a los 30', pero esto no se puede reflejar con claridad en un círculo graduado con intervalos de 10 minutos.

Localizar y posicionar una estrella conocida en nuestro campo de visión telescópico y poner su A.R. en el círculo graduado.

Una vez realizado uno cualquiera de los 2 pasos anteriores procederemos a buscar el objeto celeste que nos interese manejando los mandos de A.R. y de Declinación.

8.4 Como alinear el telescopio por el método de deriva

1. Prepare su telescopio como lo hace normalmente. Use cualquiera de los muchos métodos de alineación tosca que utilizan la Polar. Este puede ser tan inexacto como simplemente centrar la Polar en su alineador. Cuanto más se acerque con este sistema, menos tiempo tardará en usar el método rápido. (Nota: Nivele su trípode, hace la vida más fácil.)
2. Ponga un visor diagonal e iluminado en su telescopio. La mínima potencia es sobre 200 para una adecuada sensibilidad durante el ajuste. Rote el ocular de forma que una estrella se mueva paralela a la diana en Declinación y Asc. Recta cuando utilice los mandos de movimiento lento. Alinéela de forma que la Dec. sea arriba y abajo (Norte / Sur) y la A.R. sea derecha e izquierda (Este / Oeste).
3. Busque una estrella muy cercana al meridiano y alrededor de +20 grados de declinación y alinéela con el centro de la guía del ocular. Gire su telescopio (solo en A.R. si lo desea) y fíjese en la desviación de la Declinación (arriba / abajo). A menos que su ajuste sea muy exacto, verá la deriva en 5 a 30 seg.
4. Si la estrella deriva hacia arriba, gire el mando de azimuth para que la estrella se mueva hacia la derecha del campo. Si la estrella deriva hacia abajo, gire el mando de forma que la estrella se mueva hacia la izquierda del campo. (Estos ajustes se hacen al contrario en un telescopio Newton). Tras este ajuste, utilice los mandos de movimiento fino para volver a centrar la estrella. Repítalo hasta que no haya deriva por lo menos durante 5 min. Nota: Si observa una deriva en menos de 5 seg. a 200X, esta Vd. 10 veces o más el campo del ocular apartado del azimuth. Dele al mando una buena vuelta. Deberá repetirlo 3 o 4 veces para notar la reducción de velocidad de la desviación. Si no ve ningún desplazamiento durante 30 seg. o así, debe Vd. estar 1 o 2 veces el campo del ocular desplazado. Realice el ajuste de azimuth correspondiente. Si tras el ajuste la estrella deriva en sentido contrario, ha ido Vd. demasiado lejos.
5. Busque una estrella en el Ecuador y dentro de los 15 grados del horizonte Este. Repita el paso 2 y utilice las instrucciones de los pasos 3 y 4. Si la estrella deriva hacia arriba, ajuste la elevación para mover la estrella hacia abajo. Si deriva hacia abajo, ajuste la elevación para mover hacia arriba la estrella. Repítalo hasta que no haya deriva al menos durante 5 minutos.
6. Si ha hecho una gran corrección en elevación (varios grados o más), retroceda y compruebe el azimuth, si no, ha terminado. Con un poco de practica, puede llegar a ser posible completar el proceso antes del fin del anochecer. Pruébelo en su patio hasta que lo haga sin dudas. He encontrado este método lo suficientemente seguro como para realizar astrofotografías de hasta 3 horas de campos pequeños (menos de 1 grado) y hasta 2 horas para campos más grandes (hasta 5 grados) para unas declinaciones de entre +70 y -70 grados. Para exposiciones más largas y más cercanas a los polos, se requiere un método fotográfico de alineamiento polar solamente aplicable a instalaciones fijas.

Ajuste polar de una montura ecuatorial por el metodo de deriva en declinación

Alinear el retículo para que coincida con los ejes de a.r. y decl

Escoger estrella en meridiano y +20° Dec
Deriva En Decl → Ajustar Acimut

Escoger estrella a 15~20° altura en Este y +20° Dec
Deriva En A.R. → Ajustar Altura

1. Alinear la montura someramente al Norte
2. Ajustar retículo para Dec=N<->S y AR=E<->O
3. Buscar 1 estrella en meridiano y a ~ +20° Dec
4. Si deriva hacia arriba, ajustar el azimuth para desplazarla a la derecha y viceversa. Repetir hasta no observar deriva en 5 min.
5. Buscar 1 estrella a 15~20° de altura Este y a +20° de declinación
6. Si deriva hacia arriba, ajustar elevación hacia abajo y viceversa. Repetir hasta no observar deriva en 5 min.
7. Comprobar y repetir pasos 3 y 4

—→ Direcc. de ajuste
- - -→ Direcc. de deriva