

na que girando la tierra de oeste, este á el flujo se hace en sentido contrario, y va á estrellarse como una inmensa ola contra la costa de América. la que la detiene allí, y la estorba que pase con la luna al Océano pacífico. Además de esto, los vientos aliseos que soplan continuamente del este al oeste se oponen al reflujo que viene del poniente.

Estas dos mismas causas producen un efecto muy notable en el golfo de México. Los vientos y mareas empujan continuamente á las aguas en aquella vasta concavidad, las acumulan allí sobre el comun nivel é impiden que vuelva á bajar por su perpétua acción. Remontadas estas aguas é incapaces de vencer las fuerzas que á su retroceso se oponen se deslizan al derredor de la costa occidental de la isla de Cuba, dirigen al norte hácia la costa de América, y forman la tan notable corriente del golfo de las Floridas. Es tan cierto que las aguas se acumulan en el golfo de México, que habiéndose tirado una línea de nivel por el istmo de Panamá se ha encontrado que tienen una elevación de catorce pies sobre la del mar Pacífico.

Supuesto que el aire tiene todavía mas ligereza y movilidad que las aguas, debe obedecer igualmente á la acción combinada del sol y de la luna, y haber, por consiguiente, tambien mareas aéreas. Hay un hecho, no obstante, que á primera vista, parece desmentir esta consecuencia, y es que el barómetro no atestigua estas elevaciones y depresiones de la atmósfera. Pero es fácil convenirse de que el barómetro debe, en efecto, mostrarse insensible á estas variaciones, porque todas las columnas de aire deben tener por todas partes el mismo peso, aunque de diferentes alturas, supuesto que el efecto directo de las mareas es, como ya hemos dicho, conservar el equilibrio compensando en altura la disminución de peso.

LECCION XIV.

DETERMINACION DE LA LONGITUD Y DE LA LATITUD.

Para determinar la posición de un punto sobre una superficie cualquiera, es menester conocer precisamente la distancia que media desde este punto á dos líneas fijas; estas dos líneas pueden estar dispuestas de un modo diferente, pero su situación sobre esta superficie debe estar fijada invariablemente. Sin embargo, para la facilidad de las construcciones y del cálculo, en vez de dar á estas líneas una inclinación cualquiera, se las dispone de modo á que formen juntas un ángulo recto. Así es que el pro-

ceder que nos servirá para fijar la posición de los diferentes puntos de la superficie de la tierra, es absolutamente el mismo que el que hemos empleado para determinar la posición de los astros. Basta, en efecto, conocer el paralelo sobre el cual se halla el punto que se trata de determinar, y su posición sobre este paralelo, esto es, la latitud y longitud de este punto.

Si se quiere de aquí que la latitud se obtiene tomando la altura del polo sobre el horizonte, porque siempre es igual á su altura. En efecto, si el punto C, (Fig. 6), está separado por ejemplo 30° , del ecuador hácia el polo ártico, su zenit será CF; el gran círculo HOR será su horizonte; el plano del ecuador EOZ estará lejano del zenit F de 30° y por consiguiente su distancia del horizonte será de 60° . El polo P tendrá la elevación de 30° , medido por el ángulo HCP.

Pero como hay en el otro hemisferio un círculo que presenta las mismas circunstancias, será preciso indicar si la latitud es austral ó boreal. La determinación de la longitud ofrece mas dificultades. Para obtenerla se mide en grados del ecuador, la distancia que separa al meridiano del parage que se quiere determinar, á otro meridiano conocido. Esta distancia puede obtenerse siempre á punto fijo con tal que se conozca la hora del punto en que se hace la observación y del parage en que se toma el meridiano por término de comparación. En efecto, pues que cada punto de la superficie de la tierra describe, en virtud del movimiento de rotación de que está animada, la circunferencia de un círculo ó 360° en 24^h , describe 15° en 1^h , pues que 15 es la vigésima cuarta parte de 360 . Cuando se hallen pues dos puntos separados uno de otro por 15° de longitud, el mas occidental no tendrá el sol en el meridiano que una hora despues del otro, y este cuenta 12^h , mientras que el otro no tiene mas que 11^h por la mañana.

Si la distancia que separa los dos puntos es de 30° , la diferencia es de 2^h y así sucesivamente. Determinada así la diferencia de las horas, nada mas fácil que conocer la de las longitudes y así recíprocamente.

Toda la dificultad consiste pues en conocer esta diferencia en las horas, lo cual se consigue por muchos medios que por la imposibilidad de darlos á conocer todos nos señiremos á hablar de algunos de ellos. Los tiempos exactos en que suceden bajo un meridiano dado los eclipses de la luna y sol, las ocultaciones de las estrellas por la luna, los eclipses de los satélites de Júpiter, etc., se anuncian con muchos años de anticipación. Supongamos que un viajero

colocado á una distancia cualquiera al este ó al oeste de este meridiano, observa uno de aquellos eclipses ú ocultaciones, verá, cuando recurra á sus tablas, la hora que es en el meridiano dado, y la diferencia de esta hora con la del lugar en que se halle, le dará su longitud.

Todas las veces que el cielo está sereno, se puede recurrir á esta suerte de observaciones, porque los fenómenos que dan lugar á ellas, son mucho mas numerosos que los dias del año; ni aun se han de menester para esto de grandes instrumentos; pero en el mar son muy incómodos el vaiven del buque. Los relojes marinos, llamados por otro nombre cronómetros ó guarda tiempos, son de mucha utilidad para la determinacion de las longitudes. Semejantes á los relojes ordinarios, están trabajados con mucho esmero y provistos de indicador, de modo que se conserven en su marcha de la mayor regularidad posible, á pesar de las variaciones de la temperatura y los vaivenes inevitables en un viage largo. En el momento de partir se arregla el reloj, y se le pone exactamente con la hora del meridiano al cual se quiere hacer referir su longitud. Por este medio se sabe en todo tiempo la diferencia de horas, y partiendo la longitud; y tomando la hora del parage en que se esté, se la puede comparar con la del primer meridiano dado por el cronómetro. Se ve que este último medio de resolver el problema importante de las longitudes es tan simple y tan fácil; que seria inútil recurrir á otro cualquiera, si se pudiese contar siempre rigurosamente en los datos del cronómetro. Desgraciadamente no sucede siempre así. No obstante los progresos de la industria moderna han conseguido dar á la construccion de este instrumento una perfeccion que léjos estaba de esperarse. Para dar una idea de esto citamos el siguiente fragmento de los *Elementos de filosofia natural*. "Permitase al autor de este libro participar al lector el placer y la sorpresa que experimentó despues de una larga travesía de la América al sur del Asia. Su cronómetro de bolsillo y los que habia á bordo del buque anunciaron una mañana que una lengua de tierra indicada en el mapa debia encontrarse á cincuenta millas al este del buque. Júzguese del contento de la tripulacion cuando, habiendo desaparecido al cabo de una hora la niebla de la mañana, dió el vigía el alegre grito de ¡Tierra! ¡Tierra! corroborando así la prediccion de los cronómetros con una milla de diferencia despues de una distancia tan exorbitante. En estos momentos hay sin duda alguna facultad para quedarse penetrado de una profunda admiracion hácia el génio del hombre. Compárense los peligros de la antigua navegacion

con la marcha segura de nuestros buques, y nieguense, si se quiere, las inmensas ventajas de la industria moderna! Si la marcha del pequeño instrumento hubiera tenido la mas ligera alteracion, en vez de útil, perjudicial hubiera sido su prediccion; pero de noche, de dia, durante el frio, durante el calor, sus pulsaciones se sucedian con una uniformidad imperturbable, llevando, por decirlo así, exacta cuenta de los movimientos del cielo y de la tierra; y en medio de las olas del Océano, que no dejan tras sí vestigio alguno, señalaba siempre la verdadera posicion del buque cuya salud le estaba encomendada, la distancia que habia recorrido y la que le faltaba por recorrer.

El meridiano á que cada astrónomo refiere sus observaciones es enteramente arbitrario y varía según los pueblos. Durante mucho tiempo se convino tomar por punto de partida el de la isla de Hierro, que es la mas occidental de las Canarias; pero, poco á poco, se ha ido perdiendo esta costumbre, y cada nacion elige ahora el que pasa por su respectiva capital.

LECCION XV

DE LA ATMÓSFERA Y DE SUS RELACIONES CON

LA ASTRONOMIA

La atmósfera es la cubierta ó capa gaseosa que envuelve nuestro globo. Antes de indicar la influencia que ejerce en la observacion de los fenómenos astronómicos, bueno será que nos entretengamos un poco en el exámen de algunas de sus propiedades. ¿Cuál es en primer lugar la influencia de la atmósfera? Esta es una cuestion que se resuelve con la ayuda de uno de los instrumentos mas preciosos de la física, esto es, del barómetro, que está destinado á medir la pesadez de la atmósfera. En efecto, concébase fácilmente que colocando el barómetro en varias alturas, debe señalar por fuerza notables diferencias en la columna de aire según las varias estaciones; y una simple proporcion bastaría para averiguar la altura absoluta de la capa atmosférica si tuviese igual densidad en todas partes. Pero como los gases son extremadamente comprensibles, las capas inferiores que tienen que soportar todo el peso de las superiores, están necesariamente mas comprimidas, y la densidad de la columna atmosférica debe ir disminuyendo desde la superficie de la tierra hasta las capas mas elevadas. Para obtener disminuciones iguales en la columna de mercurio, será menester recorrer, cuando se sube, distancias tanto mas grandes cuanto más se eleve el experimento.

tador. El cálculo ha demostrado que suponiendo la temperatura del aire igual en todas partes, las alturas del mercurio disminuyen en progresion aritmética, cuando las elevaciones sobre el nivel del mar crecen en progresion geométrica. Pero al hacer la operacion conviene atender á la temperatura y al estado higrométrico de las diferentes capas de la atmósfera. Se ha evaluado así que su altura media es de 16 á 17 leguas, su volúmen el 29^o del volúmen del globo, y su peso solo de 43 milésimos.

¿Por qué se encuentra mas allá de la atmósfera? Existe algun fluido ó no hay mas que un vacío absoluto? No sabemos en verdad como esta cuestion ha podido ocupar por tanto tiempo á los sábios. ¿Cómo pueden estar en un vacío absoluto los espacios celestes, cuando están ocupados por la luz? Y sea cual fuese la opinion que se adopte acerca de la naturaleza de este agente, que sea ó no una emanacion real de la sustancia de los cuerpos luminosos, ó un fluido puesto en movimiento por estos últimos, es muy evidente que en una como en otra hipótesis, el vacío absoluto no puede existir.

Pero la atmósfera merece fijar nuestra atencion, principalmente bajo el aspecto de la accion que ejerce sobre los rayos luminosos que la atraviesan.

Ya hemos visto, al empezar, las modificaciones que sufre la luz al pasar de un medio á otro, del modo que se refracta y como se descomponen sus rayos.

A esta propiedad de la luz debemos los cambios variados que colorean al horizonte á la salida y acaso del sol. A ella debemos el no pasar bruscamente del dia á la noche, sino que por grados y transiciones vemos llegar uno tras otro por el crepúsculo y la aurora. Estos dos fenómenos varían segun la diversidad de las estaciones y de los parages. Se ha calculado que por el efecto de la refraccion de la atmósfera, el dia no cesa enteramente para nosotros hasta que el sol ha bajado de 18^o bajo el horizonte.

Uno de los efectos de la refraccion atmosférica es la de hacer variar las posiciones aparentes de los astros. En efecto, las capas diversas de la atmósfera, aumentan de densidad á medida que se acercan de la superficie de la tierra, de modo que pueden ser consideradas, unas relativamente á otras, como medios diferentes. Los rayos luminosos que las atraviesan se fuerces, pues, de mas en mas pasando de una á otra; y como la densidad aumenta insensiblemente, la desviacion de la luz, en vez de hacerse en líneas quebradas, sigue una línea curva cuya concavidad está vuelta hácia la superficie de la tierra. Fácil es comprender

ahora porqué el efecto de esta refraccion es el de hacer ver los objetos encima de su posicion real; pues que colocándolos nosotros siempre en la posicion rectilínea del rayo, en el momento en que penetra en el ojo, les veremos sobre la prolongacion de la tangente que se dirige á la curva descrita por el rayo en el punto en que entra en el ojo. Así es como la refraccion aumenta las alturas aparentes de los astros.

DE LA LUNA HORIZONTAL.

Explicaremos aquí un fenómeno que presenta la luna en el horizonte, y que es conocido bajo el nombre de luna horizontal. Este astro afecta entonces una forma elíptica, y parece mucho mas grande y menos brillante que cuando está en el meridiano.

Empezando pues por la circunstancia mas fácil de explicar, es evidente que si el brillo de la luna es menos vivo en el horizonte que en el meridiano, es porque los rayos luminosos que nos envía, tienen que atravesar una capa atmosférica mucho mas espesa y densa en el primer caso que en el otro. No es pues nada extraño que estos rayos sean mas débiles y mas descoloridos, mayormente si se atiende á que al pasar por la superficie de la tierra, tienen que atravesar muchos vapores.

En cuanto á las dimensiones aparentes del disco de la luna, es un fenómeno cuya explicacion ha puesto perplejos á los físicos. ¿Cuál puede ser la causa de esta apariencia, puesto que la luna está mas lejana de nosotros en el horizonte que en el zenit de todo el medio diámetro de la tierra, diferencia que al decir verdad es tan débil que no puede producir ningún efecto sensible sobre las dimensiones aparentes de este astro? Gassendi pensaba que como la luna es menos brillante en el horizonte que en el meridiano, abrimos mas la pupila cuando la miramos en la primera situacion, y que por esta razon la vemos mas grande. Pero para admitir esta consecuencia fuera necesario que las variaciones en la abertura de la pupila fuesen iguales á las dimensiones del objeto dibujado en la retina; pero no es así, y esta suposicion en todos sus puntos contraría á los principios de la óptica, se halla desmentida por las experiencias mas precisas. Otros físicos han pensado acaso con mas razon, que si la luna nos parece mas grande en el horizonte que en el meridiano, es porque nosotros la suponemos mas lejana. En efecto, dicen, dos cosas entran en el acto de la vision el ángulo bajo el cual vemos los objetos, y la distancia á la cual los suponemos. Este juicio, que á pesar nuestro,

tenemos de la distancia, viene á corregir la impresion causada por la imagen, y esto es tan cierto, que sabemos por ejemplo apreciar muy bien la estatura de dos hombres, aunque estén á distancias muy desiguales de nosotros y los veamos constantemente bajo ángulos muy diferentes. Hay tambien otra experiencia muy notable. Si se coloca un objeto sobre un plano horizontal, se pone el ojo en la prolongacion de este plano, y se mira despues el objeto de modo que se vean dos imágenes (lo cual se consigue estirando un poco con el dedo el párpado inferior), ambas imágenes serán de diferente magnitud; la mas cercana será mas pequeña que la otra, y disminuirá tanto mas, quanto mas se acerque del ojo. Lo que prueba que la diferencia en la distancia de los objetos depende solo de sus dimensiones aparentes, es que si se hace la experiencia de modo que se tengan ambos objetos sobre un plano vertical, por mas que se les separe, parecerán siempre ambos iguales. Así pues continúan los partidarios de esta explicación, como la luna en el horizonte nos parece que ocupa la parte inferior de un segmento esférico, la suponemos mas lejana que cuando está en la cima del segmento, esto es, en el zenit. Por otro lado, en la primera situacion, su distancia aparente crece con la comparación que presentan los objetos intermedios. Así el juicio erróneo formado acerca de la distancia, modifica la impresion producida por el objeto, y hace ver al astro mas grande de lo que es.

Tal es la explicacion que se da hoy en dia. Pero sin contestar los principios sobre que estriba, creemos que si la causa asignada concurre á producir el fenómeno de la luna horizontal, no es sola, y hay otra tambien cuya acción y efectos son bien evidentes, la refraccion. Efectivamente, los rayos luminosos, partidos de las estremidades del disco de la luna, llegan al ojo bajo un ángulo engrandecido por el torcimiento que la atmósfera les ha hecho experimentar, y visto así el astro por efecto de la refraccion, bajo un ángulo mas abierto, debe neceserariamente parecer mayor.

Con respecto á la figura que afecta, es tambien un efecto de refraccion. La luna, hemos dicho, toma una forma elíptica, es decir, que su diámetro vertical es mas pequeño que su diámetro horizontal. Así debe ser, porque los rayos partidos de las estremidades del diámetro horizontal penetrando en la atmósfera bajo el mismo ángulo, son igualmente doblados; pero no es lo mismo con los rayos que vienen de las estremidades del diámetro vertical; los de la estremidad superior, entrando en la atmós-

fera bajo una direccion mas oblicua que los de la estremidad inferior, están mas reflejados, y por consiguiente hacen ver demasiado altas proporcionalmente las partes del disco de donde emanan. Esta desigualdad de refraccion, debe alterar pues la figura de la luna.

LECCION XVI.

DE LAS ESTACIONES Y DE LOS DIAS.

Ya hemos visto que si el eje de rotacion de la tierra fuese perpendicular al plano de la ecliptica, los dias y las noches tendrian la misma duracion en todas las partes del globo; pero la inclinacion de estos dos planos es de $23^{\circ} 28'$. De esta inclinacion procede la diversidad de las estaciones y de los dias.

En primer lugar es fácil comprender la variedad que presenta en los diferentes puntos de la tierra, el fenómeno de los dias y noches.

En Paris, por ejemplo, la latitud es de 48° poco mas ó menos. Tendráse pues por senit OZ (fig. 21] Hh será el horizonte, Pp la línea de los polos y Eo el ecuador. Cuando el sol S, se hallará en el plano del ecuador, descubrirá el círculo Eo que el horizonte Hh divide en dos partes iguales, de modo que se hallará tanto tiempo encima como debajo de éste plano, y los dias serán iguales á las noches pero cuando el sol habrá declinado hácia el polo austral de 23° y $28'$ ó habrá llegado al trópico de Capricornio, describirá el círculo S'M, dividido por el horizonte Hh en dos partes desiguales, de las cuales la mayor se halla debajo de este plano; así pues las noches serán mayores que los dias. Por último, cuando el sol habrá llegado á los $23^{\circ} 28'$ de declinacion boreal, se hallará en el trópico de Cáncer, describirá el círculo Sn, y los dias serán mas largos que las noches.

Veamos ahora como se pasa el fenómeno en las regiones ecuatoriales. En ellas el zenit OZ [Fig. 22] coincide con el plano ecuatorial Ee y el horizonte Hh con el eje de los polos PP. Ahora bien, el sol, ya se halle en S, ya en S', ó ya en S'', esto es, en el ecuador ó en los trópicos, describe siempre círculos que divide el horizonte en dos partes iguales. Luego las regiones ecuatoriales tienen siempre los dias y las noches de igual duracion.

Las regiones polares, al contrario, tienen la línea del zenit OZ coincidente con la de los polos Pp, y su horizonte Hh se comprende con el ecuador Ee. Cuando el sol S se halla en el plano del ecuador, describe el círculo SH, que es el del horizonte, y la