

agua, vapores, del orificio ó cráter, debe conmover forzosamente las paredes internas del edificio volcánico, á distancias del cono tanto mayores cuanto á mayor profundidad se encuentre el punto de aplicación de la fuerza que produce la conmoción y más grande sea la intensidad misma. Fácilmente se explican todas las particularidades comprobadas por los observadores. La elevada tensión de los vapores y de los gases encerrados entre las materias que obstruyen la boca del volcán y las acumulaciones interiores de lava incandescente, su dilatación repentina cuando esta tensión creciente es mayor que la presión que soportan, son la causa de las explosiones volcánicas, según dejamos consignado: pues bien, á la misma causa obedecen las sacudidas que sufren las paredes del cono y las capas circunvecinas. Hase comparado con razón lo que entonces sucede con los fenómenos que se notan en una marmita de Papin provista de su válvula. Si ésta está demasiado cargada con relación á la resistencia de la caldera, resulta una explosión violenta; si la carga es insuficiente, los escapes de vapor y las trepidaciones son más débiles, pero frecuentes. Por esto acontece que en las erupciones de los volcanes, cuando las emisiones de los vapores se siguen á cortos intervalos, los costados del cono se hallan en un estado continuo de trepidación; pero entonces el área de la conmoción es mucho más reducida, sucediendo á menudo que ni siquiera se siente el temblor de tierra en la base de la montaña.

Así pues, toda una categoría de terremotos está directamente enlazada con las erupciones volcánicas; mas por lo común sólo extienden sus efectos á una zona muy limitada alrededor de los focos de actividad, siendo las menos numerosas á la vez que las menos dilatadas de todas las conmociones del suelo. En cuanto á los otros terremotos, unos, estremecimientos de la corteza terrestre apenas perceptibles, y otros, choques violentos y ondulaciones intensas que se propagan por inmensas superficies de terreno, es tan difícil afirmar como negar su correlación con los fenómenos de origen volcánico.

Los partidarios de la opinión que considera ambas clases de fenómenos como extrañas entre sí, citan en su apoyo cierto número de casos: en primer lugar, los terrenos agitados suelen distar bastante de las regiones volcánicas, ó si están cerca de ellas, si se hallan á su vez formados de masas traquíticas ó basálticas, se nota que las sacudidas han coincidido con un período de reposo de los volcanes más inmediatos. Así se ha observado frecuentemente en los terremotos de los Andes, del Ecuador, del Perú y de Chile, región que no obstante está poblada de focos eruptivos. Humboldt consigna que durante el formidable terremoto de Riobamba no ocurrió ninguna erupción, á pesar de estar tan cerca muchas montañas volcánicas. Pero si se consideran los volcanes activos como válvulas de seguridad para las regiones cercanas, la falta de erupciones durante los terremotos, lejos de ser una prueba de que no media correlación alguna entre los dos fenómenos, puede aducirse como tal por los partidarios de la opinión contraria. "Si la abertura del volcán se cierra, dice Humboldt, si queda interrumpida la comunicación del interior con la atmósfera, el peligro aumenta y las comarcas vecinas están amenazadas de próximas sacudidas. Por lo general, no ocurren los terremotos más fuertes cerca de los volcanes en actividad, como lo atestiguan los que ocasionaron la destrucción de Lisboa, Caracas, Lima, Cachemira y gran número de poblaciones en Calabria, Siria y el Asia Menor.", Refiriéndose Strabón á la cesación de los terremotos en Siria, en las Cícladas y en Eubea, en el mismo momento en que brotaba una erupción de materias ígneas cerca de Calcis, añade que en Sicilia y en la Italia inferior se notaban menos conmociones del suelo desde que las bocas del Etna vomitaban torren-

tes de lava en fusión. Además, puede suceder que sobrevenga una erupción en puntos distintos de aquellos en que se han sentido desde luego los terremotos, pudiéndoseles considerar como precursores de los fenómenos eruptivos. Por ejemplo, en las Azores se notaron varias veces sacudidas de diciembre de 1866 á junio de 1867, es decir, por espacio de seis meses, sin que los volcanes de dichas islas hubieran dado indicio alguno de actividad. Habría podido juzgarse que aquellas sacudidas no tenían relación con los fenómenos volcánicos, si la erupción submarina ocurrida en la tarde del 1.º de junio entre las islas Graciosa y Terceira no hubiera demostrado lo contrario. En febrero de 1868 la bahía de Fonseca en la América central sufrió violentos terremotos (200 sacudidas en seis días), sin que el volcán de Coseguina hubiera ofrecido nada de particular. Sin embargo, el Conchagua, otro volcán inmediato á la bahía, entró en erupción once días después, y mientras duró esta erupción, las sacudidas continuaron, siquiera disminuyesen progresivamente de intensidad.

Con todo, si muchos terremotos son sin ningún género de duda fenómenos volcánicos, cuya causa no debe buscarse en otra parte sino en la misma que produce las erupciones, hay otra clase de conmociones del suelo en las que no se nota el menor rastro de enlace con los fenómenos eruptivos: y á esta segunda clase pertenece la mayor parte de los que se hicieron más famosos, tanto por sus estragos cuanto por la extensión de las regiones en que se han sentido.

Para llegar á descubrir la causa de estos grandes trastornos de la corteza del globo, se ha procurado averiguar si estaban en relación con algunos fenómenos exteriores á la Tierra ó de origen cósmico, por ejemplo, con la atracción del Sol ó de la Luna, con las manchas solares ó con las lluvias de estrellas fugaces. M. A. Perrey ha hecho prolijos estudios con respecto al primer punto: después de reunir todas las noticias de terremotos transmitidas por los historiadores de todos los países y de todas las épocas, así como todos los casos nuevos conforme iban ocurriendo, los ha agrupado con arreglo á la coincidencia de sus fechas con los días de la Luna, ó también con las distancias perigea y apogea de nuestro satélite, con lo cual ha querido cerciorarse de su mayor ó menor frecuencia durante las sizigias que, como es sabido, son las épocas de mayor intensidad de las mareas oceánicas. En su concepto, la atracción del Sol y de la Luna debe hacerse sentir en el núcleo terrestre interior, suponiéndolo fluido é incandescente, del propio modo que se siente en la envoltura líquida que constituye los océanos y los mares. Según Perrey, esta marea interior levanta dos veces por mes lunar, ó sea en el novilunio y en el plenilunio, la corteza sólida que descansa sobre la superficie del núcleo, debiendo, por lo tanto, producir conmociones que no son otra cosa sino las sacudidas seísmicas; ó bien, en el caso de que esta no sea la única causa originaria de los terremotos, y si ocurren sacudidas fuera de las épocas en que estas mareas suelen llegar á su mayor amplitud, por lo menos la frecuencia de las conmociones debe ser mayor en el momento de las sizigias que en el de las cuadraturas. Del propio modo debe observarse también mayor frecuencia en las épocas en que nuestro satélite está á su menor distancia de la Tierra, en que la acción de su gravedad sobre nuestro globo es más considerable.

Resta saber si los hechos de observación han confirmado ó no, y hasta qué punto, estas apreciaciones. En el cuadro que damos á continuación se hallan reunidos, por una parte, los temblores de tierra que corresponden á las sizigias (novilunio y plenilunio), y por otra los que han ocurrido en las épocas de las cuadraturas (cuartos creciente y menguante). En el mismo cuadro se halla contenida la distribución de los

terremotos en las épocas en que la Luna está en su apogeo ó en su perigeo. Estos números se refieren á tres períodos, los dos primeros de cincuenta años cada uno, y el tercero de treinta solamente.

PERIODOS	NÚMERO DE DÍAS DE TERREMOTOS (1)					
	En las sizigias	En las cuadraturas	Diferencia	En el perigeo	En el apogeo	Diferencia
1751 á 1800.	1.901	1.754	147	526	465	61
1801 á 1850.	3.434	3.161	273	1.223	1.113	110
1843 á 1872.	8.838	8.411	427	3.290	3.015	275
Total.	14.173	13.326	847	5.039	4.593	446

El examen de estas cifras denota una preponderancia, aunque á la verdad bastante corta, pero muy marcada, de la frecuencia de los terremotos en las épocas de las sizigias, es decir, de las fuertes mareas oceánicas; mayor frecuencia que puede expresarse con la fracción $\frac{1}{32}$ del total de conmociones, ó con la fracción $\frac{1}{13}$ del número más reducido, si se trata de las sizigias; siendo bastante mayor ($\frac{1}{21}$ y $\frac{1}{10}$) si se trata del perigeo (2).

Finalmente, agrupando Perrey los terremotos con arreglo á las horas del día lunar, ha visto que había un máximum de frecuencia á cada paso de la Luna por el meridiano, ó sea al medio día y á la media noche lunares. De suerte que parecería probado, cuando no que las sacudidas seísmicas tienen por causa única las acciones de las masas del Sol y de la Luna combinadas, á lo menos que la atracción de los dos astros desempeña cierto papel en la producción de estos fenómenos. Como semejante influencia apenas puede comprenderse sino como una atracción sobre las materias fluidas interiores, sobre el núcleo fluido entero, dado que este núcleo exista en tal estado, ó por lo menos sobre las capas líquidas que se extienden en forma de lavas, síguese de aquí que también se ejercerá sobre las erupciones. Hemos visto ya que M. Fouqué la admite hasta cierto punto, es decir en cuanto las ocasiona, pero después de estar reunidas todas las demás condiciones. Probablemente se la debe admitir también en la misma medida por lo que respecta á las conmociones seísmicas.

¿Hay alguna correlación del mismo género entre los terremotos y los máxima y mínima de las manchas solares, como algunos sabios han supuesto?

(1) Cuando en un mismo día ha habido terremotos en regiones distintas, separadas por regiones indemnes, M. Perrey los ha contado como otros tantos temblores de tierra diferentes. Además, están agrupados por semanas correspondientes á las cuatro fases lunares principales. Los que corresponden á las distancias de la Luna á la Tierra comprenden cada uno un período de cinco días, cuya mitad forman el perigeo y el apogeo. Comparando las cifras de estos cinco días, día por día, en el perigeo y en el apogeo, las diferencias resultan siempre en el mismo sentido.

(2) "M. Schmidt, director del Observatorio astronómico de Atenas, ha conseguido en virtud de sus propias observaciones y de los catálogos formados por otros, reunir datos de más de 2.000 terremotos ocurridos en Grecia y en Esmirna durante los últimos cincuenta años. Ha deducido de ellos que se observa un mínimum en la época de las cuadraturas y un máximum en la de las sizigias, con un aumento notable en los días de Luna llena. Ultimamente el profesor Forel, de Morges, ha confirmado el mismo hecho en vista de los datos reunidos en Suiza.

"Se han examinado los registros del profesor Bertelli, de Florencia, en los que están marcados por el tremoseismómetro de su invención todos los movimientos microscópicos del suelo. Se ha comprobado cierta marcha rítmica acorde con las fases lunares, y con su máximum en las sizigias." (Estudios sobre los terremotos por el profesor Cordenons.)

Sábase que las manchas del Sol se presentan en mayor ó menor número según los años; este número está sujeto á disminuciones ó recrudescencias periódicas, pues los máxima lo mismo que los mínima están separados por intervalos de once años y $\frac{1}{3}$, según resulta de las observaciones de M. Wolf de Zurich. Este astrónomo había creído deducir, en vista de una crónica zuriquesa que comprende un período de ocho siglos (del año 1000 al 1800), que los terremotos eran más numerosos en los años de manchas solares abundantes. En cambio M. Kluge, basándose en otros documentos, dedujo, lo mismo para los terremotos que para las erupciones volcánicas, un período de la misma duración que la de las manchas; pero cuanto más abundantes son éstas, más raros son los fenómenos eruptivos y seísmicos, conclusión que M. Wolf parece haber adoptado.

A. Poey emprendió posteriormente el estudio de la misma cuestión con respecto á las erupciones volcánicas acaecidas en todo el globo de 1749 á 1861, y acerca de los terremotos de México y de las Antillas, de 1634 á 1871. Las erupciones se agrupan de modo que sus números máxima corresponden á los mínima de las manchas; pero los terremotos no presentan ninguna correlación apreciable con el fenómeno solar, á lo menos si sólo se considera, como lo hace el señor Poey, los períodos de convulsión un poco intensos, á los que da el nombre de *tempestades seísmicas*. Así, pues, de 38 tempestades seísmicas observadas en las Antillas, 17 coinciden con los máxima de las manchas y otras 17 con los mínima; las 4 restantes están colocadas á igual distancia de los puntos extremos. De 32 tempestades seísmicas ocurridas en México, 16 corresponden á los máxima de las manchas, 13 á los mínima y 3 á los períodos intermedios. En resumen, su conclusión, basada en los numerosos casos americanos que ha analizado, es que "las convulsiones seísmicas parecen acumularse casi en igual proporción en los máxima y en los mínima."

Recientemente se ha tratado de establecer cierta coincidencia entre las grandes tempestades seísmicas y los pasos de los planetas á través de los enjambres de estrellas fugaces; y, cosa bastante curiosa, según el capitán de artillería de marina J. B. Delauney, autor de esta teoría, que ha deducido de ella un medio de predecir los terremotos, el paso de la Tierra por un enjambre cósmico sólo da lugar á sacudidas de orden secundario; pues según parece, nuestro globo las sufre mucho más violentas cuando uno de los planetas mayores, ó mejor aún, dos á la vez, tropiezan con dichos enjambres. Estas ideas teóricas son muy difíciles de comprender, y en cuanto á la supuesta coincidencia de los pasos en cuestión con los terremotos observados, no se apoya al parecer en nada positivo.

Ya hemos tenido ocasión de hablar de las relaciones que podrían existir entre las conmociones de la corteza terrestre y ciertos fenómenos meteorológicos, y hemos citado observaciones en pro y en contra de tales relaciones. Aduciremos otras que vienen en su apoyo.

M. Fron recordaba en una nota dirigida á la Academia de Ciencias en 1872 que Aragón había sospechado el enlace que los fenómenos seísmicos presentan con las tempestades; Poulett Scrope, en su obra *Los Volcanes*, y Bridel, Piddington y Keller en sus estudios sobre los ciclones, mencionaron algunos casos favorables. "Yo mismo, añadía, que hace once años vengo discutiendo y comparando las situaciones atmosféricas de cada día en la superficie de Europa, he llegado á averiguar que ciertas condiciones de la atmósfera son favorables para los terremotos en regiones especiales de Europa; pero hasta ahora no me había atrevido á formular ninguna previsión directa acerca de

este asunto., El 24 de enero de 1872 creyó que se habían reunido estas condiciones necesarias (una depresión barométrica considerable pasaba por Inglaterra y por el mar del Norte) y telegrafió al Sur de Europa, á Roma, á Viena y á Constantinopla, anunciando que eran de temer *chubascos, tormentas y terremotos*. Al día siguiente, jueves, hubo un fuerte temblor de tierra en Taultcha, Turquía, y en los Principados danubianos.

Bulard, director del Observatorio de Argel, había hecho también mención de coincidencias análogas entre las perturbaciones atmosféricas y los terremotos. Las observaciones microseísmicas efectuadas en 1873, en Florencia, por Bertelli, han demostrado que las oscilaciones aumentan en intensidad con el descenso de la columna barométrica, "como si las masas gaseosas aprisionadas en las capas superficiales se escaparan más fácilmente cuando el peso de la atmósfera disminuye., ¿Tendrá algún fundamento la opinión de que se observan con frecuencia oscilaciones del suelo después de caer grandes lluvias que á su vez suceden á una sequía prolongada? Algunos casos ocurridos recientemente la dan cierta verosimilitud, por ejemplo, las sacudidas que en el mes de julio de 1871 se notaron en una gran extensión que abrazaba la cuenca del Ródano y en Suiza.

Parece también cierto que las estaciones influyen en los fenómenos seísmicos, pues son más frecuentes en invierno que en verano. Ya en 1834 Merián formulaba esta ley con respecto á 118 terremotos observados en Basilea ó en las comarcas circunvecinas. A. Perrey vió más adelante que de 656 sacudidas ocurridas en Francia, los $\frac{3}{5}$ sobrevinieron durante el semestre de noviembre á mayo. En los Alpes la proporción es también mayor para las sacudidas invernales; durante los cuatro meses de diciembre á marzo son tres veces más numerosas que de mayo á agosto. Cuanto más dilatada es la superficie en la cual se reparten de este modo los terremotos con arreglo á las estaciones, menos perceptible es este predominio, lo cual se comprende, porque entonces hay compensaciones entre climas diferentes y aun opuestos, que estorban el conocimiento de la ley en cuestión. En cambio, ésta es más marcada si se reduce la región observada. E. Reclus cita, refiriéndose á Volger, la región del Valais medio, en donde, de 98 conmociones del suelo, tan sólo una ocurrió en verano, al paso que hubo 72 en invierno.

Por último, se ha notado que el número de oscilaciones del suelo es también mucho mayor por la noche que durante el día. Probablemente se deberá en parte este resultado á que casi no se perciben de día las sacudidas muy débiles, mientras que por el contrario el silencio relativo y la mayor inmovilidad de la noche hace que éstas sean más fáciles de advertir.

En resumen: de cuantas relaciones se han querido establecer entre los terremotos y los fenómenos cósmicos ó meteorológicos, no hay una siquiera que presente tal carácter de constancia que se la pueda calificar legítimamente de ley. Verdad es que las estadísticas son todavía muy incompletas, las observaciones á menudo insuficientes y que los instrumentos seismográficos se emplean sistemáticamente desde hace muy pocos años, para que sea posible formular una apreciación exacta. Por nuestra parte debemos añadir que las observaciones reunidas tan sólo se refieren á hechos que á veces no tienen entre sí más que una semejanza que es enteramente exterior ó mecánica y cuyas causas son múltiples, por lo cual puede muy bien darse el caso de no estar regidos por leyes comunes. Así se comprenderá fácilmente á juzgar por lo que se desprende del siguiente artículo.

VIII

HIPÓTESIS SOBRE LAS CAUSAS DE LOS TERREMOTOS

Hemos visto que muchos terremotos son de origen volcánico; que otros, quizás en mayor número, no tienen al parecer ninguna relación con los fenómenos eruptivos de los volcanes. Si esta distinción fuese real, claro está que la teoría que sirve para explicar los primeros no convendría á los segundos. Ocupémonos ante todo de los temblores de tierra volcánicos.

Con respecto á esta clase de sacudidas seísmicas, la causa es á no dudarlo la misma que la de las erupciones, ó por lo menos está íntimamente ligada con ella. Por consiguiente, si nos referimos á la teoría generalmente adoptada hoy para estas últimas, hay que atribuir á la tensión de los vapores elásticos contenidos en las materias fluidas interiores y que proceden de la filtración de las aguas del mar, de las de los lagos ó de las nieves que llegan á ponerse en contacto con capas incandescentes, hay que atribuir, decimos, á esa tensión los efectos mecánicos de los terremotos cuando éstos preceden, acompañan ó siguen á las erupciones de los volcanes. Pero siempre queda la duda de cómo obra esta tensión, y si es la causa directa ó tan sólo la indirecta del choque. Hay varios pareceres acerca de este punto, que vamos á enumerar sucintamente. El siguiente párrafo de la obra de Poulett Scrope nos dará á conocer el que este sabio había adoptado y el que Roberto Mallet admite.

"He atribuído los movimientos ondulatorios perceptibles de la superficie terrestre, que llamamos terremotos, al movimiento vibratorio ocasionado por la rotura violenta y repentina de rocas sólidas, y quizás también por la inyección de la materia fundida cubierta por ellas. En cambio, M. Mallet, en su luminoso dictamen sobre los terremotos, ve en las erupciones submarinas el agente principal de la producción de los más violentos temblores de tierra. Cree que "manifestándose debajo del mar una erupción de materia ígnea, debe abrir enormes grietas ó hendeduras en el fondo peñascoso, á través de las cuales llega el agua á la superficie líquida de la lava., "El agua, añade, permanece al principio en ese estado particular que Boutigny llama esferoidal, hasta que la lava se enfría al llegar al grado en que cesa la repulsión y en el que el agua se pone en contacto con las superficies caldeadas; luego se escapa una gran columna de vapor con explosión y desaparece en el agua fría y profunda del mar, en la cual se condensa al punto. Así es como recibiría el foco volcánico una especie de golpe de impulso de la mayor energía, que difundiendo en todas direcciones, se transmite como temblor de tierra., Pero ¿cuál es la causa primera de esas grietas que, según Scrope, producen la conmoción por su formación misma, ó que, según Mallet, dan paso al agua hasta las capas incandescentes? El primero de estos sabios opina que la erupción volcánica y el temblor de tierra tienen la misma causa, á saber: "la expansión de alguna materia mineral situada á gran profundidad, expansión ocasionada por el aumento de temperatura ó por la reducción de presión., Pero esta reducción es consecuencia de la abertura de la grieta. Hay, pues, aquí una especie de círculo vicioso, del cual tampoco se exime la teoría de Mallet, por cuanto, según acabamos de ver, este físico admite que las grietas tienen por origen la irrupción y ésta la vaporización del agua que penetra por las grietas. Al ocuparnos de la teoría de los volcanes, hemos visto que puede explicarse la formación de sus grietas atribuyéndola á los movimientos de la corteza que