

## 2. EL SOL, LA LUNA, LOS PLANETAS

Nos hemos referido hasta ahora al movimiento diario, movimiento aparente de la esfera celeste del que participan al unísono todos los astros situados sobre ella. Ya vimos que es provocado por un movimiento real al que está sometida la Tierra, como es la rotación sobre su eje.

Sin embargo, los demás astros poseen también sus propios y muy distintos movimientos, lo que provoca que con el tiempo vayan desplazándose unos con respecto a otros.

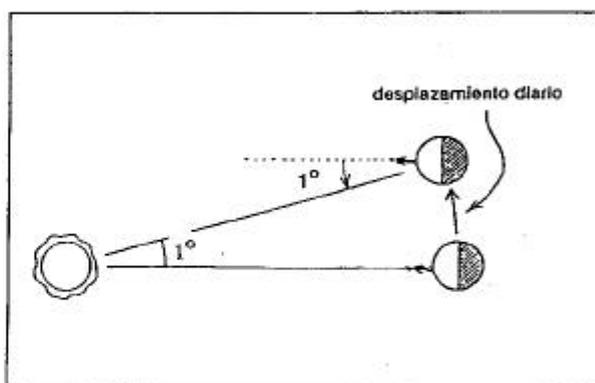
Naturalmente, nuestros vecinos del Sistema Solar, dada su proximidad, son los que más ostensiblemente cambian de posición en la bóveda celeste. Y puesto que nuestro propio planeta no se limita a girar sobre sí mismo, sino que da vueltas alrededor del Sol como el resto de los planetas, para un observador terrestre todos los cuerpos del Sistema Solar describen trayectorias aparentes sobre la esfera celeste, específicas para cada astro, que son el resultado de combinar sus propios movimientos con el de la Tierra.

Ahora bien, conviene apuntar que estos desplazamientos sobre la esfera celeste son en general muy pausados, quedando enmascarados por la rápida revolución diaria del cielo. De esta manera solamente transcurridos varios días o en algunos casos semanas, podremos apreciar un cambio sustancial en las posiciones relativas de los astros.

### MOVIMIENTO ANUAL DEL SOL

A consecuencia del movimiento de traslación de nuestro planeta, y a medida que éste describe la trayectoria curva de su órbita alrededor del Sol, esta estrella, vista desde la Tierra, va ocupando distintas posiciones en el cielo.

De hecho, el efecto que un observador terrestre apreciaría —si pudiéramos ver las estrellas en presencia del Sol— es que al cabo de un año el Sol aparentemente completa una vuelta sobre la esfera celeste, atravesando por delante de las estrellas, que debido a su lejanía, parecen fijas. No obstante, el movimiento diario del cielo, 365 veces más rápido, enmascara este lento transcurrir del Sol el cual diariamente se desplaza aproximadamente  $1^\circ$  hacia el este, es decir, en sentido contrario al movimiento diario del cielo,

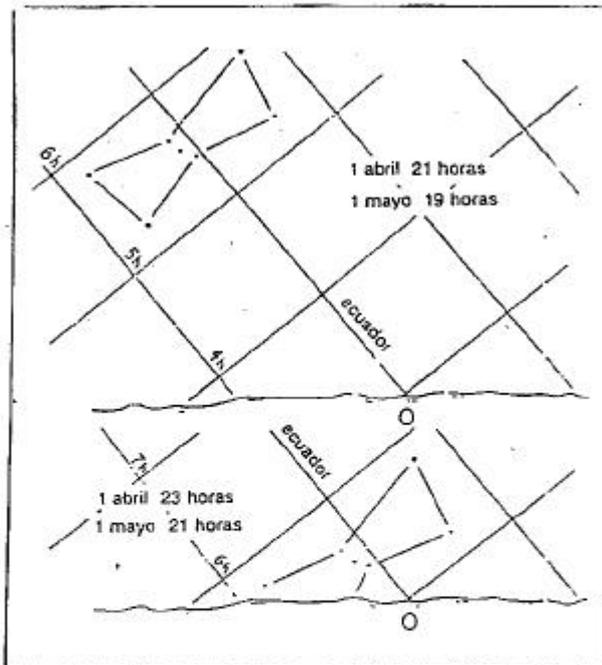


hasta completar los  $360^\circ$  en un año.

Cuando la Tierra ha girado  $360^\circ$  sobre sí misma, se ha desplazado  $1^\circ$  aproximadamente en su órbita. Por tanto debe rotar un grado más para que el Sol alcance la misma posición en el cielo. Dado que es esta estrella la que rige la vida sobre nuestro planeta, el día común, según veremos más adelante, se define de acuerdo con el movimiento de este astro, como el tiempo que aparentemente emplea en dar una vuelta a nuestro alrededor, dividiéndose en veinticuatro horas. Podemos considerar entonces que la Tierra cambia diariamente su orientación con respecto al globo celeste en un grado. Por tanto, un modo diferente de ver el movimiento anual del Sol a lo largo de la eclíptica es considerar el movimiento anual de la esfera celeste, de este a oeste como la revolución diaria, pero mucho más pausado ( $1^\circ$  diario) por el que la bóveda estrellada se adelanta diariamente unos cuatro minutos a la luz solar. Al cabo de 365 días se habrán acumulado 24 horas de adelanto.

Miremos una estrella diariamente a la misma hora: cada nueva jornada la veremos un grado más hacia el oeste, o bien, si queremos encontrarla en el mismo lugar que el día anterior, habremos de observar cuatro minutos antes. Transcurrido un mes serán necesarios  $30 \times 4 = 120$  minutos, es decir, dos horas de antelación, al cabo de dos meses, cuatro horas... hasta que llegue un momento en que cuando queramos mirar quizás no habrá aún anochecido.

Este hecho nos lleva a considerar que en cada época del año las noches están presididas por regiones distintas del cielo, y para un hemisferio terrestre dado se podrá hablar de constelaciones



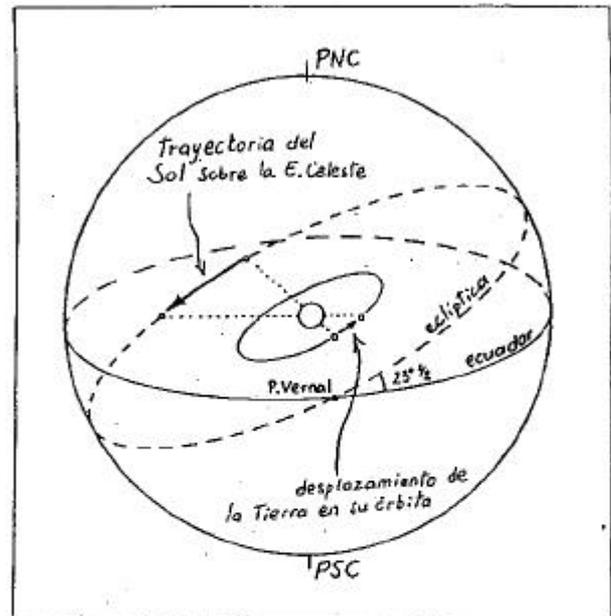
típicas de invierno, estivales, etc. Por ejemplo, en nuestra latitud las estrellas circumpolares son visibles cualquier día del año, las restantes del hemisferio norte lo serán durante una larga temporada, en tanto que las constelaciones más meridionales sólo asomarán en contados meses.

Podemos considerar constelaciones de invierno aquellas que en esa estación cruzan el meridiano durante las horas centrales de la noche. De esta forma, si bien Orión puede avistarse desde nuestras latitudes en otoño —muy de madrugada— o en primavera —tras el anochecer— es en los meses invernales cuando nos acompaña durante la totalidad de la noche. Por el contrario, para los habitantes del hemisferio austral la visión de este cazador será presagio de tiempo caluroso, pues es en verano cuando dicha constelación alcanza su máximo esplendor.

## La Eclíptica y el Zodíaco

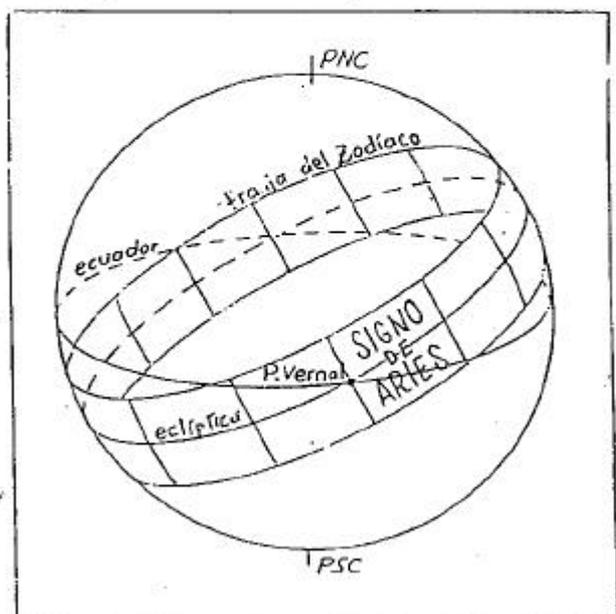
En su movimiento aparente por delante de las estrellas fijas el Sol describe un círculo máximo, el que resulta de proyectar la órbita terrestre sobre la esfera celeste, y que completa en 365,2422 días, que es el periodo de revolución de nuestro planeta en torno al Sol. Este círculo máximo se llama **eclíptica**, y guarda con el ecuador celeste un ángulo de  $23,5^\circ$ , que es exactamente igual a la inclinación de la Tierra en su órbita. Dicho ángulo se denomina **oblicuidad de la eclíptica**.

La Luna y los planetas se mueven alrededor de la Tierra y el Sol, respectivamente, siguiendo órbitas que guardan cierta inclinación con respecto a la órbita de la Tierra. No obstante, esta



inclinación en ningún caso, salvo el de Plutón, excede de  $8^\circ$ , lo que se traduce en que, visto desde la Tierra, la Luna y los planetas nunca se van a alejar más de  $8^\circ$  de la eclíptica: van a ocupar una franja del cielo, a uno y otro lado de la eclíptica, llamada **zodíaco**.

Si dividimos esta franja en doce partes iguales, obtendremos los doce signos del zodíaco, de sobra conocidos por todos —aunque seguramente por distinto motivo—. El Sol atraviesa cada uno de los signos del zodíaco en el transcurso de un mes. Los signos se nombraron según las constelaciones que allí se encontraban —las doce constelaciones del zodíaco—. No obstante, el fenómeno de la precesión, que se explicará más adelante, ha hecho que actualmente haya un desfase entre



constelaciones y signos zodiacales, y así, por ejemplo, cuando el Sol entra en el signo de Aries hacia el 21 de marzo, se halla todavía en la constelación de Piscis.

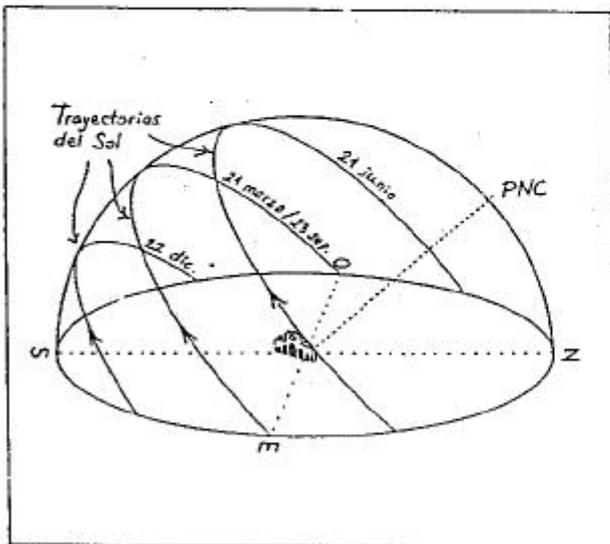
Digamos también que debido a las formas caprichosas de las constelaciones, la eclíptica cruza gran parte de Ofiuco —que no es propiamente zodiacal— y en cambio apenas atraviesa el vecino Escorpión.

## LAS ESTACIONES DEL AÑO

La mitad de la eclíptica se encuentra en el hemisferio norte celeste, y la otra mitad en el sur. Los dos puntos de corte de la eclíptica con el ecuador se llaman equinoccios. Uno de estos puntos, en concreto aquel que atraviesa el Sol entre el 20 y el 21 de marzo, cuando abandona la mitad de eclíptica perteneciente al hemisferio sur para pasar al hemisferio norte, constituye el punto Vernal. El nombre de punto Vernal proviene del hecho de que el paso del Sol por él indica el comienzo de la primavera en el hemisferio norte.

De hecho, el movimiento del Sol sobre la eclíptica origina el paso de las distintas estaciones, porque al ir variando progresivamente su separación del ecuador celeste, varía también la altura que alcanza al mediodía y, como consecuencia, las horas que está presente en un determinado lugar de la Tierra.

Sea, por ejemplo, un observador situado en Madrid. Ya que el 21 de marzo el Sol se encuentra en el ecuador celeste, el movimiento diario del cielo hace que el Sol asome exactamente por el E y se oculte por el O transcurridas 12 horas, tras alcanzar al mediodía una altura de  $50^\circ$  sobre el S. El nombre de equinoccio hace alusión a la igual duración del día y la noche.



Al cabo de tres meses, el 21 de junio, el Sol habrá recorrido una cuarta parte de la eclíptica, situándose en el punto de la eclíptica más alejado hacia el norte del ecuador celeste, en concreto  $23,5^\circ$  al norte del ecuador. Este punto se llama solsticio de verano, comenzando para nosotros la estación estival. Ese día, el Sol recorre un arco de cielo muy amplio, saliendo cerca del NE y poniéndose cerca del NO. Por esta razón permanece muchas horas por encima del horizonte, siendo su altura al paso por el meridiano de  $50^\circ + 23,5^\circ = 73,5^\circ$ . Solsticio significa "Sol quieto", en referencia a que en ese instante ha dejado de alejarse del ecuador celeste hacia el norte y comienza a volver hacia el sur.

El momento en que el Sol alcanza de nuevo el ecuador, hacia el 23 de septiembre, —equinoccio de otoño— señala el final del verano, y la trayectoria aparente en el cielo ese día será igual a la de seis meses atrás.

Por último, entre el 21 y el 22 de diciembre, el Sol llega a situarse  $23,5^\circ$  por debajo del ecuador, en el solsticio de invierno. Con una posición tal, el orto del Sol sucede tarde, hacia el SE, al mediodía lo vemos tan sólo a  $50^\circ - 23,5^\circ = 26,5^\circ$ , alcanzando en pocas horas el horizonte de nuevo, ocultándose próximo al SO.

## Las estaciones en diferentes latitudes

Hemos descrito cómo varían las trayectorias diarias del Sol con el transcurrir de las estaciones en nuestras latitudes. Analicemos ahora las situaciones que se producen desde otros lugares de la Tierra.

El 21 de junio el Sol alcanza en Madrid la máxima altura posible a lo largo del año, que son  $73,5^\circ$ . Está claro que si viajamos hacia el sur varios grados de latitud, tantos grados más alto vemos el Sol. En particular, si bajamos  $16,5^\circ$  de latitud llegaremos al paralelo terrestre que marca los  $23,5^\circ$  de latitud norte. Allí sucede que ese único día al año, el 21 de junio, el Sol sube al mediodía hasta los  $90^\circ$  de altura. Ese paralelo terrestre se conoce como el Trópico de Cáncer.

Desde los países ecuatoriales, como ya se dijo, el ecuador celeste coincide con el primer vertical. Esto supone que dos días al año —en los equinoccios— el Sol alcanza también el cenit. En los solsticios el Sol culmina con su menor altura a lo largo del año: en el solsticio de junio se sitúa a  $66,5^\circ$  sobre el N, y en el de diciembre, a  $66,5^\circ$  por encima del S. Obsérvese que no hemos usado los términos "solsticio de verano" y "solsticio de invierno" ya que aquí no tiene sentido la distinción entre estas estaciones.

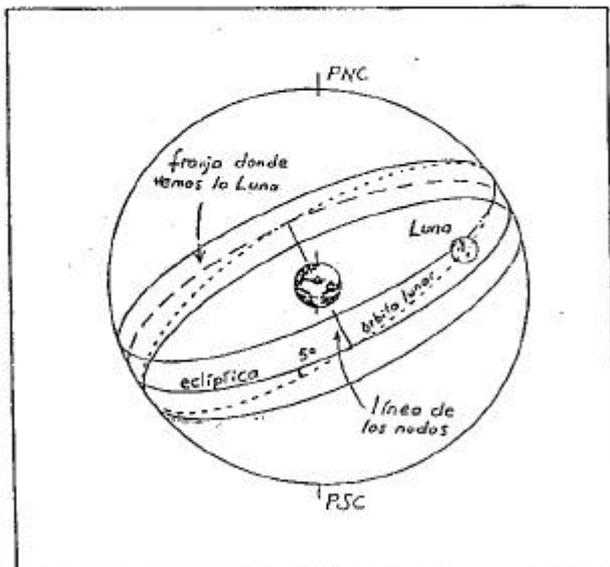
Prosiguiendo hacia el sur en nuestro imaginario viaje llegaríamos a la latitud de  $-23,5^\circ$ , que marca el Trópico de Capricornio, desde donde se repite la situación del Trópico de Cáncer con seis meses de desfase: es al mediodía del 21 de diciembre cuando allí el Sol alcanza el cenit.

En la latitud de  $-66,5^\circ$  se da una situación muy particular. Hay un día al año, el 21 de diciembre, en que el Sol no llega a ocultarse, aunque llega a rozar el horizonte S a las 12 de la noche: es el Sol de medianoche. Seis meses más tarde, el 21 de junio, el Sol no llega a salir, aunque asoma justo tras el N. Lo mismo sucede en el paralelo  $+66,5^\circ$ , con seis meses de diferencia y en puntos cardinales opuestos. Estos paralelos se llaman círculos polares.

La situación extrema sucede en los polos: el Sol está presente a lo largo de seis meses, durante la primavera y el verano, y se ausenta desde el comienzo del otoño hasta el fin del invierno.

## MOVIMIENTO DE LA LUNA

La Luna gira en torno a la Tierra en 27 días, 7 horas y 43 minutos. Este es por tanto el tiempo que emplea en dar una vuelta a toda la esfera celeste, conocido como su período sidéreo. La órbita lunar forma un ángulo de  $5^\circ$  con respecto a la órbita de la Tierra alrededor del Sol, por ello el círculo que dibuja sobre la esfera celeste está también inclinado  $5^\circ$  con respecto a la eclíptica: la Luna se moverá en las inmediaciones de la eclíptica, sin alejarse más de  $5^\circ$  de ella. Los dos puntos de corte de la órbita lunar con la eclíptica se llaman nodos, y la línea que los une, intersección de los dos planos orbitales, línea de



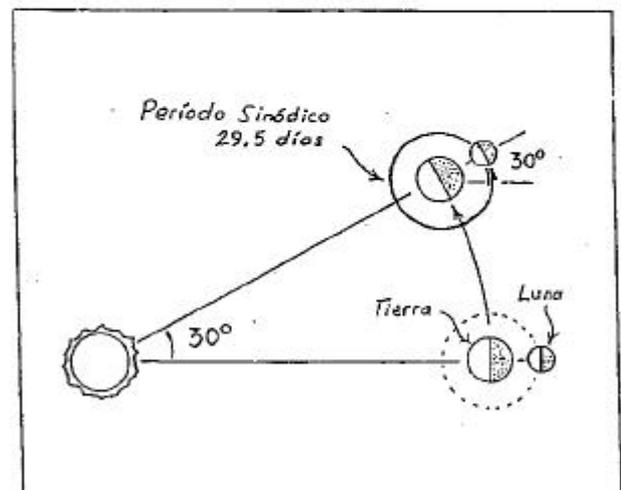
los nodos. Estos tienen un movimiento en sentido este-oeste que completan en unos 18 años, al cabo de los cuales, la órbita lunar habrá barrido una franja de  $10^\circ$  centrada en la eclíptica.

Como el sentido del movimiento de traslación de la Luna coincide con el de nuestro planeta alrededor del Sol, el movimiento de nuestro satélite sobre el fondo estrellado tiene lugar, al igual que el movimiento anual del Sol, de oeste a este, aunque es unas doce veces más rápido.

## Las fases de la Luna

A medida que la Luna se va moviendo por la eclíptica, su distancia angular al Sol va variando, y con ello la porción de su cara visible iluminada por el Sol. Esto da lugar a las distintas fases de la Luna. Llamamos elongación de un astro a la distancia angular en la dirección este-oeste entre el Sol y dicho astro. Cuando la elongación de la Luna es de  $180^\circ$ , es decir, cuando Sol y Luna ocupan posiciones opuestas del cielo, podemos ver la totalidad de la cara de la Luna iluminada por el Sol: es la Luna Llena, que vemos a lo largo de toda esa noche. Aproximadamente una semana más tarde, la Luna se sitúa  $90^\circ$  al oeste del Sol, con lo que nos muestra media cara brillante y la otra oscura en lo que llamamos Cuarto Menguante, visible por la mañana. Cuando la elongación de la Luna se ha reducido a  $0^\circ$  no es posible ver la Luna, pues nos muestra su cara oscura. A esta fase la llamamos Luna Nueva. a partir de ese momento y a medida que su elongación va aumentando comenzamos a ver la Luna al este del Sol, por la tarde, en fase creciente.

Ahora bien, mientras que nuestro satélite completa su revolución, la Tierra ha recorrido nada menos que  $30^\circ$  sobre su órbita y el Sol, por consiguiente, se ha desplazado esa misma distancia angular sobre la eclíptica. En



consecuencia, la Luna ha de recorrer esos 30°, invirtiendo en ello alrededor de dos días más, hasta que el sistema Sol-Tierra-Luna se sitúe en una disposición análoga, y la Luna repita su fase. Este es el período sinódico, de 29 días, 12 horas y 44 minutos. Se llama edad de la Luna al número de días transcurridos desde la última Luna Nueva. La fase de Luna Llena se produce un poco antes de que cumpla 15 días.

## Eclipses de Sol y de Luna

Si la órbita lunar no estuviese inclinada con respecto a la eclíptica, sucedería en cada Luna Nueva que nuestro satélite pasaría exactamente entre la Tierra y el Sol, ocultándonos momentáneamente la luz que nos llega de este último, y provocando por tanto un eclipse de Sol. Del mismo modo, en cada Luna Llena, ésta quedaría inmersa en la sombra que proyecta nuestro planeta en dirección opuesta al Sol, y se produciría un eclipse de Luna.

Sin embargo, la pequeña inclinación de la órbita lunar con respecto a la eclíptica es suficiente para que en la mayor parte de los períodos sinódicos la Luna pase por encima o por debajo del Sol, o por encima o por debajo de la sombra terrestre. Sólo si la Luna Nueva y la Luna Llena tienen lugar cuando ésta se sitúa en alguno de sus nodos —y se halla por tanto en la eclíptica— sucederán, respectivamente, un eclipse total de Sol o de Luna.

Si la Luna no se encuentra exactamente en un nodo, pero sí bastante cerca de él, se pueden llegar a producir eclipses parciales de Sol o de Luna. En un eclipse parcial de Sol, la sombra de la Luna no llega a interceptar a nuestro planeta, sino que pasa ligeramente por encima del polo norte terrestre o por debajo del polo sur. En ese caso, desde las zonas próximas a los polos se ve el disco de la Luna cubriendo parcialmente el del Sol. Si se trata de un eclipse parcial de Luna, veremos cómo ésta se introduce sólo parcialmente en la sombra terrestre, bien porque ha pasado un poco al norte o al sur de la misma.

Una diferencia importante entre los dos tipos de eclipses es que los de Luna pueden verse desde medio hemisferio terrestre, mientras que los de Sol afectan sólo a una estrecha franja sobre la superficie terrestre. Esto es así porque la sombra terrestre es lo suficientemente grande como para que la Luna quede completamente inmersa en ella, mientras que la sombra que proyecta la Luna es considerablemente más estrecha. De hecho, y dado que los diámetros aparentes del Sol y la Luna no son constantes —debido a que las órbitas terrestre y lunar son

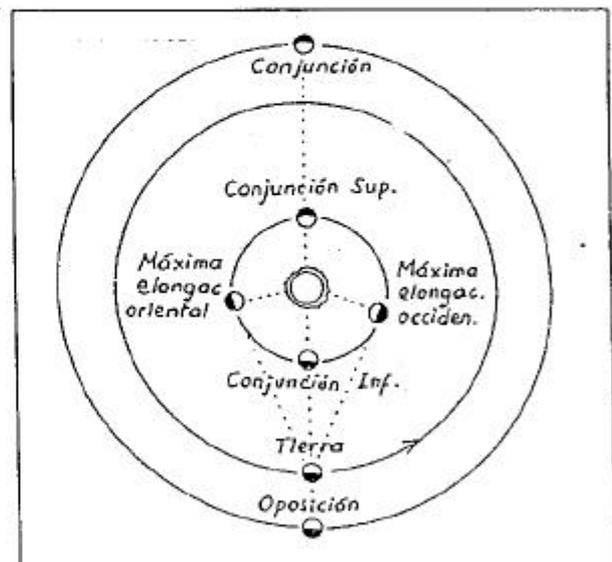
ligeramente elípticas—, si un eclipse de Sol sucede cuando el diámetro aparente de la Luna es menor que el que presenta el Sol, se produce un eclipse anular.

Los eclipses totales y anulares de Sol pueden verse como parciales desde lugares de la Tierra cercanos a la franja donde se produce la totalidad. Desde allí se apreciaría cómo el disco de la Luna sólo cubre parcialmente el del Sol, pasando algo desplazado al norte o al sur.

## MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS

Veamos a continuación el movimiento que sobre la esfera celeste describen los demás cuerpos del Sistema Solar. Como ya dijimos, los planetas se mueven en las inmediaciones de la eclíptica, por la franja del zodiaco. Se desplazan a velocidades tanto mayores cuanto más próximos se encuentran del Sol. Todos ellos lo hacen en el mismo sentido que la Tierra.

En la figura señalamos algunas posiciones específicas de los planetas con respecto a la Tierra y el Sol. Debemos distinguir entre planetas interiores a nuestra órbita, y planetas exteriores a la misma. Los planetas interiores, Mercurio y Venus, nunca podrán alejarse del Sol más que un ángulo determinado, en función de los tamaños de sus órbitas. Por eso sólo es posible verlos desde la Tierra al atardecer o al amanecer. Los planetas exteriores, por el contrario, pueden llegar a alcanzar una elongación de 180°, en lo que se denomina oposición. Esta es la situación de mejor visibilidad desde la Tierra. Por otro lado, se dice que un planeta está en conjunción si su elongación es nula, y entonces no es posible su observación. Para los planetas interiores cabe distinguir entre conjunción superior —si se hallan



más allá del Sol— y conjunción inferior — cuando pasan entre la Tierra y el Sol—. En este último caso se puede producir, muy de tarde en tarde, un interesante fenómeno: el tránsito de Mercurio o Venus por delante del disco solar.

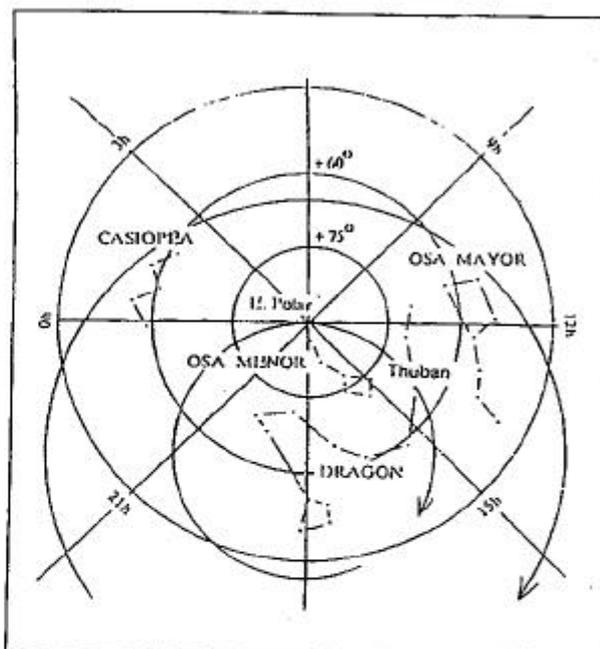
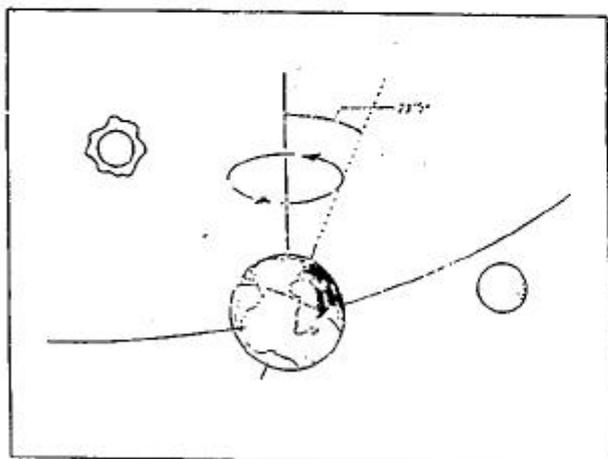
En cualquier caso, los planetas, vistos desde la Tierra, van a recorrer el zodiaco de oeste a este la mayor parte del tiempo, si bien al componer las dos velocidades — la del planeta y la de la propia Tierra— hay momentos en los que el movimiento aparente del planeta será a la inversa — de este a oeste—; sucede esto durante la oposición de un planeta exterior, y en la conjunción inferior de Mercurio y Venus. El resultado final es que los planetas describen bucles en el cielo, uno de ellos a cada paso por las mencionadas posiciones. En el momento en que un planeta deja de moverse hacia el este para hacerlo hacia el oeste o viceversa, se dice que está estacionario, lo que sucede dos veces en cada bucle.

Otros cuerpos del sistema planetario, como son los asteroides y cometas, por poseer órbitas con inclinaciones muy diversas, podrán verse también en zonas alejadas de la eclíptica.

Debido a su movimiento, los astros errantes, es decir, la luna, los planetas, los cometas, etc. no aparecen en los planisferios — sí en las cartas celestes de algunas publicaciones periódicas—. Cuando se buscan constelaciones zodiacales hay que tener en cuenta la posible presencia de algún planeta, que deformaría totalmente el asterismo. Para no confundir una estrella con un planeta será de gran utilidad saber que éstos últimos superan el brillo de casi todas las estrellas y que su luz, a diferencia de la de las estrellas, apenas centellea.

## PRECESION Y NUTACION

Como consecuencia del achatamiento del globo terrestre, la atracción que ejercen principalmente la Luna y el Sol, y en menor



medida los planetas, sobre su abombamiento ecuatorial obliga a la Tierra a describir un movimiento de precesión, esto es, el eje de rotación no apunta siempre en la misma dirección, sino que dibuja un cono en el espacio. Se trata en realidad de un nuevo giro adicional que efectúa la Tierra en torno a otro eje, perpendicular al plano la eclíptica, pero muchísimo más lento, pues invierte unos 26 milenios en completarlo. Ambos ejes forman un ángulo de  $23,5^\circ$ , que es la oblicuidad de la eclíptica.

El sentido de giro es como indica la figura, y el resultado del mismo el aparente cambio en el aspecto del cielo que observaremos desde cualquier lugar de la Tierra. Las estrellas próximas al PNC cambiarán su posición tal y como queda reflejado en la figura. Vemos, por ejemplo, cómo la Estrella Polar, en la actualidad muy próxima al polo, se irá alejando del mismo en los siglos venideros, y Thuban, la  $\alpha$  del Dragón, pasó por allí hace más de 4.000 años, siendo por aquel entonces la estrella polar.

Conviene puntualizar que el eje de rotación de nuestro planeta no recorre en realidad un simple cono, sino que debido al fenómeno de la nutación, ocasionada también por la atracción de la Luna sobre el abultamiento ecuatorial de la Tierra, dibuja una pequeña elipse cuyo centro es el que describe la superficie cónica cada 26.000 años.

El movimiento de nutación se repite cada 18 años y 8 meses, y su superposición a la precesión motiva que el eje de la Tierra dibuje en realidad una sinusoide.