

en una longitud de 200 kilómetros por una anchura de 150. El violento terremoto que devastó á Arequipa y tantas otras poblaciones situadas en la vertiente occidental de los Andes el 16 de agosto del mismo año de 1868, se extendió por el Norte hasta Lima, por el Este hasta la Paz y por el Sur hasta Copiapó. En octubre de 1836 una fuerte sacudida agitó todo el suelo del mediodía de Europa, desde Sicilia y Calabria hasta Grecia, y se sintió hasta en medio del Asia Menor, así como en las costas de Siria y Egipto.

Las causas que favorecen la propagación de las sacudidas ú ondulaciones seísmicas, ó que se oponen á ellas, son de diferente naturaleza, siendo indudable que en igualdad de circunstancias la intensidad debe ser una condición favorable. Pero la que parece predominante es la naturaleza de las capas del suelo, su composición geológica. Acerca de este punto dice Fuchs: "Es fácil comprender que la conmoción se extienda á todas partes y por igual cuando las rocas son densas y sólidas, y que sólo se debilite gradualmente por la distancia: en este caso la extensión depende indudablemente de la fuerza de la conmoción primitiva. Por el contrario, en las masas muebles esta fuerza se pierde con mucha rapidez.

„Cuando una comarca se compone de rocas de dureza y densidad diferentes y agrupadas de distinto modo entre sí, el movimiento se debilitará siempre que pase de una roca á otra, y esta disminución de fuerza será más ó menos rápida según la naturaleza de las rocas. Podrá, pues, sentirse el movimiento en cuestión con mayor ó menor intensidad en varias direcciones y terminar á distancia variable del punto de origen. Una roca que tenga muchas hendeduras ejercerá una acción análoga en el movimiento, es decir, lo debilitará con irregularidad ó lo dividirá. Si se observa también la estructura geológica del suelo y la dirección de sus diferentes capas, se verá que los terremotos están sujetos á influencias tan complicadas que, aun cuando se conociera perfectamente la estructura geológica del suelo, no se puede conocer de antemano el efecto de un temblor de tierra en vista de la violencia del choque primitivo.

„A juzgar por lo que hemos observado, hay obstáculos naturales que rara vez superan los terremotos: unas veces son grandes valles fluviales que les impiden propagarse, cuando no son estos mismos valles centros de acción; pero las más de las veces limitan su extensión las grandes sierras. En este último caso, el temblor de tierra no abarca un círculo de extensión dirigida en todos sentidos, sino que presenta una dirección prolongada y paralela á la de la sierra.

Los terremotos de los Andes, de los que antes hemos hablado, son ejemplos de esta desigualdad de tensión, dimanada del obstáculo natural opuesto á la propagación de las sacudidas por el colosal valladar de la Cordillera. Fuchs menciona otros en que los Apeninos producen el mismo efecto, por ejemplo, el gran terremoto de 1783, que asoló la Calabria, sin que sus estragos se extendieran á la vertiente occidental de los Apeninos, á lo largo de la península itálica. Sin embargo, las cordilleras más elevadas, las sierras más considerables no siempre forman un abrigo eficaz contra las sacudidas seísmicas. Ejemplo: el terremoto de Belluno, en junio de 1873, cuyas sacudidas, pasando por encima de los Alpes, se sintieron hasta en Salzburgo, Berna y Munich. Algunos terremotos ocurridos en los siglos XIII, XIV y XVII trastornaron del propio modo las regiones situadas en las vertientes Norte y Sur de los Alpes, sin que estas montañas sirvieran de antemural contra la propagación. Para explicarse semejantes anomalías basta suponer que el centro de conmoción tuviera por asiento una región subterránea algo extensa debajo de la misma mole montañosa.

A juzgar por los cálculos de los observadores, la velocidad de propagación varía mucho más de lo que podría suponerse, lo cual no tiene nada de extraño si se considera cuán difícil es cerciorarse de que las sacudidas cuya marcha se sigue pertenecen á un mismo choque físico ó á una misma ondulación. Véanse algunas cifras relativas á este elemento de la propagación de los terremotos. Compulsando J. Schmidt los escasos datos exactos que reunió acerca del terremoto de 1755, dedujo una velocidad de 2.425 metros por segundo, ó sea los siete décimos de la de las vibraciones sonoras en los tubos de hierro. El mismo físico calculó la velocidad de las ondas seísmicas en la sacudida experimentada en la cuenca del Rhin en julio de 1846. El resultado, 447 metros por segundo, es más de cinco veces menor que en el primer caso, excediendo apenas en un tercio á la velocidad de las ondas sonoras aéreas. C. Sainte-Claire Deville observó cuando el terremoto de 8 de febrero de 1843, que la onda seísmica se propagó con velocidades muy diferentes, según los lugares, esto es, de 3.788 metros por segundo entre Pointe-à-Pitre y Cayena, de 925 y 2.566 entre el mismo punto de partida y Santa Cruz y Santo Tomás. Estas diferencias son tan grandes que el ilustrado físico se apresuraba á añadir: "Sólo atribuyo un mediano valor á estos cálculos, porque aun suponiendo los instantes determinados en cada punto con toda la exactitud apetecible, no es posible tener la seguridad de haber comparado bien las fases correspondientes de un mismo fenómeno, que en Santa Cruz ha durado *menos de medio minuto y un minuto y tres cuartos* en la Dominica, en donde yo me encontraba.

Creemos que esta reserva puede aplicarse á la mayor parte de las sacudidas de los terremotos. Sin embargo, hagamos mención también de los cálculos de R. Mallet, que dan 20 metros por la velocidad de las ondas del terremoto de la Calabria, y de los de Volger para el de Viegue en 1855, de los cuales resulta que la sacudida se propagó á razón de 870 por segundo en dirección de Strasburgo y sólo de 426 por la parte de Turín; citemos asimismo la valuación de M. Pizzis para la velocidad de transmisión del temblor de tierra del 13 de agosto de 1868, transmisión que tuvo lugar, al Oeste, debajo del mar y cuyos efectos se manifestaron en forma de una inmensa oleada á lo largo de toda la costa del Pacífico. Las observaciones demostraron que la onda se había propagado en un espacio de más de 24 grados. "Si consideramos á Africa como punto de partida de las ondas, resulta que se transmitieron en cinco horas desde este punto al puerto de Coral, y que recorrieron en este tiempo un espacio de 2.387 kilómetros, lo cual corresponde á una velocidad de 474 kilómetros por hora." Este número equivale sólo á 132 metros por segundo; como se ve, es el más bajo de todos los que hemos citado, é inferior á los dos quintos de la velocidad de las ondas sonoras en el aire.

II

FENÓMENOS QUE ACOMPAÑAN Á LOS TERREMOTOS: SUS EFECTOS DESTRUCTORES

Se ha tratado de averiguar si existe alguna relación entre los terremotos y los fenómenos meteorológicos, estado atmosférico, presión barométrica, temperatura, electricidad del aire, viento, lluvia, etc. Se ha creído que la calma de la atmósfera, un calor sofocante, un horizonte brumoso, un sol rojizo eran otros tantos síntomas precursores del fenómeno. Ciertos observadores han supuesto alguna relación entre las estaciones más ó menos irregulares, las lluvias intensas y los vendavales, con la violencia ó frecuencia de las conmociones del suelo en ciertos países. Pero en concepto de

Humboldt y de la mayoría de los sabios contemporáneos, todo esto son conjeturas, consecuencia de una inducción incompleta. "Es un error, dice el autor del *Cosmos*, contradicho no tan sólo por mi propia experiencia, sino también por la de todos los observadores que han pasado muchos años en los países en que, como Cumaná, Quito, el Perú y Chile, agitan con frecuencia el suelo violentas sacudidas. He notado terremotos estando el cielo despejado y también mientras llovía, soplando un viento fresco lo mismo que durante un temporal. Además, no he visto que estos fenómenos ejercieran influencia alguna en la marcha de la aguja imantada: el día de un temblor de tierra, las variaciones horarias de la declinación y la altura del barómetro no presentan ninguna anomalía entre los trópicos.", Pero Humboldt añade discretamente: "Aun reconociendo que ninguna señal meteorológica precede ni presagia los temblores de tierra, ni siquiera en el día en que deben ocurrir, no por esto son de desdeñar ciertas creencias populares que atribuyen alguna influencia á las estaciones (los equinoccios de otoño y de primavera), á los principios de la estación de las lluvias, bajo los trópicos, después de una gran sequía, y en fin al volver los monzones; no se las debe desdeñar, digo, fundándose para ello en nuestra ignorancia actual de las relaciones que pueden existir entre los fenómenos meteorológicos y los subterráneos.", Si parece probable que los movimientos del suelo no perturban de antemano el estado atmosférico, no sería en cambio imposible que ciertas modificaciones de este estado tuviesen por causa las sacudidas más ó menos violentas y prolongadas, y que el suelo mismo ejerciese alguna relación sobre las capas aéreas.

Así lo prueba el haberse observado notables variaciones en la electricidad de la atmósfera durante las sacudidas que por espacio de tanto tiempo agitaron el suelo de los valles piemonteses de Polis y Chussón (1).

Durante los terremotos violentos se suelen oír ruidos sordos cuyo origen parece subterráneo: á veces este ruido se oye después de haber sobrevenido el fenómeno. Cuando el temblor de tierra de Riobamba, en 1797, hubo en Quito y en Ibarra una detonación subterránea formidable, pero veinte minutos después de la catástrofe; y, cosa curiosa, no se oyó nada en las poblaciones más inmediatas del centro de conmoción que aquéllas. Un cuarto de hora después del terremoto que destruyó á Lima el 28 de octubre de 1746, se oyó un estampido subterráneo en Trujillo, sin haberse sentido sacudida alguna. De la propia suerte, hasta mucho tiempo después del gran terremoto de Nueva Granada en 1827 no se oyeron detonaciones en el valle del Cauca, y aquellos ruidos, que se reproducían cada medio minuto, no correspondían á ninguna sacudida. Esta falta de concordancia entre las conmociones del suelo y los ruidos subterráneos tiene su explicación en la diferencia de velocidad de las vibraciones del terreno que transmiten el choque y de las ondas aéreas que propagan los ruidos. Sin embargo, en ciertos casos el sonido se transmite por las capas profundas del suelo, lo cual explica las distancias considerables á que llega sin que la sacudida misma se transmita.

Los ruidos que acompañan á los terremotos son de muy varia naturaleza; tan

(1) Cítanse muchos ejemplos de terremotos que han coincidido con perturbaciones atmosféricas, con un descenso notable del barómetro ó con violentas tempestades. Fuchs menciona los que agitaron el suelo de Inglaterra en 1795 y el de Italia en 1870. Los meses de verano que precedieron al terremoto de Lisboa en 1755 fueron sumamente lluviosos; también llovió mucho cuando el terremoto del 4 de febrero de 1851 en Suiza, en el Tirolo y en una parte de Italia. Pero ya hemos dicho que se citan asimismo casos en que ningún fenómeno meteorológico saliente acompaña á la conmoción del suelo, por lo cual es muy posible que los ejemplos susodichos sólo atestigüen una simple coincidencia.

pronto estallan á la manera del trueno, como se oye un estruendo parecido al de rocas que se derrumban ó al rodar de carretas; otras veces parece oírse estrépito de cadenas, ó bien descargas de artillería ó por último un bramido sordo. La impresión que causan estas detonaciones subterráneas es siempre profunda, hasta en las personas que habitan en los países donde los terremotos son frecuentes. "Se espera con ansiedad lo que debe seguir á estos ruidos interiores. Tales fueron los bramidos y truenos subterráneos de Guanajuato, rica y célebre ciudad mexicana situada á larga distancia de todo volcán activo. Estos ruidos empezaron el 9 de enero de 1784, á media noche, y duraron más de un mes. Del 13 al 16 de enero se los podría haber tomado por una tormenta subterránea; oíanse los estampidos secos y breves del trueno alternados con otros fragores prolongados y remotos. El ruido cesó como había empezado, es decir, gradualmente: estaba limitado á un reducido espacio; á algunos miriámetros de distancia, en un terreno basáltico, no se oía nada. Asustados casi todos los habitantes, salieron de la ciudad, en la cual había grandes cantidades de plata en barras, y fué necesario que los más animosos volbiesen en seguida á disputar aquellos tesoros á los forajidos que se habían apoderado de ellos. Mientras duró este fenómeno no se sintió ninguna sacudida en la superficie, ni en las minas inmediatas, á 500 metros de profundidad. Jamás se había percibido semejante ruido en México antes de dicha época ni ha vuelto á oírse después.",

Los efectos mecánicos de las sacudidas y de las ondulaciones seísmicas presentan infinita variedad, tanto en razón de la naturaleza del movimiento mismo ó de la causa que le da origen y de su mayor ó menor intensidad, cuanto de las mil circunstancias que dependen de los lugares en que se producen estos efectos, como son la naturaleza y estructura del suelo, la disposición de los objetos, los edificios, las rocas, los árboles, etc.; aquí las tierras se levantan ó se hunden; al pasar la onda, el suelo oscila como la superficie de una masa líquida agitada por el viento, y las construcciones humanas, casas, iglesias, palacios, se derrumban: allá es el terreno mismo el que se disloca; se abren y cierran grietas, tragándose los objetos, las personas, los animales que se encuentran en sus bordes en el momento de su formación; las rocas se despeñan; los ríos, desviados de su curso, forman lagos; en las cercanías de las costas el mar se hincha, y enormes oleadas, penetrando ó retirándose alternativamente de la orilla, se lanzan hasta el interior de las tierras, destruyéndolo y arrasándolo todo en sus espantosas oscilaciones.

Presentemos algunos ejemplos auténticos de cada una de estas manifestaciones del fenómeno.

Las sacudidas y las oscilaciones del suelo son visibles en los terremotos violentos. Durante el de 1783, el suelo de la Calabria ondulaba como la superficie de un mar agitado, sufriendo con tal motivo los habitantes un malestar parecido al mareo. Estas oscilaciones tenían tal amplitud que, según datos adquiridos por Dolomieu, los árboles se doblaban hasta el punto de tocar el suelo con su copa, enderezándose tan luego como pasaba la onda. También se observó este fenómeno cuando el temblor de tierra que asoló el valle del Mississippi en 1811. Muchos árboles murieron por haber quedado sus raíces desprendidas y rotas por las ondulaciones, que se sucedieron por espacio de tres meses consecutivos. Según lo manifestado á Lyell por un ingeniero de Nueva-Orleans que se encontraba á caballo en las cercanías de Nueva-Madrid en el momento de las sacudidas más fuertes, "los árboles se encorvaban á medida que avanzaban las ondulaciones, y al recobrar en seguida su posición natural, solían encontrar otros árboles inclinados del mismo modo, que enredando sus ramas con las de aquéllos, no podían

ya enderezarse totalmente. Conocióse el paso del movimiento ondulatorio por los bosques en el formidable crujido de gran número de gruesas ramas que se oyó sucesivamente por todos lados. Al mismo tiempo brotaron del suelo enormes chorros de agua mezclada con arena, barro y fragmentos de materia carbonosa, que pusieron en peligro la vida del jinete y del caballo.,

Compréndese que unas sacudidas capaces de producir tales efectos en objetos tan sólidamente adheridos al suelo como los árboles corpulentos, ejercen una acción destructora mucho más enérgica en todos cuantos no se mantengan en equilibrio más que en la hipótesis de un reposo absoluto. Si fuésemos á describir aquí las innumerables ruinas acumuladas en todas las ciudades, pueblos y aldeas de las regiones en que ha habido terremotos de cierta violencia, necesitaríamos escribir muchos volúmenes. Contentémonos con recordar las catástrofes de esta clase más famosas en la historia.

En la antigüedad muchas ciudades quedaron destruídas por los terremotos: el año 371 antes de nuestra era lo fueron Helice y Bura, ciudades de la Acaya; en tiempo de Nerón, el año 62 de J.C., Laodicea y Colosos, en el valle de Lycus, así como muchas ciudades de la Acaya y de Macedonia. Al ocuparse Séneca de estas catástrofes, parece creer que los temblores de tierra que derribaron dichas ciudades eran consecuencia natural de la aparición de dos cometas en los años que acabamos de citar. También arruinó en parte un terremoto las ciudades de Herculano y Pompeya el año 63, diez y seis años antes de quedar sepultadas bajo las cenizas del Vesubio. "En tiempo de Vespasiano, dice Fuchs, desaparecieron tres ciudades en la isla de Chipre, y en 115 Antioquía sufrió la misma suerte., En 526 un espantoso terremoto, que según se dice costó la vida á 120.000 personas, arruinó á Antioquía por segunda vez.

En los tiempos modernos se han multiplicado de tal suerte estos acontecimientos que no es posible mencionarlos todos. Limitémonos á recordar: á Lisboa, asolada en 1755 con todos sus edificios, palacios, iglesias y la cuarta parte de sus casas reducidos á escombros; la Calabria, sacudida por el gran terremoto de 1783 hasta el punto de que, de 375 pueblos y aldeas, tan sólo 55 quedaron en pie; Riobamba en 1797; Caracas en marzo de 1812; Bhooj, en el Kotch (delta del Indo), en junio de 1819; Valdivia (Chile), destruída por el terremoto de 1837; la Concepción, asolada ya en 1751 y arruinada en febrero de 1835, así como otras muchas poblaciones de Chile, como Talcahuano, Chillán, etc.; Point-à-Pitre, derruida en febrero de 1845; Mendoza, el 20 de marzo de 1861; en agosto de 1868, y en dos sacudidas terribles ocurridas con tres días de intervalo, el 13 y el 16, Arica, Arequipa, Iquique, Caracas, Cotocachi, Ibarra y otras treinta poblaciones más ó menos importantes de Chile, Perú y Ecuador, destruídas casi totalmente; iguales desastres en mayo de 1877 en la misma región, tan á menudo asolada, de la vertiente occidental de los Andes; y volviendo á nuestros países del antiguo continente y tan sólo de pocos años á esta parte, Cafalonia, Metelín, Chio é Ischia, arruinadas por otras tantas sacudidas, sobrevenidas las dos primeras en febrero y marzo de 1867, la tercera en 3 de abril de 1881, y la cuarta en 28 de julio de 1883; cerrando por último tan desastrosa lista la reciente catástrofe de Andalucía, ocurrida el 25 de diciembre de 1884, que ocasionó cerca de dos mil víctimas entre muertos y heridos, y cuantiosos daños á consecuencia de la pérdida de ganados, cosechas y edificios.

Algunos detalles sobre las más notables de estas destrucciones bastarán para demostrar cuán escasa resistencia pueden oponer las construcciones humanas á estas conmociones, cuya duración es sin embargo tan corta, como ya dejamos dicho. Véase, por

ejemplo, lo que dice Dolomieu del estado en que encontró la pequeña ciudad de Polistena poco después del temblor de tierra que tantos estragos causó en Calabria y en la punta Nordeste de Sicilia en 1783:

"Yo había visto á Messina y á Reggio, donde no encontré una sola casa que fuera habitable y que no necesitara reparaciones desde los cimientos; pero en fin, el esqueleto de estas dos ciudades subsistía aún y se conocía lo que habían sido. Messina, vista desde cierta distancia, presenta todavía perfecta imagen de su antiguo esplendor. Cada cual podía conocer su casa ó por lo menos el solar en donde había estado edificada. Yo había visto á Tropea y Nicotera, en las cuales hay pocos edificios que no hayan



Fig. 170.—Ruinas de la catedral de Lisboa (terremoto de 1755)

sufrido grandes daños, muchos de los cuales se han derrumbado enteramente. No podía figurarme que hubiera desastres mayores que los ocurridos en estas dos ciudades. Pero cuando divisé desde una altura á Polistena, la primera población del llano que se ofreció á mi vista; cuando contemplé aquellos informes montones de piedras que ni siquiera pueden dar idea de lo que fué la población; cuando vi que no se había librado nada de la destrucción y que todo había quedado arrasado, experimenté una sensación de terror, de espanto y de compasión que mantuvo un rato en suspenso todas mis facultades.,

Lyell describe en estas dos líneas la catástrofe que destruyó á Caracas en 1812: "Toda la ciudad y sus magníficas iglesias quedaron en un momento convertidas en un montón de ruinas, bajo las cuales desaparecieron 10.000 habitantes., Así también, en 1819, "Bhooj, la principal ciudad de esta comarca (el delta del Indo), quedó totalmente arruinada, no subsistiendo piedra sobre piedra.,

No describiremos aquí los terribles efectos del terremoto de 13 y 16 de agosto de