

Cosmografía

Guillemin, Amédée

Refugio de Lectores

The Project Gutenberg eBook of Cosmografía

Title : Cosmografía

Author : Amédée Guillemin

Release date : March 29, 2007 [eBook #20930]

Language : Spanish

Other information and formats : www.gutenberg.org/ebooks/20930

Credits : Produced by Miranda van de Heijning, Chuck Greif and the Online Distributed Proofreading Team at <http://www.pgdp.net> (This file was produced from images generously made available by the Bibliothèque nationale de France (BnF/Gallica) at <http://gallica.bnf.fr>)

ENCICLOPEDIA DE LAS ESCUELAS COSMOGRAFÍA por AMADEO GUILLEMIN HACHETTE Y C^{ia}
PARÍS LIBRERÍA DE HACHETTE Y C^{ia} 79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79
1889

Movimiento Diurno Del Cielo

La Tierra La Tierra es redonda La Tierra gira sobre sí misma Dimensiones de la Tierra Movimiento de translación de la Tierra alrededor del sol Órbita de la Tierra Los Días y las noches Las estaciones

La Tierra es redonda

La Tierra gira sobre sí misma

Dimensiones de la Tierra

Movimiento de translación de la Tierra alrededor del sol

Órbita de la Tierra

Los Días y las noches

Las estaciones

La Luna Fases de la Luna, etc. Eclipses de Sol y de Luna

Fases de la Luna, etc.

Eclipses de Sol y de Luna

El Sol

Los Planetas

Los Cometas

Las Estrellas

Coulommiers.—Imp. P. Brodart et Gallois

1. Objeto de la Cosmografía .—Cuando durante el día está el cielo libre de nubes y de brumas, parece una bóveda transparente, de color azulado brillante (ese azulado especial llamado celeste), sobre la cual

se mueve, desde su orto hasta su ocaso, el disco del Sol . Así que este astro desaparece debajo del horizonte, el cielo se oscurece poco á poco, toma tono azul más profundo, y empiezan á distinguirse, acá y acullá, unos puntos luminosos cuyo número va aumentando á medida que la noche se hace más completa.

Esos puntos luminosos, cuyo brillo no es idéntico, son las estrellas . La Luna se deja ver también en el cielo, ya bajo la forma de un sector esférico, que vulgarmente se llama media luna , ya bajo la de un pedazo de círculo más ó menos recortado, ya bajo la de un círculo completo.

El Sol, la Luna y las estrellas son astros ó cuerpos celestes . Pero pronto se verá que la Tierra que habitamos es también un astro, y que se mueve en los espacios, lo mismo que los restantes cuerpos análogos.

La Cosmografía tiene por objeto el estudio de todos esos cuerpos, de sus formas y dimensiones, de su aspecto y movimientos.

2. Salida y ocaso de los astros .—Todo el mundo ha visto salir el Sol por las mañanas de debajo del horizonte, elevarse poco á poco en el cielo durante la primera mitad del día, y luego descender, acabando por ocultarse en un punto del horizonte opuesto al de su orto.

Examinando con cuidado las estrellas en el curso de la noche, se observa que están animadas de un movimiento análogo al del Sol. Véelas salir sucesivamente por la misma parte que aquél, subir por la bóveda celeste, y luego descender, para ocultarse por el opuesto.

Cada estrella describe una línea curva, un arco de círculo más ó menos grande, y todas juntas parecen moverse como si la bóveda del cielo girara toda entera de oriente (parte del orto) al occidente (parte por donde se efectúa el ocaso).

De ahí resulta que las estrellas ocupan siempre las mismas posiciones relativas. Las figuras que estos cuerpos forman en el cielo, y que son fáciles de reconocer examinando los más brillantes de ellos, permanecen siendo siempre las mismas, no sólo durante cada noche, sino durante todas las noches del año.

Por eso se las denomina estrellas fijas , porque parece que están sujetas, clavadas , sobre la bóveda celeste; pero ya se verá que esa fijeza no es más que aparente y proviene de la enorme distancia á que nosotros nos encontramos de las estrellas.

Algunas estrellas, cuyo número es relativamente muy escaso, no sólo salen y se ponen como las otras, sino que se mueven respecto de ellas, atravesando el cielo. Ese movimiento ha hecho que se les dé el nombre de planetas , voz derivada de otras de origen griego, que significan cuerpos-errantes . La Tierra es un planeta porque, como estos últimos astros, se mueve también en el cielo.

3. Movimiento diurno .—Se da ese nombre al movimiento de conjunto que arrastra á todo el cielo de oriente a occidente en el intervalo de un día próximamente.

Cada estrella describe, desde su orto hasta su ocaso, una circunferencia entera; una parte de esta circunferencia es trazada sobre el horizonte y la otra debajo.

Todas estas circunferencias son paralelas entre si y tienen dos centros comunes ó polos, que son puntos invariables de la bóveda celeste. Uno de esos polos está situado sobre el horizonte del lugar donde se le observa; el otro, que está situado por debajo, no puede, en consecuencia, ser visto. El polo visible en

los lugares situados en el hemisferio norte de la Tierra se denomina por tal razón polo norte ó polo boreal . El segundo, visible en el hemisferio sur, se llama polo sur ó austral .

Mirando desde el ecuador terrestre, los dos polos celestes se encuentran sobre el horizonte, en dos puntos diametralmente opuestos.

4. Eje del mundo .—Se da este nombre á la línea recta que une los dos polos celestes, y á cuyo alrededor se efectúa el movimiento diurno.

En el ecuador, el eje del mundo aparece recostado sobre el horizonte. En los puntos situados, sea al norte, sea al sur del ecuador, este eje se encuentra inclinado sobre el horizonte, hacia el norte en el hemisferio norte, hacia el sur en el hemisferio sur; y la inclinación va disminuyendo á medida que la latitud aumenta. En ambos polos de la Tierra, el eje es perpendicular al horizonte.

5. Forma de la Tierra .—En los países llanos, ó bien en la superficie del mar, parece que la forma de la Tierra es plana; en las regiones montañosas ó accidentadas, aquella forma se nos antoja completamente irregular. Pero esto no es más que una apariencia, dependiente de que la vista no puede abarcar, en cada punto, más que una pequeñísima parte de la superficie terrestre.

En realidad, la Tierra es redonda. Su figura es la de una bola ó de un globo casi esférico. Podéis daros cuenta de ese hecho de la manera siguiente.

6. Horizontes terrestres circulares .—Primeramente, cuando se está en medio de una extensa llanura, el horizonte tiene la forma de un círculo, cuyo centro se halla ocupado por el observador. Si se cambia de posición, persiste la forma circular del horizonte, por más que varían sus límites. Otro tanto ocurre en alta mar, donde la línea que separa el cielo de las aguas es siempre una circunferencia claramente marcada.

Podría creerse que esta forma circular del horizonte procede de la debilidad de nuestra vista, limitada por la distancia, puesto que el limite dista lo mismo por todos lados. Pero la prueba de que eso no es verdad se tiene en que elevándose verticalmente a alturas cada vez mayores, sobre un edificio, si se está en la llanura, á la extremidad de los mástiles de un navío si nos hallamos en el mar, se ve extenderse la zona visual. Objetos que antes eran invisibles, se convierten en visibles. Este ensanche del horizonte no puede explicarse más que por la redondez de la Tierra.

7. Horizontes marítimos circulares .—Cuando se observa desde una altura de la costa la marcha de un navío que se aleja del puerto, lo primero que se pierde de vista son las partes bajas del navío, el casco, la cubierta, y los palos, empezando por abajo y siguiendo hasta sus toques. Si el buque se acerca á la tierra firme, empezamos, al contrario, por ver lo alto de sus mástiles, cuando aun el casco se encuentra oculto debajo del horizonte.

Fig. 1.—Curvatura de los continentes.

Lo mismo sucede á la gente que se encuentra á bordo del barco; al acercarse á una costa, empiezan por ver las cimas, y luego la base de las montañas ó colinas que se extienden á lo largo de aquélla; al alejarse ocurre lo inverso.

Fig. 2.—Curvatura de los mares.—Explicación de los diversos aspectos de un buque, etc.

De esa manera se patentiza la curvatura de la superficie del mar. Y como las mismas apariencias se presentan sea cual fuere la dirección en que se observe, se puede deducir con entera confianza que la figura de la Tierra es esférica ó casi tal.

8. Aislamiento de la Tierra en el espacio. —Por lo demás, este cuerpo se encuentra completamente aislado en el espacio y en el cielo, del cual no lo separa más que la capa transparente que forma lo que se denomina su atmósfera (esfera de vapores). Ese aislamiento de la Tierra se muestra patente ante nuestra vista de varias maneras. En primer lugar, por el movimiento diurno de los astros, que, después de haber desaparecido cada día por la parte del ocaso, efectúan su reaparición al día siguiente por la del orto: de modo que han acabado por debajo de la Tierra la rotación empezada por encima, movimiento que no podría concebirse si la Tierra no se hallara completamente aislada por todos sus puntos.

9. Viajes de circumnavegación .—Otra prueba de la redondez de la Tierra y de su aislamiento en el espacio se deduce de los viajes de circumnavegación . Dase ese nombre al trayecto seguido por un navío que, andando siempre en el mismo sentido, por ejemplo, hacia el oeste, acaba por volver al punto de partida, pero por el lado del este. En vez de dar de esa manera la vuelta al mundo por mar, se puede efectuarla por tierra, ó bien tomar ya una ya otra de esas dos vías. El resultado es siempre el mismo: se sale de un punto en una dirección, y se vuelve al mismo punto por la opuesta. El primer viaje auténtico de circumnavegación fué efectuado por varios buques que mandaba el portugués Fernando Magallanes. [A] Ese navegante se embarcó el 20 de setiembre de 1519 en el Océano, en un puerto de España, y, dirigiéndose hacia el oeste, llegó al continente americano, descubierto poco tiempo hacía. La falta de un paso que le permitiese continuar su ruta hacia occidente, lo determinó á costear la América en la dirección del sur, á doblar la extremidad meridional de la misma por el estrecho que lleva su nombre, y á continuar su navegación hacia el oeste. Así atravesó el Pacífico, tocó en las Molucas, y los barcos acabaron por volver á Europa como si hubiesen venido de oriente, después de dar la vuelta entera al globo terráqueo.

10. Antípodas .—No estando la Tierra, esta enorme masa, sostenida por parte alguna, se pregunta uno cómo es que no cae. Siendo esférica su forma, también extraña que sus habitantes puedan permanecer en equilibrio alrededor de todo ese globo. Cada punto de él tiene lo que se llama sus antípodas , es decir, un lugar en que lo alto y lo bajo se encuentran precisamente en sentido opuesto de lo alto y de lo bajo en el primer punto. ¿Cómo es posible, nos decimos, que las personas situadas en nuestros antípodas puedan mantenerse con las pies para arriba y la cabeza para abajo?

[*Fig. 3.—Las verticales concurren en el interior de la Tierra.—Antípodas.]

En realidad, las palabras caer, arriba y abajo son expresiones cuyo sentido es completamente relativo, esto es, que depende de la posición de cada observador. En cada punto, la vertical indica la dirección en que caen los cuerpos graves. Siendo redonda la Tierra, las verticales de todos sus puntos irían á reunirse, si se pudiera prolongarlas, en el centro mismo de nuestro globo. En ese centro es donde caerían todos los cuerpos situados en la superficie, si el suelo no les sirviese de apoyo. En cada sitio se establece el equilibrio relativamente á la dirección de la vertical y en el sentido de ésta.

De análoga manera, en el cielo, donde se mueve la Tierra, no hay alto ni bajo. El Sol es para aquélla lo mismo que el centro de nuestro globo es para los cuerpos que se encuentran en su superficie. Si la Tierra no estuviese animada de un movimiento que la obliga á dar vueltas alrededor del Sol, caería inmediatamente sobre este astro. Por efecto de un movimiento análogo es por lo que la Luna no cae sobre la Tierra.

11. Movimiento real de la Tierra. —Puesto que en el intervalo de un día poco más ó menos, describen todos los astros juntos, Sol, Luna y estrellas, una circunferencia entera, sea por encima, sea por debajo del horizonte, resulta necesariamente de este hecho:

Ó que el cielo efectúa una revolución en ese período;

Ó que la Tierra gira sobre sí misma, en sentido contrario del movimiento diurno.

Este segundo supuesto es el verdadero, según lo demostró antes que nadie Galileo, hará pronto tres siglos.

Es completamente inverosímil que el movimiento diurno de las estrellas, del Sol y de la Luna pertenezcan individualmente á cada uno de estos cuerpos. Para que así ocurriese, sería necesario admitir que todos esos astros, sea cual fuese su distancia á la Tierra, se hallasen animados de prodigiosas velocidades, capaces de hacerles recorrer en 24 horas una circunferencia entera; se necesitaría, por otra parte, que dichas velocidades fuesen desiguales, y tales, no obstante su desigualdad, que todas esas revoluciones independientes se realizaran rigurosamente en el mismo espacio de tiempo.

Esos movimientos se explican del modo más sencillo, con sólo admitir que no son sino aparentes y que la Tierra es la que gira uniformemente de occidente á oriente, alrededor de un eje que pasa por su centro. Este eje conserva en el espacio dirección invariable, yendo á atravesar el cielo en dos puntos que parecen inmóviles. Son los polos celestes, que corresponden precisamente á los dos polos terrestres; éstos son los dos únicos puntos de la superficie de nuestro globo que, por hallarse situados en el eje mismo de la rotación, no participan de este movimiento.

Nosotros, los habitantes de la Tierra, no nos damos cuenta del movimiento de rotación de que estamos animados con todo cuanto existe en su superficie. Esto depende de que los cuerpos que nos rodean giran con nosotros, animados de análoga velocidad; en consecuencia, sus distancias y posiciones relativas no se modifican: las tierras, los campos y hasta el aire son arrastrados como nosotros. Podríamos compararnos con los viajeros que desde lo interior de un vagón ó de un buque ven los campos, los árboles y las casas, alejarse en sentido opuesto al del carro ó barco que los lleva. El globo terrestre es ese bajel en que vamos todos embarcados, y que nos parece inmóvil, mientras que los objetos exteriores, es decir, los astros, parecen arrastrados en sentido contrario.

12. Orientación.—Plano meridiano. — Orientarse , en un horizonte cualquiera, es hallar la dirección exacta de las líneas que van á los puntos cardinales, de norte á sur y de este á oeste. Es fácil lograrlo por medio de la observación del movimiento diurno de los astros, sea durante la noche, sea de día.

[*Fig. 4.—Estrella Polar.]

La primera indicación la suministran el orto y el ocaso, pues aquél se efectúa por la parte de oriente ó del este, y el segundo por la de occidente ú oeste. Cada estrella describe un arco de círculo, elevándose cada vez más hasta un punto á partir del cual empieza por el contrario á bajar, hasta que llega á su ocaso. El punto más alto de su camino, que es el punto medio mismo del arco, ó culminación de la estrella, se encuentra en el plano meridiano , esto es, en el plano vertical que corta el horizonte en los dos puntos norte y sur . Este plano es el mismo para todos los astros, pues contiene todos los puntos culminantes de éstos; pero es difícil orientarse buscando la posición de este plano por medio de los puntos culminantes de las estrellas, cuando se carece de los instrumentos necesarios.

13. Orientación de noche en el hemisferio norte. —Si el horizonte del punto donde nos hallamos se encuentra situado en el hemisferio norte de la Tierra, será posible orientarse durante la noche, con tal de que se vean las estrellas, de la siguiente manera.

Fácilmente se reconocerá un grupo de siete estrellas, que tiene el nombre de Osa Mayor, representado en la figura 4.

Como las siete estrellas del grupo en cuestión no se ponen nunca en los países del hemisferio norte que se encuentran por encima del paralelo 40, siempre se las verá, sea cual fuese su posición en el cielo. Si la línea *ab*, que une las dos estrellas del trapecio, se prolonga unas cinco veces su distancia aparente, se encontrará en esta prolongación una estrella de segunda magnitud, que pertenece á otro grupo, cuya forma es casi idéntica á la de la Osa Mayor y que por lo mismo ha recibido el calificativo de Osa Menor. Esa estrella, muy cercana al punto que constituye el polo celeste boreal, es la Polar .

[*Fig. 5.—Cruz del Sur.]

Pues bien, el plano vertical que la contiene es el meridiano ó apenas se diferencia de éste. Desde este momento, la dirección de la meridiana es conocida, pues se tiene el punto cardinal norte por la parte de la estrella, y el punto sur en la dirección opuesta. La línea que corta la meridiana formando ángulos rectos, dará á la derecha del norte el punto este y á la izquierda el oeste.

14. Orientación de noche en el hemisferio sur. —Si el lugar donde se está pertenece al hemisferio sur de la Tierra, la orientación será fácil tomando como punto de partida un grupo muy aparente y bien conocido de cuatro estrellas, dispuestas á manera de brillante cruz y llamadas por eso mismo la constelación de la Cruz del Sur (fig. 5).

Estas estrellas no se ponen nunca, desde que la latitud del lugar pasa de 40 grados. El movimiento diurno les hace describir entonces una circunferencia entera alrededor del polo. Pero en todas las posiciones que la Cruz ocupa en esa revolución, su brazo mayor, *ab*, se encuentra dirigido siempre hacia el polo celeste austral, y se encontrará el punto de éste, prolongando *ab* cuatro veces su longitud. Desgraciadamente, en ese sitio y en sus alrededores, no existe estrella ninguna algo brillante, como la Polar en el hemisferio norte.

De modo que para hallar en el horizonte el punto sur, será necesario imaginar un plano vertical que pase por este punto del cielo, que nada distingue ni caracteriza. Sin embargo, no es difícil lograrlo con un poco de práctica.

15. Determinación de la meridiana, de día. —Digamos ahora la manera de orientarse durante el día, observando la dirección de las sombras que proyecta una varilla ó vástago vertical, dispuesta sobre un plano horizontal.

Se empieza por establecer, con ayuda de un nivel, una superficie plana perfectamente horizontal, y en su centro se coloca una varilla recta, en la línea misma de la vertical determinada con la plomada. Antes se habrá tenido cuidado de trazar con el compás cierto número de circunferencias, tomando por centro el punto donde se va á colocar la varilla. Y luego, aprovechando un día de sol despejado, se sigue atentamente la marcha de la sombra proyectada por la varilla. Esas sombras van disminuyendo de tamaño á partir de la mañana hasta el momento en que el Sol, al llegar al punto más alto de su carrera diurna, pasa por el meridiano; luego aumentan á medida que avanza la tarde, pasando en sentido inverso por las mismas alturas.

Fig. 6.—Determinación de la meridiana por las sombras de un vástago vertical.

El observador notará en cada circunferencia (fig. 6) el punto donde la extremidad de la sombra de la mañana y la de la tarde coinciden exactamente con la extremidad de su radio. Las dos líneas obtenidas de

esa manera forman un ángulo BOA. Dividiéndolo en dos partes iguales, por medio de una línea recta ON, se tendrá la dirección de la meridiana del lugar. Repitiendo la misma operación con otras circunferencias, se obtendrá medio de comprobar la exactitud de la primera; ó bien se suplirán así las observaciones que puedan faltar por efecto de una interposición pasajera de nubes delante del Sol.

16. Orientación: uso de la brújula. —Finalmente, también se puede determinar la posición de la meridiana si se conoce la declinación magnética del lugar donde se observa; es decir, el ángulo que esta línea forma con la dirección de la aguja imanada, suspendida sobre un eje, y en libertad para girar libremente en un plano horizontal. Este medio es tanto más valioso cuanto que no siempre es posible observar el Sol ó las estrellas, cuando el cielo está brumoso ó nublado.

El instrumento que sirve para este género de observación es la brújula de declinación (fig. 7). La dirección de la aguja imanada no es la misma del meridiano; pero como el ángulo que forma con el plano de éste es conocido para cada punto, es fácil deducir la dirección de la meridiana. Por ejemplo: en París la aguja imanada se dirige próximamente unos 16 grados al oeste; en consecuencia, habrá que volver la brújula de modo que la aguja quede en esta posición (poco más ó menos en la dirección N. NO.—S. SE.). Entonces la línea señalada por las palabras norte, sur, dará la orientación que se busca.

Fig. 8.—Brújula terrestre de declinación.

Como la declinación varía, no sólo de un año para otro en un mismo lugar, sino también de un país á otro, los marinos y los viajeros necesitan mapas que les indiquen el valor de este elemento en todos los mares y regiones que deben recorrer, y para la época en que deban hallarse en ellos.

Cuando se conoce la meridiana, se tienen los puntos norte y sur del horizonte. La línea este-oeste se traza formando ángulo recto con la primera, y así se conocen los cuatro puntos cardinales. El Sol no sale exactamente por el este para ponerse por el oeste más que en la época de los equinoccios, es decir, del 20 al 21 de marzo ó del 20 al 22 de setiembre. Ese día, el Sol describe la mitad exactamente de un círculo sobre el horizonte, y otra semi-circunferencia por debajo de éste. La circunferencia completa es el ecuador celeste.

17. Rosa de los vientos. —Á más de los cuatro puntos cardinales, se distinguen otros puntos del horizonte, que sirven para orientarse, en una dirección cualquiera. El conjunto de todos ellos forma una estrella de múltiples brazos, llamada rosa de los vientos (fig. 8) porque puede servir para indicar de que punto del horizonte soplan aquéllos.

Fig. 8.—Rosa de los vientos.

18. Aspecto del cielo en latitudes diversas.—Zonas celestes. —Se ha visto antes de que manera es posible reconocer la curvatura de la Tierra, sea en el mar, sea en los continentes. Veamos ahora cual debe ser el efecto de esta curvatura sobre el aspecto del cielo estrellado. Recordemos que el movimiento diurno se efectúa alrededor de una línea fija, cuya inclinación sobre el horizonte de un punto dado es invariable.

De esta invariabilidad resulta que siempre se elevan sobre el horizonte las mismas estrellas, en el intervalo de una rotación de la Tierra, sea cual fuere la época del año. Sólo que, entre las que salen ó se ponen, unas se encuentran sobre el horizonte durante la noche, y entonces son visibles, mientras que las otras salen y se ponen durante el día, y el brillo de la luz solar no permite distinguirlas. Por el contrario, como las estrellas circumpolares no descienden nunca por debajo del horizonte, permanecen á la vista

todas las noches del año. Finalmente, otras estrellas que describen sus circunferencias diurnas por debajo del horizonte, no son nunca visibles en el sitio considerado.

Se ve, por tanto, que la esfera celeste puede dividirse en tres zonas: la de las estrellas circumpolares, ó de estrellas perpetuamente visibles; la de las estrellas que salen y que se ponen, y cuya visibilidad durante la noche depende de la época del año en que se está; y, finalmente, la zona de las estrellas que no se elevan nunca por encima del horizonte.

19. Movimiento en la dirección de un meridiano. —Sentado esto, veamos qué debe suceder cuando el observador cambia de horizonte, moviéndose en la dirección de la meridiana, sea de norte á sur, sea de sur á norte. Suponemos que el punto de partida se encuentre en el hemisferio austral.

Si la Tierra fuera plana, en nada se modificaría evidentemente el aspecto del cielo. Como el movimiento del observador puede considerarse nulo respecto de la inmensa distancia á que se encuentran los astros, sin excluir los más cercanos á la Tierra, sucedería, en aquel supuesto, que las mismas estrellas permanecerían visibles siempre y las mismas ocultas siempre por debajo del plano del horizonte.

Pero si la Tierra es esférica, no puede ocurrir esto. En tal caso, al pasar de un horizonte á otro, caminando hacia el norte, verbi gracia, el viajero penetrará por debajo del plano del primer horizonte, y su vista descubrirá por la parte norte estrellas de la zona que primitivamente no podía ver. Por la parte sur, cierto número de estrellas que se hallaban en la zona circumpolar, tendrán ahora para dicho observador movimiento de orto y de ocaso que antes les faltaba, pues siempre se hallaban sobre el horizonte. En definitiva, la parte visible del cielo habrá aumentado de extensión.

Lo contrario ocurriría evidentemente si el viaje se efectuara en la dirección del sur; entonces aumentaría la zona de las estrellas circumpolares; pero por la parte norte, cierto número de estrellas que salían y se ponían por encima del primer horizonte, quedarían en adelante por debajo de él, y serían invisibles para el observador: la parte perceptible del cielo habría disminuido.

Pues bien, tal es, en efecto, la variación de aspecto que la esfera estrellada presenta al observador que se mueve en la superficie de la Tierra siguiendo un meridiano cualquiera. Esta es, por consiguiente, una nueva prueba de la forma redondeada de nuestro planeta.

20. Movimiento diurno en el ecuador, en los polos .—Mientras más se camina hacia el sur, más se eleva el polo de ese nombre, y si fuera posible penetrar mucho en los hielos polares, se llegaría á un punto en que el polo sur se hallaría en el mismo cenit. En ese punto, el movimiento diurno de las estrellas se efectúa siguiendo círculos paralelos al horizonte y ninguna de ellas sale ni se pone nunca. Pero una mitad entera de la esfera celeste permanece constantemente invisible.

[*Fig. 9.—Movimiento diurno en un horizonte cualquiera.]

Por el contrario, mientras más se avanza hacia el norte, más baja el polo sur, y así se acaba por llegar á una región en que los dos polos se encuentran en la línea del horizonte. Allí los arcos diurnos descritos por las estrellas son semi-círculos perpendiculares al horizonte, y la esfera estrellada entera sale y se pone en el intervalo de un día. Esta región forma el ecuador de la Tierra.

Si se continúa caminando hacia el norte, empieza á elevarse cada vez más sobre el horizonte el polo boreal del cielo, mientras que el austral va descendiendo cada vez más por debajo de aquél. Así se acabaría, de ser posible penetrar hasta lo profundo de la zona glacial ártica, por llegar á un punto de la Tierra en que el polo norte del cielo se hallaría en el cenit. Y ahora sería la mitad boreal de la esfera

celeste la que se movería describiendo los mismos círculos paralelos de la figura 10. La mitad austral no sería visible.

[*Fig. 10. Movimiento diurno en los polos.]

21. Polos y cenador terrestres. —Como ya se ha dicho, la Tierra es redonda y casi esférica. En el espacio de un día próximamente, gira alrededor de uno de sus diámetros, cuya dirección en el espacio es fija, y que toma el nombre de eje del mundo, cuando se le considera relativamente al movimiento diurno, aparente, de la esfera estrellada.

[*Fig. 11. Movimiento diurno en el ecuador.]

Dos puntos de la superficie de la Tierra permanecen inmóviles, y son las extremidades del eje de rotación ó polos terrestres P y P' (fig. 12).

Si se imagina un plano que pase por el centro de la Tierra perpendicularmente al eje, este plano, que corta al globo en dos mitades ó hemisferios, formará sobre la superficie un círculo máximo EE', que se denomina ecuador.

El hemisferio que contiene el polo norte es el boreal; el otro, en que está el polo sur, es el hemisferio austral.

Fig. 12. Coordenadas terrestres. Longitudes y latitudes geográficas.

Todo círculo, análogo á CC', trazado en la superficie de la Tierra paralelamente al ecuador, recibe el nombre de círculo paralelo ó simplemente de paralelo. Es evidente que el ecuador es el mayor de todos los paralelos, y que los radios de éstos van disminuyendo á medida que decrecen sus distancias á uno ú otro de los polos.

Un plano que pase por el eje de la Tierra la corta también en dos partes iguales, siguiendo una línea que puede considerarse casi como un círculo: este plano es lo que se llama un meridiano, y la curva P m' m M m''P' es la meridiana, en los horizontes de los lugares m', m, M, m''.

22. Coordenadas geográficas de un lugar, longitud. —La posición de un punto cualquiera de la superficie del globo se determina exactamente por medio de los meridianos y de los paralelos. Con ese fin, se toma como punto de partida un meridiano conocido: en Francia, el que pasa por el observatorio de París; en Inglaterra, el de Greenwich, etc. Luego se mide el ángulo que el meridiano del lugar considerado forma con el que se designó para punto de partida. Este ángulo es lo que se denomina longitud. Para calcularla, se divide el ecuador en grados, minutos y segundos, contados á partir del 0 del primer meridiano, sea á oriente, sea á occidente. La longitud se califica de oriental ú occidental, según que el lugar se encuentre situado en uno ú otro de los hemisferios separados por el meridiano inicial.

Todos los puntos de la Tierra situados á lo largo de la misma mitad de un meridiano, tienen evidentemente la misma longitud.

23. Latitud geográfica. —Para acabar de determinar la posición del lugar, se cuenta el número de grados, minutos y segundos comprendidos sobre el meridiano entre ese lugar y el ecuador: esto es lo que se denomina la latitud. Se la cuenta de 0° á 90°, yendo del ecuador hacia los polos, y es boreal ó austral, según que el punto considerado se encuentre en uno ú otro de los dos hemisferios que determina el plano del ecuador.

Fig. 13. La latitud geográfica de un lugar es igual á la altura del polo.

Evidentemente, todos los puntos de la Tierra situados en un mismo paralelo tienen igual latitud.

Tales son las coordenadas geográficas que se usan para determinar la posición exacta de un lugar de la superficie terrestre.

24. Medida de un grado terrestre. —Se ha visto antes que la Tierra tiene la forma de una bola casi perfectamente esférica. Las tierras, continentes é islas, no ocupan más que la cuarta parte de la superficie total; las otras tres cuartas partes son las aguas. La superficie de éstas, es decir, la de los océanos y de los mares, es la que principalmente afecta la forma de una esfera; las tierras presentan desigualdades de nivel, que parecen hallarse á primera vista en contradicción con dicha forma regular. Nótanse elevaciones y depresiones, montañas y valles, aparentemente considerables. Pero vamos á ver que las más altas montañas no son sino aristas imperceptibles en la superficie de la Tierra, por efecto de las enormes dimensiones del globo entero.

Demos una idea de la manera cómo ha sido posible medir esas dimensiones.

Si la Tierra es una esfera, todos los planos meridianos que la cortan según su eje, son círculos que tienen por puntos comunes ambos polos. El ecuador, que corta al globo en dos partes iguales ó hemisferios, así como los paralelos á él, son círculos. Los meridianos y el ecuador son círculos iguales; los paralelos, círculos cada vez más pequeños á medida que se van acercando á uno de los polos. La geografía enseña todo lo dicho.

La cuestión que se había de resolver, para saber cuales son las dimensiones del globo terrestre, era medir la longitud de uno de los mencionados círculos, por ejemplo, de uno de los meridianos. Esta operación es mucho más complicada de lo que se puede imaginar. En efecto, no hay posibilidad de seguir un meridiano en toda su longitud; por causa de las nieves y de los hielos no cabe penetrar en las regiones polares; además, la mayor parte de los meridianos atraviesan los mares en parte de su extensión, ó países montañosos de difícil acceso.

Así es que se ha considerado suficiente medir una parte del meridiano, lo que se llama un grado , que es, como lo enseña la geometría, la 360ª parte de toda circunferencia. Una vez conocida la longitud del grado, se deduce de ese dato, por medio de una sencilla multiplicación, la de la circunferencia entera, y, por tanto, del meridiano. Tomemos un ejemplo. París y Amiens se encuentran bajo el mismo meridiano con corta diferencia, y su latitud difiere en un grado próximamente. Desde 1550, un médico francés, llamado Fernel, colocó un contador en una de las ruedas de su carruaje y se puso en camino yendo de Amiens á París. Así midió, casi por completo en la dirección del meridiano, la longitud del camino que unía á dichas ciudades. El resultado fué 57,070 toesas, esto es, unos 111 kilómetros, como longitud del grado.

25. Dimensiones de la Tierra. —Más tarde se han medido numerosos arcos de meridiano, por medios mucho más complicados, pero también mucho más precisos, y se ha hallado el valor de la circunferencia entera de la Tierra, que es un tanto superior á 40 millones de metros. El diámetro del globo terrestre mide 12,700 kilómetros, en números redondos.

La superficie de la Tierra contiene nada menos que 510 millones de kilómetros cuadrados, es decir, 510 millones de cuadrados, cada uno de cuyos lados es un kilómetro.

Su volumen pasa de 1,083,000 millones de kilómetros cúbicos.

26. Las montañas comparadas con el globo terrestre. —Ahora es fácil darse cuenta de la importancia de las desigualdades de su superficie.

Consideremos las montañas más elevadas del globo. En Europa, el monte Blanco y el Elbrouz se elevan á 4,800 y á 5,600 metros respectivamente sobre el nivel del mar; en Asia, el Gaurisankar del Himalaya alcanza 8,840 metros; en América, el Aconcagua, el Chimborazo, y las principales cimas de las Cordilleras de los Andes, pasan de 6,800 y de 6,200 metros sobre el nivel del océano Pacífico. Sin embargo, la más elevada de esas montañas forma apenas la 1 / 1440 parte del diámetro de la Tierra.

En un globo que tuviera un metro de diámetro, el Gaurisankar formaría todo lo más una arista de dos tercios de un milímetro de alto. En uno de 30 centímetros de diámetro, esa altura llegaría difícilmente á 1 / 5 de milímetro. La mayor parte de las desigualdades que nos parecen tan enormes, cuando las examinamos de cerca, serían completamente imperceptibles en esos globos hipotéticos. Para representarlas en relieve, sobre los globos ó los mapas, hay que exagerar considerablemente la escala de las alturas.

27. La Tierra es aplanada en los polos. —Si se pudiera ver la Tierra desde el espacio, por ejemplo, desde la distancia á que se encuentra la Luna, nos parecería una esfera casi perfecta. Sin embargo, las medidas de meridiano han hecho ver que la longitud del grado va aumentando á partir del ecuador, hasta los polos de la Tierra. De ahí se ha deducido que nuestro planeta se halla un tanto aplastado en los polos, ó, lo que significa lo mismo, elevado en el ecuador. El diámetro que pasa por los polos, es decir, el eje de rotación es más pequeño que el diámetro de la circunferencia ecuatorial: la diferencia es poco más ó menos la 300ª parte de este último, es decir, de un milímetro, si se toma como punto de comparación un globo de 30 centímetros de diámetro.

28. Revolución anual de la Tierra. —Según se ha dicho, la Tierra gira alrededor de sí misma, esto es, de la línea que une sus polos, y de este modo efectúa una rotación completa en el intervalo de un día. Este movimiento real es el que, por efectuarse de occidente á oriente, nos hace creer que los astros, estrellas, Sol, Luna, se mueven en sentido contrario, esto es, de oriente á occidente.

Nuestro globo se halla animado de otro movimiento que lo transporta en el espacio, y en virtud del cual efectúa una revolución entera alrededor del Sol en el intervalo de un año.

29. Movimiento de translación de la Tierra.—Cambio de aspecto del cielo. —Procuremos hacer comprender cómo se ha llegado á reconocer la existencia de este segundo movimiento, y los fenómenos que prueban su existencia.

Coloquemos en una mesa redonda, casi en su centro (fig. 14), una lámpara que representará al Sol. Una bola, por ejemplo, una naranja, atravesada en su centro por una aguja larga, será la Tierra. Coloquemos la bola en un punto T de la orilla de la mesa, de modo que la aguja que representa el eje de rotación, quede inclinada sobre el plano de la mesa. Precisa suponer, además, que alrededor de los objetos que colocamos de esta manera, se extiende el cielo, hasta distancias infinitamente mayores que la del Sol á la Tierra, es decir, en el caso presente, que el semi-diámetro de nuestra mesa. En todo ese espacio y en todas direcciones se encuentran las estrellas.

El globo T está iluminado en aquella de sus mitades ó hemisferios que se encuentra vuelto hacia la lámpara, representación del Sol. Esto es el día para todas las regiones de dicho hemisferio. La otra mitad, sumida en la sombra, se encuentra en la noche, y la falta de luz solar le permite ver las estrellas en la parte opuesta del cielo.

Si la Tierra permaneciera en la posición T, conservando el movimiento sobre su eje, se verían siempre, desde uno ú otro de los hemisferios de nuestro planeta las mismas estrellas y las mismas regiones del

cielo. Una estrella dada saldría, pasaría por el meridiano, y se pondría uniformemente á las mismas horas, en la sucesión de las noches. Además, el Sol se encontraría en el mismo caso que las estrellas, y como ellas tendría á horas fijas su orto, su máximo de elevación y su ocaso.

Pero eso no sucedería en el caso de que la Tierra, en vez de permanecer inmóvil en T, se moviese siguiendo la orilla de la mesa, conservando para su eje de rotación la misma inclinación y la misma dirección en el espacio. Por ejemplo, á media noche, cuando la Tierra se halla en T, se encontrará opuesta al Sol una estrella e . Al llegar el planeta á la posición T', otra estrella irá á encontrarse á la misma hora en la dirección de la línea que une la Tierra al Sol. En T'', hará lo mismo otra estrella e ". Y es fácil comprender que si la bola continúa efectuando de esa manera una revolución completa alrededor del Sol, irá presentando sucesivamente en la sombra su mitad á todas las regiones del cielo. Por el contrario, la lámpara ó Sol, visto de la Tierra, parecerá haber dado en el mismo sentido una vuelta completa al cielo.

Y así es cómo ocurren efectivamente las cosas. El aspecto del cielo cambia de una noche á otra en el mismo lugar; á las mismas horas se ven salir nuevas estrellas, más orientales, mientras que en occidente se encuentran ya ocultas otras estrellas que antes se hallaban todavía sobre el horizonte.

Fig. 14. Movimiento de translación de la Tierra.

30. Día sidereal más corto que el día solar. —También resulta de esto que una estrella determinada vuelve á pasar por el meridiano antes que el Sol. La duración de un día solar , de 24 horas, que comprende un intervalo de la hora del mediodía al mediodía siguiente, es mayor que la del día sidereal ; la diferencia se eleva á 3 minutos 56 segundos.

Al cabo del año, una estrella ha pasado 366 veces por el meridiano, mientras que el Sol lo efectúa únicamente 365. En una palabra, el año, que se compone de 366 días siderales, ó de 366 rotaciones de la Tierra, no contiene más que 365 días solares. Esta es consecuencia del doble movimiento de la Tierra, de rotación sobre sí misma y de translación ó de revolución alrededor del Sol.

31. Órbita de la Tierra. —La Tierra describe, en su revolución anual alrededor del Sol, una curva ú órbita, cuya posición, forma y dimensiones vamos á indicar.

Fig. 15. Órbita de la Tierra.

Esta curva es plana, de manera que el centro de la Tierra permanece siempre en el mismo plano, llamado eclíptica. Como, según ya se ha visto, el eje de rotación conserva siempre la misma dirección y la misma inclinación, otro tanto ocurre con el ecuador, que permanece paralelo á sí mismo, formando un ángulo constante con el plano de la eclíptica. Este ángulo, denominado oblicuidad de la eclíptica , es igual á un poco más de 23 grados, esto es, algo más de la cuarta parte de un ángulo recto; tiene suma importancia, puesto que á él se deben las estaciones, la desigualdad de los días y de las noches para un mismo punto, en el curso del año, ó bien para los lugares cuya latitud es diferente. Más adelante volveremos á tratar del particular.

La órbita de la Tierra no es un círculo, y la distancia de nuestro globo al Sol varía continuamente de un día para otro. Es una curva llamada en geometría elipse , especie de óvalo, que tiene en su diámetro ó eje mayor AB, dos puntos FF ó focos, situados á una y otra parte del centro O (fig. 15) y que gozan de la propiedad de que las distancias reunidas desde un punto de la elipse hasta ellos, forman siempre la misma longitud, igual por cierto al eje mayor.

El Sol no ocupa el punto medio de la órbita, sino uno de los focos.

32. Excentricidad de la órbita. —Cuando la Tierra se encuentra en A, vértice del eje mayor más inmediato al Sol, la distancia á este astro es la más pequeña de todas; por esta razón se dice que nuestro planeta está en su perihelio , lo que ocurre ahora hacia el 1º de enero de cada año. También se dice que el Sol está en su perigeo , esto es, en la distancia más corta á la Tierra. De modo que esas dos palabras, perihelio y perigeo , indican el mismo hecho.

Desde A la Tierra marcha alrededor del Sol, recorriendo su órbita en el sentido indicado por la flecha, y sus distancias van aumentando, hasta la otra extremidad B del eje mayor, donde la distancia de nuestro planeta al Sol alcanza su máximum; entonces se dice que la Tierra, se encuentra en su afelio , ó, lo que equivale á lo mismo, que el Sol está en su apogeo , cosas que ocurren allá por el 1º de julio.

Después la Tierra sigue su camino sobre la segunda mitad de su órbita, acercándose constantemente al Sol, hasta que vuelve á encontrarse en A, donde da principio otra nueva revolución.

En dos épocas intermedias, la Tierra se halla en dos puntos, D y C, en los cuales la distancia al Sol es exactamente igual á la distancia media entre los extremos del perihelio y del afelio. Esos puntos son los vértices del diámetro ó eje menor de la órbita. La diferencia entre las distancias extremas es próximamente de 1 / 13 parte de la distancia media. La mitad es lo que se llama excentricidad de la órbita.

33. Distancia de la Tierra al Sol. —La distancia de la Tierra al Sol es igual por término medio á 148,000,000 de kilómetros y la longitud total de la órbita llega á 930 millones de kilómetros. Como nuestro planeta la recorre en el intervalo de un año, esto es, de 365 días y cuarto, ó mejor dicho, de 31,557,600 segundos, es fácil calcular el camino que nuestro globo recorre en el corto intervalo de un segundo; hállanse 29 kilómetros y medio poco más ó menos por segundo, velocidad 60 veces superior á la de una bala de cañón al salir del arma.

Debemos añadir que esta velocidad varía, siendo tanto mayor cuanto más pequeña es la distancia al Sol: cuando la Tierra está en su perihelio, alcanza unos 30 kilómetros por segundo; luego va disminuyendo hasta el afelio, donde sólo es de 29; á partir de este punto vuelve á pasar, pero en orden inverso, por las velocidades con que recorriera la primera mitad de su órbita.

Nosotros no sentimos que la Tierra nos arrastra así por los espacios celestes, en compañía del globo que habitamos, como tampoco nos damos cuenta del movimiento de rotación diurna.

Los antiguos los desconocían ambos, y los atribuían aquél al cielo entero, y el segundo al Sol en persona. Tomaban, pues, por realidades, lo que sólo era apariencia. Copérnico (1543) y Galileo (1600) fueron los primeros en descubrir y demostrar esas dos grandes verdades astronómicas.

34. Duración del año. —La duración del año, esto es, del tiempo que la Tierra tarda en efectuar una de sus revoluciones alrededor del Sol, ó bien, del tiempo que transcurre entre dos pasos por el mismo equinoccio, es de:

365 días 24 ó 365 días 5 horas 48 minutos y 47 segundos.

Esto es lo que se denomina año trópico .

El año civil es de 365 días exactamente durante 3 años consecutivos. El siguiente es de 366 días, hallándose formado el 366º por la acumulación de 4 veces el excedente de unas 6 horas que el año trópico ó astronómico presenta sobre el año civil. Los años de 366 días son los bisiestos.

De cada cuatro años seculares, 3 no son bisiestos; así se corrige la diferencia de 11 minutos 13 segundos que faltan al excedente en cuestión para dar seis horas, ó un cuarto de día.

35. Duración de los días y de las noches. —El día solar de 24 horas, esto es, el intervalo entre dos pasos sucesivos del Sol por el meridiano, se compone, según lo sabe todo el mundo, de dos partes: una, el día, ó mejor dicho, la jornada, va desde la salida hasta la puesta del Sol; la otra, la noche, desde la puesta hasta el orto del astro.

La duración del día y la de la noche son generalmente desiguales, y esta desigualdad es tanto más grande cuanto más lejos del ecuador se encuentre el sitio de la observación; también varía de una estación á otra para un mismo punto.

Sin embargo, el día tiene en el ecuador la misma duración que la noche, durante todo el año. El Sol permanece allí doce horas por encima del horizonte y doce por debajo.

36. Equinoccios y Solsticios. —Esta igualdad del día y de la noche se efectúa simultáneamente sobre toda la Tierra en dos épocas diferentes del año. Por esa razón se las ha llamado equinoccios: coinciden con el principio de la primavera y del otoño.

Finalmente, en otras dos épocas, que caen al principio del verano y del invierno, se tienen los días más largos con las noches más cortas, y los días más cortos con las noches más largas: estos son el solsticio de verano y el de invierno.

37. Las estaciones en los dos hemisferios. —Importa hacer notar que la desigualdad de los días y de las noches, tal como acabamos de describirla, sigue en cada hemisferio marcha opuesta, de manera que si los días van creciendo en el boreal, van disminuyendo al contrario en el austral, é inversamente. El equinoccio del 20 al 22 de marzo es el equinoccio de primavera para el primero y el de otoño para el segundo. La misma observación debemos hacer para el equinoccio del 22 al 20 de setiembre, que es el equinoccio de otoño en el hemisferio boreal, y el de primavera en el austral.

Otro tanto ocurre con los solsticios. El del 20 al 22 de junio es el solsticio de verano ó el de invierno, según cual sea el hemisferio de que se trate, y el solsticio del 20 al 22 de diciembre es inversamente solsticio de invierno ó de verano.

En una palabra, las estaciones son opuestas en los dos hemisferios.

38. Explicación de la desigual duración de los días y de las noches. —Veamos ahora cómo se explican estas variaciones de duración de los días y de las noches y porqué dan origen al fenómeno de las estaciones de la Tierra.

Partamos del equinoccio de marzo y sigamos al Sol en su carrera diurna por el hemisferio norte.

En ese día, el astro sale por el punto preciso del horizonte oriental que marca el este, y después describe un semi-círculo, que es la mitad del ecuador celeste, para ir á ponerse precisamente por el oeste. La otra mitad de la circunferencia es descrita por el Sol debajo del horizonte, durante la noche. Pero, á partir de este día, la salida y puesta del Sol se verifican en puntos que se acercan cada vez más al norte, y el arco diurno es mayor que una semi-circunferencia, de manera que el día, cada vez más largo, se va haciendo constantemente mayor que la noche, la cual disminuye en la misma proporción. El Sol marca las doce en puntos cada vez más elevados sobre el horizonte, alejándose cada vez más del ecuador celeste.

Pero llega un instante en que este aumento de altura queda casi estacionario, para hacerse más tarde completamente nulo, y el Sol alcanza su mayor altura meridiana en el día del solsticio; entonces es, pues, cuando el arco descrito por aquel astro alcanza el máximo de su valor, y cuando se tiene el día más largo del año. Después el astro empieza á seguir marcha inversa, se acerca poco á poco al ecuador, y el día, siempre mayor que la noche, disminuye insensiblemente hasta el equinoccio de setiembre, en el cual la noche y el día quedan iguales, teniendo doce horas cada uno.

Á partir de este momento, el astro va á salir y a ponerse por puntos cada vez más distantes del este y del oeste, pero por la parte sur; su altura á la hora de las doce disminuirá de día en día. El período de luz será constantemente más corto y siempre de duración inferior á la noche. La desigualdad irá aumentando hasta el solsticio de diciembre, que es el día de noche más largo en todo el hemisferio boreal.

Fig. 16. La Tierra en uno de los equinoccios.

Por último, de diciembre á marzo, el Sol seguirá marcha inversa, acercándose de nuevo al ecuador, é irá ocupando á la hora de las doce alturas cada vez más elevadas; el día crece entonces á medida que mengua la noche, hasta que el equinoccio de fines de marzo restablece la igualdad.

Si en vez de tomar un punto del hemisferio norte de la Tierra hubiéramos considerado un horizonte del hemisferio sur, el observador habría notado la misma sucesión de fenómenos, pero en orden inverso. La salida y la puesta del Sol habrían ido alejándose del este y del oeste hacia el norte; pero su altura meridiana hubiera disminuido primeramente hasta el solsticio de junio para aumentar desde junio al equinoccio de setiembre, siendo siempre los días más cortos que las noches. De setiembre á marzo, alturas meridianas crecientes, salida y puesta más meridionales hasta el solsticio de diciembre, días crecientes, y más largos que las noches. Desde el solsticio de diciembre á marzo, vuelta del Sol hacia el ecuador y disminución de los días, que siguen siendo mayores que las noches.

Tales son los hechos que todo el mundo puede observar en el espacio de un año. Vamos á explicarlos.

En el equinoccio, la posición ocupada por la Tierra es esta: como el plano del ecuador de la Tierra pasa por el Sol, el hemisferio iluminado que la Tierra le presenta y el hemisferio oscuro, están separados uno de otro por un círculo máximo que pasa precisamente por ambos polos y que contiene el eje de rotación {fig. 16}. Este círculo de separación de la luz y de la sombra se confunde en este momento con uno de los círculos meridianos terrestres y, por consiguiente, divide en dos partes iguales todos los paralelos.

En virtud de la rotación diurna, todo punto de un paralelo cualquiera describe, pues, el día del equinoccio, la mitad de su circunferencia en la zona de luz y la otra mitad en la de sombra. El día es igual á la noche en toda la Tierra, y bajo todas las latitudes; de esta circunstancia se deriva precisamente el nombre de equinoccio.

Fig. 17. La Tierra entre el equinoccio y el solsticio.

39. Desigualdad de duración de los días y de las noches. —Á partir del equinoccio de Aries, la Tierra tomará una de las posiciones indicadas en la figura 17, porque su eje de rotación sigue siendo paralelo á sí mismo, y conservando la misma inclinación sobre el plano de la eclíptica. El círculo de separación de la luz y de la sombra dejará de pasar por los polos y dividirá en dos partes desiguales á cada paralelo. El arco diurno a M b , pongamos por ejemplo, será mayor que el nocturno a M' b . De modo que el día será mayor que la noche, y la diferencia entre sus duraciones tanto más considerable cuanto á mayor distancia del círculo boreal pase el círculo de iluminación.

Así pues, los días, mayores que las noches, irán creciendo sin cesar hasta la época del solsticio de Cáncer, porque en este momento es cuando el círculo de separación de la luz y de la sombra alcanzará las regiones más distantes del polo. Entre el solsticio de verano y el equinoccio de Libra, la Tierra ocupará, respecto del Sol, una serie de posiciones idénticas á las que acabamos de examinar, pero en orden inverso. Los días boreales, que siguen siendo mayores que las noches, irán disminuyendo hasta el momento del nuevo equinoccio, en el cual volverá á establecerse entre ellas la igualdad. Entonces la Tierra irá inclinando cada vez más hacia el Sol su polo austral, y el arco diurno boreal irá siendo más pequeño que el nocturno. Las noches, más largas que los días, crecerán constantemente, y alcanzarán su máximum de duración en el solsticio de Capricornio (fig. 18), para menguar inmediatamente en sentido inverso, hasta el equinoccio de Aries.

Fig. 18. La Tierra en uno de los solsticios.

40. El día más largo y la mayor noche del hemisferio boreal. —Las variaciones que acabamos de indicar se efectúan de ese modo en todos los puntos de la Tierra comprendidos entre los círculos polares, es decir, pertenecientes á la zona tórrida ó á las templadas. Pero las desigualdades varían con la latitud, y son tanto más notables cuanto mayor es la latitud ó, en otros términos, cuanto más se aleja uno del ecuador.

Por lo demás, la altura meridiana del Sol sobre un horizonte dado explica estas desigualdades. La amplitud del arco diurno que la rotación terrestre hace recorrer al Sol sobre el horizonte, depende efectivamente de dicha altura. En el solsticio de Cáncer, allá por el 20 de junio, la altura meridiana del Sol es máximum para el horizonte de un lugar situado en el hemisferio norte; por eso resulta el día más largo, ó mejor dicho, el período de luz más prolongado, y la noche más corta.

Entre el solsticio de Cáncer y cada uno de los equinoccios, la altura meridiana del Sol va creciendo durante la primavera y disminuyendo durante el verano: los días aumentan para menguar inmediatamente después.

Finalmente, en el solsticio de Capricornio, allá por el 21 de diciembre, la altura del Sol sobre el horizonte es la más pequeña posible: así es que tenemos la época de noche más larga y de día más corto.

Lo que acabamos de decir se aplica al hemisferio norte; en un punto cualquiera del hemisferio sur cuya latitud sea superior á $23^{\circ} 27'$, los fenómenos se presentan del mismo modo, pero en épocas del año correspondientes á posiciones de la Tierra diametralmente opuestas sobre su órbita. El día más largo es el del solsticio de Capricornio, y el más corto el del solsticio de Cáncer.

41. Días y noches de la zona intertropical. —Consideremos ahora algunos puntos particulares de la Tierra.

En el ecuador, durante todo el año, la duración del día y de la noche son iguales, teniendo cada uno de ellos doce horas. Esto depende de que el círculo máximo del ecuador se encuentra siempre dividido en dos partes iguales por el círculo que separa el hemisferio iluminado del oscuro; el arco diurno y el nocturno tienen la misma amplitud, sea cual fuere la altura meridiana del Sol. En la época de los equinoccios, el Sol describe, para el horizonte de un punto del ecuador, el círculo máximo vertical que pasa por los puntos este y oeste. De modo que á las doce del día exactamente pasa por el cenit.

Este último fenómeno es común á todas las regiones de la Tierra situadas entre el ecuador y ambos trópicos, hasta los $23^{\circ} 28'$ de latitud próximamente. En efecto, el eje de rotación se inclina $23^{\circ} 28'$ sobre el

plano de la eclíptica. Cuando nuestro globo llega, por efecto de su movimiento de translación alrededor del Sol, á uno ú otro de los solsticios, el radio que une los centros de ambos astros pasa precisamente por un punto de uno de los trópicos, y coincide con la vertical del lugar.

Así, el día del solsticio de verano, el Sol pasa á la hora de las doce por el cenit de todos los puntos situados en el trópico de Cáncer, y el día del solsticio de invierno por el cenit de los lugares del trópico de Capricornio.

42. El Sol en el cenit. —Entre el ecuador y los trópicos, es decir, en toda la zona tórrida, se presenta la misma circunstancia dos veces al año, porque entonces la altura meridiana del Sol llega á 90° y pasa de esto. De ahí resulta que entre estas dos épocas y uno de los solsticios el Sol se encuentra á la hora del mediodía más allá de la vertical por la parte norte, y durante el resto del año, aquende dicha vertical, por la parte del sur. De modo que los habitantes de la zona tórrida ven su sombra meridiana proyectada ya hacia el polo, ya hacia el ecuador, esto es, al norte ó al sur de su horizonte.

43. Días y noches de las zonas polares .—Transportémonos ahora á uno de los círculos polares, es decir, á una latitud que sólo dista del polo $23^\circ 27'$.

Desde el equinoccio hasta el solsticio, el día va creciendo sin cesar para ese paralelo, lo mismo que para todos los demás lugares de la Tierra; pero en el solsticio mismo, la luz del Sol alcanza al paralelo completo, de modo que este día el astro permanece 24 horas sobre el horizonte. Lo contrario ocurre en el círculo polar del hemisferio opuesto, cuya noche dura 24 horas el día del solsticio.

Allende los círculos polares, en los sitios que forman las zonas glaciales, los días y las noches tienen duraciones cada vez más desiguales. Á partir del equinoccio de Libra, por ejemplo, el polo austral de la Tierra ve alzarse al Sol sobre su horizonte, efectuar cada veinticuatro horas una vuelta entera sin ponerse, y, elevándose siempre, alcanzar al cabo de tres meses su mayor altura, en la época del solsticio de Capricornio. Una vez pasado el solsticio, el astro luminoso describe en sentido inverso esta especie de espiral, para ponerse tres meses más tarde, con lo cual ha suministrado un día de seis meses enteros á dichas regiones heladas. Durante este largo intervalo de tiempo, el polo boreal se hallaba sumido en la noche, que ahora va á empezar para el polo sur.

44. Duraciones máxima y mínima del día y de la noche en diversas latitudes .—Acabemos este estudio de las variaciones que presentan las duraciones relativas de los días y de las noches, presentando en un cuadro las duraciones del día más largo y del más corto para cierto número de latitudes comprendidas entre los círculos polares:

45. Las estaciones astronómicas. —Según se sabe, el año se divide en cuatro estaciones, separadas unas de otras por los dos equinoccios y los dos solsticios.

La primavera empieza en el momento en que la Tierra pasa por el punto equinoccial de la primavera ó, lo que significa lo mismo, en el momento en que el Sol atraviesa el ecuador y pasa del hemisferio austral al boreal del cielo. Este paso ocurre ordinariamente entre el 20 y el 22 de marzo.

El fin de la estación de la primavera y el principio de la de verano coincide con la época del solsticio siguiente, que se efectúa de ordinario hacia el 20 de junio.

El estío acaba y el otoño empieza en el momento en que se verifica el segundo equinoccio, es decir, cuando el Sol atraviesa el ecuador para volver al hemisferio austral, allá por el 22 de setiembre.

Finalmente, en la época del segundo solsticio, es decir, á eso del 20 ó 21 de diciembre, empieza la estación de invierno , que termina con el año astronómico al llegar el equinoccio de primavera.

46. Porqué tienen desigual duración las estaciones. —Los equinoccios y los solsticios dividen en cuatro partes desiguales la órbita de la Tierra, según acabamos de ver. Este hecho bastaría para que las estaciones no tuviesen la misma duración; pero esta desigualdad aumenta más aún por la circunstancia de que la Tierra se mueve en su órbita con rapidez tanto mayor cuanto más cerca del Sol se encuentra, cosa que ocurre precisamente cuando recorre los dos arcos más pequeños, los de otoño y de invierno.

He aquí las épocas precisas en que se verificaron durante el año 1888 los equinoccios y los solsticios, esto es, los principios de las cuatro estaciones y las duraciones correspondientes de estos períodos:

El equinoccio de Aries se efectuó el 20 de marzo á las 4 h 5 m de la mañana (tiempo medio de París). El solsticio de Cáncer el 21 de junio, á 0 h 23 m de la mañana. El equinoccio de Libra el 22 de setiembre á las 3 h 2 m de la tarde. El solsticio de Capricornio el 21 de diciembre, á las 0 h 12 m de la mañana.

La duración del otoño austral, ó de la primavera boreal habrá sido, pues, de 92 días 20 h 18 m . La del invierno austral ó del verano boreal, 93 días 14 h 39 m . La de la primavera austral ó del otoño boreal, 89 días 18 h 10 m . La del verano austral ó del invierno boreal (1888-1889), 89 días 0 h 34 m .

Se ve, por los números que preceden, que el Sol ha permanecido en el hemisferio boreal durante 186 días 10 h 57 m y en el austral sólo durante 178 días 19 h 44 m , lo cual constituye una diferencia de 7 días 15 h 30 m en favor de las estaciones estivales del hemisferio norte.

Fig. 19. Órbita anual de la Tierra. Las estaciones.

47. Las estaciones meteorológicas. —Las estaciones no son únicamente las divisiones naturales del año astronómico, sino que además y casi siempre se las considera como períodos que presentan caracteres distintos desde el punto de vista de la temperatura de las diversas regiones de la Tierra.

En lo relativo al hemisferio boreal, el invierno es generalmente la época de los fríos y el verano la de los calores, formando el otoño y la primavera períodos intermedios y templados.

En el hemisferio austral, el orden es inverso, por lo menos en cuanto las temperaturas dependen de la acción exclusiva y directa de los rayos solares. En dichas regiones de la Tierra, las épocas del frío son la primavera y el verano, y el otoño é invierno las de grandes calores. Es fácil darse cuenta de la oposición de las estaciones en ambos hemisferios con sólo estudiar las causas astronómicas de las variaciones de la temperatura.

48. Intensidad de la radiación solar en diversas épocas. —Si se considera en su totalidad el globo terrestre, la cantidad de calor que recibe del Sol no depende sino de la distancia entre ambos astros, y varía con ella. En el perihelio, allá por el 1º de enero, dicha cantidad es la mayor posible; la menor, en el afelio, hacia el 1º de julio.

Entre estas dos épocas, el calor recibido por el globo varía, á medida que cambian las distancias del Sol á la Tierra. Como el eje mayor de la órbita divide la curva en dos partes iguales recorridas en el mismo tiempo por el planeta, resulta que éste recibe del sol cantidades de calor iguales durante cada una de esas mitades de año.

Por otra parte, la observación enseña que la temperatura media de la Tierra es casi constante, y que no ha variado de manera sensible desde hace miles de años. En consecuencia, podemos sentar que nuestro

globo pierde cada año, por radiación en el espacio, todo el calor que recibe del Sol.

49. Influencia de la altura del Sol sobre la intensidad de la radiación. —Las variaciones de distancia no bastan á explicar las grandes diferencias que se notan en la temperatura de un punto dado en las diversas épocas del año, ni la distribución excesivamente desigual del mismo elemento en las distintas latitudes. Las causas de esas variaciones son de dos órdenes: unas, que dependen de la constitución física del globo terrestre y de su atmósfera, son de orden meteorológico; otras, puramente astronómicas. No debemos insistir más que sobre estas últimas.

Dos causas astronómicas principales determinan la intensidad del calor que el Sol irradia hacia un punto dado de la superficie del globo, de la cual resulta la temperatura media de un día en una época determinada. Estas causas son: en primer lugar, la altura meridiana á que el Sol se eleva sobre el horizonte; en segundo lugar, la duración del día, esto es, del tiempo que el astro tarda en recorrer su arco diurno.

En física se demuestra que si una superficie se encuentra enfrente de un foco de calor, la intensidad del calor incidente es tanto mayor cuanto menos oblicuamente se presenta dicha superficie á la acción de los rayos. Así, en el momento de salir el Sol, la Tierra recibe su mínimum de calor, para irse calentando cada vez más á medida que el movimiento diurno, haciendo elevarse el disco del astro, disminuye la oblicuidad de sus rayos. Á las doce, el calor recibido alcanza su máximun, para empezar á disminuir en seguida hasta la hora del ocaso. Comparando, en lo que se refiere á la oblicuidad de los rayos solares, dos días cualesquiera tomados en diferentes épocas del año, se ve que la cantidad de calor recibida en un punto dado, en cada uno de estos días, depende de la altura que alcanza el Sol á al hora de las doce. Ahora bien, esta altura varía con las estaciones, siendo cada vez mayor desde el equinoccio de primavera hasta el solsticio de verano, para disminuir en seguida hasta el equinoccio de otoño; luego sigue bajando hasta el solsticio de invierno, en que es lo más pequeña posible.

Finalmente, durante el invierno vuelve á pasar por los valores que ha tenido en otoño, hasta el equinoccio de primavera.

50. Influencia de la duración del día. —Por último, la temperatura de un día depende también del tiempo durante el cual ejercen los rayos solares su acción sobre la atmósfera y el suelo. En una palabra, depende de la extensión del día. Pues, esta extensión es á su vez, para un punto dado, tanto mayor cuanto más considerable es la altura meridiana del Sol; de modo que esta segunda causa contribuye en unión de las primeras á hacer más cálidas las estaciones de primavera y de verano, y más frías las de otoño é invierno.

Esto es, por lo demás, lo contrario de lo que ocurre con el hemisferio austral de la Tierra, puesto que, para dos latitudes iguales y opuestas, las alturas meridianas del Sol varían en sentido inverso, así como las duraciones relativas de los días y de las noches. El otoño y el invierno son en él las estaciones más cálidas, y la primavera y el verano las más frías.

51. Variaciones de la temperatura según las latitudes. —Todo cuanto acabamos de decir para explicar las variaciones de la temperatura en un punto dado, sirve también para hacer comprender la desigualdad de distribución del calor según las latitudes.

La zona tórrida, comprendida entre el ecuador y los dos trópicos, comprende las regiones cuya temperatura media anual es más elevada, y en que, al mismo tiempo, es menos vivo el contraste entre las estaciones. En efecto, el Sol conserva en ellas, durante todo el año, las alturas mayores sobre el

horizonte. Allí es únicamente, según se ha visto, donde alcanza el cenit, y donde sus rayos caen verticalmente sobre el suelo. Su altura meridiana minimum varía entre 66° y 43° , y nunca es inferior á este último valor.

En las zonas templadas hay una diferencia más considerable entre las temperaturas de las estaciones extremas. Por la época del solsticio de invierno, el Sol alcanza escasa altura meridiana, mientras que en el solsticio de verano, se eleva á alturas muy cercanas del cenit. Pero lo que distingue principalmente dichas zonas de la tórrida, es que la duración de los días, durante las estaciones invernales, es mucho menor que la de los días de las estaciones estivales.

Finalmente, entre todas las zonas, las menos favorecidas en lo relativo á la temperatura, son las glaciales. Durante los largos días de primavera y de estío se presentan dichas zonas muy oblicuamente á los rayos del Sol, y la ausencia del astro durante sus largas noches de otoño y de invierno, acumula en ellas las nieves y los hielos convirtiendo á esas regiones en países casi inhabitables.

52. Épocas del mayor calor y del mayor frío. —La primavera y el estío son dos estaciones que podrían creerse idénticas á primera vista, puesto que, dado un punto cualquiera, el Sol pasa en él por las mismas alturas meridianas y que los días tienen duraciones sucesivamente iguales. Lo mismo pudiera creerse acerca del otoño y del invierno. Sin embargo, la observación prueba que la temperatura media del verano es superior á la de la primavera, y que los grandes calores se presentan durante el verano y no en el solsticio. El invierno es análogamente más frío que el otoño, y las temperaturas más rigurosas no coinciden ordinariamente con la época del solsticio.

53. Estaciones meteorológicas de ambos hemisferios. —Se ha visto que el otoño y el invierno, esto es, las estaciones más frías del hemisferio boreal, corresponden á las distancias más cortas del Sol y de la Tierra, y la primavera y el verano á su mayor alejamiento. Como en el hemisferio austral ocurre lo contrario, deberían resultar de esto calores estivales más intensos y fríos de invierno más rigurosos. Pero esta causa de desigualdad queda compensada por el hecho de que, si bien el calor recibido por el hemisferio austral es más intenso durante las dos primeras estaciones, la duración de éstas es, por otra parte, menor que la de las otras dos.

Sin embargo, dada la igualdad de latitud, la temperatura media del hemisferio austral es inferior á la del hemisferio boreal. Las observaciones meteorológicas atestiguan la exactitud de este hecho, que se encuentra además confirmado por la diversa extensión de los hielos alrededor de ambos polos. Mientras que los hielos del boreal se extienden sólo hasta el 81° paralelo, en la zona austral los mares se hielan hasta el paralelo 71. Mas las causas de estas diferencias no son astronómicas: tal fenómeno debe atribuirse á la desigual repartición de las tierras y las aguas en los dos hemisferios. El boreal contiene la mayor parte de los continentes, mientras que el austral se encuentra cubierto en más de las tres cuartas partes por los océanos. Es cierto que ambos reciben en un año la misma cantidad de calor solar; pero la superficie líquida se enfría con más rapidez que el suelo, porque á medida que una capa superficial disminuye de temperatura, su mayor densidad la hace bajar, siendo reemplazada por otra inferior, que se enfría á su vez. Así pues, la mar pierde más que el suelo firme por la radiación nocturna de la Tierra, y esto explica la diferencia que acabamos de señalar entre las temperaturas medias del hemisferio sólido y del líquido.

SATÉLITE DE LA TIERRA

54. Fases de la Luna. —La Tierra va acompañada por la Luna en su movimiento de rotación alrededor del Sol.

La Luna gira á su vez en torno de la Tierra, y en el mismo sentido que nuestro propio movimiento alrededor del Sol, esto es, de occidente á oriente. Su revolución se efectúa en un intervalo de 27 días y medio.

Como la distancia de la Luna á la Tierra es considerablemente más pequeña que la del Sol, la órbita de aquel astro lo coloca en cada revolución en una serie de posiciones respecto de este último, llamadas fases , y que nos la presentan de manera muy distinta. Ya aparece como un disco completamente iluminado; ya la vemos bajo la forma de un semi-círculo luminoso; ya, por fin, se limita á una sección más ó menos delgada, que es lo que llamamos media luna , ó una porción de círculo superior á la mitad de esta figura.

55. Explicación de las fases de la Luna. —La razón de estos aspectos es muy fácil de comprender. Basta para ello con examinar la figura 20, que representa una revolución completa de la Luna alrededor de la Tierra. En ella se ve á nuestro satélite en ocho posiciones principales sobre su órbita, cuyo centro está ocupado por la Tierra. Se supone que el Sol se halla fuera de la figura á una distancia igual á cerca de 400 veces la de la Tierra á la Luna. Su luz ilumina la mitad superior de ambos globos. Examinemos las posiciones sucesivas de la Luna.

En lo alto de la figura, nuestro satélite vuelve hacia la Tierra la mitad oscura y, por consiguiente, la Luna queda entonces invisible. Esta es la Luna nueva , y entonces se dice que se opera la conjunción .

El movimiento de la Luna la lleva á su segunda posición, y se empieza á ver desde la Tierra una pequeña parte del disco lunar, que parece una hoz, cuya convexidad está vuelta hacia el Sol, por la parte de occidente. En los días siguientes la media Luna se hace cada vez más ancha, y á los 7 y medio próximamente después de la Luna nueva, se encuentra iluminada toda una mitad del disco: este es el cuarto creciente .

Fig. 20. Órbita de la Luna. Explicación de las fases.

En los días siguientes, nuestro satélite vuelve hacia la Tierra porciones cada vez mayores de su mitad iluminada, hasta que llega á la quinta posición, esto es, la que se encuentra situada en la parte inferior de la figura, y en la cual vuelve hacia nosotros la mitad entera. Entonces se ve iluminado completamente el disco; este es el momento de la Luna llena ó de la oposición , porque al llegar este momento nuestro satélite ocupa, respecto de la Tierra, una posición opuesta á la del Sol. La Luna llena se verifica 14 días y cuarto próximamente después de la nueva.

El movimiento continúa y la Luna vuelve á ocupar en la segunda mitad de su revolución, pero en sentido inverso, posiciones completamente análogas á las de la primera. El disco presenta porciones iluminadas menguantes, primero el semi-círculo luminoso, luego las hoces ó medias Lunas , cada vez más estrechas y que entonces vuelven su convexidad hacia oriente. En los días 21^o á 22^o de la revolución se presenta el cuarto menguante , y á los 29 y medio, la Luna ha vuelto á hacerse invisible: ha terminado, pues, la lunación .

*Fig. 21. Movimiento propio de la Luna.

Se llama, en efecto, lunación el período que recorre así nuestro satélite entre dos conjunciones consecutivas, ó, lo que es lo mismo, entre dos lunas nuevas.

56. Lunación. —Ya se ha visto que la Luna efectúa su revolución alrededor de la Tierra en 27 días y $\frac{1}{4}$ próximamente, mientras que la lunación es de 29 días y medio. Esta diferencia procede de que, mientras la Luna efectúa una revolución sobre su órbita, la Tierra recorre igualmente, en el mismo sentido, un arco de la suya. La Luna, que ha dado una vuelta entera, se presenta otra vez á coincidir con la misma estrella; pero no ha llegado aún á su misma posición respecto del Sol, y como necesita aún 2 días y 5 horas más para realizar este regreso, resulta que se debe añadir esta diferencia á la duración de la revolución sobre la órbita, para obtener el tiempo exacto que tarda en efectuarse la lunación.

57. Movimiento propio de la Luna. —El movimiento de la Luna alrededor de la Tierra no se manifiesta sólo por las fases ó apariencias variadas de su disco.

También se le observa por el movimiento de la Luna sobre la bóveda celeste. Si este astro permaneciese inmóvil, tendría el mismo movimiento diurno que las estrellas, y se le vería ocupar siempre el mismo sitio en las constelaciones. Por el contrario, de un día á otro cambia de lugar retrocediendo hacia el oriente, como es fácil comprobarlo en el curso de una misma noche. Dicho movimiento de occidente á oriente es, en efecto, muy sensible, y llega á 13 grados próximamente en 24 horas.

58. Órbita de la Luna. —La órbita que la Luna describe alrededor de la Tierra no está en el mismo plano que la de la Tierra alrededor del Sol. Aquél se inclina sobre la eclíptica formando un ángulo de 5 grados próximamente.

Examinando la figura que nos ha servido para explicar las fases, es fácil ver:

Que si la Luna describiese su órbita en el plano de la eclíptica, al llegar cada Luna nueva ó novilunio, la mitad oscura que este astro presenta á la Tierra, se encontraría opuesta necesariamente al Sol en línea recta; como los discos de ambos cuerpos tienen la misma dimensión aparente, la luna ocultaría el Sol á la Tierra, durante todo el tiempo de su paso en conjunción. El Sol sería invisible para las partes de la Tierra sobre que proyectara su sombra nuestro satélite; en una palabra, habría eclipse de Sol ;

Que, en el mismo supuesto, al llegar la época de la oposición ó el plenilunio, habría eclipse de Luna, puesto que entonces la Tierra se hallaría interpuesta en línea recta entre el Sol y nuestro satélite. Este último quedaría sumido, pues, en la sombra de la Tierra.

De modo que en cada lunación habría dos eclipses, uno de Sol y otro de Luna, separados entre sí por un intervalo de catorce días y medio próximamente.

59. Inclinación sobre la eclíptica de la órbita de la Luna. —Todo el mundo sabe que los fenómenos de esta clase son mucho más raros, lo cual depende de que, como la órbita lunar se encuentra en un plano inclinado respecto de la órbita de la Tierra, una mitad de esta órbita es descrita por encima de la eclíptica, y la otra mitad por debajo. En la época del novilunio, nuestro satélite se encuentra, es verdad, en la dirección indicada, pero ya por encima ya por debajo del disco de la Tierra; y la sombra proyectada por él en el espacio pasa por encima ó por debajo de nuestro globo.

De análoga manera, en la oposición ó durante el plenilunio, la sombra de la Tierra que se encuentra necesariamente en el plano de la eclíptica, pasa por encima ó por debajo de la Luna sin tocarla, y no hay eclipse.

60. Condiciones de posibilidad de los eclipses. —No olvidemos, sin embargo, que la Luna, para describir su órbita ya por encima ya por debajo del plano de la órbita terrestre, pasa necesariamente dos veces por este plano, en cada revolución. Dichos dos puntos se denominan nodos .

Ahora bien, los nodos de la Luna cambian de posición, moviéndose sobre la órbita, y ocurre de tiempo en tiempo que la Luna se encuentra en uno y luego en el otro de estos nodos, en los instantes en que es también Luna nueva y Luna llena . Cada vez que se efectúa la mencionada coincidencia, hay eclipse de Sol ó de Luna, puesto que entonces Luna, Tierra y Sol se encuentran en línea recta. Lo que hemos dicho arriba sobre lo que ocurriría en la hipótesis de que la órbita lunar coincidiese con la eclíptica, se aplica en todo su rigor á los casos que acabamos de indicar.

Ahora es posible darse cuenta de la razón que ha hecho dar su nombre al plano de la Eclíptica ó de la órbita terrestre. Los eclipses no son posibles más que cuando la Luna pasa por este plano.

Fig. 22. Eclipse total de Sol.

61. De los eclipses de Sol. —Distínguense tres especies de eclipses solares. Unos son totales : en ellos el disco oscuro de la Luna cubre enteramente la superficie aparente del astro radioso (fig. 22). Los demás son parciales , es decir que en ellos sólo se oculta una parte más ó menos grande del disco solar que aparece recortado. Por fin, hay eclipses de Sol anulares , que se verifican cuando el disco de la Luna no es bastante grande para ocultar enteramente el del Sol; entonces un anillo luminoso de cierto ancho desborda alrededor del hemisferio oscuro de la Luna.

Esto equivale á decir que el cono de sombra pura proyectado por la Luna nueva hacia la Tierra, alcanza ó no la superficie de nuestro globo. Si llega á dicha superficie, hay eclipse total para todos los puntos de la Tierra que entran en su circunferencia, y parciales para cuantas regiones sólo quedan sumidas en la penumbra. Este es el caso representado por la figura 23.

Fig. 23. Eclipse anular de Sol.

Según esto, las condiciones de posibilidad de los eclipses totales de Sol son las siguientes:

La Luna debe hallarse en conjunción , esto es, ha de ser novilunio .

Este astro debe encontrarse además en las cercanías de uno de sus nodos.

Finalmente, su distancia á la Tierra debe ser menor que la longitud del cono de sombra pura proyectado por ella en el espacio.

Las mismas condiciones, excepto la última, son las de los eclipses anulares de sol.

62. Visibilidad de los eclipses de Sol. —Los eclipses de Sol no son visibles más que en una porción muy limitada de la superficie de la Tierra. Es perfectamente evidente, en primer lugar, que el fenómeno es completamente invisible en todos los puntos de la Tierra para los cuales no ha salido aún el Sol mientras dura el eclipse entero. Pero esto es también exacto para otros muchos puntos de la Tierra, y la razón se comprende sin dificultad.

En efecto, la Luna tiene un diámetro que es casi cuatro veces inferior al de la Tierra. Su cono de sombra es, en su mayor anchura, demasiado estrecho para que nuestro globo entero quepa en él; y hacia las extremidades, sus dimensiones son bastante pequeñas para no producir en la superficie de nuestro globo más que un círculo negro de unas 22 leguas de ancho. Según esto, un eclipse de Sol no es total, en un mismo instante físico, sino para un círculo de dicha dimensión. Sólo que los movimientos combinados de la rotación terrestre y lunar hacen que en realidad el cono de sombra se pasee por gran parte de la superficie de la Tierra, describiendo esta superficie una curva oscura. Las mismas observaciones se aplican á la penumbra.

63. Eclipse de Luna; condiciones de posibilidad. —Los eclipses de Luna pueden ser también parciales ó totales; pero nunca anulares, porque el cono de sombra de la Tierra tiene siempre, aún en las mayores distancias á que puede hallarse el satélite, dimensiones mucho más considerables que el disco lunar mismo.

Los eclipses de Luna no pueden efectuarse más que en la época de la oposición ó en plenilunio, con tal sin embargo que dicho astro se encuentre en uno de sus nodos ó á escasa distancia de ellos. En definitiva, para que el fenómeno ocurra, es indispensable que el globo lunar atraviese los conos de sombra y de penumbra que la tierra proyecta en el espacio, conos cuyo eje común coincide necesariamente con el plano de la eclíptica.

Si la penetración en la sombra pura es completa, el eclipse de Luna es total; si el astro sólo penetra en parte en dicho cono, el eclipse es parcial.

Finalmente, el eclipse total se llama central cuando la Luna atraviesa el cono de sombra en su mayor diámetro, lo cual exige evidentemente que el instante de la oposición coincida con el paso de la Luna por su nodo.

64. Aspecto de la Luna durante un eclipse. —Al principio de un eclipse total de Luna se observa primeramente una disminución marcada de la luz del disco; la Luna entra en este momento en la penumbra. Luego, y de pronto, se forma sobre el contorno un pequeño recorte oscuro que invade poco á poco la parte luminosa del disco; pero este recorte dista mucho de ser tan marcado como el de los eclipses solares. Su forma es circular; pero de una curvatura menos pronunciada, circunstancia fácil de prever y que el cálculo confirma, puesto que el diámetro de la sombra de la Tierra es casi tres veces tan grande como el diámetro lunar.

65. Forma y dimensión de la órbita lunar. —La órbita de la Luna no es circular; su forma es la de una elipse en uno de cuyos focos se hallara la Tierra.

De ahí resulta que la distancia de nuestro satélite á nuestro globo es ya mayor, ya menor. Su distancia media, calculada tomando como unidad el radio del ecuador de la Tierra, es algo más de 60. Expresándola en kilómetros, se encuentran 384,000, ó sean 96,000 leguas. En su mayor distancia ó apogeo, la luna se halla á 101,000 leguas; en el perigeo, sólo dista de nosotros 91,000 leguas. Estos números se aplican á los centros de ambos astros.

Fig. 24. Dimensiones comparadas de la Tierra y de la Luna.

66. Dimensiones de la Luna. —Conociendo la distancia de la Luna á la Tierra se han podido deducir las dimensiones de su diámetro, su superficie y su volumen.

El diámetro es algo mayor que la cuarta parte del diámetro de nuestro globo: equivale, en efecto, á sus 27 centésimos, lo que hace en kilómetros 6,950, ó sean unas 1,738 leguas. La Luna mide 11,000 kilómetros de contorno.

Su superficie es la 13ª parte de la terrestre; su volumen, la 49ª parte próximamente del de nuestro globo.

67. Rotación de la Luna. —Examinando las manchas que cubren el disco lunar, no se tarda en reconocer, si se continúa este examen durante algún tiempo, que la Luna presenta siempre las mismas á la Tierra, es decir, que vuelve constantemente hacia nosotros el mismo hemisferio. Este hecho constituye

una prueba de que la Luna tiene movimiento de rotación que dura lo mismo que la revolución sideral. Nada más que por el hecho de presentar siempre la Luna la misma cara á la Tierra, que es el centro de su movimiento, resulta claro que, dado un punto del espacio celeste más ó menos distante de la órbita lunar, nuestro satélite debe por el contrario presentar, en el mismo intervalo, todas sus caras á un observador colocado en dicho punto.

68. Montañas de la Luna. — Constitución física. — Cuando se estudia la Luna por medio de un telescopio de bastante alcance, se ven en la superficie de su disco multitud de asperezas cuya presencia se acusa más aún por las sombras que proyectan en la dirección opuesta á la del Sol. La mayor parte de esas asperezas que no son más que las montañas de la Luna, tienen forma circular que las hace parecerse á grandes circos, ó á los cráteres de los volcanes terrestres. Las hay de todas dimensiones. La altura de muchas de estas montañas ha sido medida; casi todas son muy elevadas, y son varias las que suben tanto como las principales cimas de la Tierra.

Rigurosamente hablando, en la Luna no hay cordilleras de montañas ó, por lo menos, las alturas que se denominan así, son sólo los bordes ó barreras, en parte ruinosas, de grandes cavidades circulares, á las cuales ha hecho dar el nombre de mares el color agrisado de su fondo. Pero se ha reconocido que en la Luna no hay agua, y por tanto tampoco océanos, así como no existe en ella atmósfera alguna.

Por efecto de su revolución alrededor de la Tierra y de su rotación sobre su eje, la Luna presenta sucesivamente al Sol todos los puntos de su superficie, durante la lunación, que se efectúa, según ya se ha visto, en 29 días y medio. De ahí resulta que el día y la noche lunares tienen en junto 709 horas. En el ecuador del mencionado astro, la duración de los días es igual á la de las noches, siendo por tanto una y otra de 354 horas y media. En las polos, el Sol permanece sobre el horizonte 179 días, esto es, casi la mitad de uno de nuestros años. Ese día viene seguido por una noche de análoga extensión.

69. Foco de las órbitas de los planetas. — El Sol es el foco común de las órbitas de los planetas, esto es, de los astros que efectúan á su alrededor un movimiento periódico de revolución, como lo hace la Tierra. Está inmóvil respecto de ellos, á los cuales envía su luz y su calor.

Todo el mundo sabe que esta luz es tan viva que no se puede mirar al Sol de frente, á menos que alguna nube ó la niebla no se interpongan entre su disco y la vista del observador; en este último caso, es fácil ver que dicho disco tiene forma perfectamente circular y que el Sol es esférico, lo mismo que la Tierra y la Luna.

Sus dimensiones aparentes son con corta diferencia las mismas que las de la Luna; pero como su distancia á la Tierra es mucho mayor que la á que se encuentra nuestro satélite, sus dimensiones verdaderas son también infinitamente mayores. Entremos en algunos detalles sobre este punto.

70. Distancia del Sol á la Tierra. — La distancia del Sol á la Tierra ha sido calculada por procedimientos que no podemos describir aquí. Se ha hallado que en su término medio equivale á 23,200 radios del ecuador terrestre, esto es, en números redondos, á 148 millones de kilómetros, ó á 37 millones de leguas. Es unas 384 veces la distancia de la Luna.

Estos últimos números dan la distancia media: las extremas se deducen de ellos fácilmente, cuando se recuerda que la diferencia en más ó en menos es de la 60ª parte próximamente de la distancia media. Entonces se encuentra que el Sol, en la época de su máximo, se halla alejado de la Tierra 23,600 radios terrestres, ó 37,600,000 leguas, y en su distancia mínima 22,000 radios ó 36,350,000 leguas.

Como la distancia media sirve de unidad á todas las restantes, sea en nuestro mundo solar, sea en el sideral, haremos algunas comparaciones para que se comprenda mejor que por una simple enumeración de cifras, cuan considerable es. Por lo demás, no hay dificultad para efectuar los cálculos cuyos resultados damos aquí: un tren expreso de camino de hierro que anduviese sin pararse 50 kilómetros por hora, no llegaría al Sol sino al cabo de 336 años y 7 meses. Si el sonido pudiera propagarse á través de los espacios celestes, desde el Sol á la Tierra, uno cuya intensidad fuera bastante grande para agitar el aire en espacio tan grande, no sería percibido por nosotros hasta los 13 años y $\frac{3}{4}$ próximamente después de su emisión. Por último, la misma luz, cuyo movimiento de propagación es el más rápido de todos los movimientos conocidos, tarda 8 minutos y 16 segundos para recorrer la misma distancia, no obstante su velocidad de 300,000 kilómetros por segundo.

71. Dimensiones del Sol. —Vengamos ahora á las dimensiones del Sol. El radio de esta inmensa esfera equivale á más de 108 veces el radio ecuatorial de la Tierra. Calculándolo en kilómetros, mide 692,000 ó sean 173,000 leguas, lo que da 4,350,000 kilómetros próximamente para la circunferencia de uno de sus círculos máximos.

Si de las dimensiones lineales pasamos á las superficiales, se encuentran 6,000,000 de millones de kilómetros cuadrados, esto es, 11,800 veces la superficie terrestre.

Fig. 25. Dimensiones comparadas del globo del Sol y de la órbita de la Luna.

Finalmente, el volumen del Sol no es inferior á 1,280,000 veces el de nuestro globo, lo que da, en cubos de un kilómetro de lado, la cifra enorme de 1,381,000,000,000,000.

Según se ha visto antes, la Luna se encuentra á una distancia media de la Tierra igual á 60 radios terrestres próximamente. Si se imaginara, pues, que el centro de la esfera solar viniese á coincidir con el centro de la Tierra, no sólo se encontraría comprendida toda la órbita de la Luna dentro del cuerpo del Sol, sino que sobraría 48 veces más el radio de la Tierra entre la circunferencia de aquella órbita y la del inmenso astro. La figura 25 da idea exacta de dichas proporciones y del prodigioso tamaño del astro que distribuye en nuestro sistema la luz y el calor.

Para representar al Sol, la Tierra y la Luna en sus verdaderas proporciones de tamaño y de distancia, habría que disponer las imágenes de esta manera. La Luna debería hallarse representada por un grano de munición de 1 milímetro de diámetro. Á la distancia de 11 centímetros de éste, se colocaría otro de 4 milímetros de diámetro, que sería la Tierra. Y siguiendo la misma escala, el Sol quedaría representado por un globo de 40 centímetros de diámetro, colocado á 42 metros de los dos granos, para que la distancia fuera proporcional á las dimensiones elegidas.

72. Manchas del Sol. —Visto á través de una neblina suficientemente transparente, el disco parece de deslumbradora blancura. Pero si se le observa con un anteojo provisto de un vidrio ahumado, se notan en la superficie del cuerpo solar pequeñas manchas, rodeadas de una envoltura agrisada. Estas manchas son en ocasiones redondas, pero á menudo presentan también las formas más variadas é irregulares.

Se ha observado que se mueven siempre en el mismo sentido, y de esos movimientos se ha deducido que el Sol gira uniformemente alrededor de uno de sus diámetros y que la mencionada rotación dura 25 días próximamente.

El Sol tiene luz propia, y su masa se encuentra en estado de continua incandescencia; su globo está envuelto por una capa de hidrógeno en ignición.

Por el contrario, los planetas carecen de luz propia y se limitan á recibir y reflejar la del Sol. Esto lo sabemos ya en lo tocante á la Tierra y á la Luna, y lo que no tardaremos en ver también respecto de los demás cuerpos que efectúan revoluciones alrededor del gran astro.

Si el Sol se encontrara á distancias tan grandes como las estrellas que más cerca se hallan de nosotros, sólo se presentaría á nuestra vista como un sencillo punto luminoso; de lo cual se deduce que el astro central de nuestro sistema no es sino una estrella, ó que cada estrella es un Sol análogo al nuestro.

73. Los Planetas .—Ya hemos dicho que la Tierra no es el único cuerpo que circula alrededor del sol. Otros siete planetas, cuatro de los cuales tienen dimensiones más considerables que nuestro globo, y tres que las alcanzan casi iguales ó un poco más pequeñas, efectúan sus revoluciones periódicas alrededor del gran astro, en tiempos que varían de 87 días á 165 de nuestros años.

Los ocho planetas son, por orden de sus distancias al Sol:

Además, entre Marte y Júpiter circulan multitud de planetas muy pequeños, separando así á los planetas inferiores de los grandes planetas. Llámaseles pequeños planetas ó planetas telescópicos , porque no se les puede ver más que con anteojos poderosísimos. Se conocen en la actualidad 271, y cada año se descubren otros nuevos.

Entre los planetas medios hay dos que están acompañados de satélites, los cuales circulan alrededor de ellos del mismo modo que los planetas lo efectúan en torno del Sol. Son la Tierra con la Luna y Marte con 2 satélites. También los grandes planetas tienen satélites. Júpiter posee cuatro; Saturno, ocho; Urano, cuatro; y Neptuno, uno solo.

Contando todos estos cuerpos, y entre ellos el Sol, se encuentra que el sistema planetario está compuesto de 300 astros, de ellos 279 planetas y 20 satélites.

74. Distancia de los Planetas al Sol. —He aquí las distancias medias de los 8 planetas principales al Sol, representadas primero tomando por unidad la de la Tierra, y luego en millones de kilómetros:

78. Duración de las revoluciones de los Planetas. —Las duraciones de las revoluciones en días y años de la Tierra son las siguientes:

76. Planetas inferiores; superiores. —Dos de los ocho planetas principales están como se ve, más cercanos que la Tierra al Sol; por el contrario, cuatro se encuentran más distantes. Los primeros se llaman planetas interiores ó inferiores ; los otros, entre los cuales se deben incluir los telescópicos, se denominan planetas exteriores ó superiores .

Como Mercurio y Venus describen órbitas que se encuentran envueltas por las de la Tierra, parecen oscilar hacia una y otra parte del Sol; ya pasan delante del astro, y á veces sobre su propio disco, donde se las ve destacarse á manera de pequeñas manchas negras y redondas; ya pasan por detrás del Sol. Estos planetas, vistos con el telescopio, presentan fases como la Luna, y por las mismas razones que ella. Cada uno de dichos cuerpos está animado de un movimiento de rotación que dura casi lo mismo que el de nuestro globo. En efecto, mientras la Tierra gira sobre su eje en... 23 h. 56 m.

Mercurio lo hace en... 24 h. 50 m. y.

Venus, en... 23 h. 21 m.

77. Mercurio y Venus. —Mercurio es más pequeño que la Tierra. Su diámetro equivale á algo menos de los 4 décimos del terrestre, lo que da como volumen algo más de la mitad. En cuanto á Venus, sus

dimensiones son casi las mismas que las de nuestro globo. La luz de estos dos planetas es tan viva, que no se puede distinguir nada en su superficie, cuando se les examina con el telescopio. Sin embargo, algunas manchas distinguidas en Venus, y algunas desigualdades sobre el contorno de Mercurio, han hecho suponer que en sus superficies existen altas montañas.

Las órbitas de los planetas superiores envuelven por completo la de la Tierra, de modo que nunca los vemos pasar por delante del Sol; pero en cambio, van periódicamente á colocarse en el sitio opuesto al Sol, y nos presentan un hemisferio completamente iluminado. Como esta posición coincide, además con sus más pequeñas distancias á la Tierra, los planetas mencionados pueden ser objeto de fructuoso estudio.

78. Marte. —Entremos en más detalles sobre cada uno de los planetas superiores.

La órbita que Marte describe alrededor del Sol es, como todas las órbitas planetarias, una elipse; pero, después de la de Mercurio, ninguna es tan prolongada, quiero decir, tan distinta del círculo como ésta. Así es que las distancias de Marte al Sol varían entre 204 y 246 millones de kilómetros, según que el planeta se encuentre en su perihelio ó en su afelio. Sus distancias á la Tierra son igualmente muy diversas, siendo la más pequeña posible cuando Marte se halla en oposición, á 56 millones de kilómetros próximamente.

El globo de Marte es ligeramente aplanado, y presenta manchas de color gris verdoso, que han permitido hacer constar la existencia de un movimiento de rotación que dura 24 horas 37 minutos. En sus polos se notan manchas más blancas que el resto del disco; se ha observado que las dimensiones de estas manchas varían y alcanzan precisamente su máximo durante la estación de invierno de cada hemisferio. Es probable, por tanto, que esas manchas son producidas por las nieves y hielos de cada polo, más abundantes y extensas en la época de los fríos. En cuanto á las manchas oscuras, son probablemente los mares de Marte, y las partes brillantes y rojizas, sus continentes y sus islas.

Las estaciones en Marte deben presentar grandes analogías con las de la Tierra, por ser poco más ó menos análoga la inclinación del eje de rotación sobre la órbita. Pero su duración es mucho mayor, y el año de Marte se compone de 668 días. Este planeta tiene dos satélites, que efectúan sus revoluciones en tiempos muy cortos: 7 horas y 39 minutos para el más cercano al astro central y 30 horas 18 minutos para el segundo.

El globo de Marte no mide más que los 15 centésimos del terrestre, y es por tanto unas 7 veces más pequeño. Su diámetro mide 6,800 kilómetros, 1,700 leguas.

79. Júpiter. —Éste es el mayor de todos los planetas. Su volumen equivale a 1,820 veces el de la Tierra, y el diámetro de su ecuador supera 11 veces el diámetro ecuatorial terrestre: mide, en efecto, 140,000 kilómetros.

Mirándolo á simple vista, Júpiter presenta el aspecto de una estrella de primera magnitud; pero en los telescopios es un hermoso globo, surcado por bandas agrisadas, y visiblemente aplanado en las extremidades de un mismo diámetro, que es su eje de rotación. En efecto, algunas manchas permanentes han permitido demostrar aquel movimiento, y medir su duración, que es de 9 horas y 56 minutos. De modo que el día es en Júpiter 2 veces y $\frac{1}{2}$ más corto que sobre la Tierra, y como su año es por el contrario casi once veces mayor, resulta que se compone de un número mucho mayor de días del planeta, esto es, de 10,477.

El eje de rotación forma casi un ángulo recto con el plano de la órbita. Las desigualdades de los días y de las noches, así como las de las estaciones, son por tanto poco pronunciadas en Júpiter.

Fig. 26. Júpiter acompañado de sus satélites.

Este astro va acompañado por cuatro satélites que circulan á su alrededor en tiempos desiguales. He aquí sus nombres, sus distancias al planeta, y la duración de sus revoluciones:

Todos ellos son mayores que nuestra luna, exceptuando el segundo.

Fig. 27. Saturno con su anillo y sus satélites.

80. Saturno. —Júpiter es sin duda el más voluminoso de los planetas; pero Saturno es el más extraordinario. No sólo se mueve en el cielo llevando un cortejo de ocho satélites, sino que posee además un apéndice singular, que lo distingue de todos los cuerpos celestes conocidos: este apéndice consiste en un anillo, ó mejor dicho, en un sistema de anillos que rodean su globo, del cual son completamente independientes.

En su movimiento de revolución alrededor del Sol, cuyo período comprende, según ya se ha visto, cerca de 30 años terrestres, Saturno se presenta bajo aspectos muy diversos, por efecto de la oblicuidad aparente de su anillo. Ya se le ve como un globo que sobresale por cada lado sobre el apéndice anular, y entonces el anillo tiene la forma de una elipse más ó menos abierta ó aplanada; ya se encuentra el planeta enteramente envuelto; ya, finalmente, se le diría privado de su anillo, que sólo se distingue como una línea recta luminosa, ó á manera de una oscura, que viene á ser la sombra proyectada por dicho anillo sobre el disco de Saturno.

81. Dimensiones de Saturno; su rotación. —Este astro es 718 veces tan voluminoso como la Tierra; hállese fuertemente aplanado en las extremidades de su diámetro ó eje de rotación; el diámetro ecuatorial equivale á más de 9 veces el de la Tierra, y mide unos 118,000 kilómetros.

La rotación de Saturno dura 10 horas y cuarto. Los anillos, cuyo plano coincide casi completamente con el plano del ecuador del planeta, tienen también un movimiento de rotación que dura lo mismo que el del planeta.

82. Urano y Neptuno. —Los dos planetas más lejanos del Sol, Urano y Neptuno, no son visibles á simple vista. Así fué que los antiguos no los conocieron, y que no se les ha descubierto hasta 1781 y 1846. Ambos son mayores que la tierra: Urano equivale á 69 globos terrestres y Neptuno á 55.

El primero de estos planetas tiene cuatro satélites, que efectúan sus revoluciones en 2 días 12 horas, 4 días 3 horas, 8 días 17 horas y 13 días 11 horas.

Neptuno no posee más que un solo satélite, cuya revolución dura 5 días y 21 horas.

83. Los pequeños planetas. —Entre Marte y Júpiter se mueven numerosísimos planetas muy pequeños, casi todos invisibles á simple vista, los cuales circulan alrededor del Sol en períodos que parecen comprendidos entre 1,000 y 2,500 días próximamente, á distancias del foco común comprendidas entre 2 y 4 veces próximamente la distancia media de la Tierra al Sol. Los cuatro más notables en esta multitud de astros telescópicos son Palas, Juno, Vesta y Ceres, precisamente los primeros descubiertos.

Hoy se conocen 271 de estos cuerpos celestes.

84. Los cometas. Núcleos y cabellera, colas. —Además del Sol, los planetas y sus satélites, el sistema solar comprende un número bastante considerable de astros que se mueven alrededor del foco común; pero que se distinguen de los planetas, sea por la naturaleza de sus órbitas, sea en caracteres físicos particulares.

Fig. 28. Cometa de 1811.

Estos astros son los cometas .

Si nos referimos á la etimología de la palabra, cometa significa astro cabelludo . En efecto, la mayor parte de las veces un cometa aparece como una estrella cuyo núcleo luminoso se encuentra rodeado por una nebulosidad más ó menos brillante, á la cual daban los astrónomos antiguos el nombre de cabellera .

Independientemente de esta aureola vaporosa, el núcleo del astro se presenta acompañado la mayor parte de las veces por una prolongación cuya longitud varía de un cometa á otro y aun tratándose del mismo cometa: esta prolongación luminosa, este apéndice nebuloso es lo que se denomina cola del cometa. La forma de la cabellera, sus dimensiones aparentes y reales, el aspecto y dimensiones de la cola, son sumamente variables. Se han visto cometas de dos y más colas.

85. Forma de las órbitas cometarias. —Los cometas efectúan, lo mismo que los planetas, movimientos de rotación alrededor del Sol; pero sus órbitas son curvas mucho más prolongadas. Y hasta diremos que la mayor parte de estas órbitas parecen ser curvas de ramas infinitas que se denominan parábolas. Los cometas que tienen tales órbitas, después de haberse acercado al Sol y á la Tierra lo bastante para ser visibles, se alejan de ellos para no volver á presentarse.

86. Número de los cometas. —El número de cometas es considerable. Desde la antigüedad hasta nuestros días se han observado más de 800; pero desde que se les busca con el telescopio, su número va creciendo con enorme rapidez. Es probable que hay que contarlos por millones, lo cual parece justificar la expresión de Képler, quien los consideraba tan numerosos como lo son los peces en el mar.

Pero sólo muy pocos astros de esa clase, aun entre aquellos cuyos períodos de revolución se han calculado, se han presentado por dos ó más veces ante la vista humana. Hoy se conocen catorce de ellos, desde el cometa de Halley, que se presenta cada 76 años, hasta el de Encke, que tiene un período de 3 años y 4 meses.

87. Estrellas errantes, bólidos, aerolitos. —Se da el nombre de estrellas errantes á unos meteoros que se presentan, en un cielo sereno, bajo el aspecto de puntos luminosos que corren por entre las estrellas. Diríase á primera vista que son estrellas desprendidas de la bóveda celeste, que caen y se apagan. Su brillo aparente es tan diverso como el de las estrellas propiamente dichas; pero en ocasiones se ven algunas que alcanzan la primera magnitud y superan en resplandor á Venus y Júpiter, presentando un disco parecido y dimensiones apreciables. Entonces se les da más bien el nombre de bólidos .

Algunos de estos meteoros, después de recorrer en el cielo una trayectoria de cierta extensión, estallan y se dividen en fragmentos que se precipitan sobre la superficie de la Tierra, donde se han podido recoger restos suyos, bajo la forma de masas minerales más ó menos voluminosas; estos son los aerolitos ó meteoritos .

Las líneas descritas por las estrellas errantes tienen casi siempre el aspecto de líneas rectas. La impresión luminosa dejada en el cielo por su rápido movimiento permite fácilmente la comprobación de dicha circunstancia. Pero este hecho general presenta excepciones y se han visto estrellas de esta clase

que antes de desaparecer describen curvas sinuosas.

También varía de manera análoga el color de las estrellas errantes y de los bólidos. Dado cierto número de estrellas errantes observadas, dos terceras partes próximamente eran blancas, mientras que el amarillo, el amarillo rojizo y el verde caracterizaban á la otra tercera parte.

Ha sido posible determinar las alturas de un número bastante grande de estrellas errantes en el momento de su aparición, y se han encontrado números muy diversos, desde 8 hasta 60, 100 y aún 200 kilómetros. Su velocidad es igualmente muy diversa, pero, en general, es considerable, igualando y aun superando á la que posee la Tierra en su movimiento de translación.

88. Estrellas errantes esporádicas, enjambres periódicos. —Desde el principio de la ciencia, los astrónomos habían distinguido entre las apariciones aisladas de las estrellas errantes, que llamaban esporádicas, y aquellas en que los meteoros se presentan en gran número y en épocas casi fijas, á las cuales reservaban naturalmente el calificativo de apariciones periódicas.

Desde luego se notaron dos épocas notables: la del 10 de agosto y de las noches próximas á esta fecha y la del 13 al 14 de noviembre; pero posteriormente se han reconocido otros varios períodos.

89. Aerolitos. —Los aerolitos, ó piedras llovidas del cielo, tienen estrecha relación con la aparición de las estrellas errantes y los bólidos. Gran número de hechos confirman esta manera de ver. Citemos algunos de ellos. El 26 de abril de 1803 en el Aigle, pueblo del departamento francés del Orne, unos cuantos minutos después de la aparición de un gran bólido que se movía del sudeste al noroeste, y que fué visto desde Alençon, Caen y Falaise, se oyó una horrible explosión, seguida por detonaciones semejantes al ruido del cañón y al fuego de mosquetería; ese estruendo partía de una nube negra aislada en medio de un cielo muy puro. Gran número de piedras meteóricas todavía humeantes fueron halladas en la superficie del suelo, en una extensión de terreno que medía en el sentido de su mayor dimensión, unos 11 kilómetros. La mayor de dichas piedras pesaba algo menos de 10 kilogramos.

90. Luz zodiacal. —Se llama luz zodiacal á una especie de cono luminoso que se observa después de ponerse el Sol, á fines del crepúsculo, ó por la mañana antes de la salida del astro. Este resplandor es visible principalmente por la tarde hacia la época del equinoccio de primavera y por la mañana en el equinoccio de otoño.

El brillo de esta luz es comparable al de la Vía láctea, ó bien á la cola de algunos cometas, que dejan ver á través, por ser muy grande su transparencia, hasta las estrellas más diminutas.

91. Estrellas fijas. — Orden de magnitud. —Las estrellas que brillan en el cielo de nuestras noches cuando está puro son tan numerosas que no se podría distinguirlas unas de otras fácilmente, si no conservaran las mismas posiciones relativas en el curso de los años. Este carácter es lo que les ha valido el calificativo de estrellas fijas, por más que también se muevan y cambien de posición á la larga. Por el contrario, los planetas, que á simple vista se parecen á las demás estrellas, se distinguen de éstas en que sus movimientos sobre la bóveda estrellada son generalmente muy perceptibles, y pueden observarse sin dificultad.

Las estrellas se clasifican también por orden de magnitud; las más brillantes de todas, que son veinte en el cielo entero, forman la categoría de las estrellas de primera magnitud. Citemos entre ellas, por orden de su brillo relativo:

Después vienen las estrellas de 2 a , de 3 a magnitud, etc., tanto más numerosas cuanto más débil es su fulgor. Á simple vista no se distinguen más que los seis primeros órdenes de magnitudes; las personas de muy buena vista suelen percibir hasta las estrellas de 7 a magnitud.

En conjunto hay de 5 á 8,000 estrellas visibles á simple vista; pero con los telescopios se las cuenta por decenas de millones.

92. Constelaciones. —Las estrellas más brillantes dibujan en la bóveda celeste figuras que permiten reconocerlas cuando se está familiarizado con su forma aparente. De esa manera se las distribuye en grupos llamados constelaciones .

Describamos rápidamente los más notables de estos grupos.

En un horizonte dado, por ejemplo, en la latitud de Buenos Aires, la esfera estrellada puede dividirse, según ya se ha dicho al hablar del movimiento diurno, en tres zonas: una, la zona circumpolar austral formada por estrellas que no se ponen ni salen, y que permanecen visibles en este Horizonte todas las noches del año; la segunda comprende las estrellas que describen sus arcos diurnos en parte por encima y en parte por debajo del horizonte, y está dividida en dos mitades por el ecuador celeste. El movimiento de translación de la Tierra hace que las diversas regiones de esta zona no sean visibles durante la noche más que sucesivamente y según la época del año. La tercera zona, inmediata al polo boreal, comprende las estrellas que describen sus círculos enteros por debajo del horizonte, y que son por consiguiente invisibles todo el año en la latitud de Buenos Aires.

Bajo el ecuador, las tres zonas se reducen á una sola, que comprende todas las estrellas del cielo, desde un polo á otro. Lo mismo en el polo sur que en el norte, la zona ecuatorial desaparece y las zonas circumpolares, una visible y otra invisible, comprenden cada una toda una mitad de la esfera celeste.

93. Zona circumpolar austral. —Veamos cuales son las constelaciones más notables de esta esfera. Empecemos por la zona circumpolar austral, siempre visible sobre el horizonte que acabamos de tomar como ejemplo, es decir, bajo la latitud sur de $34^{\circ} 36'$, que es la de Buenos Aires.

Supongamos que en la noche del 20 de diciembre, ó sea en la del solsticio de verano en el hemisferio austral, examinemos á media noche la parte de cielo vuelta hacia el sur. Á esta hora veremos la Via Láctea elevarse desde el horizonte hasta el cenit, inclinándose ligeramente hacia oriente. Á lo largo de su camino aparecen en este momento, unas por encima de otra, tres brillantes constelaciones, que son, nombrándolas de abajo arriba, el Centauro , la Cruz del Sur y el Navío ó Argo . La Cruz del Sur es notable por cuatro estrellas dispuestas en forma de cruz ó de rombo á las cuales debe su nombre; una es de primera y dos de segunda magnitud. Por debajo de la estrella más hermosa de la cruz se ven las estrellas γ y δ del Centauro notable la primera por ser doble, esto es, por constituir un sistema de dos soles que giran uno alrededor de otro, y también por ser, entre todas las estrellas conocidas, la más inmediata á nuestro sistema. El Centauro se extiende al oriente y al norte de la Cruz del Sur, envolviéndola casi enteramente. Encima de esta última constelación es donde brillan, en esta época del año, las más hermosas estrellas que componen al Navío y entre las cuales es Canopo la más brillante. Esta estrella de primera magnitud, la más brillante de todo el cielo después de Sirio se encuentra á unos $15''$ del cenit, algo más allá de los límites de la zona circumpolar austral; de modo que cada día, al describir su círculo diurno, desaparecerá durante cierto tiempo debajo del horizonte.

Fig. 29. Zona circumpolar austral.

Citemos de paso las constelaciones del Triángulo y del Altar , donde se ven algunas estrellas de segunda y tercera magnitud; luego el Pez Volador , la Dorada y el Retículo situadas por encima del Navío. En esta región del cielo austral se ven dos notables nebulosas, conocidas por el nombre de Nubes de Magallanes (nubecula mayor y nubecula menor) Entre estos dos singulares grupos estelares y la Cruz del Sur esta el polo celeste austral. En esta región no se ve ninguna estrella notable, que permita distinguir a simple vista, como en el hemisferio norte, el punto a cuyo alrededor parecen efectuar su movimiento de revolución diurna todas las estrellas visibles. Al oeste de las nubes de Magallanes, la constelación del Eridan notable por su estrella de primera magnitud Achernar , que hace vis a vis por la otra parte del polo a las dos brillantes estrellas del Centauro. La mayor parte de las estrellas del Eridan pertenecen por lo demás a la zona ecuatorial.

Fig. 29 Zona circumpolar boreal.

94. Zona circumpolar boreal . La zona circumpolar boreal comprende las estrellas invisibles en el horizonte de Buenos Aires. En el centro de ella se encuentra una estrella de 2^a magnitud denominada la Polar por efecto de su proximidad al polo celeste boreal. Esta es la más brillante de la constelación de la Osa menor .

En las cercanías de esta constelación se halla la Osa mayor cuyas 7 principales estrellas están dispuestas del mismo modo aunque en sentido inverso, que las 7 estrellas de la Osa menor.

Casiopea , el Dragón , el Cochero , donde brilla la Cabra , estrella de 1^a magnitud, el Cisne , son constelaciones de la misma zona.

95. Zona ecuatorial. —En la zona que rodea al ecuador celeste es donde brillan las más hermosas constelaciones del cielo. En el hemisferio norte, Leo ó el León , con la hermosa estrella Régulo , Virgo ó la Virgen con la Espiga , el Boyero con Arturo , Tauro con Aldebarán . Orion está sobre el ecuador, parte al norte y parte al sur de éste. El Gran Can , en que brilla Sirio , es una de las más hermosas constelaciones del hemisferio austral.

El cielo se halla atravesado en toda su extensión por una zona vaporosa, blanquecina, que se divide en varias ramas, y que se denomina la Vía Láctea . Mirándola con el telescopio, esta zona se descompone en miríadas de estrellas; su inmenso número y lo débil de su brillo es la causa de aquella apariencia lechosa á que debe su nombre la Vía Láctea.

96. Distancias de las estrellas á la Tierra y al Sol. —Si la distancia que separa la Tierra de las estrellas propiamente dichas no fuese infinitamente superior á la que existe entre nuestro planeta y el Sol, se notaría así de la manera siguiente. Puesto que la Tierra describe alrededor del Sol una curva cuyo radio medio es de 148 millones de kilómetros, en un intervalo de seis meses, nuestro globo anda el doble de este radio. Por consiguiente hay 296 millones de kilómetros entre una cualquiera de sus posiciones y la posición diametralmente opuesta en la órbita, y por consiguiente nuestro planeta se acerca ó se aleja de las estrellas tan enorme cantidad. Por un efecto de perspectiva fácil de comprender, las estrellas á que se acerca de esta manera, deberían parecer separarse unas de otras, acercándose por el contrario entre sí las estrellas de que se aleja. Pues bien, este efecto es nulo para la gran mayoría de las estrellas, y sólo se le ha podido medir tratándose de algunas, respecto de las cuales es, sin embargo, sumamente pequeño.

De ahí se ha deducido que las estrellas en general están tan distantes de la Tierra, que una longitud de 300 millones de leguas próximamente es como nula en comparación de sus distancias.

La más cercana á nosotros es, entre las conocidas, la estrella más brillante de la constelación del Centauro, designada por la letra griega α —alfa—en los catálogos de estrellas ó en los mapas celestes. Su distancia á la Tierra ó al Sol es 220 mil veces tan grande como el radio de la órbita de la Tierra. En números redondos, se eleva á 8,350 mil millones de leguas de 4 kilómetros. Sirio está seis veces más lejos, y se encuentra á 50,500 mil millones de leguas de nuestro mundo solar. Para formarse idea de tan prodigiosas distancias, se calcula el tiempo que tarda en atravesarlas la luz. Sábese que en el corto intervalo de un segundo, la luz recorre una distancia de 75,000 leguas próximamente: este es el más rápido de todos los movimientos conocidos. Ahora bien, para llegarnos, desde la estrella más cercana, tarda la luz algo más de tres años y medio; de Sirio más de 21 y medio; de la Cabra, ¡72 años por lo menos!

La inmensa mayoría de las estrellas se encuentran mucho más distantes aún. Herschel, gran astrónomo inglés, veía en su telescopio estrellas á que atribuyó distancia 2,300 veces mayor que la de las de primera magnitud. Por ahí se puede juzgar de la extensión del universo, aun cuando sólo se considere la parte de él accesible á la visión telescópica.

97. Las estrellas son soles. —Las estrellas brillan con luz propia y no por efecto de la luz refleja del Sol, según lo efectúan los planetas y sus satélites. Esta verdad es consecuencia de su inmenso alejamiento. Cuando se las mira con el telescopio, las más brillantes de entre ellas, las que pueden considerarse mayores, sólo aparecen como puntos luminosos, tan pequeños que no hay posibilidad de medirlos.

La consecuencia de todo cuanto antecede es que las estrellas son verdaderos soles, y probablemente muchas de ellas se encuentran acompañadas como nuestro astro central, de planetas, satélites y cometas, formando sistemas análogos á nuestro sistema solar.

98. Estrellas dobles. —También existen sistemas de soles. En efecto, se conocen miles de estrellas que, sencillas al parecer á simple vista, se descomponen cuando se las examina con el telescopio. Las estrellas que componen estos pares, giran una alrededor de otra, haciendo la mayor de ellas respecto de la menor, el mismo papel que nuestro Sol en lo tocante á uno de los planetas del sistema.

También hay estrellas triples y cuádruples.

99. Nebulosas, grupos estelares. —Por último, se conocen multitud de pequeñas manchas denominadas nebulosas, porque á simple vista ó con anteojos de escaso poder, se parecen á nubes luminosas. Examinadas con aparatos de gran aumento, muchas de ellas se descomponen en infinidad de estrellas; son, pues, grupos estelares. Pero las hay también que no han podido ser descompuestas, ya porque se hallen demasiado lejos ó porque sus estrellas sean muy pequeñas, ya porque se hallen constituídas por una especie de materia gaseosa, luminosa por sí misma, pero no condensada en estrellas.

La Vía Láctea entera aparece como una gran nebulosa, compuesta por multitud de estrellas, ya aisladas y dispersas en el cielo, ya agrupadas en núcleos compactos. Las nubes de Magallanes, la Nube mayor y la Nube menor, que se ven en el cielo del hemisferio austral, están compuestas á la vez de estrellas dispersas, de grupos estelares, y de nebulosas indescomponibles.

Tal es la estructura del universo considerado en conjunto. Nuestro Sol con todo su cortejo de planetas y de cometas no es más que un punto del Cosmos, y la Tierra, tan grande para nosotros, representa apenas un átomo imperceptible en la masa de los mundos.

Coulommiers.—Imp. P. BROUARD et GALLOIS.

NOTAS:

[A] Magallanes no pudo acabar el viaje de circumnavegación, porque murió en las Molucas. Del mando de la escuadrilla se encargó entonces Sebastián de Elcano, marino vascongado, á quien el rey de España, que ordenó la expedición, dió como divisa un globo con esta frase: Primus circumdidisti me .

THE FULL PROJECT GUTENBERG™ LICENSE

- You pay a royalty fee of 20% of the gross profits you derive from the use of Project Gutenberg works calculated using the method you already use to calculate your applicable taxes. The fee is owed to the owner of the Project Gutenberg trademark, but he has agreed to donate royalties under this paragraph to the Project Gutenberg Literary Archive Foundation. Royalty payments must be paid within 60 days following each date on which you prepare (or are legally required to prepare) your periodic tax returns. Royalty payments should be clearly marked as such and sent to the Project Gutenberg Literary Archive Foundation at the address specified in Section 4, "Information about donations to the Project Gutenberg Literary Archive Foundation."
- You provide a full refund of any money paid by a user who notifies you in writing (or by e-mail) within 30 days of receipt that s/he does not agree to the terms of the full Project Gutenberg™ License. You must require such a user to return or destroy all copies of the works possessed in a physical medium and discontinue all use of and all access to other copies of Project Gutenberg™ works.
- You provide, in accordance with paragraph 1.F.3, a full refund of any money paid for a work or a replacement copy, if a defect in the electronic work is discovered and reported to you within 90 days of receipt of the work.
- You comply with all other terms of this agreement for free distribution of Project Gutenberg™ works.