

cometa, y el fenómeno geográfico que discutimos se explica sin esta suposición.

Es una suposición generalmente admitida hoy en día que las montañas se han formado por vía de levantamiento, y han salido del seno de la tierra, horadando violentamente su superficie. Así pues el levantamiento produce un vacío en los terrenos circunvecinos, y puede causar su hundimiento ulterior.

Echemos una ojeada sobre el mapa y veremos que el Asia es mas rica en masas levantadas que ninguna otra parte del mundo, y que al rededor de la region deprimida de que hemos hablado ya, se elevan una infinidad de grandes cadenas, como el Iran, el Himalaya, el Khun-Sun, el Thian-Chan, el Caucaso, las montañas de la Armenia, las de Erzerum, etc. ¿Porqué pues el levantamiento de estas grandes masas no determinaria un hundimiento correspondiente con algunos terrenos intermedios?

Esta explicación pareciera mas plausible todavía, si añadimos que en las regiones de que se trata, no ha llegado aun el suelo á un estado de completa estabilidad, y que el fondo del mar Caspio, por ejemplo, ofrece alternativas de depresión y hundimiento.

LECCION XII.

DE LOS ECLIPSES.

Los eclipses eran en otro tiempo, como los cometas un objeto de espanto para el pueblo; pero todos saben ahora que estos fenómenos son una consecuencia de las leyes de la naturaleza, y que son anunciados con la misma exactitud que la sucesión del día y de la noche.

ECLIPSES DE LUNA.

Siendo la tierra un cuerpo redondo y opaco, no puede el sol, á la vez, iluminar mas que una porción de ella; de donde se sigue que proyecta una sombra á la parte opuesta de dicho astro. ¿Cuales sus dimensiones? Si el sol y la tierra fuesen de la misma magnitud, la sombra seria infinita y de una estension infinita; pero como la tierra es mucho mayor que el sol, la sombra que proyecta forma un cono bastante largo para llegar á la luna, mas que no lo es tanto que pueda llegar á Marte; se ha calculado que este cono tiene 300,000 leguas. En los lados del cono, hay sombras menos oscuras formadas por la interceptación de solo una

parte de los rayos del sol y cuya intensidad mengua á medida que se apartan de la sombra cónica. Esta degradación ó tinta intermedia entre la luz y la sombra ha recibido el nombre de *penumbra*. Para determinar sus límites es menester tirar líneas que partiendo de los bordes del sol, vayan despues de haberse cruzado á pasar tangentes á la superficie de la tierra. Estas líneas prolongadas forman un cono truncado que es de la penumbra. Así sea *S* el sol y *e* la tierra. El cono de la sombra *a. b. f* acaba en *f* punto en que se encuentran los rayos que salen de los bordes del sol despues de haber pasado tangentes á la tierra; y el cono truncado *a' a' bb'* es el que forma la penumbra.

Luego, pues, que la tierra llegue á interponerse entre el sol y la luna, esta deberá volverse oscura y habrá entónces *eclipse de luna*. El eclipse será *total ó parcial*, segun que este astro se halle en todo ó en parte dentro de la sombra de la tierra; y se llamará central cuando el centro de la luna coincida exactamente con el de la sombra terrestre.

Si el plano en que se mueve la luna no tuviera cierta inclinación sobre la eclíptica, este astro se eclipsaria en todas las lunas llenas; pero como esta órbita que describe corta á la eclíptica segun la línea de los nudos, toma diferentes posiciones relativamente á este plano. Si al tiempo de su oposición está remota de los nudos, no hará mas que rozar la sombra terrestre sin penetrar en ella, y esto es lo que las mas veces sucede; pero si la línea que une los centros del sol, de la tierra y de la luna es recta ó casi recta, lo cual sucede siempre que este astro está en los nudos ó próximo á ellos, entónces habrá eclipse.

Para indicar la extensión del eclipse, se supone la luna dividida en doce zonas iguales y paralelas que se llaman *digitos*. Así, cuando aquella tiene eclipsada la mitad ó tercera parte de su disco, se dice que el eclipse es de seis ó cuatro digitos. Si el eclipse es total y el diámetro de la sombra es mayor que el de la luna, se dice entónces que el eclipse es de mas de doce digitos, y su número se determina proporcionalmente.

Tos los eclipses de la luna completos ó visibles en todas las partes de la tierra que tienen á la luna sobre su horizonte, son la misma magnitud, tienen el mismo principio y el mismo fin. Siempre es el lado oriental del disco de la luna el que se sumerge primero, es decir, el lado izquierdo cuando se mira al norte.

Al irse acercando la luna al cono de la sombra pierde insensiblemente su resplandor, porque entónces entra la penumbra, cuya intensidad hemos visto que crecia por grados, hasta los lados de la sombra cónica. Llegado una vez á esta sombra, no desa-

parece del todo por lo común, aun cuando sea total eclipse, porque siempre recibe algunos rayos luminosos que van á iluminarlo por via de refraccion en el cono de la sombra. Alguna vez, sin embargo, se ha visto desaparecer completamente cuando la atmósfera, sobrecargada de nubes, no desprendia sobre ella radios refractados.

Ya hemos visto que los eclipses de luna son visibles desde todos los puntos de la tierra que tienen la luna sobre su horizonte, y que para ellos tienen igual extension; pero debemos añadir que el tiempo de su observacion varia segun la longitud, lo cual puede dar un medio de proporcionar la del lugar en que uno se encuentra. Los eclipses de luna no pasan de dos horas, pero pueden ser mas cortos.

ECLIPSES DE SOL.

Cuando la luna llega á interponerse entre el sol y la tierra, entónces queda eclipsada esta última. El eclipse es *parcial* cuando la luna encubre solo una parte del disco del sol; *total* cuando le encubre enteramente; *anular* cuando velado el sol por la luna sobresale detras de ella bajo la forma de un anillo luminoso; y por último *central* cuando el observador se halla en la prolongacion de la línea que une los centros de la luna y del sol.

Como la luna tiene, á corta diferencia, la figura de la tierra, su sombra y su penumbra se forman de igual manera, pero aquella es mucho menor, el cono de su sombra no puede nunca encubrir mas que una parte de la superficie de la tierra. En efecto, bien sabido es que nunca tiene lugar el eclipse de sol para toda la tierra á un tiempo, y fácil es convencerse de que un eclipse de sol que seria total para un lugar determinado, podria ser en otro invisible, aunque este tuviese el sol sobre su horizonte. Lo que hay en esto es que, como la luna pasa delante de todos los puntos del disco solar, le va ocultando sucesivamente á las diversas partes de la tierra en el sentido de su movimiento de occidente á oriente. En la mayor parte de los eclipses solares, el disco de la luna está cubierto de una luz escasa debida á la reflexion de los rayos del sol que caen sobre la parte iluminada de la tierra.

El diámetro aparente de la luna cuando está en su máximo, no escede al diámetro mínimo del sol mas que en $1^{\circ} 38'$.

Por lo cual el mas largo eclipse de sol que puede acaecer no durará nunca mas tiempo que el que necesita la luna para andar $1^{\circ} 38'$ de grado, es decir, cerca de $3^{\circ} 13'$ de tiempo.

Los eclipses de sol se calculan por digitos como los eclipses lunares.

Vamos á exponer ahora como se verifica el fenómeno general de los eclipses. Sea S el sol, YY la tierra, M la luna, y AMP la órbita de ésta. Si de V y de W tiramos dos líneas convergentes que figuren el cono de la sombra de la luna, las líneas *Wdh* y *Vcg* determinaran los límites de la penumbra *abc dgh*.

Supuesto esto, la luna se mueve en su órbita del oeste, al este, como de M á P. Un observador colocado en *b* verá el límite este *d* de la luna tocar al limbo oeste W del sol, y el eclipse empezará para él. Pero el borde oeste de la luna en *c* deja en el instante mismo el lado oeste en V del sol, y el eclipse acaba para el observador colocado en *a*: hay, pues, eclipse del sol para todos los puntos intermedios desde *a* y *b*. Empero es evidente por la figura que el sol no está eclipsado totalmente á la vez mas que para una pequeña parte de la tierra, supuesto que solo la estremidad del cono de sombra llega al globo terrestre.

La vuelta de los eclipses se verifica despues de un intérvalo de tiempo bastante dilatado. No pueden suceder mas que en las sizigias, y como la revolucion sinódica de los nudos no acaba hasta los 346 dias $14^{\circ} 52' 16''$, se encuentra casi con la revolucion sinódica de la luna en una relacion de 223 á 18. El sol y la luna se encontrarán, pues, respecto al nudo lunar, al cabo de un período de 223 lunas. Esta observacion sirve para predecir la vuelta de los eclipses, y el cálculo ha demostrado que esta se verificaba cerca de 18 años y medio.

LECCION XIII.

DE LAS MAREAS.

Este es el lugar mas oportuno para explicar el fenómeno de las mareas. Muchas son las hipótesis que se han aventurado acerca de la causa de estas fluctuaciones regulares del Océano, y aunque hubiese ya llamado la atencion desde la mas remota antigüedad, su relacion con los movimientos de la luna, Kepler fué el primero que encontró que dependian de la atraccion que este astro ejerce sobre la tierra. Newton hizo ver despues que esta opinion estaba acorde con las leyes de la gravitacion, y desenvolviendo las consecuencias del principio sentado por Kepler, explicó como se forman las mareas en los dos lados de la tierra opuestos á la luna. En el dia, esta teoría está fuera de toda discusion.

Las aguas del mar tienen una movilidad que las hace ceder á las mas leves impresiones; el Océano está abierto por todas partes, y los grandes mares tienen comunicacion unos con otros; estas circunstancias contribuyen á la formacion de las mareas, cuya principal causa es la accion combinada del sol y de la luna.

Consideremos primeramente la accion de la luna. Es evidente que la desigualdad de atraccion es la que ocasiona las mareas, y que no las habria si la luna se hiciese sentir uniformemente sobre toda la extension del océano, es decir si comunicase fuerzas iguales y paralelos al centro de gravedad de la tierra y á todas las moléculas del mar, porque estando animado entónces de un comun movimiento todo el sistema de nuestro globo, se mantendria el equilibrio en todas partes. Este equilibrio le alteran, pues, únicamente la desigualdad é imparalelismo de las atracciones ejercidas por la luna. Efectivamente, se comprende que su accion, oblicua sobre las moléculas del mar que están con ella en cuadratura, y directa sobre las que les corresponden en línea recta, hace mas pesadas á las primeras y mas ligeras á las últimas. Merester es, pues, para que se restablezca el equilibrio, que se eleven las aguas bajo la influencia de la luna, á fin de que la diferencia de peso quede compensada por una altura mayor. Las moléculas de la mar situadas en el punto correspondiente del opuesto hemisferio, se inclinarán menos hácia la luna que el centro de la tierra, por ser menos atraídas que este último por el astro á causa de su mayor distancia; dicho centro trabajará en su consecuencia por apartarse de las moléculas que se encontrarán entónces mas distantes aun de él, y se mantendrán ademas en esta altura por el aumento de peso de las columnas situadas en cuadratura y que están en comunicacion con ellas.

Hagamos esto palpable por medio de una figura. Sea ABCEGH la tierra y M. la luna. Haciéndose sentir la atraccion en razon inversa del cuadrado de las distancias; las aguas situadas en Z. serán atraídas con mas fuerzas que las situadas en B. y en F. cuya direccion oblicua se descompone; tendrán pues que elevarse las aguas en Z. Por otra parte, el centro O. de la tierra, que se halla mas próximo á la luna, que las aguas que se hallan opuestas á Z. será atraído mas poderosamente que ellas, y así se aproximará mas de la luna, ó en otros términos, se alejará de las aguas opuestas á Z, las cuales estarán ademas sostenidas por las moléculas mas pesadas de las cuadraturas; decimos mas pesadas porque aumenta su peso y se descompone la atraccion oblicua de la luna. En efecto, las aguas situadas en B. y en F. llamadas por esta fuerza, propenden á aproximarse á O. Sigue-

se de aquí que se formarán en la tierra dos elevaciones de aguas, una en Z. y otra hácia la parte opuesta, lo cual dará á dicha tierra, la forma de un esfereide aplanado cuyo eje mayor pasará por su centro y el de la luna. Por esto se ve que no habria mas que dos subidas de aguas al mes en cada uno de los puntos de la tierra, si esta no tuviese un movimiento de rotacion. Veamos hasta que punto se complica el probloma con este último movimiento.

En virtud del movimiento de la tierra sobre su eje, la parte mas elevada del agua es llevada mas allá de la luna en la direccion de rotacion; pero el agua obedece aun á la atraccion que ha recibido y continúa elevándose despues que ha dejado su posicion directa bajo la luna, aunque ya no sea tanta la accion inmediata de este astro. No llega así á estar en su mayor elevacion hasta despues que la luna ha dejado de estar en el meridiano del lugar en que se encuentra. En los mares abiertos donde las aguas corren con libertad, la luna está en *p* cuando las aguas mas altas están en Z y en R: en efecto, fácil es comprender que aun cuando haya cesado la atraccion del astro completamente despues de su salida del meridiano. el movimiento de subida comunicado á las aguas continuaria aun levantándolas durante algun tiempo, y con mayor razon debe suceder lo mismo cuando dicha atraccion no haga mas que menguar.

Por otra parte, mientras la luna levanta las aguas en Z y en R, las hace bajar en B y en F, porque no pueden subir en un sitio sin bajar del otro, y recíprocamente las baja en R y Z cuando las levanta en B y B. Pero en virtud del movimiento de rotacion de la tierra, la luna pasa todos los dias por el meridiano superior y el meridiano inferior de cada lugar; luego ocasionará en él dos elevaciones y dos depresiones de aguas, como efectivamente sucede.

Hasta ahora, hemos solo considerado la accion aislada de la luna. Veamos como se combina con ella la accion del sol.

La fuerza atractiva ejercida por el sol. sobre la tierra es superior considerablemente á la que despliega la luna; pero como la distancia á que se encuentra el primero de estos astros es cuatrocientas veces mayor que la del último, las fuerzas desplegadas por aquel sobre las diversas partes de nuestro planeta se acercan mucho mas al paralelismo, y á la igualdad por consiguiente, que las de la luna. Y como hemos visto que la desigualdad de la accion de esta era lo que producía las mareas, la accion del sol, que es mucho mas igual, debe ser ménos á proposito para causar el mismo efecto. Se ha calculado que su influencia es

cerea de dos veces y media menor que la de la luna, pero es bastante poderosa para producir un flujo y un reflujo; de manera que hay dos mareas en realidad, una solar y otra lunar, cuyos efectos se combinan ó neutralizan mas ó ménos, segun la direccion de las fuerzas que las producen. Así, cuando la luna está llena ó nueva, es decir, que está en las sizigias, ambos astros se encuentran en el mismo meridiano, sus esfuerzos trabajan simultáneamente, y el efecto debe ser el mayor posible. Cuando al contrario la luna está en cuadratura, propende á levantar las aguas mientras que el sol trabaja por bajarlas, y recíprocamente; de manera, que combatiéndose las fuerzas de ambos astros, su efecto debe ser el menor posible.

Síguese de aquí, que el mar debería estar lleno en el instante en que la fuerza resultante de las atracciones del sol y de la luna hubiese llegado en él á su mayor intensidad, pero ya hemos visto que no sucede así. En efecto, los días de la luna nueva en que ambos astros ejercen su accion segun una misma direccion, el instante de la mayor fuerza de esta es el de su paso simultáneo por el meridiano. Sin embargo, la mar no suele estar llena generalmente hasta algun tiempo despues de mediodia, y la experiencia ha hecho conocer que la marea que se verifica los días de la luna nueva, es la que ha sido producida 36 horas antes por la accion del sol y de la luna; se ha observado además que la plena mar tiene lugar siempre en este tiempo á la misma hora. De aquí se ha inferido que el intervalo de tiempo que media entre el momento de la plena mar y el instante en que ambos astros ejercen su mayor accion es el mismo constantemente. La segunda consecuencia, sacada de estos dos hechos, es que la accion de la fuerza del sol y de la luna se hacen sentir en los puertos y costas por la sucesiva comunicacion de las olas y de las corrientes. Hemos dicho que en los días de la luna nueva ó llena el momento en que los dos astros ejercen su mayor accion es el del paso de la luna por el meridiano: lo mismo sucede en el primero y último cuarto. En los demás días, este instante precede algunas veces el paso, y otras le sigue; pero nunca se aparta mucho de él, porque, como ya hemos manifestado, la fuerza atractiva de la luna es mucho mayor que la del sol. Estas fuerzas y la dilacion ó adelanto de la marea sobre la hora del paso de la luna por el meridiano, varian segun que los dos astros se alejan ó aproximan á la tierra, segun que aumentan ó varian sus respectivas declinaciones. Los flujos mas arcosos y los reflujos mas bajos ocurren en el tiempo de los equinoccios en marzo y en setiembre, porque todas las circunstancias que influyen sobre la

elevacion de las aguas se reunan en esta época para causar el mayor efecto posible.

Veamos ahora las principales circunstancias del fenómeno de las mareas. La mar corre cerca de seis horas desde el sur al norte, hinchándose por grados; se queda luego estacionaria cerca de un cuarto de hora, y se va retirando del norte al sur durante otras seis horas. Despues de un segundo descanso de otro cuarto de hora, empieza á correr de nuevo y así sucesivamente,

El tiempo del flujo y del reflujo es de cerca de $12^{\text{h}} 25'$, por término medio, que es la mitad del día lunar $24^{\text{h}} 50'$, tiempo trascurrido entre dos vueltas sucesivas de la luna al mismo punto del meridiano. Así que la mar experimenta el flujo y el reflujo en un lugar tantas veces como la luna pasa por el meridiano, ora superior, ora inferior de dicho lugar, á saber, dos veces en 24 horas.

Estas leyes del flujo y reflujo estarian completamente acordes con los fenómenos si las aguas del mar cubriesen toda la superficie de la tierra; pero no sucede así, y solo es la ancha mar la que los presenta segun los hemos explicado, porque el Océano tiene la necesaria estension para que la accion del sol y de la luna pueda hacerse sentir con libertad. Pero estos fenómenos se modifican necesariamente en la proximidad de las costas por la direccion de los vientos, la posicion de las riberas y aun infinidad de accidentes de terreno.

Las mareas se hacen sentir en los grandes rios haciendo retroceder sus aguas: algunas veces son sensibles hasta doscientas leguas del embocadero.

Los lagos no experimentan mareas porque son demasiado pequeños para que la luna pueda ejercer en ellos su accion de un modo desigual. Por otra parte, es tal la rapidez con que pasa sobre su superficie, que no hay tiempo para que se altere el equilibrio.

Si tampoco se observan mareas en el mar Báltico y en el Mediterraneo, es porque son tan estrechas las aberturas por las que están estos grandes mares en comunicacion con el Océano, que no pueden recibir en tan breve tiempo el agua necesaria para que quede alterado sensiblemente su nivel.

Las mareas son muy bajas en las islas de las indias occidentales, y rara vez llegan á mas de 12 ó 13 pulgadas. Esta anomalía puede parecer tanto mas notable, cuanto que esos parajes deben estar sometidos á una fuerza atractiva muy poderosa como próximos al ecuador. Pero fácilmente se comprenderá que las aguas no pueden elevarse mucho cerca de estas islas, si se reflexiona

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, dirigense 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 elevacion de catorce pies sobre la del mar Pacífico.

Supuesto que el aire tiene todavia 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 aereas. 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 disminucion 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 inclinacion 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 guese 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 elevacion 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 determinacion 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 observacion y del parage en que se toma el meridiano por término de comparacion. En efecto, pues que cada punto de la superficie de la tierra describe, en virtud del movimiento de rotacion 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 anticipacion. Supongamos que un viajero