

dos en algunas regiones en que no hay nunca temblores de tierra. Los que acabamos de mencionar tienen todos los caracteres de la autenticidad, y además se explican fácilmente por las depresiones mismas que han sobrevenido en otros puntos y por un movimiento de oscilación de las capas del suelo.

IV

LOS MOVIMIENTOS DEL MAR DURANTE LOS TEMBLORES DE TIERRA. — TEMBLORES DE MAR

Para terminar esta descripción de los efectos mecánicos de las conmociones del suelo, réstanos hablar de los movimientos del mar que son su consecuencia, cuando la región sacudida se extiende hasta debajo del lecho del Océano. Al comunicarse las ondulaciones desde las capas sólidas de la corteza terrestre hasta las masas líquidas que las rodean, dan lugar á la formación de oleadas inmensas, y en las costas, á hileros de corrientes de una violencia incomparablemente mayor que la de las olas durante los más desechos temporales. Si las destrucciones causadas por las sacudidas directas del suelo son ya de sí considerables, las que ocasionan las retiradas y los regresos sucesivos del mar en las costas son infinitamente más grandes. Nada de todo cuanto es alcanzado por la masa líquida desencadenada se libra de la ruina, del aniquilamiento, de la muerte. Dejemos hablar á los hechos y citemos algunos de los más notables.

El ejemplo más antiguo de sumersión de las costas por el mar, á consecuencia de un terremoto, es el de las ciudades griegas de Helice y de Bura, en el cuarto siglo antes de nuestra era; una oleada inmensa destruyó ambas ciudades. En 1538 las sacudidas que precedieron á la formación del Monte Nuovo produjeron la retirada del mar, y la playa de la bahía de Baia quedó en seco en una anchura de 200 pasos lo menos. En 1690, durante el terremoto de Pisa, el mar empezó por retirarse á 15 kilómetros de la costa, y tres horas después volvió en forma de enorme oleada. En 1699 ocurrió el mismo fenómeno en la costa de Catania, en donde la retirada de la masa líquida que siguió á la sacudida fué de 4 kilómetros. Pero en ninguna parte fué este movimiento de las aguas del Océano tan considerable ni tan terrible en sus efectos como cuando los terremotos de Lisboa en 1755, de Calabria en 1783, de las costas del Perú en 1868 y por último de Java en 1883. Entremos en algunos detalles acerca de este punto.

Algunos minutos después de la sacudida que sepultó 60.000 personas bajo las ruinas de la opulenta capital de Lisboa, las aguas del mar, que se habían retirado al principio, volvieron en seguida precipitándose sobre la costa y traspasando más de 15 metros su nivel medio. Aquella enorme oleada se propagó á distancias considerables, barriendo primero las costas de Portugal y España (en Cádiz llegó á 18 metros de altura), las de África, y dos horas y media después de su aparición en Lisboa llegó á la isla de Madera. Allí traspasó 4^m,50 el nivel de las mayores mareas, y asoló la ciudad de Funchal y muchos puertos de la isla. La onda se sintió en Irlanda y hasta en las orillas opuestas del Atlántico; y en las pequeñas Antillas, en donde las oscilaciones de la marea no suelen pasar de 75 centímetros, la oleada, negra como tinta, se elevó á más de 7 metros de altura. En su punto de partida, en Lisboa, fué donde causó los mayores estragos. Los barcos anclados en el puerto chocaron unos con otros ó se estrellaron contra la playa, quedando rotos y destrozados.

El movimiento del mar, ocasionado por las sacudidas de febrero de 1783, inundó la costa inmediata á Messina. Tomamos de Lyell el relato del siguiente episodio de la ca-

tástrofe que causó tantas ruinas. Tuvo por teatro el punto de la costa inmediato á la famosa roca de Scila. “El príncipe de Scila había inducido á gran número de sus vasallos á refugiarse en sus barcas de pesca, y él también pasó á bordo. En la noche del 5 de febrero, y mientras dormían algunos de los que se hallaban en dichas barcas y otros descansaban también en un arenal ligeramente elevado sobre el mar, la tierra tembló, y de pronto una masa enorme se desprendió de la montaña vecina de Jaci y cayó sobre la llanura con atronador estruendo. Inmediatamente después, el mar se elevó más de 6 metros sobre el nivel de aquella tierra baja, se precipitó espumoso en ella, y arrastró á cuantas personas allí había. En seguida se retiró, mas para volver con terrible violencia, trayendo consigo algunas de las personas y de los animales que había arrastrado. Al mismo tiempo todos los barcos se fueron á pique ó se estrellaron contra la costa, habiendo ido á parar muchos de ellos á gran distancia en el interior de las tierras; el anciano príncipe y 1.450 súbditos suyos perecieron entonces.”

La explosión del volcán de Temboro en 1815, de la cual hemos hablado ya, causó en la isla de Sumbawa estragos considerablemente agravados por las sacudidas que la acompañaron y por el hilero de corrientes que fué su consecuencia. El mar se elevó en las costas de Sumbawa y de las islas adyacentes, y una enorme oleada inundó la ciudad de Temboro, penetrando de tal modo en la costa que quedaron 5^m,50 de agua en los sitios que antes estaban descubiertos. Al referir Lyell este caso, añade que la depresión del suelo fué visible. En 1861 hubo en la parte meridional de Sumatra un terremoto que, entre otros fenómenos, presentó el de un levantamiento del mar, cuyos efectos destructores relata en los siguientes términos un testigo de la catástrofe: “Toda la costa de Achem ha sido asolada por la repentina invasión del mar que, penetrando en el interior de las tierras, ha derribado casas y árboles y destruído las cosechas, arrastrando consigo al retirarse un gran número de habitantes. Elevado en las islas Batoa á gran altura por una fuerza irresistible, se ha precipitado tierra adentro, aniquilando cuanto á su paso se encontraba, y retirándose en seguida con la misma rapidez, ha arrebatado setecientos indígenas de una sola isla, dejando tras sí un suelo espantosamente arrasado, donde en vano busca la vista un vestigio de la lozana vegetación de que pocas horas antes estaba cubierto.”

Las retiradas y levantamientos del mar han sido casos frecuentes en la costa occidental de la América del Sur, en esa región de la vertiente de los Andes que se extiende desde Chile hasta el istmo de Panamá, y donde tantas veces ocurren violentas y casi continuas sacudidas seísmicas. Pues bien: de todos los daños causados por el terrible fenómeno, los más desastrosos proceden de la invasión de las aguas del Océano. Las casas, generalmente bajas y construídas teniendo en cuenta la resistencia que deben oponer á las conmociones del suelo, causan pocas víctimas relativamente cuando se derrumban; pero todas las ciudades situadas en la costa padecen muchísimo á consecuencia de los efectos de las enormes oleadas que las sumergen en los grandes terremotos, y que arrastran consigo lo que no han roto ó destruído, ahogando á los hombres y á los animales, á los que no dan tiempo para huir del estrago. Así fué destruído el Callao en 1724, arrasado por una oleada de 27 metros de altura. Estos mismos hileros de corrientes causaron la ruina de tantas poblaciones del Ecuador, Perú y Chile cuando los terribles terremotos del mes de agosto de 1868. Un testigo ocular del desastre que sufrió el puerto de Arica da cuenta de él en los siguientes términos: “Apenas llegué á los arrabales de la ciudad (pasando por entre las ruinas de las primeras sacudidas) cuando, volviendo la cabeza, vi todos los barcos de la bahía arras-

trados irresistiblemente mar adentro con una velocidad aparente de seis millas por hora. A los pocos minutos el mar se detuvo en su retirada, y entonces se levantó una ola inmensa, que tendría quizás 50 pies de altura, la cual, desplomándose con todo su peso con formidable bramido, lo barrió todo ante su terrible majestad: cuantos buques había á flote quedaron envueltos entre sus pliegues, dando vueltas circulares y precipitándose hacia una ruina inevitable. Aquel torrente poderoso como una tromba redujo el muelle á átomos, y mis oficinas y los edificios de la aduana y cuanto había en la calle, anegados cual espumosa esclusa, quedaron sepultados en un segundo bajo tan tremenda inundación..... Con la vista fija en el mar, contemplé la terminación del desastre. Todos los barcos habían encallado ó quedado con la quilla al aire.,,

Todos los puertos del Pacífico sufrieron la suerte de Arica. Una inmensa oleada arrasó enteramente á Iquique. En Caracas, toda la población pereció, aplastada ó devorada por las aguas. Los barcos que estaban anclados en la bahía fueron á parar á dos millas de la playa. En Tambo, quinientas personas, atendiendo á las exhortaciones de un sacerdote español que esperaba calmar la furia del mar con sus oraciones, organizaron una procesión en la playa, pero un espantoso hilerero de corrientes se las tragó á todas.

Las oleadas producidas por el terremoto de agosto de 1868 se propagaron á remotísima distancia. Un hilerero de corrientes cuya causa no se podía adivinar devastó la Nueva Zelanda así como las islas de Chatam: tres grandes oleadas destruyeron todas las viviendas de la costa de estas islas. Las oscilaciones del mar se notaron hasta en el continente australiano, donde el agua subió y bajó muchas veces en el puerto de Sydney.

La erupción del Krakatoa, que tan terribles estragos ha causado en las regiones inmediatas al estrecho de la Sonda, fué particularmente notable por las inmensas oleadas que produjo y se propagaron hasta una distancia jamás conocida. Todas las costas bajas del estrecho quedaron sumergidas y la ciudad de Anjer completamente destruída, debiendo atribuirse principalmente á su acción la muerte de las 35.000 víctimas de esta memorable catástrofe. A decir verdad, estas conmociones del mar, comparables por sus efectos á los de los más violentos terremotos, no deben tener por origen una causa sísmica. Según hemos dicho ya, la causa de la oleada más fuerte, que se propagó circularmente alrededor de Krakatoa en todas direcciones, fué probablemente el derrumbamiento del cono volcánico y la irrupción de las aguas del mar en el vacío formado por este derrumbamiento. De todas maneras, el fenómeno, si está probado, es por esto mismo más interesante, por cuanto demostraría que semejantes hundimientos súbitos del suelo pueden producir efectos enteramente análogos á los de las sacudidas de los terremotos. Además, los de origen volcánico no difieren probablemente del fenómeno de que acabamos de ocuparnos, sino en que sus sacudidas preceden á la explosión en lugar de ser consecuencia de ella.

Hasta aquí hemos hablado de los temblores de tierra. Mas, aparte de los movimientos del mar que son efecto de las vibraciones del suelo insular ó continental transmitidas á las aguas oceánicas, debemos considerar también los temblores de mar, entendiéndose por tales aquellos cuyo origen subterráneo está debajo [del fondo mismo del mar. Hay ejemplos de sacudidas notadas en medio del Océano por varios buques, sin que se haya tenido noticia de conmociones experimentadas en las tierras vecinas á la región donde este fenómeno se ha observado. Pero es probable, según lo hace notar Fuchs, que la mayor parte de los temblores de mar pasen desapercibidos en razón de

la rapidez con que el movimiento se divide y se extingue en el agua. "Si las conmociones parten del lecho mismo del mar, dice Humboldt, y tienen nacimiento en el imperio del gran agitador de la Tierra, de Neptuno, se puede observar, aun en el caso de que no vayan acompañados de la emersión de alguna isla, como la efímera de Sabrina ó de Julia, un remolino y un henchimiento inusitado de las olas, en los sitios mismos en que el navegante no sentiría ninguna sacudida. Los habitantes incultos del Perú me han llamado muchas veces la atención hacia esta clase de fenómenos. He visto en el puerto del Callao y junto á la isla de San Lorenzo situada enfrente del puerto, en aquellos sitios tranquilos del Océano Pacífico y en noches cuya calma no perturbaba el viento, he visto, digo, crecer las olas por espacio de algunas horas hasta llegar á 10 ó 14 pies de altura. La suposición de que tal fenómeno fuese consecuencia de una tempestad desencadenada á lo lejos en alta mar es de todo punto inadmisibles en estas latitudes.,,

Las sacudidas sentidas en el mar por los buques no indican necesariamente que el foco de conmoción sea submarino; pueden ser muchas veces el choque de retroceso de algún temblor de tierra, é indicar solamente que la conmoción se ha propagado hasta las regiones en que se la observa. Así sucedió en los casos siguientes citados por Lyell en su descripción del terremoto de 1755: "Sintióse el choque en el mar, en la cubierta de un buque, al Oeste de Lisboa, y produjo á corta diferencia la misma sensación que en tierra. El *Nancy* sufrió tan fuerte sacudida enfrente de Sanlúcar, que su capitán se figuró haber encallado; mas al echar la sonda, vió que el agua tenía mucha profundidad. El capitán Clark, procedente de Denia, sintió á los 36° 24' de latitud Norte y entre nueve y diez de la mañana, que su barco sufría un choque como si hubiera tropezado con una roca; la sacudida fué tan fuerte que las escotillas se abrieron y la brújula cayó derribada en la bitácora. Otro buque experimentó tan violenta conmoción á 40 leguas al Oeste del cabo de San Vicente, que los hombres que estaban sobre cubierta saltaron á medio metro de altura.,,

Hay que observar sin embargo que la violencia de las sacudidas sentidas por estos cuatro buques no se comprenderían si se tratara simplemente del paso de la onda marítima ocasionada por el temblor terrestre. Los puntos que ocupaban en el mar han podido pertenecer también á la región directamente trastornada. He aquí otra observación hecha el 17 de noviembre de 1865, de la cual no parece dudoso que el foco de la conmoción haya sido submarino y que se trate de un verdadero temblor de mar. El buque *Oriente*, capitán Harris, se encontraba en aquella fecha á los 51° 44' de latitud Sur y 160° 49' de longitud Este de Greenwich. El viento era regular y el cielo estaba sereno, cuando el buque sufrió una violenta sacudida como si hubiera rozado con un bajo de poca profundidad. Esta conmoción no duró menos de dos á tres minutos. Se echó la sonda, y como ésta indicara gran profundidad, el capitán dedujo que aquel choque había sido efecto de una erupción volcánica submarina ó de un temblor de mar (1).

(1) En septiembre de 1869 la fragata *Nereida* sintió una sacudida semejante á la que acabamos de describir. "La impresión causada, dice el alférez de navío Des Essards, es casi igual á la que se siente al chocar con un bajo y continuar navegando sobre él., El 27 de agosto de 1868 la misma fragata había encontrado á la altura del cabo de Hornos tal cúmulo de icebergs, indicando un deshielo prematuro de los hielos del polo Sur, que el oficial á quien acabamos de nombrar creyó poder explicar un caso tan anormal, suponiendo que el temblor de tierra que acababa de asolar las costas del Perú y Chile, se había sentido hasta en el Polo Sur y que las sacudidas habían sido también submarinas.

V

LOS MOVIMIENTOS SEISMICOS ESTUDIADOS CIENTÍFICAMENTE. — MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

Los relatos ó descripciones de terremotos, ya se refieran á conmociones de origen volcánico ó á sacudidas cuya causa es problemática ó indefinida, son muy numerosos. No faltan documentos en los que se enumeran los desastres, las víctimas y cuantos accidentes han marcado el paso, con frecuencia tan rápido, del azote; en cambio escasean las observaciones positivas, científicas, lo cual consiste á la vez en la corta duración, en lo imprevisto del fenómeno, así como en la impresión que produce en nuestros sentidos y en nuestra imaginación, en la especie de parálisis que ocasiona en la inteligencia. Humboldt describe en expresivas frases el efecto puramente particular que nos causa un terremoto, aun cuando no vaya acompañado de ningún ruido subterráneo, y si es el primero que presenciamos, este efecto es mucho mayor.

“En mi concepto, dice, la impresión no dimana de que entonces acuden en tropel á nuestra imaginación las imágenes de las catástrofes cuyo recuerdo nos ha conservado la historia. Lo que nos sobrecoge es que perdemos de pronto nuestra confianza innata en la estabilidad del suelo. Desde la infancia estamos acostumbrados al contraste de la movilidad del agua con la inmovilidad de la tierra; todos los testimonios de nuestros sentidos nos habían confirmado en tal seguridad. Pero llega á temblar el suelo, y este momento basta para destruir la experiencia de toda la vida. Y es que se nos revela de pronto una potencia desconocida; es que vemos de repente que la calma de la naturaleza no era más que una ilusión, y nos sentimos violentamente lanzados en un caos de fuerzas asoladoras. Entonces cada ruido, cada sople del aire nos sobresalta; entonces desconfiamos sobre todo del suelo que nos sustenta. Los animales, en especial los cerdos y los perros, experimentan esta angustia, y los cocodrilos del Orinoco, por lo común tan callados como nuestras lagartijas, huyen del lecho agitado del río y corren rugiendo en dirección de la selva (1).

„Todo temblor de tierra es para el hombre un peligro indefinible, pero siempre y en todas partes amenazador. Es fácil alejarse de un volcán, se puede huir de un torrente de lavas, pero cuando la tierra tiembla, ¿adónde escapar? Por dondequiera se cree andar sobre un foco de destrucción.”

A no ser que se trate de sacudidas demasiado débiles para causar viva impresión en los testigos de un terremoto, se comprenderá cuán difícil debe ser recoger observaciones bastante claras, bastante precisas para que merced á ellas se puedan resolver las dudas que tal fenómeno suscita. Estas dudas son muchas y de difícil solución. Considerando las cosas tan sólo desde el punto de vista puramente mecánico, cabe proponerse averiguar cuáles son los elementos del movimiento que constituye la sacudida, cuál el punto de aplicación de la fuerza en acción, ó si se quiere, cuál es el foco de conmoción, su distancia á la superficie del suelo, en qué sentido y dirección se ha efectuado

(1) Una nota leída en la Academia de Ciencias por F. de Lesseps acerca de los terremotos ocurridos en el istmo de Panamá en septiembre de 1882 contiene este párrafo: “Una vez más se ha podido observar aquí la impresionabilidad de los animales, con frecuencia advertida en casos análogos. Durante el día que precedió á la sacudida, los papagayos, que son aquí muy numerosos y vocingleros, se pusieron tristes, ansiosos y callados. Por la noche, los perros lanzaban largos y plañideros aullidos, y los caballos se agitaban inquietos en sus pesebres, como si presintieran un peligro.”

el movimiento en los puntos de observación. No es menos importante contar el número de sacudidas, su intensidad relativa, su duración individual y la de los intervalos que median entre ellas; apreciar, en vista de los efectos que uno observa en sí mismo ó en los objetos circundantes, la naturaleza de la conmoción, si es un choque ó una serie de choques, una ondulación, un estremecimiento; medir en fin la rapidez de propagación de la onda en sus diversos sentidos alrededor del centro de conmoción.

Se han podido abordar y resolver algunos de estos problemas, al menos aproximadamente, según lo hemos visto en los capítulos anteriores; por ejemplo, se ha medido la velocidad de propagación de las ondas sísmicas, comprobado la naturaleza de las sacudidas, su dirección y el sentido de la propagación del movimiento. Pero aun sobre estos puntos quedan todavía dudas que no será posible aclarar sino empleando méto-

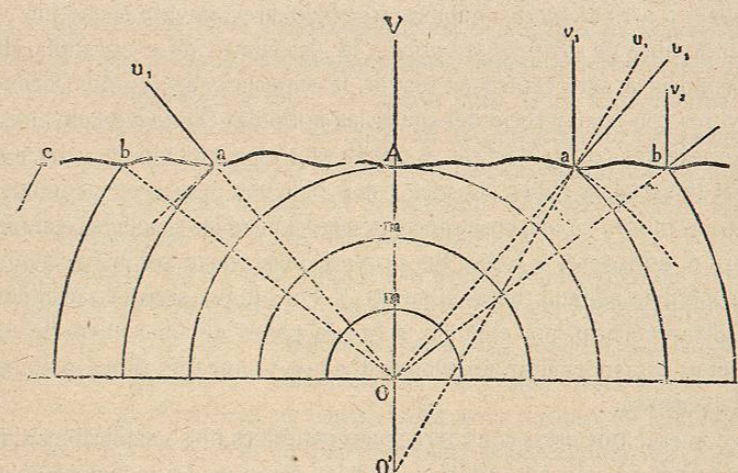


Fig. 176.—Propagación de las ondas sísmicas. Centro y foco de conmoción

dos de observación más rigurosos ó instrumentos anotadores especiales. Entremos en algunos detalles acerca de este punto.

Veamos, por ejemplo, cómo se puede llegar á averiguar el foco ó los focos de conmoción de un terremoto y la profundidad á que se encuentran debajo de la superficie del suelo.

Pongámonos en el caso de la hipótesis más sencilla, en el de una sola sacudida, que asimilaremos á un choque impreso á una capa subterránea, de abajo á arriba y perpendicularmente á su superficie inferior. Supondremos que en todo el espesor de las capas agitadas, la materia que las compone es homogénea y dotada por consiguiente de la misma elasticidad en todos los puntos. El movimiento comunicado en este caso por el choque será de igual naturaleza, de la misma forma que las vibraciones sonoras en un medio sólido. Consistirá en una serie de ondas esféricas que tendrán por centro el foco de conmoción y serán concéntricas entre sí, ondas que se propagarán en el medio sólido homogéneo con velocidad uniforme. Al cabo de cierto tiempo, que dependerá del grado de elasticidad de las capas atravesadas, el movimiento llegará á la superficie del suelo, al punto más inmediato al foco O de conmoción (fig. 176), es decir, al punto A, situado verticalmente sobre aquél. Imaginando un corte vertical del terreno que pase por estos dos puntos y figurando con círculos equidistantes *mm* las posiciones de la superficie de la onda á espacios de tiempo iguales, es fácil darse cuenta de la propagación