

ra aquellos salvajes desnudos, de cobriza tez, aquello era simplemente un juego de niños; pero para nosotros ¡qué asunto de graves meditaciones! Entre aquellos juegos eléctricos de los salvajes y nuestros para-rayos, nuestras pilas voltaicas y nuestros chispeantes aparatos magnéticos, hay un abismo insondable que han escavado millares de años de progreso y de cultura intelectual.

Cuando paramos la consideracion en la perpetua movilidad de los fenómenos del magnetismo terrestre; cuando vemos que la intensidad, la inclinacion y la declinacion varían á la par con las horas del día y de la noche, con las estaciones, y aun con el número de años trascurridos, no podemos menos de creer que las corrientes eléctricas de que dependen estos fenómenos, forman sistemas parciales muy complejos en lo interior de la costra de nuestro planeta. Pero ¿cuál es el origen de estas corrientes? ¿Serán, como en los experimentos de Seebeck, simples corrientes termo-eléctricas producidas por la desigual distribucion del calórico; ó por ventura, corrientes de induccion, nacidas de la accion calorífica del sol? ¿Influirán hasta cierto punto en la distribucion de las fuerzas magnéticas el movimiento de rotacion de la tierra, y la diferente velocidad de las zonas segun su mayor ó menor distancia al ecuador? ¿Ecsistirá quizás algun centro de accion magnética en los espacios interplanetarios, ó en cierta polaridad del sol y de la luna? Estas últimas hipótesis nos traen á la memoria que Galileo, en su célebre *Diálogo*, esplica la direccion constante del eje de la Tierra por medio de un centro de accion magnética, situado en los espacios celestes.

Si nos representamos el interior del globo terrestre como una masa mantenida en estado de liquefaccion por un calor enorme, tenemos que renunciar á la hipótesis del núcleo magnético que algunos físicos han supuesto en la Tierra para esplicar este fenómeno. Sin embargo, el magnetismo no desaparece completamente sino á la temperatura del blanco, y el hierro conserva aún algunos vestigios, mientras su temperatura no pasa del rojo oscuro; de donde resulta que sean cuales fueren, por otra parte, las modificaciones del estado molecular de los cuerpos en experimentos, y por consiguiente de su fuerza de cohesion, siempre quedará una buena parte del espesor de la corteza terrestre, en donde podremos buscar el asiento de las corrientes magnéticas.

Antiguamente se atribuian las variaciones horarias de la declinacion al calentamiento progresivo de la tierra bajo el influjo del movimiento diurno aparente del sol; pero esta accion interesa solamente la capa mas superficial, pues se halla demostrado por observaciones hechas con sumo cuidado en varios parajes del globo, valiéndose de termómetros colocados debajo de

la tierra á diversas profundidades, que el calor solar penetra tan solo á muy pocos piés, y eso con estremada lentitud. Además de que el estado térmico de la superficie del mar, que forma los  $\frac{2}{3}$  de la de todo el globo, no puede conciliarse con esta teoria mientras se trate de una accion inmediata, y no de una accion ejercida por las capas de aire ó de vapores acuosos de atmósfera.

En el estado actual de nuestros conocimientos tenemos, pues, que resolvernos á ignorar las últimas causas físicas de estos complicados fenómenos; que si en estos últimos tiempos ha hecho la ciencia brillantes progresos, es en otras vias muy diferentes ya determinándose numéricamente los valores medios de cuanto puede ser sometido á nuestras medidas de tiempo y de espacio, ya dirigiendo todos sus esfuerzos á distinguir lo que en medio de las variables apariencias fenoménicas se presenta como regular y constante.

De Toronto, en el Canadá superior, hasta el Cabo de Buena Esperanza y la tierra de Van Diemen, y de Paris á Pekin se halla cubierto el globo de *Observatorios magnéticos*, en los cuales se espia incesantemente desde 1828 por medio de observaciones simultáneas, toda manifestacion regular ó irregular del magnetismo terrestre, y se calculan hasta las variaciones de  $\frac{1}{1000}$  en la intensidad total. En ciertas épocas del año duran las observaciones 24 horas consecutivas, con intervalos de dos minutos y medio. Un célebre astrónomo ingles ha calculado que en el espacio de tres años ascenderán á 1.938.000 las observaciones que habrán de discutirse. Jamas se han intentado esfuerzos mas grandiosos y admirables con el fin de arrancar á la naturaleza el secreto de una de sus grandes leyes. Todo induce á creer que comparando estas leyes con las que reinan en nuestra atmósfera ó en regiones aun mas apartadas, podremos remontarnos hasta la misma fuente de las manifestaciones magnéticas. Desde luego podemos ya glorificarnos, á lo menos por el número y la importancia de los medios que se han puesto en juego para conseguir el fin; mas creer por ello que nada deja ya que desear la teoria magnética, seria una pretension tan descabellada como la de aquellos que solo toman en cuenta los hechos favorables á sus especulaciones sistemáticas.

Ecsisten intimas relaciones entre el magnetismo del globo y las fuerzas electro-dinámicas valuadas por Ampère de una parte, y la produccion de la luz polar y del calórico de nuestro planeta, de otra, advirtiendo que los polos magnéticos de la tierra se consideran como polos de rio. Mas de 128 años ha, sospechaba Halley que las auroras boreales podrian ser muy bien simples fenómenos magnéticos; hoy esta vaga sospecha ha adquirido el valor de la certidumbre experimental, despues que el brillante des-

cubrimiento de Faraday nos ha hecho ver que puede producirse la luz por la sola accion de las fuerzas magnéticas.

Hay ciertos fenómenos precursores de la aurora boreal. Ya durante el día que precede á la aparicion nocturna, la marcha irregular del aguja imanada anuncia una perturbacion en el equilibrio de las fuerzas magnéticas terrestres. Luego que esta perturbacion alcanza su mas enérgico grado de desarrollo, el equilibrio roto se restablece por medio de una descarga acompañada de luz. "La aurora boreal no debe ser considerada como causa exterior de la perturbacion, sino como resultado de una actividad terrestre cuyo poder alcanza á producir fenómenos luminosos y que se manifiesta así, de una parte, por esta produccion de luz, y de otra por las oscilaciones de la aguja imanada." La aparicion de la aurora boreal es el acto que pone término á la *tempestad magnética*, á la mane a que en las tempestades eléctricas otro fenómeno luminoso, el relámpago, anuncia que el equilibrio momentáneamente turbado en la distribucion de la electricidad, llega al cabo á restablecerse. La tempestad eléctrica se halla por lo comun circunscrita á un pequeño espacio, fuera del cual no se turba el estado eléctrico general atmosférico. La tempestad magnética, por el contrario estiene de su influjo á una gran parte de los continentes, y deja sentir su accion, descubrimiento que tambien debemos á Arago, mucho mas allá de los lugares en que ha sido visible el fenómeno luminoso.

No siempre que el cielo se cubre de nubes tempestuosas, ó que la atmósfera pasa con frecuencia de un estado eléctrico al opuesto, sucede que las descargas se manifiesten por medio de relámpagos. Pues á este mismo tenor, pueden las tempestades magnéticas causar grandes perturbaciones en la marcha horaria de la aguja imanada, sin que el equilibrio haya de restablecerse desde el polo al ecuador, ó aún del uno al otro polo, *necesariamente* por medio de la produccion de efluvios luminosos.

A fin de reunir en un solo cuadro todos los rasgos característicos de este fenómeno, conviene ante todo describir el nacimiento, y luego las diversas fases de una aurora boreal completamente desarrollada.

Hacia el meridiano magnético del lugar en que se ha de realizar el fenómeno, el cielo, antes puro y sereno, comienza á encapotarse por el horizonte, formándose en él una especie de velo nebuloso que sube lentamente hasta llegar por último á 8 ó 10 grados de altura; por entre este segmento oscuro, cuyo color pasa del negruzco al violado, se divisan las estrellas, cual por entre una espesa niebla. Otro arco mas ancho, pero de luz resplandeciente, al principio blanco y despues amarillo, orla el segmento oscuro; pero como este arco luminoso aparece espues que el segmento, es imposible atribuir

la presencia de este último, segun ha notado Argelander, á un mero efecto de contraste con el arco brillante. Por medidas exactas se ha visto que el punto mas alto del arco luminoso no se halla situado en el meridiano magnético, sino que antes bien se aparta de él por lo comun de 5° á 18°, por el mismo lado hacia el cual se dirige en aquel paraje la declinacion magnética. Bajo las mas altas latitudes, en las regiones inmediatas al polo magnético, el segmento inferior aparece menos oscuro, y el medio del arco brillante se aleja mas del meridiano magnético que en otra region cualquiera.

A las veces, el arco luminoso parece como agitado durante horas enteras, por una especie de efervescencia y por un cambio continuo de forma, antes de comenzar á despedir los rayos y columnas de luz que suben hasta el zenit. Mientras mas intensa es la emision de la luz polar, mas vivos son sus colores, que pasan del violado y el blanco azulado, al verde y al rojo púrpuro, por todos los matices intermedios. Lo mismo sucede con las chispas eléctricas, que no se coloran sino cuando la tension es fuerte y la esplosion violenta. Las columnas de luz salen, al parecer, del arco brillante, mezcladas con rayos negruzcos que semejan una espesa humareda; ó bien se elevan á la par desde diferentes puntos del horizonte, confundiendo en un mar de fuego cuya magnificencia no le es dado representar á ningun pincel humano, porque rapidísimas ondulaciones hacen variar á cada instante su forma y su resplandor. Es tal en ciertos momentos la intensidad de esta luz, que Lowenroern pudo distinguir en mitad del día, el 29 de Enero de 1786, los cambios luminosos y ondulaciones de la aurora boreal. En efecto, parece que el movimiento acrecienta la visibilidad del fenómeno. En derredor del punto del cielo que corresponde á la direccion de la aguja libremente suspendida por su centro de gravedad, los rayos producen, reuniéndose, lo que se ha llamado la *corona* de la aurora boreal, y es una especie de dosel celeste formado por una luz suave y apacible. Raras veces llega á ser la aparicion tan completa que se prolongue hasta la formacion de la corona; pero cuando esta se presenta, anuncia siempre el fin del fenómeno. Los rayos se tornan entonces mas raros, mas cortos, y de color menos vivo, hasta que la corona y los arcos luminosos se disuelven, no viéndose ya en la bóveda celeste sino algunas estensas manchas nebulosas inmóviles, pálidas ó de cinéreo color, que al cabo desaparecen, si bien persisten aún durante algun tiempo en el horizonte los vestigios del segmento oscuro por donde la aparicion tuvo principio. Por último, de todo este magnífico espectáculo, nada mas queda por lo comun que una nubecilla blanquecina, de acuchillados bordes, ó dividida en pequeñas porciones como los *cirro cumuli*. La relacion que al parecer ecsiste entre la luz

polar y la aparición de cierta especie de nubes, nos demuestra que la producción de la luz electro-magnética es una simple fase de un fenómeno meteorológico, cual si el magnetismo terrestre obrase sobre la atmósfera condensando los vapores que en ella se encuentran disueltos. Thieneman llegó hasta creer que estas nubes aborregadas eran el *substratum* de la luz polar, y sus observaciones de Islandia han sido plenamente confirmadas por las más recientes de Franklin y Richardson en el polo Norte americano, y por las del almirante Wrangel en las costas siberianas del mar Glacial. Todos han afirmado que «la luz polar emitía sus rayos más vivos, cuando las altas regiones del aire contenían grupos de *cirro-strati* bastante ténues y ligeros para dar nacimiento á un cerco en derredor de la luna.» A las veces se agrupan y se colocan las nubes, en medio del día, como los rayos de una aurora boreal con corta diferencia, y entonces producen alteración en el movimiento de la aguja imanada. Después de una brillante aurora boreal, se han reconocido á la mañana siguiente grupos de nubes que durante la noche semejaban otros tantos rayos luminosos. Durante mi viaje á México y al Asia Septentrional, han llamado no pocas veces mi atención algunas fajas polares convergentes, es decir, grupos de nubes dispuestas en el sentido del meridiano magnético; apariciones que sin duda deben ser clasificadas entre los fenómenos diurnos que acabo de citar.

En nuestros climas suelen verse con bastante frecuencia *auroras australes*. (Dalton ha observado varias en Inglaterra), así como se ven *auroras boreales* entre los trópicos, en México, por ejemplo, en el Perú y aun hasta los 45° de latitud austral (el 14 de Enero de 1831); y no es raro que el equilibrio magnético se turbe simultáneamente hacia uno y otro polo. Como quiera que sea, el aspecto del fenómeno depende siempre de la posición del observador, y cada cual ve su aurora boreal, á la manera que cada cual ve también diferentemente su arco iris. Hay que distinguir la zona terrestre en que la aparición luminosa es visible simultáneamente en todas partes desde que se presenta, y las regiones mucho menos estensas en que se produce casi todas las noches. Una misma aurora boreal ha sido frecuentemente observada al propio tiempo en Inglaterra y en Pensilvania, en Roma y en Pekin, salvo que la frecuencia de estas apariciones disminuye con la latitud magnética, es decir, á proporción que el observador se aleja, no del polo terrestre, sino del magnético. Al paso que en Italia es un fenómeno muy raro una aurora boreal, obsérvase por el contrario con mucha frecuencia en América, en el paralelo de Filadelfia (39° 57' lat. sept.) porque estas regiones se hallan menos distantes del polo magnético. En Irlanda, Groenlandia, Terra-Nova, á orillas del lago del

Esclavo y en Fort-Entreprise en el Canadá superior, el cielo se ilumina todas las noches en ciertas épocas del año con resplandores móviles, que como dicen los habitantes de las islas de Shetland, forman una «alegre danza.» En estas regiones en que el fenómeno se reproduce con extraordinaria frecuencia, existen ciertas zonas que más bien podían llamarse vetas, en las cuales son más brillantes que en cualquiera otro punto las auroras, merced sin duda á ciertas influencias locales. Wrangel veía disminuir su brillo á proporción que se alejaba del litoral del mar Glacial hacia Nijne-Kolymsk. Por último, las auroras boreales no son ni más vivas ni más frecuentes en el mismo polo magnético, sino á cierta distancia de este punto; así á lo menos parece que lo indican los datos recojidos en las expediciones polares.

Por lo tocante á la altura absoluta de las auroras boreales, cuanto sobre este punto sabemos se funda en medidas angulares que no pueden inspirar gran confianza á causa de la incertidumbre en que dejan al observador las continuas oscilaciones de la luz acerca de sus verdaderos límites; y por lo tanto, los resultados de estas medidas, aun desechando las antiguas, varían entre algunas leguas y 3.600 á 4.500 piés; siendo muy probable que efectivamente varíen estas alturas de una á otra época. Los últimos observadores colocan el asiento de estas apariciones, no ya en el límite de nuestra atmósfera, sino en la región donde se forman las nubes y la reunión de los vapores vesiculares; también creen que los vientos y las corrientes aéreas pueden producir desviación en los rayos de las auroras boreales, cosa que se realizaría en efecto si la producción de la corriente electro-magnética, cuya existencia nos revelan, se hallase en relación con la de las nubes y vapores, ó más bien si aquella corriente los atravesase en realidad pasando de una vesícula á otra. El capitán Franklin vió á orillas del lago del Oso Grande una aurora boreal cuya luz iluminaba al parecer la superficie inferior de una capa de nubes, mientras que á 6 ú 8 leguas más allá, Kendal, que estuvo en vela toda la noche sin perder de vista el cielo ni un solo momento, no divisó rastro ninguno de luz. Háse creído en estos últimos tiempos, que los rayos de la aurora boreal se acercan á veces á la tierra, y aun que vienen á interponerse entre el observador y alguna altura inmediata; pero estas apariencias pueden explicarse, sin duda, por las mismas ilusiones ópticas de que tantos ejemplos han dado ya los relámpagos y la caída de los bólides.

Ahora que recientes expediciones nos permiten apreciar en su justo valor las narraciones de los pescadores de Groenlandia y de los cazadores de zorras de la Siberia, se duda que las tempestades magnéticas, semejantes á las eléctricas por lo tocante á la producción de la luz, lo sean

también por lo que respecta á la producción del ruido. No parece sino que las auroras boreales se han vuelto silenciosas desde que se las observa con más cuidado. Parry, Franklin y Richardson en el polo Norte; Thieneman en Islandia; Gieseke en la Groenlandia; Lottin y Bravais en el Cabo del Norte, y Wrangel y Anjou á orillas del mar Glacial, han visto millares de auroras boreales sin oír jamás ni el más leve ruido. ¿Se querrá que todas estas pruebas negativas cedan ante dos afirmaciones positivas, cuales son la de Hearne en la embocadura del río de la Mina de Cobre, y la de Henderson en Islandia? Pero entonces sería preciso olvidar que si Hood oyó, durante la aparición de una aurora boreal, cierta especie de estruendo semejante al que produce una descarga bien nutrida de fusilería, el mismo estruendo se repitió á la verdad el día siguiente sin ir acompañado de luz polar; sería preciso desear la plausible explicación de Wrangel y de Gieseke, los cuales atribuían aquellos estallidos á la súbita contracción de la nieve endurecida ó del hielo, causada por un enfriamiento repentino de la atmósfera. Fácil es explicar, por otra parte, cómo ha podido tomar cuerpo, no ya entre el pueblo, sino aun entre los viajeros instruidos, la creencia en esas supuestas detonaciones de la aurora boreal: como las auroras boreales eran comparadas en otro tiempo y asemejadas á los fenómenos eléctricos que se producen en un aire muy enrarecido, cual debe estarlo el de las elevadas regiones de la atmósfera, de aquí el que hasta el más leve rumor se trocase para observadores ya preocupados de esta idea, en el peterreo de los chispazos eléctricos. Nuevas investigaciones practicadas con el auxilio de electroscopios sumamente finos, no han dado hasta ahora, contra lo que se esperaba, más que resultados negativos, pues el estado eléctrico de la atmósfera ha permanecido invariable aun en las más brillantes auroras boreales.

Estas, por el contrario, modifican el magnetismo terrestre, alterando á la par su intensidad, la inclinación y la declinación. En una misma noche, según las fases sucesivas de su desarrollo, la aurora boreal atrae ó repele la estremidad de la aguja imanada. Parry se creía autorizado para deducir del conjunto de las observaciones hechas por el mismo en las islas de Melville, cerca del polo magnético, que lejos de turbar las auroras boreales la aguja, ejercían, antes bien, sobre ella, una acción sedativa; más esta opinión se halla en contradicción con el viaje del mismo Parry más atentamente examinado, con las preciosas observaciones de Richardson, Hood y Franklin en el Canadá superior, y recientemente también con las de Bravais y Lottin en la Laponia.

Ya antes lo hemos dicho: la producción de la luz polar es un acto por cuyo medio se restablece el equilibrio momentáneamente pertur-

bado; su efecto sobre la brújula guarda su proporción con la intensidad de la descarga reparadora; y cuando la aurora boreal es muy débil, no elevándose apenas sobre el horizonte, este efecto tampoco será perceptible, como de ello tuvieron ocasión de asegurarse varias veces los observadores de Bosekop durante su largo apostadero invernal. Hânse comparado los haces cilíndricos de los rayos aurorales á la luz que se produce en un circuito voltaico entre dos puntas de carbon (ó entre una punta de carbon y un glóbulo de plata según Fizeau y Foucault.) y que es atraída ó rechazada por el iman. Esta analogía hace que sea superflua la hipótesis de los vapores metálicos suspensos en la atmósfera, considerados por algunos físicos como el *substratum* de la aurora boreal.

Al dar á tan magníficas apariciones el nombre de *auroras boreales*, ó el más inesacto aun de luces polares, se ha querido indicar tan solamente la dirección por donde las más veces comienzan á producirse. La gran importancia de este fenómeno consiste en habernos demostrado que la tierra se halla dotada de la propiedad de emitir una luz propia, distinta de la que recibe del sol. La intensidad de la luz terrestre, ó mejor dicho, la claridad que en todo su esplendor puede esparcir esta luz por la superficie de la tierra, es algo más viva que la del primer cuarto de luna, y tan fuerte á veces (el 7 de Enero de 1831), que sin gran trabajo ha sido posible leer con ella caracteres impresos. Esta luz de la tierra, cuya emisión no se interrumpe casi nunca hacia los polos, nos trae á la memoria el débil resplandor fosforescente que se observa por la parte de Venus no iluminada por el sol; y no será extraño que otros planetas (Júpiter), la luna y aun los cometas posean también una luz emanada de su propia sustancia, independiente de la que el sol les envía, y cuyo origen compruebe el polariscopio. Aun prescindiendo de la apariencia problemática, pero asaz común, de las nubes poco elevadas, cuya superficie toda brilla por espacio de algunos minutos con trémulo resplandor, hay en nuestra atmósfera otros ejemplos que citar de esta producción de luz terrestre, cuales son las famosas nieblas secas de 1785 y 1831, que resplandecían de una manera harto sensible durante la noche; aquellas grandes nubes, tan frecuentemente observadas por Rocier y por Beccaria, que brillaban con luz apacible y tranquila; y por último (observación ingeniosa de Arago), la difusa luz que en las noches de otoño ó de primavera guía nuestros pasos, cuando las nubes interceptan toda luz celeste, y no se halla la tierra cubierta de nieve.

Si los países de crecida latitud tienen sus auroras, cuyos coloreados resplandores atraviesan é iluminan la atmósfera, también las cál-

das regiones de los trópicos tienen su luz, que brilla en la superficie del Océano sobre una estension de varios miles de leguas cuadradas. Mas aquí la luz es un producto de las fuerzas orgánicas de la naturaleza; las olas, coronadas de fosforescente espuma, se alzan, ruedan y se estrellan cual en un mar de fuego; cada punto de su inmensa superficie es una chispa, y en cada chispa se manifiesta la vida animal de un mundo invisible.

Tales son los numerosos manantiales de la luz terrestre. ¿Habremos de admitir que esta luz se halla también en estado latente, y contenida virtualmente en ciertos vapores, á fin de explicar la *formacion á cierta distancia de las imágenes* de Moser, descubrimiento en que la realidad se nos presenta aún á la manera de esas formas misteriosas que solo en sueños vislumbramos?

## REACCION

### DE LO INTERIOR DEL GLOBO CONTRA LAS CAPAS ESTERIORES.

Si el calor central de nuestro planeta se liga, por una parte, á la produccion de las corrientes electro-magnéticas y de la luz terrestre que de ellas emana, preséntase, bajo otro punto de vista, como fuente principal de los fenómenos geognósticos. Ahora nos proponemos considerar estos fenómenos en su encadenamiento y en sus diversas faces, desde la conmocion puramente dinámica y solevantamiento de los continentes ó de las cadenas de montañas, hasta la erupcion de los gases y de los vapores, de los torrentes de lodo hirviendo, y de las rocas ígneas ó de las lavas en fusion, que se transforman por el enfriamiento en rocas cristalizadas. No fué corto progreso para la moderna geognosia (dáse este nombre á la parte mineralógica de la fisica terrestre), el haber comprobado y hecho constar este encadenamiento de los fenómenos. Desde entonces nos ha sido dado renunciar á las vanas hipótesis imaginadas en otro tiempo para explicar una por una las revoluciones del antiguo mundo terrestre; desde entonces hemos podido referir la produccion de materias diversas á los simples cambios de forma y de estension (*conmociones y solevantamientos*); desde entonces nos ha sido lícito reunir y agrupar fenómenos completamente desemejantes á primera vista, como las fuentes termales, las emisiones de gas ácido carbónico y de vapores sulfurosos, las llamadas *salsas* (erupciones fangosas), y por último, las erupciones de las montañas ignívolas. En un cuadro general de la naturaleza, todos estos por-

menores se confunden en una sola é idéntica concepcion; es á saber, en la de *reaccion que el interior de un planeta ejerce contra sus capas exteriores*. Una sola causa, el aumento gradual del calórico terrestre desde la superficie del globo hasta el centro, nos explicará á la par los temblores de tierra, el solevantamiento sucesivo de los continentes y de las cadenas de montañas, las erupciones volcánicas y la formacion de las rocas ó de los minerales.

Empero esta reaccion de lo interior contra lo exterior no ha limitado su influjo á la naturaleza inorgánica tan solamente: todo nos induce á creer que en el mundo antiguo se mezclaron á la atmósfera fuertes emisiones de gas ácido carbónico, que favorecieron el acto por el cual se asimilan los vegetales el carbono, y formaron así los bosques primitivos, origen del inagotable acervo de materias combustibles (lignitas y carbon de piedra), que las revoluciones del globo han sepultado en las capas superficiales; y aun puede decirse que la forma de la corteza terrestre, la direccion general de las grandes cadenas de montañas y de las mesetas, así como la configuracion articulada de los continentes, han ejercido notabilísimo influjo sobre la suerte del linaje humano.

En semejante encadenamiento de fenómenos, el filósofo puede remontarse de término en término de la série, hasta la época en que aglomerada la materia en forma de esfera, pasó del estado fluido al estado líquido ó sólido, época en que se desarrolló también el calor central de la tierra independientemente de la accion calorífica de los rayos solares.

A fin de seguir en el cuadro de los fenómenos geognósticos el orden mismo de su filiacion y de su originaria dependencia, comenzaremos por aquellos cuyo carácter es esencialmente dinámico. Los *temblores de tierra* se manifiestan por oscilaciones verticales, horizontales ó circulares, que se suceden y se repiten con cortos intervalos. Las dos primeras especies de sacudidas son por lo comun simultáneas: tal es, á lo menos, el resultado de las numerosas observaciones de esta clase que me ha sido dado hacer por mar y por tierra en una y otra parte del mundo. La accion vertical de abajo á arriba produjo en Riobamba, el año de 1797, el efecto de la explosion de una mina, hasta el punto de que los cadáveres de un gran número de sus habitantes fueron lanzados allende el arroyo de Lican hasta la cima de la *Culca*, colina cuya altura asciende á á algunos centenares de piés. La sacudida se propaga ordinariamente en linea recta ú ondeada á razon de mas de 7 á 8 leguas por minuto; á las veces se estiende á la manera de las olas, y forma círculos de conmocion en los cuales se propagan los sacudimientos desde el centro á la circunferencia, pero disminuyendo de intensidad. No obstante la asercion del padre de la historia y de Teófilo Simocata, los

cuales creian que no eran conocidos en la Escitia los temblores de tierra, he comprobado durante mi viaje por el Asia septentrional, que la parte meridional del Altai se encuentra sometida al doble influjo del centro de conmocion del lago Baihal y de los volcanes de las montañas Celestes (Thian-chan). Cuando los círculos de conmocion se cortan; cuando una meseta se halla, por ejemplo, situada entre dos volcanes activos, pueden resultar de aquí varios sistemas de ondas que se sobreponen unas á otras, como en los líquidos, sin perturbarse mutuamente; y aun pudiera haber *interferencia* entre ellas, como sucede cuando se cruzan las ondas sonoras. Segun una ley general de la mecánica, todo movimiento de vibracion que se transmite por un cuerpo elástico, tiende á separar de él sus capas superficiales; y en virtud de esta misma ley, la onda de conmocion debe ser tanto mayor, al propagarse por la corteza terrestre, cuanto mas se acerque á la superficie.

Los medios que se han imaginado para estudiar las ondas de conmocion (el péndulo y la cubeta sismométrica), indican con bastante exactitud su direccion y su intensidad total, pero no su alternancia ó su intumescencia periódica. La ciudad de Quito está situada al pié de un volcan activo todavía (El Rucu Pichíncha) á 10444 piés sobre el nivel del mar; tiene magníficas cúpulas, iglesias elevadas, casas sólidas de varios pisos, y son muy frecuentes los temblores de tierra; pero con gran sorpresa mia he visto que estas sacudidas cuartejan raras veces las paredes, al paso que en los llanos del Perú, oscilaciones mucho menos fuertes maltratan y echan por tierra cabañas de bambú muy poco elevadas. Los indígenas, que han conocido millares de temblores de tierra, creen que semejante diferencia depende menos de la poca ó mucha duracion de las sacudidas y de la lentitud ó rapidez de la oscilacion horizontal, que de la regularidad de los movimientos producidos en contrarias direcciones. Las sacudidas circulares ó giratorias son las menos frecuentes, pero también las mas peligrosas. En el gran terremoto de Riobamba, provincia de Quito, ocurrido el 4 de Febrero de 1797, ladearonse muchas paredes sin llegar á caer del todo; cañales de árboles que antes eran rectilíneos se hicieron curvas; y campiñas compuestas de diferentes cultivos se confundieron entre sí; efectos singularísimos que habian ocurrido ya en Calabria el 5 de Febrero y el 28 de Marzo de 1783. Esta confusion de terrenos cultivados que se sobreponen los unos á los otros, prueban que existe un movimiento general de traslacion, una especie de penetracion de las capas superficiales; evidentemente el suelo movable se pone en movimiento como un líquido, y las corrientes se dirigen primero de arriba á abajo, luego horizontalmente, y por último, de abajo arriba. Cuando levanté yo el plano de las ruinas de Riobamba, me enseñaron entre los escombros de una casa el lugar en que se habian encontrado todos los muebles de otra distinta; y fué preciso que la audiencia fallase algunos litigios que se suscitaron entre la propiedad de objetos que de tal modo habian sido trasportados á distancia de muchos centenares de piés.

En los países en que son relativamente mas raros los temblores de tierra, (por ejemplo en la Europa meridional), se cree generalmente á consecuencia de una induccion incompleta, que la serenidad de la atmósfera, un calor sofocante y el horizonte cargado de vapores, son los fenómenos precursores de los terremotos; pero esto es un error, no solo contradicho por mi propia esperiencia, sino también por la de todos los observadores que han pasado algunos años en comarcas tales como Cumaná, Quito, el Perú y Chile, cuyo suelo se ve frecuentemente agitado por violentas sacudidas. Yo he visto temblores de tierra en tiempo sereno ó lluvioso, y lo mismo con la fresca brisa del Este que con un huracan tempestuoso, además de que estos fenómenos no ejercian á mi parecer influencia ninguna en el movimiento de la aguja imanada, pues no he observado ninguna anomalia en las variaciones horarias de la declinacion, ni en la altura del barómetro, los dias en que ha habido terremotos en las regiones inter-tropicales. Igual observacion ha hecho Adolfo Erman en la zona templada con motivo del terremoto sentido en Irkutsk cerca del lago Baikal el 8 de Marzo de 1829. Cuando ocurrió en Cumaná la violenta sacudida de 4 de Noviembre de 1799, encontré que la declinacion y la intensidad de la fuerza magnética habian permanecido en su estado normal; pero con grande asombro mio vi que la inclinacion de la aguja imanada habia disminuido 38°. Yo no tenia motivo para sospechar que hubiese algun error en esta observacion; mas durante las otras sacudidas que he experimentado en la meseta de Quito y de Lima, la inclinacion permaneció siempre invariable, de la misma manera que todos los demas elementos del magnetismo terrestre. Si es cierto, generalmente hablando, que no hay nada en el aspecto del cielo ó en el estado de la atmósfera que anuncie en la superficie del globo lo que va á ocurrir en sus profundidades, pronto veremos, sin embargo, que las capas aéreas pueden experimentar modificaciones á consecuencia de sacudidas muy fuertes, cuyo efecto no es siempre meramente dinámico. Así es que el estado eléctrico de la atmósfera ha experimentado notables variaciones durante las sacudidas que por espacio de mucho tiempo han removido el suelo de los valles de Pelis y de Cluson en el Piamonte.

La intensidad de un sordo ruido que acompaña casi siempre á los temblores de tierra, no crece en la misma proporcion que la violencia de las sacudidas. Estudiando atentamente las