

E. Reclús

EL OCEANO



Influencia de su
portentosa energía
en la vida humana.
Estudio interesantísimo
y altamente educativo.

Ediciones PASTOR
VALENCIA

1994

5180

EL OCÉANO

An 33

Recuerdo de
Josep Vicent Marqués
Valencia III-MCMLXXXII

Elíseo Reclus

EL OCÉANO

Traducción de Roberto Robert



J
M
G

EDICIONES PASTOR

Apartado, 158

VALENCIA

PRINTED
IN SPAIN

CAPITULO PRIMERO

Las aguas del mar

1

Consideraciones generales

Para la mayor parte de los hombres agrupados en poblaciones amontonadas en esos continentes que apenas se extienden por la cuarta parte de la superficie del globo, casi no son los mares más que una especie de caos sin límite ni fondo; por una ilusión de óptica intelectual, los mismos sabios se inclinan a dar a los fenómenos de las regiones continentales una importancia geográfica mucho mayor que a los de las regiones oceánicas. Así nuestros antepasados, al ver redondearse sobre sus cabezas el espacio infinito, lleno de estrellas y de nebulosas, consideraban aquella inmensidad como una simple cúpula apoyada en el vasto edificio de la tierra.

Y sin embargo, si la influencia del Océano en la economía general del globo no se estudia con el mismo cuidado que la acción de los ríos que corren por las llanuras y de los manantiales que brotan de las colinas, no deja de ser importantísima esa influencia, y de ella dependen todos los fenómenos de la vida planetaria. «Nada hay más grande que el agua», exclamaba Píndaro en los orígenes de la civilización helénica. Desde entonces nos ha revelado la ciencia que hasta los mismos continentes se han elaborado en el seno de los mares; sin éstos, semejante el suelo a una superficie metálica, no podría dar nacimiento a ningún organismo. Según refieren poéticamente casi todas las cosmogonías de los pueblos primitivos, la Tierra es hija del Océano.

Esto no es un mito, sino la misma realidad. El estudio de las capas terrestres, asperones, arenas, arcillas, calizas, conglomerados, demuestra que la materia de las masas con-

INT. INSTITUUT
SOC. GESCHIEDENIS

- SEP. 1994

AMSTERDAM

685386

continentales ha permanecido en gran parte dentro del fondo del mar, y de allí ha sacado su forma y su composición; tal vez muchas rocas, especialmente los granitos de Escandinavia, que en otro tiempo se supuso que habían salido en estado pastoso del interior de la tierra, son antiguos asperones y calizos marítimos, transformados lentamente por el trabajo químico que se verifica sin cesar en el gran laboratorio del globo. Hasta en las laderas y cumbres de las montañas más altas, elevadas hoy muchos millares de metros sobre el nivel del mar, encontramos huellas de la añeja permanencia y de la acción de las aguas marítimas. A nuestra vista continúa sin descanso la inmensa labor creadora comenzada por el mar desde el origen de las edades, y prosigue hoy con tal actividad, que hasta puede el hombre, durante su corta vida, presenciar importantes modificaciones de las riberas. Si las olas socavan y trastornan lentamente una península, construyen en otras partes playas y forman islotes. Sustituyen a las antiguas rocas, demolidas por las olas, nuevos peñascos, de orden y aspecto diferentes. Conviértense los promontorios de granito en estratos de gnesia bajo la acción de las olas que criban y tamizan con regularidad los diversos cristales (cuarzo, feldespato y mica) del peñasco desorganizado. La arcilla procedente de la desintegración lenta del feldespato porfídico o granítico se transforma en pizarra, cuyas hojas superpuestas acabarán por endurecerse tarde o temprano, como las de los antiguos esquistos. Hay más: un agente, más poderoso todavía que el choque de las olas, trabaja constantemente, en el seno del mar, en la modificación y reconstrucción de rocas. Ese agente es la vida animal. Los testáceos, los corales, los innumerables animalillos con caparazón calizo o silíceo que viven en el Océano están sin cesar consumiendo y produciendo. Absorben las moléculas de tierra llevadas al mar por los ríos, las descomponen químicamente en sus organismos y segregan las sustancias con que forman su esqueleto y su coraza. Según van muriendo las generaciones de esos torbellinos de animales, se van amontonando sus residuos en el fondo del mar o en las playas, y acaban por formar bancos inmensos, mesetas submarinas, que algún levantamiento pondrá más tarde a la vista.

Gracias a esa interesante renovación de los peñascos crea el Océano cada hora una tierra diferente de la antigua por el aspecto y disposición de las capas. Así es que para el espíritu del geólogo no debe tener menos importancia el fondo invisible de los mares que la superficie saliente de los continentes. El suelo que hoy sostiene al hombre y sus ciudades desaparecerá, como desaparecieron ya en todo o en parte los continentes de épocas anteriores, y los espacios desconocidos

cubiertos por las aguas surgirán a su vez para extenderse a la luz del sol en masas continentales, penínsulas e islas.

Durante el largo período de siglos o de edades geológicas durante la cual bañan las tierras, no olas marítimas, sino ondas atmosféricas, no deja el Océano de modelar los relieves del globo con sus nubes, sus lluvias y todos los meteoros que nacen en su superficie. Todos esos agentes de la atmósfera que se encarnizan contra las cimas de las montañas, las surcan y las rebajan poco a poco, los envía el mar; todos esos ventisqueros que pulen las rocas e impulsan hacia los valles poderosos montones de restos, las nubes llegadas del Océano los depositan en forma de nieve en los circos de las montañas; todas esas aguas que penetran por las hendiduras en las profundidades del suelo, disuelven las rocas, abren las grutas, arrastran a la superficie las sustancias minerales y ocasionan a veces grandes derrumbamientos subterráneos, no son más que los vapores marinos que vuelven en estado líquido a la cuenca de donde habían salido. Finalmente, los innumerables ríos que esparcen la vida por todo el globo, y sin los cuales serían los continentes espacios áridos y completamente inhabitables, no son más que un sistema de venas y venillas que llevan al inmenso depósito oceánico las aguas vertidas en la tierra por el sistema arterial de las nubes y las lluvias. A los fenómenos de la vida marítima hay que atribuir, por lo tanto, el enorme trabajo geológico de los ríos y el papel importantísimo que representan en la flora, la fauna y la historia de la humanidad. También nos dirán los trabajos futuros de los geólogos y los naturalistas qué parte corresponde al Océano en la producción y en el desarrollo de los gérmenes de vida animal y vegetal que alcanzaron su mayor belleza en la superficie de los continentes.

En cuanto a los climas, a cuyas variaciones está sometido todo lo que vive en la tierra, dependen de los movimientos oceánicos tanto como de la distribución y el relieve de los espacios salientes. El frío de las latitudes polares sería más riguroso, el calor de las tropicales más fuerte, y esos extremos harían perecer seguramente a la mayor parte de los seres que en la actualidad existen, si las corrientes del Océano no llevaran el agua de los polos al Ecuador, la del Ecuador a los polos, trabajando así constantemente para equilibrar las temperaturas. También la atmósfera de los continentes estaría totalmente desprovista de vapores y sería tal vez irrespirable si la humedad marítima no se esparciera con el viento por todos los puntos del globo. Así funde el Océano los contrastes de los climas y hace de todas las regiones distintas del planeta un conjunto armónico; suscita y conserva la vida en la tierra, que ha colocado

capa por capa, que riega con sus vapores y que fecunda con sus manantiales y sus ríos.

II

Cuencas oceánicas. — Profundidades del mar.— Igualdad de nivel en la superficie del Océano

Los mares que cubren la mayor parte de la redondez planetaria no tienen lechos completamente cerrados. Toman su origen en el gran depósito común del Océano Antártico y se comunican unos con otros por medio de estrechos o extensiones marítimas de importancia secundaria. Esa falta parcial de límites y la enorme extensión de su superficie impide a la masa líquida tener la misma armonía de forma que las continentales. Sin embargo, dondequiera que las aguas bañan las riberas de las tierras, necesariamente han de reproducir sus contornos, y por lo tanto, los mares presentan, de una manera general, una distribución inversa a la de las partes del mundo. A los dos continentes de América, unidos por un istmo estrecho, corresponde la doble cuenca del Atlántico con su amplio ensanche central; el Pacífico está dividido por su inmensa hilera de archipiélagos en dos grandes océanos distintos, y el mar de las Indias contrasta al Sur con la masa septentrional de Asia. Limitando con sus olas las orillas de la tierra, el Océano penetra muy adentro en el interior de las costas, ya con anchos golfos redondeados, como los de Guinea y Bengala; ya con mares rodeados de una cadena de islas y de islotes, como el mar de la China y el de las Antillas; ya con redes de estrechos, como los de la Sonda y del archipiélago polar de América. Finalmente, ciertos mares están casi completamente cerrados y no se comunican con el resto del Océano más que por medio de puertas estrechas, como el Mediterráneo y el golfo Arábigo.

El fondo de estos mares no es horizontal ni siquiera tiene una inclinación regular. Lo cierto es que el lecho marino tiene, como los continentes, aunque en menores proporciones, mesetas, valles y llanuras. Durante el transcurso de las edades del planeta, mientras las partes salientes del relieve continental están sumergidas bajo la masa de las aguas, los abismos ocultos por el Océano salen a la luz y revelan las desigualdades de su superficie. Las llanuras y los collados de asperón o de caliza que sustentan hoy nues-

tras ciudades y nuestros campos, ¿no estaban hace siglos cubiertos por espesas capas líquidas? ¿No se ven en las laderas del Himalaya, a 6.000 metros sobre la desembocadura del Ganges, las conchas dejadas por el mar en las hiladas de roca? ¿No pueden hoy los marinos reconocer el fondo del Océano y tocar (digámoslo así) sus desigualdades, gracias a sus instrumentos de sondeo, semejantes a gigantes cas antenas?

Podría creerse que el relieve del suelo submarino conserva todavía todas sus rugosidades primitivas, y que las rocas y precipicios presentan uniformemente aristas vivas, cortantes, escasas de fracturas, tan visibles como el día que se rompió la roca sólida. En efecto, en las profundidades marinas no hay heladas que hagan estallar las piedras salientes, ni rayos que las hiendan, ni ventisqueros que las muelan y las arrastren, ni meteoros que las roan incesantemente y acaben por redondearlas. De todos modos, si no hay en el fondo del mar, como en los continentes, agentes que no dejan de trabajar para destruir los salientes, hay otros que trabajan sin cesar para cubrir las asperezas del suelo. Son éstas las materias térreas llevadas por los ríos y las miríadas innumerables de esqueletos de animalillos que viven en el fondo o bajan como copos de nieve desde las capas superiores del agua, cegando poco a poco los alfoces submarinos. Esas cordilleras de montañas fantásticas dibujadas sobre el lecho del mar por Buache y otros geógrafos no pueden tener una existencia real, porque los agentes geológicos que trabajan en el agua difieren de los que en nuestros continentes se ocupan en esculpir mesetas y montes. Únicamente si algún inmenso remolino impidiera a los residuos posarse en las partes profundas del Océano, conservarían las rocas y las rendijas de los abismos su forma primera, como los cráteres y obeliscos de la luna no roídos por las intemperies de ninguna atmósfera. Además, hay parajes del mar donde tal vez, por influencia de una contracorriente submarina, no estén cubiertas las rocas del fondo por aluviones orgánicos. En la parte más honda del ancho brazo de mar que separa las islas Feroe de Islandia, Wallich ha sacado de una profundidad de 1.128 metros un gran fragmento de cuarzo arrancado de la roca viva y varios pedazos de basalto, pero tal vez esos residuos hubieran sido llevados por alguna montaña de hielo.

En general, el suelo submarino se extiende en grandes superficies de largas ondulaciones y suaves pendientes. Los marineros, a quienes el viento o el vapor llevan rápidamente por las aguas, y echan la plomada de la sonda a distancias bastante lejanas unas de otras, sienten la tentación de

exagerar la importancia de las desigualdades del fondo y de ver saltos y precipicios donde el declive del suelo es realmente poco considerable. Fragosidades semejantes a las de las montañas de la superficie continental se presentan pocas veces; por eso sorprendió mucho a Fitz Roy encontrar cerca de los Abrolhos del Brasil pendientes tan rápidas, que la sonda echada por un costado del barco indicaba de 8 a 10 metros de profundidad, y por el costado contrario señalaba de 30 a 40 metros. También a veces una causa especial hace comprender esos cambios bruscos de nivel. Por ejemplo, Villeneuve Flayose descubrió en el golfo de Cannes un manantial de agua dulce que brotaba del fondo de una especie de pozo cuyas paredes tienen 27° de inclinación. ¿Pero cómo explicaremos ese inmenso abismo que se extiende junto a Cabo Bretón, en la costa de las Landas? ¿Hay que atribuir su formación al encuentro de las mareas que vienen a chocar en el embudo del golfo de Gascuña? Problema es éste imposible de resolver todavía.

Podemos formarnos una idea de las extensiones submarinas recorriendo las comarcas que han surgido en época relativamente reciente. Las Landas francesas, las tierras bajas que han sustituido al golfo del Poitou, una gran parte del Sahara, las Pampas del Plata, proporcionan notables ejemplos de la regularidad de inclinación que suele presentar el fondo de los mares. Hasta las costas roquizas, como las de Escocia y Escandinavia, han sido de trecho en trecho niveladas en las partes bajas cubiertas antes por las aguas del Atlántico. Si los terremotos y roturas del terreno, los volcanes y las lentas oscilaciones de la costra terrestre no trabajaran por su parte en hacer más numerosas las desigualdades del relieve planetario, es seguro que lo que traen incesantemente los aluviones fluviales, los residuos de las rocas cortadas por las olas y sobre todo los restos de aquellos organismos pululantes que llenan el mar, darían por resultado inevitable la igualdad del fondo del Océano y la transformación de los abismos en depresiones de pendientes poco inclinadas; las aguas, por su parte, invadirán gradualmente la superficie continental, y luego, después de miríadas de siglos de trabajo, la tierra volvería a ser lo que fué en otro tiempo: un esferoide cubierto en todo su contorno por una capa líquida de espesor uniforme.

Una antigua opinión popular, que a falta de observaciones directas no era más contraria al buen sentido que otras muchas hipótesis seudocientíficas, quería que el mar no tuviera fondo, y para muchos ignorantes esa expresión proverbial es aún la que mejor responde a la realidad de las cosas; a principios del siglo último, el mismo Marsigli

hablaba del «Abismo» del Mediterráneo como de una sima completamente insondable. En cambio, ha habido matemáticos que, apoyados en consideraciones científicas, han procurado calcular la profundidad media del mar. Buffón, que no cita al autor italiano de quien había tomado su razonamiento, daba al Océano un espesor de agua de unos 440 metros. El astrónomo Lacaille, cuyas evaluaciones no se aproximaban tampoco a lo que ha demostrado el resultado de los sondeos, daba al mar de 300 a 500 metros de profundidad. Laplace, evaluando por error la elevación media de las tierras en 1.000 metros, es decir, triple de la altura determinada hoy aproximadamente, suponía que la capa de agua marina debía tener también unos 1.000 metros. Young, sacando sus deducciones de la teoría de las mareas, señalaba unos 5.000 metros a las aguas del Atlántico y 6 ó 7.000 a las del mar del Sur. Arnoldo Guyot hace observar que esa profundidad dada al Atlántico sería la del surco formado en el valle marino por el encuentro de dos superficies que prolongaran por debajo de las olas las dos vertientes opuestas de América Meridional y de Africa, entre las mesetas de Bolivia y las de los montes Lupata. De todos modos, este último cálculo no tiene más que un valor relativo; si se aplicara al Pacífico, continuando al Este y al Oeste las vertientes de Asia y América, se encontraría como punto más bajo, situado según esta hipótesis al Oriente de la isla de Pascuas, una profundidad de 25 kilómetros, tres veces la elevación de la montaña más alta de la tierra. Indudablemente se llegará un día, por observación directa, a conocer todos los relieves y ondulaciones del fondo del Océano, pero los instrumentos de que pueden disponer los marinos todavía son imperfectos y excepto a escasa profundidad no dan resultados rigurosamente exactos.

En los parajes donde las capas de agua tienen varios centenares y hasta millares de metros de espesor, no se puede echar la sonda más que cuando la atmósfera y el mar están excepcionalmente tranquilos, y aun entonces lo tenue de la cuerda, el peso de los aparatos, la enorme presión que soportan según bajan, y que aumenta en una atmósfera por cada 10 metros de profundidad; finalmente, las muchas horas que hay que emplear en tan delicada operación siempre dificultan el buen éxito final. Mientras no se utilicen aparatos provistos de campanas eléctricas como los de Schneider o los de Gareis y Becker y de empleo más fácil, más rápido y más seguro, las medidas batimétricas estarán muy distantes unas de otras, y no se podrá levantar el plano del relieve submarino, como se levanta hoy el continental. Es, además, muy raro que en los mares profundos verifi-

quen los marinos sondeos por la satisfacción puramente científica de explorar los abismos del Océano. Se ha procedido al estudio del fondo del agua, ya en golfos como el Adriático, ya en lugares llenos de bancos de arena como el mar del Norte, ya cerca de las costas y atalayas señaladas en mapas antiguos, ya en lugares del Océano destinados a cables eléctricos, únicamente para las necesidades de la navegación, la industria y el comercio. En alta mar los barcos navegan casi siempre por abismos insondables.

Gracias a su forma prolongada y al anfiteatro de altas montañas que casi completamente lo rodean, el Adriático ofrece notable ejemplo de la continuidad de las pendientes continentales por debajo del nivel del mar. La parte septentrional del golfo, cuyo fondo prolonga debajo del agua las llanuras uniformes de Venecia, se inclina siguiendo un declive muy gradual, dos veces más suave que las campiñas de Lombardía, horizontales al parecer. La sonda no revela 100 metros de profundidad líquida más que allende el gollete formado por las islas de Zara y la punta de Ancona. Resulta que más de un tercio del Adriático no tiene mayor profundidad media que ríos como el Mississipí y el Amazonas. Más hacia el Sur, el declive submarino que prolonga por una parte el de los Apeninos y por otra el de los Alpes de Dalmacia, es comparativamente mayor, y la plomada de la sonda baja hasta 200, 250 y hasta 310 metros debajo de la superficie. Forma el mar en aquel sitio una especie de tina que limita al Sur con un istmo submarino, el cual reúne la península de Manfredonia con el escollo aislado de Pelagosa y las islas de la costa dalmática, Lagosta, Carzola y Leima. Más allá de ese istmo, y hasta el dintel cubierto por el canal de Otranto, se abre una nueva tina, mucho más honda, puesto que hacia el centro, la sonda baja hasta cerca de 1.000 metros; al Este se yerguen las fragosidades de Montenegro, cuyas raíces bajan muy rápidamente por debajo del agua. Así es que los sondeos del Adriático confirman aquella observación hecha tiempo ha por Dampier y otros muchos marinos, de que los mares son generalmente profundos en la base de las montañas de pendientes abruptas, y en cambio tienen poco espesor líquido cerca de las costas bajas.

En cuanto al Mediterráneo propiamente dicho, no se conoce su profundidad más que en los sitios explorados para colocar cables telegráficos; sin embargo, relacionando unos con otros los sondeos hechos de trecho en trecho y los varios itinerarios seguidos por los que tendrán los alambres, puede uno formarse una idea general de la forma del relieve submarino. Si el Mediterráneo bajara de repente 200 metros,

se distribuiría en tres extensiones distintas: Italia se juntaría con Sicilia, Sicilia quedaría unida a Africa por su istmo, se cerrarían los Dardanelos y el Bósforo, pero la parte marítima de Gibraltar seguiría comunicando libremente con el Atlántico. Si el nivel bajara mil metros, el mar Egeo, el Ponto Euxino y el Adriático desaparecerían por completo o no dejarían en el fondo de sus cuencas más que charcos sin importancia. El resto del Mediterráneo se dividiría en varios Caspios aislados, o con comunicación directa entre sí por medio de angostos canales; finalmente, el umbral de Gibraltar uniría el promontorio terminal de Europa con las montañas de Africa. Un desnivel de 2.000 metros no dejaría más que tres lagos interiores: al Oeste, una cuenca triangular que ocuparía el centro de la depresión abierta entre Francia y Argelia; en medio, una larga cavidad que se dirigiría desde Creta a Sicilia; al Este, un hueco situado a lo largo de las costas de Egipto. La mayor profundidad del Mediterráneo, que pasa de 4.000 metros, está al norte de las Sirtes, casi en el centro geométrico de la cuenca.

Sucede con el Atlántico septentrional como con el Mediterráneo. Las profundidades del valle central que se prolonga de Norte a Sur, entre Europa y el Nuevo Mundo, sólo se conocen de un modo general, pero los golfos y estrechos que el Océano proyecta entre las tierras del norte de Europa, la Mancha, el mar del Norte, el Cattegat y el Báltico, han sido explorados casi completamente por la sonda de los marinos.

El mar del Norte presenta en toda su parte meridional, del grado 51 al 57 de latitud, una profundidad media de 30 a 50 metros únicamente, excepto en alta mar, cerca de Newcastle, cuyo fondo se encuentra a 90 ó 120 metros de la superficie. Vastas extensiones de arena y cieno, el banco Blanco, el banco Negro, el banco Oscuro, el Dogger Bank, el Fisher Bank, separados unos de otros por zanjas y canales laterales de una profundidad de más de 10 ó 20 metros, llenan casi enteramente la cuenca y se prolongan a lo lejos hacia el Norte hasta por las islas Shetland. Depositánse allí, como en el centro de un remolino, los aluviones marítimos, mientras que un brazo del Océano corre a lo largo de las costas escarpadas de Escandinavia sobre las rocas y arcillas compactas del fondo; en esos parajes la cuerda de sondar baja a 300, 500 y hasta 800 metros de profundidad. En el Skager-Rack, entre las playas de Jutlandia y los acantilados de Noruega, se han encontrado 810 metros; parécense esas profundidades, en más vastas proporciones, a los canalillos estrechos y profundos que rodean a los peñascos situados en las playas bajas.

Del Skager-Rack al Cattegat, que puede ser considerado como el umbral submarino de las aguas mediterráneas del Báltico, la transición es muy brusca. La profundidad media del canal no es más que de 100 metros y los bancos de arena y de cieno dificultan la navegación. El espesor de la capa líquida se reduce a 30, 20 y hasta 10 metros en ciertos lugares del Sund y el Belt pequeño, que dan entrada al mar Báltico propiamente dicho. Esa amplia cuenca, que es a un tiempo golfo marítimo por su libre comunicación con el Océano y lago interior por lo poco salado de sus aguas, presenta una profundidad media de 100 a 60 metros, análoga a la del Cattegat; según Foss, el lugar más profundo, situado entre la isla de Gotlandia y la Estonia, se encuentra a 179 metros bajo el nivel marítimo; según Antonio von Etzel, la sonda toca el fondo a 275 metros en la parte más honda de aquellos parajes.

Al SO., el mar del Norte se comunica por el paso de Calais con la Mancha, estrecho brazo de mar que puede considerarse como una simple aspereza de la superficie terrestre, como una especie de zanja marítima, puesto que son muy poca cosa sus abismos, comparados con los del Océano. Para formarse verdadera idea de la profundidad de la Mancha, comparada con su extensión, imaginemos una miniatura de aquel mar, trazada con escala de 1 por 1.000, en una pradera perfectamente horizontal. La extensión de agua tendría unos 500 metros de largo, y su anchura variaría, según la disposición de las costas, entre 33 y 220 metros. Y, sin embargo, a pesar de tan considerable superficie, su mayor profundidad no sería más que de cinco centímetros a la entrada; en la parte más honda del canal, entre la elevación de Start Point y la de las Siete Islas, no pasaría de seis centímetros. Un gorrión podría saltar por encima de ese mar en miniatura. Se ve que es fácil exagerar la importancia de las profundidades marítimas, lo mismo que la elevación de las montañas.

Al salir de la Mancha, los puntos explorados por los sondadores cada vez están más separados entre sí en dirección al Oeste, y luego se hacen escasísimos. Finalmente, a muchos cientos de kilómetros mar adentro, donde empiezan los verdaderos abismos, sólo se han verificado sondeos con intervalos de 50 y hasta de 90 kilómetros. Los hitos que han servido para trazar el mapa submarino del Atlántico boreal son, por lo tanto, poco numerosos, pero se puede ver en ellos una representación casi exacta del relieve oceánico.

Por término medio, la profundidad que separa las costas de la América del Norte y las de Europa es de unos 3.500 metros, pero el valle Central presenta un relieve relativamen-

te uniforme y mucho menos quebrado que la superficie de Europa y hasta la de los Estados Unidos; las pendientes más rápidas no superan probablemente las de los ríos, que parecen ser casi horizontales; puede decirse que el fondo del mar es casi concéntrico con la superficie. De eso procede el nombre de Meseta del Telégrafo, dado a esas llanuras por Maury, algo antes de que se colocara el primer cable trasatlántico. La profundidad más considerable de la meseta es de unos 4.431 metros, o sea la 1.639.^a parte de la anchura del Océano, espesor relativamente más tenue que el de la aguja más fina. Al Sur, el fondo del mar se hace cada vez más quebrado. Un perfil ideal trazado desde la meseta de Analmæ hasta la Senegambia, a través del Yucatán, el mar Caribe, las Antillas y la cuenca central del Atlántico tropical, presenta un relieve mucho más desigual que el de la meseta telegráfica, pero su parte verdaderamente oceánica presenta también en casi toda su extensión gran uniformidad.

Considerado en su conjunto, el Atlántico boreal es una depresión cuyas pendientes bajan gradualmente hasta una tina central situada entre la costa de los Estados Unidos, las Bermudas y el banco de Terranova. Sólo una disminución de 200 metros revelaría el pedestal submarino sobre el cual descansan Francia, España y las islas Británicas. Esa es la verdadera base del continente europeo, porque inmediatamente fuera de esa hilada fundamental que forma el ángulo extremo del mundo antiguo, el lecho marino, que tiene una inclinación de unos ocho grados, baja gradualmente desde 200 metros hasta 3 y 4.000 de profundidad. Una baja de nivel de 2.000 metros disminuiría en más de la mitad la anchura del Atlántico, desecaría por completo el golfo de Méjico y no dejaría más que un lago prolongado en la parte media del mar Caribe. Si el nivel actual bajara 4.000 metros, un continente separado de América y Europa por dos estrechos canales, y extendido en una anchura de 2.500 a 3.000 kilómetros, se prolongaría hasta la zona tórrida, y por extraña coincidencia afectaría aquella disposición peninsular y aquella dirección en sentido meridional que se observa en Groenlandia, Escandinavia, España, Italia, Grecia, Arabia y ambas Indias, lo mismo que los tres grandes continentes del Sur. Un desnivel de 6.000 metros juntaría completamente a Terranova con Irlanda, y echaría un puente, por lo tanto, entre el Nuevo Mundo y el Antiguo. No quedaría del Atlántico central más que un estrecho Mediterráneo extendido por alta mar junto a las Antillas y las Guayanas. Finalmente, si las aguas bajaran 8.000 metros, la parte septentrional del Atlántico quedaría reducida a un

Caspio pequeño y triangular colocado entre las Azores, el banco de Terranova y las Bermudas.

En el actual estado de la ciencia es imposible trazar de las profundidades del Atlántico meridional un mapa aproximado semejante a los que se pueden construir para el fondo del Atlántico del Norte. Hasta parece que muchos de los sondeos verificados en esa parte del Océano deben ser considerados nulos, porque los sondadores no han tenido en cuenta la derivación que las corrientes submarinas hacen sufrir a la cuerda de la sonda. La profundidad de 13.900 metros alcanzada por el capitán inglés Denham inspira confianza a Bischoff y a otros geólogos, porque el explorador cuidó de levantar varias veces la cuerda a un centenar de metros, y ésta, al caer de nuevo, siempre se paraba en el mismo sitio; en cuanto al sondeo de 15.900 metros anunciado por el americano Darker, seguramente está equivocado, puesto que en los mismos parajes se ha encontrado fondo a 5.500 metros.

Sin conocer el espesor de las diversas partes del Atlántico meridional, ha habido matemáticos que a lo menos trataron de calcular la profundidad media de toda la cuenca por la velocidad de las olas de la marea. Evaluaron en 6.700 metros próximamente el poderío de la capa de agua en el Océano Atlántico, desde el 50° de latitud austral hasta el 50° de la boreal. Siendo la profundidad media de unos 4.000 metros en la cuenca del Norte, podría evaluarse según este cálculo en 9.000 metros en la cuenca meridional. Sin embargo, estas cifras se basan en la hipótesis discutible y discutida de que las mareas, en vez de formarse de una manera distinta en cada cuenca del Océano, tienen un origen común en el gran mar polar del Sur, y se desarrollan hacia el Norte como una ola inmensa en el valle doble del Atlántico.

En cuanto a la parte del Pacífico comprendida entre el Japón y las costas de California, no se ha podido evaluar su profundidad media por la velocidad de propagación de las mareas. Cuando ocurrió el terrible terremoto del 23 de diciembre de 1854, que destruyó en parte varias ciudades japonesas, entre ellas Yeddo y Simoda, las vibraciones de la superficie marina atravesaron en doce horas y algunos minutos un espacio oceánico de 11.000 kilómetros, y el profesor Franklin Bache pudo calcular por lo tanto la velocidad de las ondas y la profundidad del Océano a través del cual se habían propagado; esa profundidad es por término medio de 4.285 metros. Por otra parte, los sondeos auténticos verificados en la cuenca septentrional del Pacífico entre California y las islas Sándwich confirman este resultado del cálculo, pues indican fondos que varían entre 3.600 y 4.700

metros. No lejos de la costa de California se han encontrado 4.940 metros de profundidad. Entre Filipinas y Marianas, otros dos sondeos han dado 5.975 metros y 6.600; y en la última operación, la plomada trajo muestras de la ola submarina y 117 especies de animalillos. Finalmente, entre el Pacífico y el mar de las Indias, al Sur de las islas de la Sonda, el capitán Ringgold encontró fondo a más de catorce kilómetros de profundidad. De modo que en ese abismo del mar se podrán arrojar, no sólo el Pelion encima del Osa, sino también el Gaurisankar, la montaña más alta del globo, y si sobre su cumbre se colocara todavía el Monte Blanco, la cima de este coloso del continente europeo no alcanzaría a la superficie del agua.

El Océano Indico debe de ser también muy profundo en la mayor parte de su extensión, pero no se conocen de un modo aproximado más que los parajes muy próximos a las costas. Sus golfos, así como los del Mediterráneo y el Océano Atlántico, tienen relativamente una capa líquida poco espesa; el golfo Pérsico no tiene por término medio más que unos 100 metros de profundidad, y el mar Rojo, de 300 a 400. Las partes del golfo de Bengala próximas a la costa de Coromandel y el delta del Ganges son también poco profundas a lo largo del litoral, excepto en las cercanías de la extremidad septentrional del golfo, donde se encuentra un espantoso abismo, el *Great Swach*, que no tiene menos de 4.000 metros de profundidad, rodeado al Norte, al Este y al Oeste por fondos de cieno y limo, donde la sonda alcanza a pocas decenas de metros. Quizá se deba a un remolino de las aguas de marea la formación de ese singular embudo, que se abre precisamente en el sitio donde van a parar al mar los aluviones del Ganges.

Casi todo el archipiélago de la Sonda, Sumatra, Java, Borneo y las islas vecinas, se cimentan en un banco submarino que no tiene por término medio más que 60 metros de profundidad, y en los sitios más hondos sólo 100 metros; ese pedestal debe de ser la base de un antiguo continente, del cual son residuos las tierras innumerables sembradas en aquellos parajes. Otro banco que se extiende a 700 kilómetros al Norte y al NO. de la Australia, sirve de base a ese continente y a casi todas las islas vecinas, incluso Nueva Guinea; un estrecho de agua muy profunda, y sin sondar todavía, separa de los archipiélagos asiáticos esos altos fondos australianos, que también parecen ser antiguos fragmentos de tierras desaparecidas. Alrededor de esos dos grandes zócalos continentales empiezan los dos océanos propiamente llamados Pacífico e Indico.

En cuanto a los parajes antárticos, se han encontrado

3.150 metros de profundidad entre los 63 y 64° de latitud; junto al grado 78, al lado mismo de la enorme barrera de hielos que le impedía avanzar hacia el Polo, tocó el fondo James Ross a 760 metros. No nos han enseñado más los navegantes. Más conocido es el Océano Glacial del Norte, a lo menos en algunos sitios. Al Norte de Siberia, el fondo del mar, siguiendo el declive de las tundras de poca inclinación, se prolonga hacia el Polo con la escasa pendiente, que a 250 kilómetros del litoral, la sonda apenas señala 26 ó 27 metros por término medio. Alrededor del Spitzberg y de las costas occidentales de Escandinavia, el mar es mucho más profundo, y en el litoral escarpado de Noruega, sus abismos se unen con la zanja que separa a Escandinavia de los fondos bajos del mar del Norte. Más al Oeste, entre Escocia e Islandia, los parajes explorados por Mac Clintok para colocar un cable telegráfico, pocas veces tienen más de 600 metros y no presentan en ningún sitio un espesor de capa líquida de más de 1.225 metros. Entre Islandia y Groenlandia, la sonda ha encontrado 2.830 metros, y en el estrecho de Baffin se abren abismos de más de tres kilómetros y medio. Esta depresión considerable hace de la Groenlandia una tierra completamente distinta del continente americano. La meseta en que descansa esa enorme isla ofrece pendientes bastante escarpadas; al Oeste el declive del fondo es en ciertos lugares de un metro por cinco, mientras las pendientes occidentales de la meseta submarina de Irlanda (que son de las más rápidas del Océano) suelen tener uno por cada ocho.

Se ve que el estado de nuestros conocimientos sobre la extensión submarina es todavía bastante limitado. Pero el conjunto de los hechos comprobados ya científicamente da gran probabilidad a la opinión (muy natural, por supuesto) de que los océanos van teniendo gradualmente mayor profundidad hacia el Sur, donde la masa líquida ocupa mayor anchura alrededor del planeta. El célebre químico y geólogo Bischoff cree que puede deducir de la comparación de todos los sondeos que el lecho del mar está por término medio tan próximo al centro del globo como los mismos polos. En ciertos parajes, especialmente hacia el grado 78 de latitud Norte, el radio terrestre llevado al fondo del mar llega a ser más corto que el del globo, lo cual quizá deba atribuirse a la erosión del terreno por las montañas de hielo; en cambio, en la mayor parte de los océanos el fondo del mar está algo más lejos del centro de la tierra que los polos, lo cual procede indudablemente de los aluviones llevados por los ríos y del amontonamiento de los animalillos. Así es que la parte del globo cubierta por las aguas del mar podría con-

siderarse como perfectamente redonda, y resultaría inútil la hipótesis de Newton, que explicaba el ensanche ecuatorial por el estado de fluidez de la masa planetaria.

Respecto de la profundidad media de toda la masa de las aguas del mar, no puede evaluarse en menos de cinco kilómetros, puesto que toda la cuenca del Atlántico y la del Pacífico boreal, tangente a los grandes continentes del Norte, tiene una profundidad que supera a la indicada en varios centenares y hasta millares de metros.preciando la superficie total del Océano en 386 millones de kilómetros cuadrados, tendremos que el mar forma un volumen de 1.930 billones de kilómetros cúbicos, o sea la 560.^a parte de todo el planeta. John Herschel calcula ese mismo volumen en cifra mucho mayor. Pero tomando para su cálculo como base probable la profundidad máxima de las aguas, o sea más de 6.436 metros. No puede todavía afirmarse nada con exactitud; algún día, gracias a nuevas observaciones que van acrecentando diariamente el número de las que ya posee la ciencia, se podrán indicar cifras de relativa precisión para la profundidad de los abismos marinos y de la masa líquida que los llena. Lo cierto es que toda la parte del relieve continental que sobresale de la superficie del agua es menos alta que hondo el mar; puede calcularse la tierra saliente en la cuadragésima parte próximamente de la masa de las aguas. Por otra parte, esa misma tierra contiene también una enorme proporción de humedad, que entra químicamente en la composición de las rocas.

El agua del mar, siempre solicitada por la fuerza de gravedad, busca sin cesar su nivel, como la de los ríos y lagos.

Cuando, a causa de una evaporación muy activa o de la persistencia de las tormentas que soplan por el mismo lado del horizonte, baja en un golfo la superficie marítima, las aguas de los parajes vecinos se precipitan en seguida hacia el espacio empobrecido para llenar sus huecos; y del mismo modo, cuando fuertes lluvias, las crecidas de ríos grandes o la acción del viento han elevado el nivel del mar en algún punto, esa hinchazón local se deprime pronto y vierte el agua sobrante en los sitios cercanos. Puede, pues, considerarse la altura media del mar como igual en todos los océanos, puesto que el movimiento natural del agua tiende a restablecer la igualdad de la superficie en todas las partes que han sufrido una perturbación accidental. Sin embargo, es tal la diversidad de climas, vientos y corrientes, que ciertos mares, separados unos de otros por un istmo estrecho, ofrecen de manera permanente alturas desiguales. Así es que varios ingenieros alemanes creen haber comprobado que el mar Báltico, al cual van a parar numerosos ríos impor-

tantes, está algunos decímetros más alto que el mar del Norte. También el Atlántico, cuyas aguas se derraman por una parte en el mar del Norte y por otra en el Mediterráneo, podrá tener un nivel medio escasamente superior al de las dos cuencas que alimenta, mientras el mar Negro y el golfo de Venecia, que reciben, como el Báltico, ríos abundantes, pueden tener relativa elevación. A ambos lados del istmo de Suez, las aguas se encuentran también a alturas levemente desiguales; según el ingeniero Bourdaloue, el nivel medio del mar Rojo, en Suez, es superior en 80 centímetros al del Mediterráneo junto a Port-Said; en las mareas bajas, ambas masas se encuentran a la misma altura, y a la hora del flujo, el agua está a veces un metro más alta en la bahía de Suez que en la extremidad septentrional del canal del istmo. Diferencia semejante se observa asimismo entre la bahía de Colón y el golfo de Panamá, y allí también la masa cuyas mareas son más amplias (el Océano Pacífico) supera a la otra en altura. De todos modos, las medidas tomadas sobre el nivel siempre inevitable del mar son operaciones delicadísimas, porque pueden resultar equivocadas en el punto de partida por las oscilaciones variables del flujo y del reflujo, y en espacios de muchos kilómetros cortados por obstáculos diversos es muy difícil evitar ligeros errores. Finalmente, la superficie del mar recorrida y movida sin cesar por los vientos, las corrientes y las mareas, no es perfectamente horizontal en ningún punto del globo.

III

Composición del agua del mar. — Peso específico. — Marismas naturales y artificiales. — Sustancias diversas. — Diferencias de salinidad. — Sal marina.

Además del cieno de los restos de animalillos y de los innumerables residuos que lleva en suspensión, el agua del mar está cargada de sustancias químicas en disolución que le dan un peso específico muy superior al del agua dulce. Este peso varía en todos los mares según la cantidad de sustancias disueltas, la cifra de evaporación, los aluviones de los ríos, las lluvias y la dirección de corrientes y contracorrientes. En los mares polares, el peso específico del agua se modifica también a consecuencia de la formación o derretimiento de los hielos; cada variación de temperatura,

cada movimiento local del mar tiene por consecuencia una modificación más o menos sensible en la proporción de sales disueltas y en el peso específico del agua. De modo que no pueden darse más que términos medios para esas diversas condiciones de la masa líquida en los diversos mares.

El término medio del peso específico es en los océanos de cuencas profundas de 1.028 próximamente, es decir, que un metro cúbico de agua marina pesa 1.028 litros, 28 más que el mismo volumen de agua destilada. En el Mediterráneo, donde el calor solar evapora más líquido del que los ríos le llevan, el peso específico pasa de 1.029; en el mar Negro, donde desembocan ríos muy importantes, el peso específico se reduce a 1.016; finalmente, en otros mares se encuentran, según las condiciones físicas en que se hallan, todos los pesos intermedios entre los extremos citados. Parece seguro que las aguas de los océanos del hemisferio meridional son algo más ligeras que las del septentrional.

La cantidad media de todas las sales contenidas en el mar, o sea la salinidad de las aguas marinas, fué evaluada por Bibra y Bischoff en 35'27 partes por 1.000; pero observaciones mucho más completas que ha hecho después Forchhammer han reducido aquella proporción a 34'40. Por otra parte, casi todos los análisis que hasta nuestros días se han hecho del agua tomada en alta mar confirman la opinión general de los químicos, de que la proporción relativa de las materias disueltas es la misma en todos los mares. La cantidad de sal marina constituye siempre algo más de las tres cuartas partes de la salinidad total (75'786).

En el Atlántico tropical del Norte, el término medio de sales oceánicas es de unos 38 por 1.000 en las costas del Sahara y de Marruecos, donde el mar no recibe ningún tributario, y en cambio la evaporación es muy activa. Mas en alta mar, especialmente en los parajes americanos, donde el agua de muchos ríos grandes se mezcla con la del mar, la salinidad es menos elevada en una, dos y hasta tres milésimas, pero es mayor en las aguas tibias de la gran corriente llamada *Gulf-Stream*, que atraviesa oblicuamente el Atlántico. La proporción de las aguas contenidas en estas corrientes pasa siempre de 35 milésimas, mientras el agua que refluye del Polo hacia el Ecuador por la bahía de Baffin es de unas 33 milésimas. Esas corrientes deben la salinidad relativamente escasa de sus aguas a los enormes montones de témpanos. Las masas de agua fría que se dirigen desde el polo Antártico hacia el sur de Africa y de América también tienen menos materias salinas que los mares de zonas templadas y de la zona ecuatorial.

En cuanto a las cuencas casi cerradas, como el Mediterráneo, el mar de las Antillas y el Báltico, tienen una salinidad indudablemente más o menos fuerte que el Océano, según la evaporación exceda a la cantidad de agua dulce llevada por los ríos y las nubes, o sea inferior a ésta. En el Mediterráneo, la pérdida en vapor es más considerable que el ingreso de agua dulce, y la salinidad, por lo tanto, ha de ser mayor, y la masa líquida iría siempre disminuyendo si la corriente que viene del Atlántico por el estrecho de Gibraltar no restableciese el equilibrio. Mientras las aguas menos salinas del Océano penetran en el Mediterráneo por la superficie, una contracorriente submarina, compuesta de agua más pesada y más salada, corre en sentido inverso por las profundidades y se mezcla con las masas líquidas del Atlántico que tienen menos sales. La salinidad media del Mediterráneo es de unas 38 milésimas y pasa de 39 en las Sirtes y en las costas de Trípoli, donde soplan los vientos secos del desierto.

También el mar Caribe parece ofrecer una gran salinidad relativa por exceso de evaporación sobre la traída de agua dulce. Lo contrario ocurre en el golfo de San Lorenzo, en el mar del Norte, y sobre todo en el Báltico y el Ponto Euxino. La salinidad del mar del Norte es, según los parajes, de 30 a 35 milésimas, mientras la del Báltico, mar poco profundo, al cual afluyen muchos ríos y en que el más ligero viento modifica las aguas, no llega a cinco milésimas; en el puerto de Cronstadt no llega ni a dos tercios de milésima; es casi agua dulce. El mar Negro conserva más que el Báltico el carácter de golfo del Océano, porque la salinidad media viene a ser la mitad de la del Atlántico.

Esas diferencias entre la cuenca central del Atlántico y sus mares laterales no debe asombrarnos, pero a menos que la enorme cantidad de hielos antárticos explique la diversidad, aun no se sabe por qué el mar del Sur y el Océano Indico contienen menos materias salinas que el Atlántico. Mientras éste presenta una salinidad de 36 milésimas, poco más o menos, el Pacífico y el Océano Indico tienen una milésima menos de salinidad. Sin embargo, el Atlántico recibe más agua dulce que los otros océanos y la evaporación media no es tan grande como en el mar de las Indias. Sea de ello lo que fuere, los golfos del Océano Indico presentan fenómenos análogos a los de los mediterráneos del Atlántico. Así el mar Rojo, al cual no va a parar ni una corriente de agua permanente, y donde la evaporación se verifica con gran intensidad, presenta la enorme salinidad de 43 milésimas, proporción que no suele hallarse más que en los lagos salados del interior terrestre.

El cloruro de sodio o sal común forma por sí solo, según hemos dicho, las tres cuartas partes de la salinidad de las aguas del mar; ésa es la sal característica del Océano, la que más contribuye a darle su sabor peculiar y el olor con que se impregna el viento marino, cargado con la fina espuma de las olas. El aire que se posa sobre el mar también contiene sal hasta una altura considerable; a 600 metros de elevación por encima de las costas, en las laderas de la montaña que domina el valle peruano de Iquique, ha comprobado Bollaert que las telas lavadas con agua destilada se cubrían en algunos días de una ligera costra de sal.

El espesor de la capa de cloruro de sodio cristalizado que pudiera formarse en alta mar sería de 14 milímetros por metro de agua, de modo que si fuera posible la evaporación de las aguas del Océano, quedaría en el fondo de su lecho, calculado en cinco kilómetros de profundidad, un sedimento de sal de unos 70 metros de espesor, lo cual representaría para toda la extensión del mar más de 27 millones de kilómetros cúbicos. Compréndese que con cantidades tan considerables de cloruro de sodio en disolución haya podido formar el mar las enormes capas de sal gema que se encuentran en la tierra en diversas partes de los continentes, sin contar con otros yacimientos no descubiertos todavía y que tarde o temprano nos serán revelados por los trabajos de los mineros o las perforaciones artesianas.

Ya se puede ver trabajar al mar en las costas bajas, donde deposita capas salinas, destinadas a convertirse a la larga en masas de sal gema, en cuanto queden soterradas por la formación de estratos más modernos. Cuando a consecuencia de una tormenta o de una marea fuerte se extienden las aguas del Océano en delgada lámina sobre una playa horizontal o en una depresión poco profunda, esa débil capa líquida, que cubre una vasta superficie, se evapora rápidamente por el calor solar y deja una leve costra blanca de cristales salinos; otras masas, impulsadas por el oleaje o el flujo a la misma cuenca de evaporación, desaparecen también, formando nuevas capas de cristales; así se forman gradualmente, a la orilla del mar y en las playas de los lagos salados y los mares interiores verdaderos bancos de considerable espesor.

Hasta el mar Negro, donde la proporción salina es poco considerable, está rodeado, en gran parte de su contorno, por esos marjales naturales. En Besarabia, al Sur de Odesa, tres marismas de una superficie total de varios centenares de kilómetros cuadrados dejan de recibir en verano sus afluentes de agua dulce, y toda el agua que han recogido en invierno se evapora, dejando una costra de sal; hacia

el centro de las cuencas de cristalización acaba la masa sólida por tener tres decímetros de espesor. En 1826, aquellas fábricas naturales, explotadas por los indígenas, produjeron unas 120.000 toneladas de sal pura. En la mayor parte de las comarcas populosas de la Europa occidental, convierte el hombre las playas en marismas de contornos regulares; las depresiones desiguales, donde el agua del mar se evaporaba al acaso, se transforman en cuencas donde la masa líquida va pasando por varios compartimientos para saturarse gradualmente y posarse en capas iguales de sal pura; éstos no son más que trabajos de arreglo; el hombre se limita a regularizar la obra del mar.

Además de la sal común forman parte de la composición normal del agua del mar varias sustancias que se encuentran por excepción en las aguas de la superficie continental. Los varios cuerpos simples que ha podido conocer la ciencia en ellas, ya directamente por el análisis del líquido, ya de modo indirecto por el estudio de las plantas que sacan todo su alimento del Océano, son 28; pero es indudable que todos los demás cuerpos existen asimismo en el agua del mar; no se escapan muchos de ellos a la penetrante vista del químico.

Después del oxígeno y el hidrógeno, que constituyen la masa líquida, los principales elementos del agua marina son: el cloro, el azoe, el carbono, el bromo, el yodo, el fluor, el azufre, el fósforo, el silicio, el sodio, el potasio, el boro, el aluminio, el magnesio, el calcio, el estroncio y el bario. Los fucos ordinarios y otras algas encierran casi todas estas sustancias y varios metales. Se ha descubierto cobre, plomo y cinc en las cenizas del *fucus vesiculosus*; cobalto, níquel y manganeso en las de la *zostera marina*. El hierro puede obtenerse directamente por el análisis del agua del mar, y la plata se halla en un zoófito: el *pocillopora*. Forchhammer ha sacado de una rama de ese coral una tresmillonésima de plata mezclada con el séxtuplo de la misma cantidad de cobre y el óctuplo de plomo. Escasa proporción de plata se precipita entre la quilla de los buques a consecuencia de la corriente magnética establecida entre el forro de cobre y el agua del mar que le rodea. Finalmente, en las calderas de los vapores alimentadas con el agua del mar se ha encontrado arsénico. Verdad es que esas varias sustancias sólo existen en el agua en proporciones infinitesimales y la química no las descubre más que por medios indirectos. La masa total de la plata que hay en el mar inmenso se calcula en dos millones de toneladas.

Como los mares habrán recibido probablemente de las capas terrestres, corroidas sin cesar por las corrientes de

agua, todos los cuerpos que tienen en disolución, debe colegirse que las proporciones de esos cuerpos vienen variando continuamente durante las edades geológicas: la salinidad se modificaba de edad en edad según las diversas cantidades de sustancias solubles que los ríos llevaban al Océano y ésta devolvía a la tierra, ya directamente, depositándolas en las orillas, ya indirectamente, adhiriéndolas a los tejidos de sus plantas, de sus corales y de los demás organismos que pueblan su extensión. Por ingeniosas comparaciones entre los hechos actuales y los que deben de haberse verificado anteriormente en las capas sedimentarias, varios geólogos han tratado de determinar si las sustancias disueltas en el agua marina han aumentado o disminuído, pero las deducciones que han sacado descansan aún en datos demasiado hipotéticos para que sea posible considerarlas como nueva conquista de la ciencia. Lo único cierto es que ahora las proporciones de los cuerpos disueltos no han dejado de variar en cada mar. Puede juzgarse de ello por la diferencia enorme que existe entre la salinidad del mar Caspio y la del Negro, cuencas separadas que formaban parte del mismo Océano en época geológica no muy remota.

El agua del mar contiene también gran cantidad de gases del aire, cuyas propiedades cambian constantemente con el calor, la luz, el movimiento de las olas y la presión barométrica. El agua salada sujeta mejor que la dulce el aire disuelto, y el volumen que de él absorbe es generalmente una tercera parte mayor que el hallado en los ríos: varía de un quinto a un trigésimo y crece gradualmente desde la superficie hasta una profundidad de 600 ó 700 metros. También contiene el agua del Océano ácido carbónico en cantidad relativamente considerable, lo cual, desde luego, podía suponerse por las pululantes miríadas de animalillos marinos. Bajo el influjo de la luz, plantas e infusorios descomponen ese ácido, que disminuye de día para aumentar de noche. La cantidad de oxígeno disuelto oscila en sentido inverso: crece poco a poco de día para menguar después en las tinieblas. Con una especie de respiración, el mar, inmensidad llena de vida orgánica, absorbe y exhala alternativamente los gases necesarios para la existencia, midiendo cada soplo por el curso diario del sol.

IV

Diversa coloración de las aguas del mar. — Reflejos, transparencia y color propio. — Temperatura de las capas profundas.

Merced a la doble propiedad que posee el agua de reflejar la luz y de dejarse atravesar por los rayos hasta una gran profundidad, ofrece sucesivamente los colores más variados, las tintas más delicadas, los matices más fugitivos y variables que se encuentran en la Naturaleza. El mar reproduce, modificándolo, el cuadro mudable del cielo con todos sus juegos y sus gradaciones de luz y de sombra.

Al amanecer ilumínase suavemente la superficie del agua con las claridades de la atmósfera, pálidas aún y tímidas, pero el cabrilleo de las olas se hace cada vez más brillante y el día claro hace correr el fuego por las olas. Cada movimiento del mundo de los aires se traduce por un cambio en el aspecto del agua, cada nube que pasa se refleja con sus formas y los matices de sus vapores, cada soplo de viento que estremece las olas renueva en la masa del Océano la armonía del movedizo colorido; después, al llegar la noche, devuelve el mar al cielo todo su resplandor de púrpura y de llamas. Entonces se ven en el horizonte dos soles que van uno al encuentro de otro.

Pero no debe el agua su hermosura únicamente a los esplendores del cielo; es hermosa también por su transparencia, y los cuerpos suspendidos en la masa líquida aparecen a cierta profundidad, modificando con su coloración propia el tono general del mar. Los animales, peces o cetáceos que suben hacia la superficie o se deslizan rápidamente por debajo de las olas, las hacen brillar súbitamente con reflejos grises, sonrosados, verdes y plateados. Los fucos que crecen en el fondo del agua varían también el aspecto de las capas líquidas que los cubren, y donde estos lechos de plantas alternan con bancos de roca desnuda o lenguas de arena, ofrece el mar una admirable mezcla de matices diversos, de contornos indecisos y trémulos. En los parajes donde el agua es muy transparente puede verse con claridad el color del fondo hasta una profundidad de 20, 30 ó 40 metros, según lo han comprobado algunos marinos con observaciones científicas cuidadosamente hechas. De todos modos, esta transparencia parece que no depende de la in-

tensidad de la luz recibida, porque en los mares árticos se vislumbran los objetos flotantes a profundidades tan grandes como en el mar de las Antillas, y precisamente en las latitudes polares es donde la mirada del hombre ha podido sondear mayores profundidades. Según Scoresby, concienzudo explorador de los mares polares, el fondo de las aguas puras de esas regiones es visible a veces a 450 metros de profundidad. Verdad es que a consecuencia de la diferencia de los climas y de los organismos que de ellos dependen, los espacios submarinos son más curiosos que los próximos a los polos. Nada más hermoso que bogar por uno de esos mares, donde, mientras se viaja sin temer escollos, no se deja de ver extenderse el lecho de las aguas en lontananza bajo la proa del buque. Las numerosas algas, verdes o sonrosadas, ondulan con gracia debajo de las olas como hierbas de un arroyo, las conchas se arrastran por el fondo; cetáceos, peces, estrellas de mar de brillantes colores y otros muchos animalillos de extrañas formas se deslizan lentamente o se arrojan como flechas atravesando el agua azul, que brilla con mil claridades variables; las nemersesias y otras cintas animadas despliegan blandamente sus transparentes anillos. Parece que está el viajero suspendido encima de otra tierra y flota en un barco aéreo. La blanca espuma de las olas levantada por la quilla del barco y los colores irisados que resplandecen en las gotillas dispersas, acrecientan la hermosura de tan maravilloso cuadro.

Hasta cuando el fondo no se distingue con claridad, no deja de revelarse por el matiz particular que da al agua. En general, el color del mar es menos oscuro cerca de las costas, y hasta 200 ó quizá 300 metros de profundidad, anuncia a veces cierta vaga palidez del agua a la mirada experta del marino la relativa proximidad del fondo. No lejos de las costas del Perú, notó De Tessan que el mar había adquirido de pronto un tinte verde aceituna oscuro, y cuando echó la sonda vió que el cieno del fondo era precisamente del mismo color. Numerosos navegantes han comprobado que en una parte del banco de las Agujas, donde la masa líquida no tiene menos de 200 metros de espesor, pasa el agua repentinamente del color azul al verdoso. Finalmente, cerca de Luango, el agua tiene siempre un color pardo, el cual refleja el del fondo, que encontró Tuckey de un rojo intenso. ¿Se debe ese color a la repercusión de la luz, que baja a través de espesas capas líquidas hasta el lecho marino, y se refleja en la superficie, o procede más bien, según opina Cialdi, de moléculas de cieno que flotan en el agua?

Otra pregunta difícil de contestar es la referente al color propio del agua marina. Sin hablar de las coloraciones lo-

cales, que proceden, como la fosforescencia, de innumerables animalillos, las diversas partes del Océano presentan casi siempre, cualquiera que sea el estado de la atmósfera, un matiz normal, fácil de distinguir de los occidentales. Para citar uno de los contrastes más notables hablaré del agua del golfo de Gascuña, que es de un verde oscuro, mientras que en el golfo de León el agua del Mediterráneo es de magnífico color azul, más oscuro que el del cielo. El maravilloso color azul que sube de las profundidades del agua en la gruta de Capri, tan visitada por los viajeros, es un ejemplo conocidísimo de la intensidad que puede alcanzar el matiz cerúleo propio de las aguas mediterráneas.

En los parajes tropicales del Atlántico y del mar del Sur, el azul del Océano no es menos hermoso que el del mar Tirreno y el Archipiélago, y más hacia los polos, el agua va tomando tinte verdoso. Los físicos han inferido de eso que la refracción de los rayos lumínicos, mucho más vivos en las latitudes tropicales, representan gran papel en la coloración azul de los mares. Maury cree que la sal es también una de las causas que más contribuyen a ese color del mar, y hace observar que el *Gulf-Stream* de las costas americanas, superior en salinidad y temperatura a las aguas que le rodean, es también de color azul más fuerte; así como las delgadas láminas líquidas que entran en los marjales del litoral ganan en intensidad de color a medida que la sal se concentra. Finalmente, es muy posible que se deba en gran parte la coloración del mar, como las maravillosas tintas de los lagos suizos, a los innumerables corpúsculos suspendidos, en los cuales se quiebra la luz.

La ley de distribución de las temperaturas en las capas profundas del Océano es tan desconocida como la de la coloración del agua. En la superficie marina es tan fácil hacer observaciones como en el aire, y no ha costado trabajo comprobar que la extensión superficial presenta por término medio en todos los climas el mismo grado de calor que la atmósfera que sobre ella pesa. Desde las regiones polares a la zona ecuatorial, el agua va creciendo en calor con regularidad y desde el punto de congelación en el círculo glacial, la temperatura se eleva a 20 y 25° en los trópicos, y hasta 30 ó 32° en el Pacífico, el mar Rojo y el Océano Indico. Respecto a lo que crece o mengua el calor en sentido vertical, se tenían hasta poco ha ideas muy vagas, por la carencia de sondeos exactos, porque es, en efecto, muy difícil hacer bajar a centenares o millares de metros aparatos termométricos bastante sólidos para que resistan a la enorme presión de una atmósfera por cada capa líquida de 10 metros de espesor.

James Ross fué uno de los que primero trataron de aplicar los recursos de la ciencia moderna a una exploración sistemática de la temperatura de las profundidades marinas, pero erró al generalizar hartamente apresuradamente los resultados, incompletos aún, que había obtenido, y al creer haber descubierto una ley que no han confirmado las investigaciones posteriores de los navegantes. Creyó poder afirmar que en el Ecuador la temperatura disminuye gradualmente hasta los 2.200 metros, donde es sólo de 4° centígrados. A cada lado del Ecuador las aguas superiores se enfrían, y el límite de 4° crece progresivamente hacia la superficie: hacia el grado 50 de latitud en el hemisferio meridional, acabaría por llegar al nivel del mar. Más lejos, en dirección al Polo, el agua superficial continúa, según él, enfriándose, mientras la capa de 4° descendería poco a poco hasta 1.400 metros, y la masa de temperatura uniforme describiría al sur del Ecuador una larga curva que no rozaría la superficie del agua más que en un solo punto. Admitiendo, con los físicos de su tiempo, que el agua del mar tiene la mayor densidad, y por lo tanto mayor peso específico a los 4° sobre el punto de congelación, deducía James Ross que todas las aguas profundas inferiores a esa capa de cuatro grados tenían la misma temperatura y se habían reunido, en virtud de su condensación, en el fondo de las cuencas oceánicas.

Pero ahora se ha demostrado, por las observaciones de Nemmana y otros sabios, que si la densidad mayor del agua dulce corresponde efectivamente a 4° centígrados, el agua del mar no alcanza ese máximo a menos de 2° debajo del punto de congelación y hasta con temperaturas aun más bajas, y por lo tanto se anulan las deducciones de James Ross. Los experimentos hechos en pequeños laboratorios de química, donde las sustancias son tratadas con poca cantidad, no pueden ciertamente dar una idea muy exacta de los fenómenos que se verifican en la misma Naturaleza, ya en los espacios del aire, ya en las grandes cuencas oceánicas. Según dice el célebre meteorólogo Mühry, las olas inmensas y el agua salada contenida en un lebrillo no obedecen a las mismas leyes de temperatura y de densidad, pero mientras aguardamos a que se compruebe la diferencia, nada hay que autorice a sostener, contra todos los experimentos de los químicos, una teoría viejísima, según la cual las masas saladas del mar presentarían, al enfriarse, fenómenos idénticos a los de un lago de agua dulce. Además, durante los últimos años, numerosos observadores de los mares polares han encontrado en grandes profundidades capas líquidas cuya temperatura era inferior a 4°.

Lo que queda de las investigaciones del eminente navegante James Ross es que en los mares tropicales y templados disminuye gradualmente la temperatura de una manera constante hasta una considerable profundidad. Así lo han evidenciado los sondeos de Fitz Roy y otros exploradores del mar. Al sur de la isla de Madagascar, teniendo la superficie del agua una temperatura de 24° centígrados, observó Fitz Roy que el termómetro iba bajando de un modo regular hasta 768 metros, en que pararon las operaciones de sondeo y donde la temperatura indicada apenas excedía de 11°.

En las cuencas cerradas de los mares interiores son mucho más fáciles de hacer las observaciones termométricas que en medio del Gran Océano, porque las aguas son en general menos profundas y las corrientes perturban menos las gradaciones naturales de la temperatura. Por eso el agua no es muy fría en las profundidades del Mediterráneo y presenta escasas oscilaciones termométricas; de 180 a 500 metros de profundidad la masa líquida tiene ya de un modo permanente la temperatura media que conserva todo el año, y que corresponde a la temperatura media anual de las tierras vecinas, sometidas a todos los cambios bruscos de calor y frío. Así como en verano la parte superficial del agua tiene unos 23° centígrados, las capas líquidas comprendidas entre 500 metros y el fondo mismo del Mediterráneo se encuentran a 15°, lo cual viene a ser el término medio anual del calor en los países ribereños. En el Archipiélago, cuyas aguas profundas son más frías (probablemente a causa de la corriente que sale del mar Negro), las aguas superficiales tienen en verano de 25 a 26°, y a profundidad de unos 180 metros el termómetro revela ya la temperatura constante de 12 a 13°. Como el Mediterráneo se divide en cuencas distintas, separadas unas de otras por umbrales intermedios que están situados precisamente de 180 a 500 metros por debajo de la superficie, resulta que las variaciones de temperatura producidas por los movimientos de corrientes y contracorrientes cesan a la altura de los umbrales; el agua de cada cuenca, relativamente tranquila, se sostiene así de un modo casi constante en el mismo estado termométrico.

V

Formación de los hielos. — Témpanos, bancos y montañas de hielo. — Hielos del Báltico y del mar Negro.

En los mares polares, la baja de la temperatura tiene por consecuencia la formación de los hielos. Durante los largos inviernos de esas regiones frías, el agua tranquila de las bahías y los golfos se congela en todo el contorno de las costas, y la masa cristalina, apoderándose incesantemente del mar, acaba por extenderse a grandes distancias. «Ese es el hielo de tierra.» La superficie marina desaparece, como la de los lagos, bajo una capa sólida, pero la manera de formarse la costra helada no siempre es la misma, porque en los ríos y cuencas de agua dulce, los cristales de hielo empiezan por aparecer casi siempre en la superficie, y en los mares que no tienen gran profundidad la masa líquida suele congelarse en el fondo.

Efectivamente, las aguas saladas no tienen como las dulces su mayor densidad a la temperatura de cuatro grados centígrados, pero se van haciendo más pesadas a medida que se enfrían. Como las capas líquidas más frías son las más pesadas, bajan verticalmente hacia el fondo del mar para sustituir a capas más ligeras y de temperatura menos baja. Mientras en los ríos las aguas que bajan hacia el fondo tienen un calor normal de 4°, superior al punto de congelación, el agua marina que cae a las profundidades puede haberse enfriado hasta el cero o hasta varios grados bajo cero; cuando la masa no se agita permanece líquida, y luego, por una sacudida cualquiera, se congela. A veces, a principios de invierno, los marinos y pescadores del Báltico y de las costas occidentales de Noruega se ven de pronto rodeados de témpanos, que se elevan, que se alzan desde el fondo del mar y contienen todavía fragmentos de fucos. Aparecen de una manera tan rápida, que a veces se ven los barcos expuestos a ser aplastados entre las masas sólidas que se amontonan a su alrededor, y las tripulaciones corren peligro de muerte. Cerca de las costas peñascosas de Groenlandia, del Labrador y del Spitzberg, esos témpanos arrancan con frecuencia de los escollos piedras muy grandes.

En alta mar fórmanse también hielos. En invierno, cuando el aire está en calma y cae la nieve en grandes copos en

el mar tranquilo, pronto se cubre el agua de una especie de papilla que va convirtiéndose en película de hielo. Cuando el viento quiebra esa lámina formada apenas, los fragmentillos dispersos quedan entre charcos de nieve derretida que no se mezcla con el agua salada del mar y brilla escasamente con matices irisados por los rayos de un sol oblicuo; el espectáculo dura poco y el frío reforma pronto la lámina helada.

A pesar del viento y del oleaje, innumerables agujas, que dan a la superficie del agua una apariencia pastosa, extienden a menudo una red por la superficie líquida y se sueldan pronto en una costra recia que el frío del invierno, cada vez más riguroso, acrecienta sin cesar. Por la química natural, cuyo inmenso laboratorio es el Océano, la masa helada se desprende de gran parte de la sal que se encuentra en el agua marina, porque, según las observaciones de Walker, no suele contener más que una proporción de cinco milésimas, o sea la quinta parte de la cantidad normal. El agua próxima al hielo reciente se mezcla con la sal expulsada: tiene mayor peso y como su punto de congelación desciende al mismo tiempo, baja a lo profundo sin solidificarse; por esa razón las capas inferiores del agua en alta mar pocas veces se congelan debajo de la superficie, aunque pudiera pensarse lo contrario.

A consecuencia de los violentos choques que ocurren entre esos témpanos zarandeados por las olas, toman generalmente la misma forma circular que los carámbanos de los ríos, y parecen redondeles de poco diámetro levemente levantados en los bordes: los marinos ingleses los llaman *ice cakes* (tortas de hielo). Pero al aumentar la intensidad del frío, acaban esos discos por adherirse unos a otros, y pronto miles de ellos, reunidos en vasto campo, forman islas que se extienden hasta los extremos del horizonte. Bancos de hielo hay que tienen una superficie de centenares de millares de kilómetros cuadrados, y llegan a constituir, por sus dimensiones, verdaderos continentes. Los que se juntan a las riberas orientales de Groenlandia no se han derretido desde hace cuatro siglos, e impiden a los navegantes acercarse a tierra. Los que están unidos a las costas de Siberia son todavía mayores, por la larga extensión de las riberas que les sirven de punto de apoyo. En el archipiélago polar de América los hielos cierran casi todos los años la entrada de los canales, y se yerguen ante los navegantes como muros infranqueables. Muchas veces los exploradores de los mares árticos han intentado en vano abrirse paso a través de esas barreras y han quedado presos entre la masa sólida, después de haberse aventurado dentro de alguna engañosa bahía del banco. Esas

interminables superficies blancas siempre están precedidas en alta mar de témpanos y discos que oscilan y giran en las olas como islas dispersas que anuncian la proximidad de los continentes de hielo. Estos, que suelen elevarse a uno o dos metros por encima del agua, y cuya base está a seis u ocho de profundidad, presentan a veces aspecto muy uniforme, y cuando la nieve cubre todas sus desigualdades parece el banco una llanura lisa como las estepas de Rusia. Pero generalmente la nieve es más rugosa; montecillos caprichosos, formados por los residuos que han soltado los témpanos al tropezar unos con otros, aparecen de trecho en trecho con una altura de varios metros. Algunos hay que podían confundirse con los enormes fragmentos desprendidos de los ventisqueros de Groenlandia o del Spitzberg, y sólo se distinguen de éstos en realidad por el sabor ligeramente salado del hielo. Dominan a lo lejos al mar y siguen erguidos mucho después de haberse derretido el banco. En los mares de Siberia, la mayor parte de esos montecillos, procedentes del invierno anterior, se licuan fácilmente al empezar el calor del estío, pero hay algunos que se conservan años y años, y siguen indestructibles tal vez durante siglos, a pesar de los rayos del sol. Los cazadores *ostiaks*, que ven a veces montecillos de esos varados en el litoral siberiano, los llaman hielos de Adán, figurándose que son contemporáneos del origen del mundo, y aseguran que ni el fuego podría con esas masas cristalinas.

En primavera y en verano, cuando empiezan los calores intensos en la zona polar, el esfuerzo de las corrientes, cuya acción se siente por debajo de los bancos, separa del resto de la masa enormes campos de hielo que tienen a veces centenares de kilómetros de extensión y se los lleva a lo lejos a alta mar. Los buques de los exploradores o de los balleneros que estaban cogidos entre la capa helada, son arrebatados entonces con el fragmento de banco. A veces, los valerosos marinos que habían avanzado allende el mar de Baffin han sido llevados así por la corriente a centenares y millares de kilómetros hacia atrás y no han podido recuperar lo perdido más que a costa de penosos esfuerzos y hasta han tenido que abandonar su empresa. Lo mismo ocurre en los mares del Spitzberg; en 1777, diez buques holandeses derivaron con los hielos más de 2.000 kilómetros hacia el SO. y fueron triturados en el camino. Quizá un fenómeno de igual naturaleza impidió al capitán Parry llegar al Polo Norte. Llegado más cerca de él que todos los navegantes anteriores, se lanzó con un trineo por el banco adelante, pero cada día, a pesar de recorrer gran distancia en dirección, al parecer, del Polo, se encontraba más lejos de él que la víspera, porque el con-

tinente de hielo que le llevaba se dejaba arrastrar rápidamente hacia el Sur.

Hay osos blancos que, llevados por los hielos, pueden quedarse en las costas de Laponia.

Roto ya, desaparece pronto el banco; grandes fragmentos impulsados por las corrientes y las olas chocan entre sí con la fuerza enorme que les da un peso de millares o millones de toneladas; la terrible sacudida los divide en residuos de menores dimensiones; las soldaduras de hielo reciente se quiebran alrededor de los discos más antiguos del banco, las torres y agujas que se yerguen de trecho en trecho se desploman y derrumban, y pocos días después de haber empezado el deshielo no quedan más que carámbanos pequeños y fragmentos desiguales que oscilan lentamente entre las olas. Para explicar esa rápida desaparición de los bancos, auxiliada por los organismos infinitamente pequeños del mar, los habitantes de Groenlandia se imaginan que la masa entera se ha abismado en el fondo del mar. Hasta en el Báltico, donde este fenómeno es mucho menos notable, afirman los marinos dinamarqueses, casi sin excepción, que en primavera los carámbanos se abisman en el agua, aunque ninguno de ellos ha presenciado tal inmersión. Lo fácil de comprobar son los rumores extraños que siempre acompañan al deshielo. Al estrépito de los hielos que chocan unos con otros (más estridente y más terrible que el de los disparos de cañón), al chapoteo de las olas, al gemido de los discos segregados y del aire que se escapa, únese una especie de chasquido semejante al de las gotas de lluvia que caen sobre chapas de metal. Ese ruido, que es el mismo que se oye en los ventisqueros de las montañas, pero más recio, procede, según ha demostrado Tyndall, de la incesante explosión de los cristales que componen la masa.

Sea cual fuere la pintoresca hermosura de los hielos de formación marina que constituyen los bancos, siempre será inferior a la de las masas que se han desprendido de los ventisqueros de Groenlandia, del Spitzberg y de otras tierras del Polo boreal. Según la temperatura de las aguas que los bañan, esos enormes residuos pueden separarse de dos modos del río de hielo que los impulsaba hacia adelante. En el Spitzberg, en las costas meridionales de Groenlandia, la masa congelada que avanza hacia el mar es socavada poco a poco por las olas relativamente tibias que los golpean, y los fragmentos que quedan erguidos por encima del agua se desmoronan con espantoso ruido para abismarse en el Océano. Eso han observado Martins y los demás miembros de la expedición francesa al Spitzberg en todos los ventisqueros del Archipiélago. Pero en los mares más fríos, como en el estrecho de

Smith, el ventisquero que no puede derretir la masa líquida, de una temperatura más baja todavía que la de aquél, continúa su viaje por las bahías; su punta se interna a lo lejos, en las profundidades del Océano, como inmensa garlopa que resbala por encima de las rocas. Más ligera que el agua, la enorme hilada congelada está sujeta al fondo, a causa de su cohesión con el mar de hielo que la empuja hacia adelante, pero llega un momento en que se parten las uniones, obedeciendo finalmente a la fuerza que procuraba levantarlo fuera del agua, se eleva hasta la superficie, se balancea por el cambio del centro de gravedad y se yergue convertido en torre poderosa, en caprichosa aguja. Fácil es de comprender el inmenso caos que han de producir en una bahía angosta o en un brazo de mar harto estrecho todos esos fragmentos mezclados con los hielos marítimos y con los restos de los bancos. El intrépido Hayes tuvo que atravesar uno de esos inmensos hacinamientos en el estrecho de Smith, dando pruebas de una perseverancia sobrehumana.

Esas rocas de apariencia cristalina que acarrea el Océano son esplendor de los parajes árticos. De dimensiones colosales generalmente, presentan a veces una arquitectura de regularidad casi perfecta, pero adquieren también formas variadas y caprichosas, como altas torres, columnas acopladas, grupos esculturales, estatuas que se yerguen por encima del mar, semejantes a ídolos de mármol. En aguas relativamente templadas, como las del Spitzberg, calentadas por el *Gulf-Stream*, el hielo es corroído sin cesar y la parte de las masas flotantes erguida sobre la superficie marina presenta por lo general el aspecto de una especie de pilar con ancho capitel más o menos inclinado, rodeado de estalactitas. La hilada de la cima es blanca y a veces está revestida de nieve, y las estrías del pilar, cuyo hielo más compacto golpean las olas, tienen color de esmeralda o de zafiro. Los cimientos de las columnas están perforados por grutas en las cuales entra el agua con sordo murmullo, y a veces están acribillados de agujeros de poco diámetro, por los cuales surge la ola en chorros divergentes. Los haces plateados brotan alternativamente por cada lado del pilar, según el balanceo que el mar le imprime. En las aguas muy frías, como las del archipiélago ártico, se verifican fenómenos contrarios. No corren ni derriten las olas los enormes fragmentos desprendidos de los ventisqueros, que empiezan por aumentar gradualmente de dimensión, por la baja temperatura del líquido en que están sumergidos, que se solidifica en derredor de la base de las enormes torres flotantes.

Las masas considerables desprendidas de los ventisqueros se conocen con el nombre de montañas de hielo (icebergs)-

El doctor Wallich ha medido algunas en las costas de Groenlandia, sondando la profundidad de los bancos en los cuales habían varado muchos de esos peñascos movibles, y ha visto que en los de forma regular la parte situada encima del nivel del mar suele tener la décimocuarta o décimosexta parte de la altura de la parte sumergida. Las masas cuya porción saliente acaba en cono o en pirámide bajan a una profundidad relativa, tanto menos grande cuanto más considerable es el volumen que presentan debajo del agua, pero la elevación total del monte de hielo es siempre siete u ocho veces mayor que la parte visible.

Por esas proporciones pueden juzgar los marinos el tamaño real de las masas de hielo que van a encallar en las costas de Terranova o se derriten lentamente flotando en el Atlántico. Se han visto masas enormes que se enderezaban a 100 y 120 metros de altura, de modo que esos pedazos de ventisquero tenían lo menos 1.000 metros de la cima a la base, es decir, la elevación de las montañas mayores de Inglaterra y de Irlanda. Una de esas masas, encontrada por el barco *Acadia* cerca del banco de Terranova y en el centro de un dédalo de otros montes flotantes, tenía de 120 a 150 metros de altura y acababa en una especie de cúpula que recordaba de una manera asombrosa la de la catedral de San Pablo. Veinte días después, al regreso de su viaje, el *Acadia* volvió a encontrar la misma montaña de hielo 110 kilómetros más al Sur. Otros muchos edificios errantes se han visto que medían varios kilómetros de anchura y longitud y de un volumen de varios millones de metros cúbicos. También se han encontrado fragmentos de bancos que no tenían menos de 100 y 150 kilómetros en todos sentidos.

La circunstancia de que la montaña vista por el *Acadia* se moviera con una lentitud de unos cinco kilómetros y medio al día, demuestra que esas montañas no siguen sin resistencia la marcha de la corriente que las arrastra; los choques que sufren en el camino, las varaduras parciales, los varios movimientos de las aguas superficiales y profundas, que a veces las solicitan en dos sentidos opuestos, amenguan mucho su velocidad y las convierten a veces en islotes fijos al parecer. A fines de 1855, un hallazgo inesperado, más notable que el de la montaña del *Acadia*, permitió comprobar de una manera exacta cuál había sido la marcha de una montaña durante un año poco más o menos. Un ballenero americano, que navegaba por el estrecho de Davis, vió una masa negra en medio de un grupo de agujas flotantes; aquella masa era el barco *Resolute*, enviado por el gobierno inglés en busca de Franklin, y abandonado por su tripulación (que se había aventurado en un caos de hielo) para seguir su camino en

trineo. Cuando se encontró el buque, hacía dieciséis meses que estaba metido en su cárcel movible, y durante ese largo período había andado 1.400 kilómetros, contando con los rodeos exigidos por los estrechos de Barrow y Lancaster. De modo que el buque, abandonado en el mar polar, no había pasado, en su marcha hacia el Atlántico, de una velocidad de 120 metros por hora, progreso apenas sensible a la mirada. En la historia de las grandes expediciones árticas, se citan otros tres barcos que han sido arrastrados del mismo modo hacia el Océano, pero sin haber sido abandonados por sus tripulaciones: eran los buques de James Ross, del teniente Haven y de Mac Clintok. Este estuvo prisionero durante 242 días y bajó 1.920 kilómetros hacia el Sur, o sea a razón de unos 330 metros por hora.

Semejantes a gigantescos navíos, las masas enormes de las montañas de hielo varan en protuberancias del fondo submarino, donde la sonda no alcanza alrededor de ellas el lecho del mar en varios cientos de metros. Detenida en su movimiento de derivación hacia el Sur, la enorme masa se disgrega poco a poco y se parte en fragmentos que a su vez van a varar más lejos en otros bancos menos profundos. Cada día derriten y demuelen las aguas grandes cantidades de hielos. Estas se aligeran al mismo tiempo de los guijarros y pedruscos de que estaban cargadas y así no dejan de levantar el fondo marino. Cada año, nuevas capas de rocas, de piedras y de tierra procedentes de las montañas de Groenlandia y de los archipiélagos del Norte de América, se van depositando así en el banco de Terranova y en los mares vecinos, echando los cimientos de un continente futuro. Indudablemente, el gran banco, que ocupa una extensión de 150.000 kilómetros cuadrados, y sumerge la base en un mar de ocho a diez kilómetros de profundidad, se compone por completo de esos aluviones de origen glacial. Durante la serie de las edades, los témpanos trabajan sin descanso en la demolición de las tierras árticas, para edificar otras nuevas en los mares de las zonas templadas.

Cuando llega el deshielo del Norte, es decir, desde primeros de marzo hasta julio y agosto, los parajes situados al Este del banco de Terranova toman el aspecto de los mares árticos. La corriente polar que baja de la bahía de Baffin, paralelamente a las costas del Labrador, trae entonces en largas procesiones los restos de los bancos de hielo y ventisqueros de Groenlandia. Después de haber rodeado el banco de Terranova, la corriente tuerce hacia el SO. con su carga de hielo, a causa del movimiento que impulsa a la tierra en dirección al Este y hace desviarse por lo tanto a todos los cuerpos que vienen del Norte. Arrastradas por las olas que las

llevan al *Gulf-Stream* y que contenía su marcha hacia el SO. por debajo de aquella corriente superficial del Atlántico, las montañas, semejantes a los barcos que hienden las olas con el bajamar, pasan majestuosamente a través del agua que tropieza con ellas. Algunos fragmentos de grandes bancos de hielo traídos de Groenlandia por las corrientes polares y llevados de nuevo al Norte por el *Gulf-Stream*, aparecen también de trecho en trecho viajando en sentido inverso de los convoyes.

En la región del Océano es donde las flotillas de hielos constituyen grave peligro para los navegantes. Los marinos de Terranova no se acercan a ellas a más de un kilómetro de distancia y siempre a sotavento, porque por el otro lado se verían expuestos a derivar hacia el terrible escollo, al cual se dirige además una gran corriente que sustituye a las capas superiores, enfriadas por el contacto con las montañas flotantes. Rodeados de nieblas por el contraste de su temperatura con la de las aguas tibias, procedentes del Mediodía, los gigantescos residuos del ventisquero sólo se revelan a los marinos por extraños reflejos blancuzcos y a veces por el intenso frío de la atmósfera que los rodea, pero hay ocasiones en que, cuando se acaba de columbrar ese indicio del peligro, ya es muy tarde para evitar el choque. Centenares de navíos atacados por los hielos han desaparecido con sus tripulaciones en las aguas frías del Océano. Otras veces, hasta con tiempo despejado, se encuentra todo un archipiélago de témpanos, y para salir de él hay que bolinear con grandes precauciones durante días enteros. En 1821, el brick inglés *Anne*, sorprendido por los hielos en aguas del cabo Race, no pudo entrar en el mar libre hasta los veintinueve días de haber estado rodeado de torres y agujas amenazadoras. Afortunadamente esos residuos de los ventisqueros disminuyen rápidamente en número y altura en cuanto entran en la zona del *Gulf-Stream*. Corroídos en la base por las aguas tibias de la corriente, zozobran, se quiebran, se desmigajan completamente, y hacia el grado 40 de latitud raro es que se encuentre algún témpano. Sin embargo, en el mes de junio de 1842, el buque *Formosa* encontró en el grado 37'30 de latitud una montaña flotante de 30 metros de altura y 50 de largo, que iba hacia el Sur.

En el hemisferio austral ocurren fenómenos completamente semejantes. Según han demostrado innumerables observaciones (de las cuales han recopilado 860 Fitz Roy y otros geógrafos), los bancos de hielo y residuos de ventisqueros flotantes flotan asimismo en los mares antárticos dirigiéndose al Ecuador. Pero parece que en general las montañas de hielo de ese hemisferio ofrecen menos variedad en sus formas que

las del opuesto. No figuran agujas ni cúpulas de caprichosos contornos, sino más bien paredes que se yerguen como acantilados a 50 y 60 metros de elevación; de todos modos, esas masas flotantes son quizá, por término medio, de dimensiones más considerables todavía que los fragmentos desprendidos de los ventisqueros árticos. La forma maciza de esas montañas flotantes de los mares australes debe atribuirse al rigor del frío reinante en la zona polar del Sur, y que empuja a los hielos y nieves de las tierras antárticas más mar adentro. Ya en el grado 50 de latitud meridional encuentran los buques bancos de tamaño igual a los que, al otro lado de la tierra, se hallan más allá del círculo polar. En el hemisferio boreal, los ríos de Groenlandia y del Spitzberg no están alimentados por una cantidad de nieves bastante grande para que puedan salir de las bahías en las cuales desembocan y adelantar hasta alta mar. Detenidos en su curso por acantilados laterales, promontorios e islotes de peñas, adquieren, por obra de esos obstáculos, una forma mucho más irregular que si penetraran en el Océano libre, como los ventisqueros del Polo austral. Estos se desbordan a lo lejos, fuera de los golfos, fuera de los mismos cabos, y de distancia en distancia se apoyan en la sólida armazón del continente. Junto al muro flotan innumerables islas, a través de las cuales difícilmente encuentran camino los barcos; durante el viaje de exploración de Wilkes, el *Peacock* tuvo que bolinear mucho tiempo a un dédalo de masas que amenazaban aplastarle.

El deshielo en los mares antárticos se verifica en la primavera y en el verano, como ocurre en el otro hemisferio, y por lo tanto seis meses más tarde, por la oposición de las estaciones en ambas mitades del mundo. Los témpanos dispersos que se encuentran durante el invierno no son más que simples fragmentos desprendidos de los bancos. Los buques que atraviesan aquellos parajes del Océano al sur de los continentes, encuentran en diciembre, en pleno verano, treinta o cuarenta veces más hielos que en julio, que es allí la época más fría. Respecto a la muchedumbre de las masas flotantes, no es ésta la misma en todos los mares antárticos. Al sur de Australia y Nueva Zelanda, en un espacio igual al tercio de la circunferencia terrestre, las montañas y los bancos de hielo son relativamente escasos; al sur del cabo de Hornos se encuentran con más frecuencia, pero no se los ve jamás entre dicha punta meridional de América y las islas Falkland; todos se desvían hacia el NE., impulsados por la gran corriente polar. Al sur del continente africano se encuentran los hielos en mayor número y se aproximan más al Ecuador; algunos se han visto desde la ciudad del Cabo, a 34° de latitud. De modo que los fragmentos de los ventisqueros an-

tárticos son empujados unos 400 kilómetros más que los hielos boreales con dirección a la zona tórrida.

En los mares interiores, expuestos a fríos rigurosos, la congelación del agua se verifica lo mismo que en los océanos; los fenómenos no difieren más que en las proporciones. Por eso los hielos del Báltico no presentan un espectáculo tan grandioso como los bancos de los mares polares, pero su modo de formación se conoce de manera más completa, porque durante una larga serie de años, observadores concienzudos han estudiado sus diversas peripecias desde el origen de los primeros témpanos hasta el deshielo.

Esas investigaciones han demostrado que después de haberse formado, la capa glacial del Báltico procede del mismo modo que las de los lagos, no sólo en las partes septentrionales del mar, donde el agua es casi dulce, sino también cerca de la entrada, donde la masa líquida tiene todavía mucha salinidad. Las grietas especialmente, en nada difieren por su formación de las del lago Baikal o del de Constanza. Abrense también con estrépito atronador, dando salida a grandes cantidades de agua, que a su vez se congelan y aumentan el espesor de la capa sólida. Alrededor de la isla de Esel las hendeduras tienen de quince centímetros a dos metros de anchura, y se prolongan a una distancia de varios kilómetros. La resaca producida por las corrientes y por la repercusión de las olas, que se propagan al aire libre en las partes no heladas del mar, da a las grietas diversas direcciones; en ciertas angosturas son paralelas; en otros lugares se cortan desordenadamente o irradian hacia todos los puntos del horizonte.

Es raro que el hielo empiece a recubrir la superficie del mar mientras no agita las aguas fuerte oleaje. Las tormentas y las corrientes rápidas retrasan y hasta impiden completamente la cristalización de las láminas heladas. En el Este, donde el mar está tranquilo, la isla de Vesel está unida al continente, durante unos 130 días del año por término medio, por una capa de hielo que alcanza a veces un espesor de un metro y sirve de carretera a los trineos, y en cambio los acantilados occidentales, golpeados por el oleaje de alta mar, están orlados únicamente con un estrecho banco de hielo; en el promontorio de Muha Ninna, donde las olas se estrellan con furor, la agitación extrema de las aguas evita durante todo el invierno la aparición de la menor partícula de hielo; los naturales de la isla dicen que nunca la han visto en aquel sitio.

Cada año se cubre de hielo una parte considerable del Báltico. Casi todo el golfo de Botnia y el contorno todo de las costas del de Finlandia se convierten en una superficie blanca e inmóvil. Islas e islotes quedan rodeados de una zona más

o menos ancha de témpanos y los estrechos de poca profundidad se van obstruyendo poco a poco. Todos los inviernos queda unida Finlandia a Suecia por un puente de hielo, atravesado de trecho en trecho por los innumerables peñascos del archipiélago de Aland. La capa sólida se convierte durante algunos meses en camino entre Suecia y Rusia. Como los bancos de hielo polar, tiene hacinamientos de témpanos erigidos, semejantes a torrecillas, pirámides y obeliscos levantados en el mar; como aquellos bancos, se separa de las costas para bajar al Sur con la corriente, después se quiebra con estrépito, se reduce a témpanos dispersos, y algunos días después de empezar a derretirse las nieves no quedan de él más que ligeros residuos zarandeados por las olas.

Parece que durante los siglos modernos el mar Báltico nunca ha quedado enteramente cubierto por campos de hielo. Enseñannos las crónicas que en 1323 la parte meridional de la cuenca se heló completamente, y durante seis semanas los viajeros fueron a caballo desde Copenhague a Lubeck y a Dantzig; hasta llegaron a edificar en el hielo aldeas temporales en el cruce de los caminos. Durante los inviernos de 1333, 1349, 1399 y 1402 ocurrieron iguales fenómenos de congelación general en el Báltico meridional y la capa helada sirvió de carretera para los cambios entre Pomerania, Mecklemburgo, Dinamarca y sus islas. En 1408, el campo de hielo cerraba completamente la entrada del Báltico entre Noruega y Jutlandia, y se extendía por el Cattgat, los estrechos y el mar de Scania hasta la isla de Gotland; se ha llegado a decir que los lobos de Noruega, expulsados por el hambre de sus bosques natales, atravesaron el Skager-Rack para invadir las poblaciones de Jutlandia. Desde aquella época se han congelado varias partes del Báltico meridional, pero la superficie sólida nunca ha presentado la misma extensión ni la misma consistencia. Ese hecho parece probar que se ha suavizado la temperatura media en las comarcas del Norte desde el siglo XIV; según la hipótesis de Adhemar, debía haber ocurrido lo contrario.

¡Cosa extraña! Durante algunos años excepcionales, el mar Negro, abierto libremente a todos los vientos que bajan de las regiones polares, es invadido por los hielos como el mismo Báltico. Durante los siglos históricos, el estrecho de Constantinopla y el Ponto Euxino, se cubrieron frecuentemente de hielos, lo cual demuestra que en el período de congelación la temperatura de aquella porción del Oriente era análoga a la de Copenhague. El año 401 de la era actual, el mar Negro se heló casi por completo, y al llegar el deshielo viéronse enormes montañas heladas flotar durante treinta días en el mar de Mármara. El año 762 la capa sólida que

cubría el Ponto Euxino se extendía de una orilla a otra, desde los cantiles terminales del Cáucaso hasta las fuentes del Dniester, del Dnieper y del Danubio. Dicen además los escritos de aquel tiempo que la cantidad de nieve que cayó sobre el hielo llegó hasta veinte codos y tapó completamente los contornos de la ribera. No se sabía dónde estaba el límite entre el continente y el mar. En febrero, los residuos de la capa de hielo, arrastrados por la corriente hasta la entrada del mar Egeo, se juntaron, como inmensa losa, entre Sestos y Abidos, a través del Helesponto.

VI

*Olas del mar. — Ondas regulares o irregulares. —
Altura de las olas. — Su amplitud y su velocidad.
— Olas de fondo. — Olas de las costas.*

La superficie del mar está en calma pocas veces. Durante los días en que no hay movimiento en la atmósfera, lo cual suele pronosticar tormentas, el agua parece que está lisa; refléjanse en ella los objetos con los contornos bien determinados; parece que no se verifican más cambios en la inmensa masa inmóvil que los del espejismo, que hace resplandecer el lejano horizonte como larga faja de plata o de acero; dicen entonces los pescadores «que el mar se mira». Pero esa tranquilidad del agua es un fenómeno poco común, como no sea en el Mediterráneo y otros mares de poca marea. Generalmente el viento, brisa o tempestad, ya al secundar, ya al contrariar el flujo y el reflujo, levantan el agua marina en olas más o menos altas, que unas veces se desarrollan regularmente y otras tropiezan y se cruzan. Aun durante la calma, las olas, que siguen obedeciendo al impulso de vientos anteriores, continúan desenvolviéndose a través del Océano en largas ondulaciones. Constituyen uno de los espectáculos más grandiosos del mar esos pliegues de las ondas en un día perfectamente apacible, cuando ni un soplo agita las velas; altas, azules y sin espuma, succédense las masas líquidas a 300 ó 400 metros de intervalo, pasan en silencio por debajo del buque y perseguidas por otras ondas van a perderse en lontananza en el vago espacio. Contéplase con admiración y hasta con una especie de terror la ola majestuosa y tranquila. Muralla viviente que parece que se lo va a tragar todo a su paso y apenas mueve una arista, esas olas presentan, sobre todo, una asombrosa regularidad en el tró-

pico de Cáncer durante las calmas de otoño y casi durante todas las estaciones en la parte del mar de las Antillas que se estrecha hacia el golfo de Darien; allí la hinchazón de la ola que se ve adelantar, levantar luego el buque y alejarse con leve murmullo, es muy recta y se prolonga hasta perderse de vista desde un horizonte hasta el otro.

Esas ondas tan perfectamente regulares no pueden formarse más que en los mares recorridos por vientos de soplo siempre igual como los alisios; donde las corrientes atmosféricas soplan por ráfagas o se retrasan o aceleran en su marcha, es evidente que las olas que mueven no pueden elevarse todas a igual altura. Por otra parte, la corriente aérea no está animada por la misma velocidad en toda su amplitud. Puede considerársela formada de divisiones de poder desigual, que se mueven con diversos arranques en la superficie de los mares y cuya fuerza aumenta o disminuye sucesivamente. Bajo la influencia de esas masas atmosféricas, las arrugas del agua han de variar forzosamente en elevación y en velocidad y sus crestas no pueden desarrollarse en una larga línea uniforme. Además, cambia el viento a menudo de dirección, solicitado por algún nuevo foco de impulsión; empieza a soplar de otro punto del espacio y mueve las olas en dirección distinta de la que antes les había dado. De todos modos, el primer movimiento dura todavía en las olas que se persiguen cuando empieza a actuar el segundo, y de ese doble impulso resulta un cruce de olas, diversas unas de otras en dirección, altura y velocidad. Si el viento salta a otro punto del espacio y se cruza con las anteriores una tercera ondulación; si la corriente aérea da sucesivamente la vuelta al horizonte, los pliegues del agua se cruzarán en todos sentidos, acudiendo a un tiempo desde todos los puntos del círculo inmenso. No se ha perdido ni un soplo sobre el nivel movable, y la variedad de las ondulaciones es resultado de la no menor diversidad de los movimientos aéreos que las han originado.

Desde lo alto de un promontorio o del palo de un buque, viendo extenderse la vasta masa líquida, se puede disfrutar a veces del hermoso espectáculo de dos o tres sistemas de pliegues que se cruzan en ángulos distintos, y que ora duplican la altura normal de las ondulaciones, irguiendo una ola sobre otra, ora igualan la superficie del agua, echando anchas olas en los surcos. A veces está tan agitado el mar, que en la hirviente masa no se puede discernir la acción de todos los vientos sucesivos. Respecto a los pasajeros, que el navío zarandeado por las olas sacude incesantemente con sus cabeceos, sus bandazos, sus inmersiones súbitas y sus desviaciones, todavía les es más difícil darse cuenta en el

cruzamiento de las olas de las diversas impulsiones de la atmósfera.

La altura de las olas no es la misma en todos los mares; es tanto más considerable cuanto más profunda es la cuenca, más libremente recorren la superficie los vientos y más cuerpo da a las corrientes atmosféricas el agua, por la menor salinidad y menor peso consiguiente. En igualdad de superficie, las aguas del lago superior se levantan en olas más altas que las de un golfo cerrado por la parte de alta mar con islas y bancos de arena. En igualdad de salinidad, las cuencas más angostas presentan las olas más cortas y menos altas. Las olas del Caspio no se pueden comparar con las del Mediterráneo, que a su vez tienen mucha menos elevación que las del Atlántico del Norte; éstas no alcanzan la altura de las del mar Antártico, que se extiende en todo un hemisferio.

Según el almirante Smith, que tan bien conocía el Mediterráneo, las olas de tempestad tienen de cuatro a cinco metros o cinco y medio de altura vertical: ha visto algunas excepcionales que alcanzaban hasta nueve metros, pero las olas medias levantadas por los grandes vientos suelen tener de tres a cuatro metros. En una travesía que hizo el célebre marino Scoresby, en 1847, de Liverpool a Boston, midió olas de ocho a nueve metros, y el término medio de todas sus observaciones da en las grandes ondas una altura de 5'80 metros. A su regreso, en 1848, encontró un término medio de 9'14 metros en las olas medidas, y algunas de ellas se elevaron a 13'10 metros por encima del intervalo más hondo. Otros navegantes dan evaluaciones análogas a las crestas más altas de las olas. En el Atlántico del Norte, el término medio de elevación es mucho menos considerable.

En el Atlántico del Sur las alturas de las olas son mayores que en los parajes del Norte. Muchos marinos han visto levantarse el agua a 15, 16 y 18 metros en aguas del Cabo de Buena Esperanza, donde el Atlántico y el mar de las Indias mezclan sus cuencas. Dumont D'Urville llegó a afirmar que había encontrado olas de 33 metros de altura, a cuyo fondo bajaba el barco como a un valle, y Fleuriot de Sangle atestigüa la verdad de ese aserto. Esas son las montañas de que hablan los poetas, y que en efecto se lo parecen a quienes están a su merced. Además es probable que nunca hayan sido medidas las olas más altas de los mares. Cosa notable es que no se forman las olas mayores durante las tempestades más violentas. Entonces, al contrario, las masas aéreas, precipitándose oblicuamente sobre las olas, las deprimen y parece como que las aplastan. Las ondas se desenvuelven en toda su majestad cuando el viento es a un tiempo fuerte

y regular y sopla durante mucho tiempo desde el mismo punto del horizonte.

Respecto a la anchura total de las olas de base a base, los diversos observadores no han obtenido los mismos resultados, pero pocos hay que no hayan calculado para la cresta de la ola una altura vertical inferior a la vigésima parte de la anchura o superior a la décima parte; por término medio viene a ser la altura la décimoquinta parte de la base; una ola de un metro tiene 15 de valle a valle, y una de 10 tiene 150 de anchura. Esa es una proporción más chica de lo que creería el marino perdido en medio de las olas que se enderezan por todas partes en la superficie del mar. Además, la inclinación de las aguas levantadas varía según la fuerza del viento y los movimientos de las ondas secundarias que cruzan con las principales.

La velocidad de las olas es aparente, como la de los pliegues de un lienzo sacudido por una corriente de aire; si el agua comprimida por el viento se levanta y se hunde sucesivamente, casi no cambia de lugar, y los objetos que lleva se mueven lentamente en el sentido de la ondulación. El movimiento real del agua es el de la corriente de derivación que poco a poco se forma por la acción prolongada del viento, pero ese movimiento general de la masa líquida es poco considerable. La única fracción de la ola que anda con la tempestad es la cresta espumosa que corona su cima y se derrumba por la pendiente avanzada. Con su roce incesante esas partes superiores de las olas van creciendo en calor, según se ha observado después de numerosas tempestades violentas.

El aparente cambio de lugar de las ondas, cuya exacta medida es bastante difícil en alta mar, varía de una manera regular según la anchura de la ola que se desenvuelve y la profundidad de la cuenca marítima. Según los cálculos del astrónomo Aisy, toda ola de 30 metros de amplitud que recorra un mar de una profundidad de 300 tiene una velocidad de 6'80 por segundo, o de 24.980 por hora; una ola de 300 metros que se mueve en capas de 3.000 de profundidad, se mueve 21'85 por segundo, o 78.600 por hora; esta última cifra puede considerarse como el término medio de la velocidad de las olas tormentosas en los mares grandes. Ya que se puede calcular la velocidad de las olas por su amplitud y por la profundidad conocida del lecho del Océano, fácil será determinar por una operación inversa el espesor de la capa de agua, siempre que sea conocida la marcha de las ondas por la superficie líquida. Por ese método se ha calculado la profundidad media del Atlántico meridional y la del Pacífico entre el Japón y California.

Los físicos han tratado mucho del problema del movimiento de las olas en sentido vertical. ¿Hasta qué profundidad de los abismos marinos penetra la acción de la onda superficial y a cuántos metros puede remover la arena y los residuos del fondo? Dábase antes por cosa cierta, pero sin demostrarlo, que la agitación del mar deja de notarse a ocho o diez metros de profundidad. Las observaciones hechas directamente por los marinos en muchos parajes han demostrado que esa opinión no era acertada. Los navegantes han visto muchas veces estrellarse las olas a 20, 30 y hasta 50 metros de profundidad en escollos ocultos, lo cual demuestra que dichos escollos eran barreras que se les oponían, impidiendo, de modo brusco, el movimiento a la parte submarina de la onda. Con mayor frecuencia todavía se ha visto, durante violentas tempestades y aun después de calmado el viento, el agua cargada de arcilla o de cieno que había levantado del fondo a 100, 150 y 200 metros por debajo del nivel del mar. Finalmente, los experimentos directos de Weber en los movimientos de las ondas han demostrado que cada ola propaga su acción en sentido vertical hasta 350 veces su altura. Cualquier ola que no tenga más de 30 centímetros de elevación mueve todo el lecho del mar del Norte, cuya hondura es de unos 100 metros, y cualquier ola oceánica de 10 metros se nota a tres kilómetros y medio. Verdad es que a esas profundidades enormes la acción de la ola es ideal, digámoslo así, porque debajo de la superficie decrece en proporción geométrica, pero a 50 ó 100 metros solamente, las olas submarinas conservan todavía una gran fuerza, y se comprende que cuando millares y millones de ellas se detienen bruscamente en las fragosidades de las rocas y en las vertientes rápidas de los fondos altos, han de producirse violentos remolinos que vuelven en seguida sordamente a la superficie del agua. Por eso encuentra a veces el marino mares con mucho oleaje en tiempo tranquilo, sobre todo cerca de los bancos submarinos: de ello proceden esas olas de fondo que inesperadamente hinchán de pronto la masa del agua y ponen en peligro los barcos; de eso proceden esas mareas formidables que brotan de las profundidades del Océano y suben bruscamente las pendientes de las riberas, destruyendo cuanto encuentran a su paso.

En las orillas de las islas y de los continentes y en el contorno de los escollos es donde las olas aparecen en todo su grandor y se yerguen verdaderamente formidables. A consecuencia de la inclinación más o menos gradual del fondo hacia la orilla, la onda que viene de alta mar se envuelve encima de un lecho cada vez más cercano a la

superficie y tiene que menguar en velocidad forzosamente, pero al mismo tiempo aumenta con su propio espesor la capa de agua que cubre, y por consiguiente la onda que la sigue sufre menor disminución de velocidad en su fuerza impulsiva. La segunda ola se acerca sin cesar a la primera, la alcanza, hincha su cresta, y retrasándose a su vez da tiempo a veces a la tercera para que también la alcance. Finalmente, junto a la playa, la masa líquida, engrosada con las olas que la perseguían, no puede desarrollar su base en el fondo demasiado cercano; gana en altura lo que pierde en amplitud, se endereza como un muro, repliega hacia adelante su ancha voluta y se derrumba con estrépito proyectando a lo lejos en la orilla agua mezclada con arena y espuma. Esas olas, verdaderamente espantosas durante las tormentas, se elevan mucho más que las de alta mar; para los antiguos, las olas blancas de alta mar, cuyas crestas brillaban como vellones de ovejas, eran los rebaños de Proteo, y las olas de la orilla, llamadas todavía en algunas partes *cavalli* y *cavalloni*, eran los caballos de Neptuno.

La altura a que pueden llegar los surtidores de esas olas cuando la configuración del fondo y de los escollos favorece su movimiento, parece a veces prodigiosa: la masa de agua de mar que salta hacia arriba no puede compararse más que con una catarata al revés. Cuenta Spallanzani que a veces, en violentas tempestades, las olas llegan a alcanzar a la mitad y en ocasiones a la cima del Stromboluzzo, aguja de lava que se eleva cerca del Stromboli a 97 metros sobre el nivel medio del mar. El faro de Bell Rock, osadamente erguido a 34 metros sobre un escollo del litoral de Escocia, queda a veces envuelto entre olas y espumas hasta cuando las tempestades han dejado de revolver el mar. Finalmente, Smeaton ha visto olas que cubrían el faro de Eddystone y se elevaban todavía como una tromba de agua a 25 metros por encima del farol. La masa que se levanta así alrededor del edificio no puede ser menor de 2 a 3.000 metros cúbicos y pesa tanto como un poderoso navío de tres puentes. Después de los grandes asaltos del mar, quedan charcos salados a trechos en la cumbre de todos los acantilados.

La presión ejercida por tales masas de agua lanzadas con gran fuerza impulsiva no es menos asombrosa. Tomás Stephenson ha comprobado que la potencia del agua proyectada contra el faro de Bell Rock se elevaba a 17 toneladas por metro cuadrado. En la isla de Skenivore, la presión más fuerte se calcula en 30 toneladas y media por metro, o sea más de tres kilogramos por centímetro cuadrado. Con semejante fuerza, el mover masas de piedra que nos

parecen enormes es un juego para las olas tormentosas. Delante de todos los puertos de mar y de las radas donde se han hecho grandes trabajos, como diques y rompeolas, los marinos han podido observar la potencia prodigiosa de la ola irritada. Sobre todas esas obras avanzadas en Holyhead, en Kingston, en Portland, en Cherburgo, en Port-Vendres, en Liorna, se han visto olas que se apoderaban de materiales que pesaban muchas toneladas y los tiraban como juguetes por encima de los diques. En Cherburgo han hecho cambiar de sitio a los cañones de muralla más pesados; en Beaurahead, en las Hébridas, Tomás Stephenson ha visto que una masa de piedra de 43 toneladas había sido empujada hasta más de un metro y medio por el oleaje; en Plymouth, un barco de 200 toneladas fué arrojado, sin romperse, encima del dique y quedó erguido sobre el escollo donde se detenía el furor de las olas. En Dunkerque, según comprobó Villarceau con medidas muy delicadas, tiembla el suelo a kilómetro y medio de la orilla cuando el mar ruge con fuerza.

En el golfo de Gascuña, tan visitado por las tempestades, las olas procedentes del Norte y del NO. se abisman como en una especie de embudo y chocan contra las riberas con una violencia igual por lo menos a la de las olas de la Mancha y mares ingleses. Así es que las obras construídas por los ingenieros para defender las radas y los puertos contra esa terrible presión, muchas veces han sido destrozadas o a lo menos muy estropeadas por las olas; so pena de ver desaparecer en un día toda la obra de un siglo, el hombre ha de proseguir sin cesar la lucha enpeñada. Dice Palaá que durante el invierno de 1847-1848, peñascos artificiales de 38 toneladas de peso colocados en el extremo del dique de Biarritz han sido proyectados horizontalmente a 10 y 12 metros; uno de ellos fué levantado del todo a dos metros de altura, arrojado sobre el rompeolas y después derribado y arrollado por la tormenta. En San Juan de Luz las olas son tal vez más temibles, y alguna de las masas de piedra que se emplearon para construir el dique de Socra, a la entrada de la rada, no tiene menos de 60 a 70 metros cúbicos. Y sin embargo, la poderosa muralla no sería bastante fuerte si además no la defendieran piedras echadas al acaso y que forman delante del dique una escollera protectora.

Los únicos parajes en que despliegan las olas una fuerza más grande que en el golfo de Gascuña, son los asolados por los huracanes. En la isla de la Reunión se encuentra en medio del páramo un peñasco macizo de piedra madre-pórica que no tiene menos de 390 metros cúbicos, arrancado

del arrecife por las olas y empujado campo adelante. No es para asombrar que olas bastante poderosas para lanzar semejantes catapultas modifiquen tan diversamente las riberas, ya demoliendo los acantilados, ya creando islotes o lenguas de arena a la entrada de los golfos.

CAPITULO II

Las corrientes

I

Grandes movimientos de las aguas marinas. — Causas generales de las corrientes. — Los cinco ríos oceánicos.

Las corrientes, es decir, los movimientos reales del mar, mucho menos visibles a la mirada que los constituídos por las olas, tienen, sin embargo, mucha mayor importancia en la vida planetaria; a ellas se debe que enormes capas líquidas de millares de kilómetros de anchura y centenares de metros de profundidad sean arrastradas a través de las cuencas oceánicas; que las aguas de los mares polares se derramen hacia las regiones ecuatoriales y que éstas envíen olas hacia los polos. La masa líquida gira incesantemente, como en inmenso remolino, por cada mar del globo, y con el pensamiento puede seguirse su prodigioso circuito, desde los bancos de hielo hasta la tibia atmósfera de los trópicos. Las corrientes no son más que el mismo Océano en movimiento, y reparten las aguas marinas por todos los parajes de la esfera; son las sinuosidades del gran río salado de Homero, que se desarrolla alrededor de la tierra en inmenso circuito. Cada gotita que aun no ha sido aspirada en vapor, para comenzar su largo viaje a través de las nubes, las nieves, los ventisqueros y los ríos, cambia continuamente de sitio en los abismos del mar; baja hasta el fondo o sube a la superficie, se pasea del Ecuador al Polo o del Polo al Ecuador, y recorre así todas las regiones del Océano. A ese cambio de lugar continuo de sus innumerables moléculas debe el mar su asombrosa semejanza consigo mismo en todas las latitudes, por el aspecto, la composición y la salinidad de sus aguas.

Toda diferencia de nivel producida en la superficie líquida a causa de vientos prolongados, de fuertes lluvias o de una evaporación muy activa, tiene como consecuencia necesaria la formación de una corriente, porque el agua busca la horizontalidad de la superficie y se dirige sin cesar de los sitios más elevados hacia las depresiones. Toda variación atmosférica entraña como consecuencia un cambio de lugar en cualquier sentido de las aguas superficiales; pero las grandes corrientes que con movimiento regular se desarrollan alrededor de las cuencas del Océano, entre las zonas polares y la zona ecuatorial, están determinadas por causas generales que actúan a un tiempo sobre el planeta entero. Estas causas son el calor solar y la rotación de la Tierra alrededor de su eje.

La cuenca ecuatorial, calentada por los rayos solares, pierde gran cantidad de agua, que se transforma en vapor y sube a las capas altas de la atmósfera para condensarse en nubes. Admitiendo que la evaporación anual sea de cuatro metros y medio únicamente, cifra que creo inferior a la realidad, la cantidad de líquido arrebatado al Atlántico en la zona tropical vendrá a ser de 120 trillones de metros cúbicos, y representará, por lo tanto, el mismo valor que una masa cúbica de agua de unos 50 kilómetros de lado. Verdad es que una parte considerable de esos vapores, tal vez la mitad, vuelve a caer con las lluvias en el mar de donde salió, pero una gran porción de las nubes es arrastrada por los contraalisios y otras corrientes aéreas a los mares situados fuera de los trópicos y en los continentes vecinos. Cerca del Ecuador la evaporación quita al Océano mucha más agua de la que le devuelven las nubes, y por lo tanto, se forma un vacío inmenso que sólo pueden llenar las masas líquidas procedentes de las cuencas polares, en las cuales el ingreso traído por las nieves, las lluvias y los hielos supera a lo perdido en vapor. Esas masas líquidas sobrantes se precipitan, en efecto, hacia la zona tórrida y forman las dos grandes corrientes que desde los polos opuestos del globo van a encontrarse en el Atlántico o en el Pacífico y andan sin cesar describiendo una órbita regular como la de los cuerpos celestes. Además, el exceso de evaporación que hay en las aguas tropicales no es la única causa de ese gran movimiento de los mares polares hacia la zona tórrida. Los vientos alisios, arrastrados por el poderoso foco impulsor de los calores ecuatoriales, soplan incesantemente en la misma dirección, e impulsando las olas delante de sí, aceleran la marcha de la corriente oceánica.

Si la masa de agua que corre continuamente de los polos hacia el Ecuador fuera exactamente igual en cantidad a

la que se evapora, las corrientes marítimas se detendrían en los trópicos, y en ninguna parte se verificaría un movimiento de regreso hacia ambos océanos polares. Pero las aguas que afluyen del Norte y del Sur son siempre excesivas a consecuencia de la continua impulsión de los vientos alisios, y cuando llegan a los parajes de los trópicos las coge una nueva corriente, cuya verdadera causa es el movimiento de rotación de la Tierra alrededor de su eje. En efecto, gracias a la fluidez de sus moléculas, las capas líquidas no obedecen de manera absoluta al movimiento de proyección del planeta que las arrastra del Oeste al Este; bajando de los polos al Ecuador, y atravesando así latitudes cuya velocidad alrededor del eje del globo es mayor que la de ellas, se tuercen siempre hacia el Oeste, y este retraso continuo sobre la rotación del globo se convierte con relación a la superficie del mar en movimiento aparente de Oriente a Occidente. Al encontrarse en la zona tropical las corrientes polares, animadas ambas de un movimiento de derivación, se hieren oblicuamente y después se reúnen en un mismo río oceánico y van directamente al Oeste en sentido inverso del movimiento de la tierra sólida. Así es como se produce la corriente ecuatorial, que con las dos corrientes polares determinan todo el movimiento de las aguas en cada cuenca oceánica. Los otros ríos del mar no son más que simples derivaciones causadas por la forma de los continentes.

La corriente ecuatorial, que continúa las corrientes polares y forma con cada una de ellas un vasto semicírculo, no puede desarrollarse en libertad en toda la redondez del globo. Detenida en el Atlántico por el continente americano, en el Pacífico por Asia y por los archipiélagos que enlazan ese continente con la Nueva Holanda, se quiebra contra las orillas y se parte en dos mitades que se repliegan hacia los polos, una bajando al Sur y otra subiendo al Norte. El inmenso río refluye así hacia su origen, pero al mismo tiempo el movimiento de rotación terrestre que le hacía desviarse sin cesar hacia el Oeste, le obliga ahora a torcerse en dirección contraria. En el Ecuador, la velocidad angular de la superficie terrestre alrededor del eje del planeta es más considerable que en las demás latitudes, y por eso las aguas llegadas de los mares tropicales a los mares templados se mueven con más rapidez hacia el Este que el medio en que se encuentran; se desvían, por lo tanto, con dirección oriental, y cuando la corriente devuelta llega a los mares polares, parece que procede del Oeste. Así se completa el gran circuito de las aguas en cada hemisferio. El Atlántico y el Pacífico tienen cada cual su doble sistema circulatorio, for-

mado por dos inmensos remolinos unidos en la zona tórrida por una corriente ecuatorial común. El Océano Indico, limitado al Norte por el continente asiático, no tiene más que una corriente sencilla que gira incesantemente en su vasta cuenca entre Australia y Africa. En su conjunto recuerdan los ríos oceánicos por su distribución la de las partes del mundo. Los dos torbellinos del Atlántico corresponden a los dos continentes de Europa y de Africa. Los del Pacífico tienen una división binaria análoga a la de las dos Américas, y la corriente del mar de las Indias hace pensar en la enorme masa de Asia, que llena por sí sola una mitad del hemisferio septentrional.

II

El Gulf-Stream. — Su influencia en los climas. — Su importancia comercial.

De todos los ríos oceánicos es el más conocido aquella parte de la corriente del Atlántico boreal que los ingleses llaman *Gulf-Stream* o corriente del golfo, porque se desarrolla en largo circuito en el golfo de Méjico antes de llegar al Océano. Ya el año 1513 los españoles Ponce de León y Antonio de Alaminos conocieron la existencia de la corriente, y seis años más tarde, Alaminos, al salir del desemboque de las Floridas, se dejó llevar por las aguas a alta mar y descubrió el gran camino circular que tienen que seguir los buques para volver a Europa con prontitud. Desde que Vareño intentó descubrir el *Gulf-Stream*, y Vosio trazó en el mapa su inmenso circuito, y Franklin y Blyden lo exploraron científicamente por primera vez, ha sido estudiada esa corriente por numerosos geógrafos. Ninguna de las masas de agua que viajan por el mar merece ser más conocida en todos sus pormenores: ninguna es tan importante para el comercio de las naciones ni ejerce mayor influjo en los climas; al *Gulf-Stream* deben en gran parte las islas Británicas, Francia y los países vecinos su suave temperatura, su riqueza agrícola y, por lo tanto, gran parte de su poderío material y moral. Casi se confunde su historia con la del Atlántico boreal entero: tan capital es la influencia hidrológica y climatérica de esa corriente de los mares.

El célebre Maury consagra al *Gulf-Stream* la parte más importante de su obra clásica *Geografía del mar*. «En el Océano hay un río que no pierde caudal en las mayores se-

quías; que no se desborda en las mayores crecidas. Sus orillas y su lecho son capas de agua fría entre las cuales corren apresuradamente aguas tibias y azules. En ninguna parte del globo hay corriente tan majestuosa. Más rápida es que el Amazonas y más impetuosa que el Mississipi, y la masa de ambos ríos no representa la milésima parte del volumen que impulsa.» Con ese lenguaje épico empieza el hermoso libro de Maury.

Después de haber dado vuelta en seis meses al mar Caribe y al golfo de Méjico, después de haber arrojado sobre el litoral del Alabama las cenagosas aguas del Mississipi, el *Gulf-Stream* sigue las costas septentrionales de Cuba, rodea la punta meridional de la Florida y penetra en el estrecho que separa al continente americano de las islas y bancos de Bahama. Acrecentado con la masa de agua que le envía directamente la gran corriente ecuatorial por los estrechos del Archipiélago, y sobre todo por el canal viejo de Bahama, el *Gulf-Stream* va directamente al Norte y se arroja en el Océano por una desembocadura de 59 kilómetros de ancho y de un espesor medio de 370 metros. Allí es grande su velocidad y llega a igualar la de los principales ríos de la tierra, puesto que a veces es de siete a ocho kilómetros por hora, aunque sea generalmente de cinco y medio. La masa de agua que suelta la corriente puede calcularse en más de 33 millones de metros cúbicos por segundo, es decir, dos mil veces la que vierte el Mississipi, y, sin embargo, atribuían en otro tiempo algunos geógrafos al impulso de ese río de la América septentrional la existencia del *Gulf-Stream*. Cuando los vientos del Sur, del Oeste o del Noroeste, y el movimiento de las mareas favorecen la marcha de la corriente, lleva hacia el Atlántico cantidad de agua muy superior al término medio, pero en cambio, cuando la retrasan las tempestades del Nordeste, vierte en el Océano una masa líquida mucho menor; se hincha, se eleva, se derrama con furor en las tierras bajas que la rodean, asuela vastos espacios y hace desaparecer islas enteras. Al desembocar en el Océano, le ocurre al río marítimo lo que a los continentales: por un lado corre, por el otro deposita aluviones. Indudablemente las islas Bahamas, sembradas al Este del *Gulf-Stream*, y los cayos o escollos que se extienden al Norte en larga fila, descansan en un pedestal de bancos submarinos, formados en parte por los terremonteros del gran río. Al salir del estrecho de Bemini, la corriente del golfo se despliega y se extiende por el Atlántico, pero al mismo tiempo su profundidad se va haciendo menos considerable.

Mientras las capas de agua fría que le sirven de orillas

se alejan a cada lado y le dejan extenderse con mayor amplitud, la otra capa fría que le sirve de lecho, sobre la cual corre, como los ríos terrestres encima de un fondo de rocas, se acerca poco a poco a la superficie. Junto al cabo Hatteras, la profundidad de la corriente es de unos veinte metros y su velocidad cinco kilómetros por hora; pero es dos veces más ancho que a la salida del estrecho de Bemini y se extiende en un espacio de 125 kilómetros. El espesor de esa poderosa capa de agua templada disminuye sin cesar; cuando ha atravesado el Atlántico, no es más que una corriente superficial; verdad es que entonces cubre en anchura inmensa extensión marítima, desde las Azores hasta Islandia y Spitzberg.

Los sondeos verificados desde 1845 por los marinos del *Coast Survey*, de América del Norte, han demostrado que la corriente del golfo va a lo largo del litoral de los Estados Unidos a bastante distancia de las costas. La escasa inclinación de las tierras bajas de Georgia y las Carolinas continúa debajo del agua hasta que la plomada de la sonda alcanza una profundidad de unos 90 metros, entonces el suelo baja rápidamente y forma un largo valle paralelo a la ribera de los Estados Unidos y a los muros calizos de los Apalaches; por ese valle, abierto al Este del pedestal submarino de las tierras americanas, corren las aguas del *Gulf-Stream*. Gracias al movimiento de rotación del globo y probablemente también a la dirección general de las costas, la corriente constantemente va al Nordeste y no tropieza con ninguna de las puntas avanzadas del continente. En aguas de Nueva York y del cabo Cod se tuerce hacia el Este, y dejando de seguir a lo lejos el litoral americano, se lanza en pleno Atlántico hacia las costas de la Europa occidental. Según dice Maury, si cañones mostruosos tuvieran bastante poder para lanzar balas desde el estrecho de Bahama hasta el Polo boreal, los proyectiles seguirían casi exactamente la curva del *Gulf-Stream*, y desviándose gradualmente en el camino, llegarían a Europa viniendo del Oeste.

Del 43 al 47° de latitud septentrional, en los parajes del banco de Terranova es donde el *Gulf-Stream*, procedente del SO., encuentra en la superficie de los mares la corriente polar descubierta por los Cabot el año 1497. La línea de demarcación entre ambos ríos oceánicos nunca es absolutamente constante, y cambia de lugar según las estaciones; en invierno, o sea de septiembre a marzo, la corriente fría rechaza al *Gulf-Stream* hacia el Sur, porque durante aquella estación todo el sistema circulatorio del Atlántico, vientos, lluvias y corrientes, se aproxima al hemisferio meridional, sobre el cual viaja el sol. En verano, desde marzo a sep-

tiembre, el *Gulf-Stream* recobra la preponderancia, y queda más al Sur el lugar de su choque con la corriente polar. El enorme río ondula por los mares, y según la graciosa expresión de Maury, flota como un gallardete movido por la brisa; es probable, sin embargo, que la marcha de ambas corrientes no se modifique más que de un modo aparente a consecuencia de los derrames superficiales de agua fría o caliente. El banco de Terranova, enorme meseta rodeada completamente por abismos de ocho o diez kilómetros de profundidad, ha debido de ser formado en gran parte por el encuentro de las dos masas líquidas en movimiento. Al entrar en las aguas tibias del *Gulf-Stream*, derritense las montañas de hielo poco a poco, y dejan caer en el mar los despojos de que venían cargadas. El banco, que se va elevando gradualmente desde el fondo del Océano, es una especie de depósito común para los ventisqueros de Groenlandia y del archipiélago polar.

Después de haber chocado con las aguas del *Gulf-Stream*, las de la corriente ártica dejan en gran parte de correr por la superficie y bajan a las profundidades por el mayor peso que les da su baja temperatura. Puede conocerse la dirección de esa contracorriente, exactamente opuesta a la del *Gulf-Stream*, en las montañas de hielo que el tibio aliento de las latitudes templadas no ha derretido aún, y que viajan hacia el SE., al encuentro de la corriente superficial, que cortan como proas de navíos. Más al Sur, únicamente por los sondeos puede conocerse la existencia de esa corriente oculta, cuyas aguas frías sirven de lecho al cálido río salido del golfo de Méjico. Baja y baja cada vez más hasta el estrecho de las Bahamas, donde la descubre el termómetro a unos 400 metros de profundidad.

Sin embargo, una fracción de las aguas de la corriente polar se sostiene en la superficie y resbalando a lo largo de las costas occidentales de los Estados Unidos hasta la punta de la Florida, da al *Gulf-Stream* límites muy determinados. En general, el agua fría llegada de los mares árticos tiene bastante fuerza impulsiva para obligar a la corriente del golfo a replegarse sensiblemente hacia el Sur o para oponerle en otro sentido un valladar infranqueable. La parte más cálida y más veloz de la corriente del golfo, que forma precisamente la faja izquierda u occidental de la corriente, se encuentra inmediatamente yuxtapuesta a una capa de agua fría que se derrama en sentido inverso entre el *Gulf-Stream* y las playas americanas. Esa contracorriente, que interpone las aguas del mar glacial entre la ribera de las Carolinas y el río tibio salido del golfo de Méjico, limita el *Gulf-Stream* como una pared de hielo. A veces, la

línea de demarcación entre ambas masas líquidas es tan precisa, que la puede apreciar la mirada y se distingue el momento exacto en que el barco sale de una corriente para hender la otra con su tajamar.

El agua del *Gulf-Stream* es de un hermoso color azul, la de la contracorriente es verdosa; la primera está saturada de sal, la segunda es menos salina; aquélla es tibia, ésta, fría; sumergido alternativamente el termómetro en ambos líquidos, señala en seguida la diversidad de temperatura. En el límite de las corrientes, el roce de las dos masas de agua que corren en sentido inverso produce una serie de remolinos, de torbellinos y de olas cortas que dan a los ríos del Océano un aspecto análogo al de los continentales. Oyese a veces, a manera de mugido sordo, el ruido de las corrientes que se disputan la superficie del mar. Hierbas flotantes y otros residuos se mueven girando en el límite (que perpetuamente cambia) de ambos ríos combatientes.

El *Gulf-Stream*, como las demás corrientes, acaba sin embargo por mezclarse con las aguas del mar, y tiende así a igualar la proporción de la sal y demás sustancias contenidas en la masa líquida. La salinidad normal del mar Caribe es de 36 a 37 milésimas, excepto cerca de la desembocadura de grandes ríos. Después de haber recibido las aguas dulces del Mississippi y ríos visibles y subterráneos de la Florida, la corriente del golfo no llega a contener las 36 milésimas de sustancias salinas, pero esa salinidad va aumentando según adelanta la corriente hacia el Norte. Cerca de Terranova, donde las aguas del San Lorenzo y otros varios ríos, los hielos derretidos, las nieblas y las lluvias han endulzado las olas del mar, el *Gulf-Stream* ya no tiene ni 34 milésimas de materias salinas, pero llega poco a poco a la proporción de 35 al dirigirse hacia las costas de Europa occidental y regiones polares. Las corrientes de agua fría que les sirven de lecho son todas menos ricas en salinidad, según han demostrado Forchhammer y otros químicos, pero a consecuencia de la mezcla incesante de las aguas, hay en muchos parajes igualdad salina entre las corrientes.

Otra labor del *Gulf-Stream* no menos importante en la economía planetaria es la que verifica, de concierto con los vientos del SO., en el clima de Europa occidental. Al girar en el golfo de Méjico, como en una inmensa caldera, las aguas de la corriente se calientan poco a poco; cuando se escapan del estrecho de Bemini para entrar en el Océano, su temperatura pasa de 30° y es superior en cinco al calor normal de las capas líquidas cercanas. El calórico de las aguas del *Gulf-Stream* se pierde lentamente, y durante el invierno, las aguas de dicha corriente, cerca del cabo Hatte-

ras y del banco de Terranova, tienen una temperatura superior a 16° centígrados, mientras a algunos centenares de kilómetros, en las costas del Labrador, el agua marina se encuentra a veces a 4° debajo del punto de congelación; a pesar de las latitudes, las aguas de la zona tropical y las de la zona glacial están yuxtapuestas. En su marcha hacia el Norte, las capas de la superficie, que a consecuencia de la irradiación se han enfriado más que las capas subyacentes, bajan a una profundidad más o menos grande en la masa de la corriente y son sustituidas por aguas más calientes y más ligeras situadas inmediatamente debajo. Proyécese así una alternativa constante de posiciones entre las capas líquidas del *Gulf-Stream*, y por consiguiente, se puede notar, atravesando la corriente en toda su anchura, una serie de fajas paralelas de temperatura desigual. En cada una de esas fajas, las aguas cálidas se elevan sucesivamente a la superficie enfriada del mar. Si el *Gulf-Stream* no corriera sobre un lecho completamente compuesto de agua fría, sino sobre el mismo fondo del Océano, perdería rápidamente su elevada temperatura y dejaría de ser un foco de calor para el occidente de Europa. En efecto, siendo el suelo terrestre un buen conductor del calórico, las aguas tibias de la corriente le comunicarían su temperatura y acabarían por enfriarse del todo; pero el agua fría de la corriente polar, interpuesta entre el fondo del mar y las capas del *Gulf-Stream*, les sirve a éstas de pantalla protectora para evitar el enfriamiento. En semejantes contrastes se funda la armonía del mundo.

La cantidad de calor que la corriente del golfo arrastra hacia las regiones septentrionales es una parte muy importante del calórico almacenado en las aguas del clima tórrido. Cetáceos, peces y otros habitantes de la zona tropical bajan por el *Gulf-Stream* sin enterarse de que han cambiado de patria, y a veces llegan en sus aventurados viajes hasta las Azores y las costas de Islandia; las aves del Sur suben también hacia el Norte en la tibia capa de aire que se apoya en la corriente. En cambio, los animales de los mares septentrionales se quedan prisioneros en el Océano Glacial y las ballenas francas, como dice Maury, retroceden ante el *Gulf-Stream* como ante «una barrera de llamas». El calor total de la corriente bastaría, si se reconcentrara en un solo punto, para hender montañas de hierro y para producir la corriente de un río de metal tan poderoso como el Mississippi; bastaría también para convertir en temperatura estival constante toda la temperatura de invierno de la columna aérea que descansa sobre Francia y las islas Británicas. Por otra parte, aunque se extienda en enormes espa-

cios al oeste y al norte de Europa, la corriente del golfo no deja de ejercer una influencia preponderante en el clima de esta parte del mundo antiguo. Gracias a lo templado de sus aguas, los lagos de las Feroe y de las Shetland nunca se hielan en invierno; la Gran Bretaña se envuelve en nieblas como en inmenso baño de vapor, y el mirto crece en las riberas de Irlanda (esmeralda del mar) bajo la misma latitud que El Salvador, país de nieve y hielos. En la verde Erin, isla privilegiada bajo tantos aspectos, las costas occidentales, primeras que encuentra el *Gulf-Stream* después de atravesar el Atlántico, gozan de una temperatura dos grados más alta que las costas orientales. A pesar de la marcha del sol, hace por término medio tanto calor en Irlanda, bajo el grado 52 de latitud, como en los Estados Unidos, bajo el grado 38, a 1.650 kilómetros más cerca del Ecuador.

La corriente del golfo que lleva el calor tropical a las regiones templadas de Europa sirve también de camino real a los huracanes; por eso se ha llamado a esa corriente *weather breeder* (padre de las tormentas) y *storm king* (rey de las borrascas). Los movimientos del océano acuático y los del océano atmosférico se verifican con un paralelismo tan completo, como si constituyeran un fenómeno solo y único el conjunto de las corrientes aéreas y marítimas. Parece ser el *Gulf-Stream* para los vientos, como lo es para las aguas, el gran mediador entre ambos mundos. Lleva a los mares del Norte de Europa las materias salinas del mar de las Antillas; arrastra consigo el calor de los trópicos para que lo aprovechen las zonas templadas; señala el camino que siguen los torrentes de electricidad desprendidos de los huracanes antillanos. Es la gran serpiente de que hablan los poetas escandinavos, que desarrolla sus inmensos anillos a través del Océano, y con su cabeza que balancea junto a las orillas exhala suaves brisas o arroja rayos y tempestades.

La corriente del golfo atraviesa el Atlántico con una velocidad media de 38 kilómetros al día, como se ha comprobado, ya con medidas directas tomadas en diversos puntos del Océano, ya por medio de escritos, que después de haber sido arrojados al mar en botellas cerradas cuidadosamente, han viajado a gusto de las olas durante semanas o meses y han sido luego recogidos en otros parajes o en los arenales de las playas. En su largo trayecto, las aguas profundas del río marítimo de América no transportan otros aluviones que el polvo viviente de animalillos que llena las aguas tibias de la corriente y que cae como incesante nevada al fondo del mar, pero en la superficie del *Gulf-Stream* flotan a trechos troncos y ramas de árboles que varan des-

pués en alguna playa europea y hasta en las costas de Islandia o del Spitzberg; esos residuos creían nuestros antepasados en la Edad Media que procedían de la isla fabulosa de San Balandrán o de Antilia, y que daban mucho que pensar a los navegantes audaces, como el gran Colón. Simientes traídas del Nuevo Mundo por esa corriente encontraron terreno favorable en las riberas de las Azores, y a muchos millares de kilómetros de la tierra natal han germinado y han dado fruto. También a veces las olas del *Gulf-Stream* traen a Europa productos destrozados de la industria humana y restos de navíos destruidos. Durante la guerra de los Siete Años, se encontró en la costa septentrional de Escocia el palo mayor de un barco de guerra inglés, el *Tilbury*, que había sido destruido por un incendio cerca de Santo Domingo. También arribó un día a las Feroe una barca de río cargada de caoba; los restos de buques destrozados en parajes de Nueva Guinea han sido llevados al litoral de las islas Británicas, después de haber atravesado dos veces al Océano en sentido inverso. Esquimales ha habido que fueron llevados por las olas hasta las Orcadas.

Difícilísimo es precisar de un modo fijo la marcha del *Gulf-Stream* por los mares de la Europa occidental, a consecuencia de la enorme anchura de su capa movable. Puede decirse que se extiende realmente por todo el Océano, desde las Azores hasta el Spitzberg; pero como ha perdido en fuerza impulsiva lo que ha ganado en extensión, lo modifican y apartan de su curso una multitud de circunstancias locales y la variada configuración de las costas de Europa. La parte de la corriente que pasa por el norte de Irlanda y de la Gran Bretaña es la única que puede conservar su dirección primitiva. Baña todos los archipiélagos situados entre Escocia e Islandia, calienta las costas de Noruega, derribe los hielos del puerto de Hammerfest en Laponia, y se prolonga luego por los mares polares hasta el Spitzberg; según comprobó la expedición sueca en 1861, la corriente llega hasta las orillas septentrionales del referido Spitzberg, puesto que en la playa de Shoal Point, situada a más de 80° de latitud Norte, se han encontrado semillas de una planta de las Antillas (*Eutada gigalobium*). También es seguro que la corriente baña las costas occidentales de Nueva Zembla, porque se han encontrado allí botellas procedentes de una cristalería de Noruega y redes de pescadores escandinavos.

¿Cómo esas aguas, que se extienden en mucho espacio por los mares glaciales, continúan su marcha hacia el Polo?

Aquí empiezan las hipótesis, porque ningún navegante ha podido explorar todavía aquellos parajes ni estudiar su régimen hidrológico; pero a lo menos se conocen en parte

los orígenes de la corriente polar, y por la dirección que toma esa masa de agua puede indicarse la que debe seguir el mismo *Gulf-Stream*. A lo largo de todas las costas septentrionales de Siberia, según nos han enseñado Wrangel y otros exploradores, va de Este a Oeste una corriente de agua fría. Encontrando en el camino la isla de Nueva Zembla, cubre sus playas y sus escollos con enormes cantidades de nieve que dejan la isla completamente inhabitable y cierran los estrechos a la navegación. Detenidas por esa valla, las aguas de la corriente glacial tienen que refluir hacia el Norte, y han de dirigirse al Noroeste hacia el Spitzberg, cuyo archipiélago rodean al norte para entrar en seguida en los parajes de Groenlandia. Allí empiezan por fin a tomar directamente el camino de los mares ecuatoriales; todos los navegantes que se han aventurado al noroeste de Islandia han conocido la existencia de esa corriente que va a lo largo del litoral hasta el cabo Farewell; su velocidad media, según Graah y Scoresby, es de cinco a seis kilómetros diarios.

Al sur de Groenlandia, la capa adelgazada del *Gulf-Stream* ha de encontrar esa corriente transversal, e indudablemente, a consecuencia del peso más considerable que le da su abundancia de sustancias salinas, se sumerge en las profundidades para convertirse en corriente submarina que acaba por mezclarse completamente con las aguas frías de los mares boreales, y refluye en seguida hacia el Ecuador, en sentido inverso de su primera dirección. De modo que el río de agua tibia salido del golfo de Méjico alimenta con su incesante ingreso las corrientes polares, y se establece el gran circuito desde la zona del calor hasta la de los hielos. Tal vez el mismo reflujó del *Gulf-Stream* se verifica a veces bajo la presión de las aguas del Norte, con un brusco trastorno; eso es lo que puede explicar la gran salinidad de 35 milésimas encontradas por Forchhammer en las aguas de la corriente polar al Este de Groenlandia.

No es únicamente en la ancha extensión del Atlántico boreal, de Nueva Zembla a Islandia, donde emprende el curso submarino la corriente del golfo, sino también en el mar de Baffin, al oeste de Groenlandia. En efecto, desde el cabo Farewell hasta 8° más al Norte se ha comprobado la existencia de una corriente litoral que lleva los hielos en dirección exactamente contraria a la de la corriente que sigue al oeste las costas del Labrador y que sirve de camino real a los bancos durante el deshielo. Se consideraba hace poco esa corriente como continuación de la que sigue de Norte a Sur las costas orientales de Groenlandia, como si se hubiera replegado bruscamente alrededor del cabo Fa-

rewell, pero es mucho más natural pensar que la corriente polar sigue directamente su camino hacia el gran foco de atracción de los mares tropicales. En ese caso, la corriente de la costa occidental de Groenlandia vendría a ser sencillamente una rama del *Gulf-Stream*, y lo que da gran peso a esta opinión es que sus aguas están relativamente templadas; el mar se hiela poco en el litoral que baña esa corriente y el clima viene a tener 5° más de calor que en las riberas orientales. Hacia el grado 78 de latitud, esa corriente ribereña cesa completamente y entonces debe de convertirse en submarina para ir a refluir acaso a la superficie del mar libre de Kane.

De todos modos, si en los mares glaciales se convierten las diversas ramas de la corriente del golfo en contracorrientes inferiores, las corrientes polares hacen lo mismo más al Sur y se convierten en lecho de las aguas que van hacia el Norte. Estas contienen realmente más sustancias salinas, pero también son más tibias; la sal les da mayor peso, pero les aligera su alta temperatura, de modo que una leve diferencia de calor o de salinidad puede modificar su equilibrio o hacerles cambiar de posición con la corriente polar. En los mares templados, donde están todavía tibias y muy saladas, sobrenadan; en cambio se hunden en los mares glaciales, donde se han enfriado y se verifica la mezcla de las aguas saladas. Eso explica el cruce de las corrientes. Al norte del Spitzberg y de Nueva Zembla, el *Gulf-Stream* es una capa submarina; al sur de Islandia corren por las profundidades las aguas llegadas del Polo. No lejos de las Feroe, la sonda puede indicar la dirección seguida por la contracorriente glacial, gracias a las capas de residuos volcánicos traídos de las costas de Islandia y repartidos entre los grados 47 y 52 de latitud Norte, en un espacio de 25° de longitud. Ese río oculto debe de correr, a lo menos en ciertos lugares, sobre el mismo fondo del mar, porque diversos sondeos verificados por Mac Clintok al SE. de Islandia demuestran que todos los residuos ligeros han sido arrastrados por las aguas.

Si el *Gulf-Stream* proyecta hacia el Norte diversas ramas que contribuyen a formar el vasto torbellino circumpolar, otra rama, que corre hacia el Mediodía, acrecienta la corriente ecuatorial. Esa rama del *Gulf-Stream*, una de cuyas bifurcaciones penetra en la bahía de Vizcaya para formar la corriente costera llamada de Rennell, recorre las costas de la Península ibérica, sigue el litoral de Africa y después al sur de Canarias y de las islas de Cabo Verde, donde se producen contracorrientes laterales, entra en el gran río marítimo que mueve las aguas de Este a Oeste, siguiendo la marcha

del cielo. Así se completa la inmensa vuelta del Atlántico, en cuyo centro se extienden como archipiélagos las praderas del mar de algas. Gracias a ese perpetuo circuito, la navegación a la vela ha podido aproximar el Nuevo Mundo al occidente de Europa. Si Colón no hubiera podido utilizar la corriente semicircular que lleva de las costas de España a las Antillas, no habría descubierto a América; si el piloto Alaminos y (desde su primer viaje) la mayor parte de los navegantes que vuelven de las Antillas y de los Estados Unidos no hubieran seguido el curso del *Gulf-Stream* (a sabiendas o sin saberlo), las costas americanas habrían estado prácticamente mucho más lejos de Europa de lo que en realidad están. Las colonias, que han prosperado tanto como repúblicas independientes, estarían todavía en deplorable aislamiento; la civilización se hubiera retrasado mucho, y quizá se habría parado completamente por falta de alimento nuevo. Respecto al comercio propiamente dicho, puede juzgarse de la influencia que en él ha ejercido el movimiento de las aguas del Atlántico, examinando en el mapa la posición de los grandes centros de cambio. La Habana y Nueva Orleans, principales mercados de las Antillas y del Mississipi, están, digámoslo así, en la fuente del *Gulf-Stream*. Nueva York está situada frente al principal recodo de esa corriente, donde el enorme río llegado de las Antillas se repliega hacia Europa. Finalmente, Liverpool, entre tantos puertos considerables que baña el *Gulf-Stream*, al llegar a las costas del Mundo Antiguo es uno de los que se encuentran más directamente en el camino de las aguas.

Cuando descubrió Franklin, en 1775, que el marino no tiene más que sumergir un termómetro en el agua del Atlántico para saber si navega por el *Gulf-Stream* o fuera de él, comprendió en seguida el ilustre sabio la importancia de aquel hecho para la navegación. Durante mucho tiempo llegó a creer que debía ocultarlo, por temor de que el gobierno inglés, que entonces guerreaba con las colonias de América, aprovecharse aquel descubrimiento para enviar más rápidamente barcos y hombres contra las provincias sublevadas. Después de la expulsión definitiva de los soldados ingleses, ningún peligro de aquel género era ya de temer, y todos los navegantes pudieron conocer ya con precisión el camino que habían de seguir por el Océano para ir directamente de Europa a América, y que habían de evitar para efectuar la travesía en sentido inverso. Hacia la mitad del siglo último, los balleneros de Nantket y los marinos de Rhode Island habían llegado por la experiencia a elegir para la ida y la vuelta dos itinerarios diferentes; se dejaban llevar por el *Gulf-Stream* para «bajar» a Inglaterra, y

después, a la vuelta, cruzaban la corriente sobre los bancos de Terranova y «subían» con la contracorriente polar; en sus viajes, adelantaban por término medio unos 120 kilómetros diarios a los barcos de otros puertos de mar. Hoy los progresos de la navegación permiten utilizar la fuerza impulsiva de las corrientes del Atlántico boreal mucho mejor que los marineros de Providencia. La duración normal de las travesías se ha reducido a la mitad; antes se tardaban ocho semanas para ir de Inglaterra a los Estados Unidos; hoy los buques de vela la hacen en cuatro, y a veces la han hecho en dieciséis días; los buques de vapor, que también tienen su doble itinerario para utilizar la corriente, recorren el trayecto en nueve o diez días. Para el comercio, la civilización y la fraternidad de los pueblos, no es menos importante ese resultado que si los mismos continentes hubieran variado de lugar sobre la redondez de la tierra para suprimir las tres cuartas partes del Océano que los separa.

III

Corrientes del Atlántico meridional y del mar de las Indias. — Remolino doble del Océano Pacífico.

El circuito de las aguas llevado a cabo al Sur del Ecuador en la cuenca meridional del Atlántico, es mucho menos conocido que aquel del cual forma parte el *Gulf-Stream*, pero lo que han observado los navegantes demuestra que los movimientos de la masa líquida son análogos en ambos hemisferios. Una corriente de agua fría procedente de los mares antárticos viene a chocar con el banco de las Agujas al Sur del continente africano, y se divide en dos ramas: una de ellas entra en el Océano Indico, mientras la otra sigue las costas occidentales de Africa, penetra en el golfo de Guinea y a consecuencia del movimiento de la Tierra se repliega al Oeste en enormes semicírculos. Al Sur de las islas de Cabo Verde, las aguas procedentes de los mares australes se unen a las que se han salido del Océano Glacial del Norte, y reunidas en un río de 1.000 a 1.500 kilómetros de anchura, se mueven lentamente dirigiéndose a América del Sur y a las Antillas. La masa mayor de las aguas arriba al continente al norte del cabo de San Roque, promontorio avanzado del Brasil, y siguiendo al NO. las costas de las Guayanas y de Colombia, entra en el mar Caribe para formar el *Gulf-Stream*. Una fracción menos im-

portante de la corriente ecuatorial se repliega al sur del cabo San Roque y sigue al SO. el litoral brasileño, pero al bajar a latitudes cada vez más cercanas al Polo austral, el agua marítima procedente del Ecuador se adelanta incesantemente al movimiento de la tierra que lo lleva; por lo tanto se repliega al Sur y luego al SE., y como si fuera una corriente del golfo en sentido inverso, va a chocar con la corriente polar al este de las islas Falkland, cuya posición corresponde en el hemisferio austral a la de Terranova en el boreal. Allí la corriente de agua tibia, después de haber depositado en las riberas de las islas Falkland las maderas de derivación tomadas en las costas brasileñas se esconde bajo las capas más ligeras de la corriente glacial, mientras ésta se dirige al NE., hacia Santa Elena, y se une con el gran río ecuatorial; después de un período que se puede evaluar en tres años, queda completo el circuito.

Las observaciones, poco concertadas y a veces contradictorias, hechas por los diversos marinos que han estudiado los fenómenos de las aguas en el Atlántico meridional, parece que dan como cosa segura que las corrientes de esa cuenca no tienen una marcha tan regular como las del Atlántico boreal. Sucede a veces que el agua no sigue la dirección indicada en los mapas, y a veces hasta lleva un camino contrario al movimiento normal. La razón de esta diferencia entre ambas cuencas es muy natural. El Atlántico del Norte es un mar de forma general muy regular y limitado en cada lado por orillas casi paralelas, y el espacio acuático situado entre Africa y América Meridional se ensancha mucho cerca de las tierras glaciales del Sur; puede considerársele como un simple golfo del Gran Océano que se extiende por todo el contorno de la tierra, al sur de las tres extremidades meridionales de los continentes, y a consecuencia de esta disposición irregular de las costas, las variaciones del régimen normal de las aguas no pueden dejar de ser muy grandes. Las aguas frías del Polo antártico, cargadas de fragmentos, de bancos y de montañas de hielo, afluyen ciertamente con movimiento continuo para sustituir a los vapores que se elevan sin cesar del Atlántico ecuatorial, pero el juego regular de las corrientes se modifica, ya en un punto, ya en otro, según la mayor o menor actividad de la evaporación en los parajes del mar. Además, los vientos variables del litoral, que soplan alternativamente del Océano hacia la tierra, o de la tierra hacia el Océano, imprimen diversos movimientos a la superficie.

El mar de las Indias tiene también su gran circuito de aguas. También allí masas líquidas, enfiadas por haber estado debajo de la zona glacial, lindan sin cesar para regar

los vacíos causados por una evaporación anual de cinco o seis metros de espesor. Siguen la costa occidental de Australia y se unen en seguida con las aguas que vinieron del Pacífico por el estrecho de Torres y el archipiélago de la Sonda; pero allí parece que se pierde la corriente regular, y en los golfos de Bengala y Omán no se ven más que ríos marítimos que cambian de curso con los monzones. De todos modos es necesario que el movimiento general de las aguas continúe de Este a Oeste, alrededor de la vasta cuenca, porque en la costa occidental de Africa una corriente de agua tibia, alimentada sin cesar por los mares que bañan al Indostán y la Arabia, se dirige al SO., se abisma, con el nombre de corriente de Mozambique, entre la isla de Madagascar y el continente, roza el borde submarino del gran banco de las Agujas y se vierte en el Océano Antártico, después de haber mezclado una parte de sus aguas con el gran remolino del Atlántico. La corriente de Mozambique, en donde es más estrecha, es casi tan rápida como el *Gulf-Stream* y se mueve con una velocidad de siete kilómetros por hora. En el centro del torbellino de las aguas del Océano Indico, así como en el Atlántico boreal, se extienden sobre las aguas tranquilas praderas de algas.

El circuito de las corrientes comienza en el Océano Pacífico lo mismo que en las otras cuencas.

Un inmenso río de agua fría, de anchura desconocida, choca con el archipiélago de Magallanes al sur de América y se divide en dos corrientes parciales, una de las cuales, penetrando en el Atlántico al Este de las islas Falkland (donde nunca llegan los hielos), va a unirse con el gran redondeo de aguas entre Africa y el Brasil, mientras la otra se lanza directamente al Norte, siguiendo las costas de Patagonia, Chile y Perú: es la corriente de Humboldt, llamada así en recuerdo del célebre viajero, que fué el primero en conocer su existencia. Arrastra consigo grandes montañas de hielo, cargadas a veces de piedras y de restos desprendidos de los montes antárticos, y por el frío de sus aguas produce un descenso muy notable de temperatura en los países cuyas riberas baña. Esa masa líquida, que en las costas de Chile no tiene menos de 1.250 metros de profundidad, da a la vegetación del país notable analogía con la de Santa Elena, bañada a más de 7.000 kilómetros de distancia por otra rama de la corriente antártica. Humboldt y Duperrey han comprobado que a lo largo de las costas del Callao y del Guayaquil, es decir, en uno de los climas más secos y más expuestos a la fuerza de los rayos solares, la corriente es, por término medio, de 15 a 16° centígrados, mientras que los mares vecinos tienen 11 ó 12° más. Nin-

guna rama de coral puede arraigarse en los escollos ni en las riberas bañadas por esa corriente de agua fría. El río polar todo lo cambia a su paso: flora, fauna, climas, etc. Si no refrescara constantemente el aire el contacto del agua fría que viene del Polo, el Perú, tan escasamente regado por las lluvias, se transformaría en otro desierto de Sahara; la vida del hombre sería allí casi imposible. Esta corriente disminuye también las distancias, y Valparaíso, Coquimbo, Arica y Callao están en realidad menos lejanos de Europa de lo que en el mapa parecen, puesto que después de haber dado vuelta al cabo de Hornos, los barcos que siguen la costa occidental de América del Sur son impulsados 20 ó 30 kilómetros cada día por la corriente.

Ensanchándose cada vez más por la parte de alta mar, la corriente de Humboldt acaba por abandonar el litoral y se repliega hacia el Este para mezclar sus aguas con las de la corriente ecuatorial que se dirige de Este a Oeste a través del Pacífico. Esa masa líquida en movimiento es indudablemente el río oceánico más poderoso del planeta. Según Duperrey, no tiene menos de 5.500 kilómetros de anchura media desde el grado 26 de latitud Sur hasta el 24 de latitud Norte, y en su inmenso viaje en línea recta en derredor de la tierra atraviesa de 130 a 140° de longitud, es decir, más de un tercio de la circunferencia del globo. La velocidad media es, como la de la corriente de Humboldt, de unos 30 kilómetros diarios, pero en ciertos lugares se ha comprobado, según las estaciones, un andar dos veces más rápido. Se ignora qué masa enorme de agua cambia así de lugar desde un extremo del mar hasta el otro, porque habría que conocer para ello el espesor medio de la corriente y aun no lo han revelado los sondeos. Lo único sabido es que en el sitio donde las aguas procedentes del Polo empiezan a replegarse hacia el Oeste para entrar en el gran movimiento ecuatorial, corren en masa en la misma dirección hasta la profundidad de unos 1.780 metros.

En medio de las innumerables islas sembradas por el Pacífico, la regularidad general de la gran corriente se perturba con frecuencia, a lo menos en la superficie, a consecuencia de la evaporación, de las lluvias y del incesante trabajo de los zoófitos, que rompen el equilibrio del agua diversamente, pero bajo la triple influencia de la rotación terrestre, de los vientos alisios y de la gran ola de marea que se prolonga de Este a Oeste a través del Océano, la cantidad de agua que viaja cada día hacia el Occidente es seguramente de varias decenas de millares de kilómetros cúbicos. La única anomalía inexplicable en ese prodigioso movimiento de las aguas del Pacífico es la existencia de un río oceánico

que corre en sentido inverso a la corriente principal. Se ha observado ese reflujo al norte del Ecuador, en una anchura media de 50 kilómetros. Su velocidad es variable, y no siempre se dirige francamente hacia Oriente. A falta de medidas y experimentos ciertos que nos permitan darnos cuenta exacta de la marcha de esa contracorriente en las diversas estaciones, se han propuesto varias hipótesis para explicar su origen. La opinión común es que son masas de agua desviadas en su carrera y rechazadas hacia atrás por metasetas submarinas. Sin embargo, es mucho más sencillo suponer que constituyen un fenómeno normal, porque en el Océano Atlántico también se ha demostrado que hay remolinos laterales que corren en sentido inverso a la gran masa líquida que va de Este a Oeste.

Llegado al término de su viaje a través del Océano Pacífico, la corriente ecuatorial forzosamente ha de cambiar de dirección. Una parte de sus aguas, impulsada ya en un sentido, ya en otro, por los monzones que se suceden cerca de los continentes de Asia y de Australia, va al Océano de las Indias por los estrechos poco profundos de las islas de la Sonda; pero la gran masa de la corriente es rechazada, ya al Sur, ya al Norte, por la resistencia de las riberas, en las cuales tropieza y se estrella. La mitad de la corriente que choca con las costas australianas es empujada hacia el Sur y va en dirección a las tierras antárticas; anda así en sentido inverso a la corriente polar que acaba por encontrar al Sur de Nueva Zelanda y después se sumerge debajo de aguas más frías, que su menor salinidad hace más ligeras. Al Este y al Oeste corresponde a la corriente procedente de los mares antárticos completar el enorme circuito que describen las aguas en derredor de la cuenca meridional del Pacífico.

La otra mitad de la corriente ecuatorial, desviada por la Nueva Guinea, las Filipinas y la larga barrera de islas colocada delante de la China, se repliega gradualmente hacia el Norte, a lo largo de las costas exteriores del Japón. Es el *Gulf-Stream* del Océano Pacífico, llamado también corriente de Tersan por el marino que reveló su existencia a los sabios de Europa, pero desde hace centenares y acaso millares de años lo conocían los japoneses y lo utilizaban en su navegación costera; le dan el nombre de Kuro Sivo o Río Negro, sin duda por el intenso color azul de sus aguas. Menos rápido que el *Gulf-Stream*, su marcha viene a ser de más de dos kilómetros por hora, y en algún estrecho es aun más grande su velocidad. Cerca de Yeddo su temperatura media es de 24°, seis o siete más que las aguas en reposo que se encuentran a su lado. El Kuro Sivo, como

la corriente del golfo, se compone de fajas líquidas de temperatura desigual que corren unas junto a otras, como distintos ríos en un mismo lecho.

En aguas de la isla del Japón, obedeciendo ya el Río Negro a la fuerza impulsiva que le comunicó la rotación de la tierra bajo las latitudes tropicales, empieza a replegarse hacia el NE., y ocupando vastas extensiones pierde en profundidad lo que gana en superficie. Al norte del Japón encuentra oblicuamente una corriente de agua fría procedente del mar de Ochotzk, para llenar una parte del vacío causado por las evaporaciones en los mares ecuatoriales. Espesas brumas, semejantes a las de los bajos fondos de Terranova, reposan encima de los parajes donde se verifica el contacto entre el agua caliente y la fría; bancos de peces, explotados por los pescadores, pueblan también la zona marítima que sirve de límite entre ambas corrientes y donde el pasto de animalillos y de residuos traídos de los trópicos se junta a los acarreados por las olas procedentes del Norte. De todos modos, los fenómenos que ofrece el choque de las dos corrientes no tienen la misma grandeza en el Pacífico boreal que en las latitudes correspondientes del Atlántico, porque la masa de agua que desemboca desde el mar de Ochotzk es relativamente poco considerable y la abertura del estrecho de Behring, de una anchura de 50 kilómetros y de unos 100 metros de profundidad, tiene escasas dimensiones y no deja penetrar mucha agua del Océano Glacial en el Pacífico; únicamente las pequeñas corrientes costeras que llevan pinos y abetos a las orillas de Siberia y carámbanos redondeados a lo largo de ambas costas se cruzan de uno a otro mar. En verano la corriente que viene del Norte, lo mismo en la ribera oriental que en la occidental del estrecho, es superficial. En cambio, la escasa porción de agua del Río Negro que pasa a través de la fila de las Alentienas para entrar en el estrecho de Behring es submarina, a lo menos en verano. Llegada al mar Glacial, se mezcla, tibia todavía y muy salada, con el agua fría y ligera que baja al Atlántico por el mar de Baffin.

La gran masa del Kuro Sivo atraviesa el Pacífico boreal de Este a Oeste con una graciosa curva, no menos bella que la de las islas bañadas por sus aguas; después se tuerce gradualmente hacia el SE. y el Sur para costear las riberas de California; finalmente, cerca de los trópicos cambia otra vez de dirección y va a perderse en la corriente ecuatorial encerrando en tu torbellino un mar de sargazos poco menor que la del Atlántico.

Al revés de la corriente de Humboldt, que lleva agua fría y transporta montañas de hielo para refrescar la atmós-

fera seca y ardiente del Perú, el *Gulf-Stream* japonés arrastra a lo largo de las costas de Sitka y de Vancouver masas líquidas calentadas por larga permanencia bajo los ardores tropicales y lleva con sus efluvios la primavera a regiones que sufrirían si no un invierno rigurosísimo. Acarrea con sus olas los residuos que han recogido de las costas de las Molucas, de las Filipinas y del Japón. Da para que se calienten con leña a los habitantes de las Alentienas y de Alaska los alcanforeros y otros árboles olorosos de las tierras del Sur; sirve también de camino real a los barcos que se encuentran apurados, y cuentan numerosas tradiciones que marinos japoneses, arrastrados por la deriva, han llegado sin querer a las costas de América. Acaso a una de esas aventuras se debe que los navegantes chinos encontraran el Nuevo Mundo diez siglos antes que Colón, si es cierto que el País de Fusang, citado en los anales de la China, sea, en efecto, la tierra de Méjico y Guatemala. Neumann, D'Eichtal y otros sabios no dudan de la autenticidad de ese hecho histórico.

IV

Remolinos laterales. — Corriente de Rannell. — Contracorriente del mar de las Antillas. — Equilibrio de las aguas en el Báltico, en el Bósforo y en la entrada del Mediterráneo y del mar Rojo. — Cambio de agua y de sal entre los mares.

Ninguna de esas grandes corrientes que giran en las cuencas oceánicas ofrece en sus contornos exteriores las mismas sinuosidades que el mar en el cual circula. La mayor parte de sus riberas presenta en su desarrollo una serie de promontorios y de golfos, pero las corrientes se despliegan siguiendo largas curvas regulares y por su vasta circunferencia indican tan sólo la forma general de la depresión que las encierra. Cada golfo considerable que las tierras que avanzan separan del Océano permanece fuera del torbellino de las aguas, a menos de que se abra en el mismo eje de la corriente, como el mar de las Antillas. Pero esos parajes cuyas masas líquidas no son arrastradas por el movimiento general de circulación, no están completamente inmóviles: también tienen su sistema circulatorio, y ese remolino secundario recibe asimismo el impulso de la gran corriente marítima.

Notable ejemplo de esas corrientes de segundo orden se presenta al oeste de Europa, en la cuenca semicircular formada por las costas de España, Francia, Inglaterra e Irlanda. Una parte de las aguas del *Gulf-Stream* procedentes del Norte y del NO. choca con las costas de Galicia y Asturias; se tuerce al Este hacia el fondo del golfo de Gascuña, sigue el litoral de las Landas, después el del Saintouge, del Poitou y de Bretaña, y volviendo a dirigirse al NO. y al Oeste forma una especie de barrera líquida al través del canal de la Mancha. Al sur del cabo Clear, ese río oceánico conocido con el nombre de corriente de Rennell, porque aquel sabio inglés lo descubrió, entra de nuevo en el *Gulf-Stream* y vuelve al Sur con las aguas del Océano. Así se verifica un circuito completo alrededor de la cuenca análogo al que hay en cada uno de los grandes océanos del mundo. La corriente de Rennell, a su vez, siguiendo a mayor o menor distancia el litoral de los continentes, proyecta en las bahías pequeñas de la costa corrientes de tercer orden que también llevan a cabo su movimiento circular. Por impulsos laterales propágase la circulación del agua de los océanos a los golfos, de los golfos a las bahías, de las bahías a los ancones de la ribera. De todos modos, esas corrientes secundarias suelen tener menos regularidad que las generales, y algunos navegantes han comprobado que la corriente de Rennell circulaba en sentido inverso de su dirección normal.

Muévense generalmente las corrientes derivadas en dirección exactamente inversa a la del río principal, del cual no son más que ramas replegadas en sí mismas; ya permanentes, ya temporales, se encuentran en todos los mares abiertos o mediterráneos, en todos los golfos y en todas las bahías del Océano. Hasta en el mar de las Antillas, cuyas aguas van arrastradas casi en masa hacia el golfo de Méjico, ofrece en su extremo occidental una corriente permanente que desde las costas del istmo va a las de Colombia. Una embarcación llevada al garete por la corriente a los parajes de Nicaragua, no tendría que hacer más que subir hacia Colón y después abandonarse a las olas para hacer suavemente su travesía de regreso, llevada por las aguas que van incesantemente hacia Cartagena y Santa Marta.

No viajan de otro modo muchos navegantes perezosos desde los puertos del istmo hasta los de Costa Firme; sin hacer caso del tiempo se dejan mecer por las olas, sin tomarse el trabajo de tender las velas; su goleta, más lenta que una tortuga marina, no anda más que una milla por hora, y luego, después de ocho o diez días de travesía, columbran al fin las montañas azules de Nueva Granada y las orillas arenosas sombreadas por cocoteros.

Algunas corrientes proceden sin duda alguna de la ruptura del equilibrio entre los niveles; por ejemplo, el mar Báltico, que recibe más agua traída por los ríos que la que pierde por evaporación, necesariamente ha de verter ese sobrante en el mar del Norte a través del estrecho del Sund y los dos Belt. Sin embargo, siendo esas salidas bastante anchas y profundas para que se derrame en poco tiempo la masa de agua sobrante, la corriente de salida no es permanente; a veces las olas, impulsadas por el viento del Oeste, van a su encuentro, desde el mar del Norte hasta el Báltico, y de esos conflictos de las aguas se originan movimientos locales e imprevistos, temibles para las embarcaciones; de cada cuatro días las aguas superficiales corren durante cuarenta y ocho horas próximamente hacia el Cattegat, refluyen al Báltico durante un día, y durante el otro no se nota movimiento sensible en ninguna dirección. A veces también, según Forchhammer, se deslizan una sobre otra dos corrientes contrarias, una superficial y ligera, procedente del Báltico; otra más pesada por su mayor salinidad submarina, del mar del Norte.

Al otro extremo de Europa ocurren fenómenos semejantes en el Bósforo, a la salida del mar Negro. Ese estrecho, que recibe las aguas sobrantes del Ponto Euxino, presenta una anchura media de 1.800 metros por 27 y medio de profundidad, de modo que si las aguas marinas entraran en él de una manera continua como en el lecho de un río, y fuera su velocidad nada más que de dos kilómetros por hora, no soltaría menos de 27.500 metros cúbicos por segundo. Probable es que todos los afluentes juntos del mar Negro y del mar de Azof no llevan más de la mitad de esa masa, y además, gran parte de su tributo en agua se evapora. Por lo tanto, el Bósforo es demasiado grande para servir de lecho a una corriente única que se derramara del mar Negro en el de Mármara. Si se observa que sus aguas bajan generalmente al Mediterráneo con una velocidad de tres, cuatro o siete kilómetros por hora, también se ha comprobado la existencia de contracorrientes laterales bastante rápidas, y a veces los vientos que soplan del Oeste hacen refluir la corriente principal al estrecho. Existe asimismo un movimiento submarino de las aguas que se dirige al mar Negro, según comprobó ya Marsigli el siglo pasado.

Al oeste del Mediterráneo, entre Gibraltar y Ceuta, la corriente normal es la que procede del Océano; en efecto, el Mediterráneo tiene pocos tributarios considerables; no recibe más que un río verdaderamente grande por la masa de sus aguas, el Danubio, y los demás afluentes de cierta importancia, el Ródano, el Po, el Dniester, el Dnieper, el

Don y el Nilo no le dan más de unos 15.000 metros cúbicos de agua por segundo. En cambio, la evaporación es muy activa en la cuenca del Mediterráneo, especialmente en las costas de Egipto y Trípoli. Puede admitirse que la cantidad de agua arrebatada a esa cuenca por los rayos solares y no restituída directamente por las lluvias representa una succión anual de metro y medio, y esto se aproxima mucho a la verdad, puesto que en los alrededores de Génova, de Beaucaire, de Arlés y de Perpignán, en las orillas septentrionales del mar la evaporación pasa de un centímetro diario durante los grandes calores y de 60 centímetros durante los tres meses de verano, mientras en todo el año el total de las lluvias es de 50 centímetros lo más. Resulta de eso que el Mediterráneo pierde constantemente tres veces más agua de la que le dan sus tributarios, y el Océano ha de llenar ese vacío. Una parte de la corriente que sigue de Norte a Sur las costas de España y Portugal entra por el estrecho de Gibraltar y se extiende luego a lo lejos en el Mediterráneo en capas superficiales. De todos modos, si ese mar interior no enviase también una contracorriente al Atlántico, se convertiría tarde o temprano en inmensa llanura salada. Perdiendo incesantemente agua dulce por la evaporación y recibiendo agua salada que le trae el Océano, acabaría su masa líquida por saturarse y los cristales de sal alfombrarían el lecho marino en capas cada vez más espesas. Para que no se rompa el equilibrio de salinidad entre ambos mares, es necesario que el Mediterráneo envíe al Atlántico sus aguas más saladas. Y así se verifica. Además de los remolinos laterales que hay a lo largo de las orillas, a cada lado de la corriente que viene del Atlántico, una contracorriente mediterránea se desliza por debajo de las aguas superficiales más ligeras y se dirige al Océano; ese río submarino, que franquea la compuerta de Gibraltar para perderse en alta mar, según lo han comprobado los análisis químicos, es una corriente de agua pesada, casi saturada de sal. Así se verifica el cambio en el estrecho paso de Gibraltar: el Atlántico da al Mediterráneo el agua que éste necesita, y el mar devuelve al Océano la sal que le sobra; la igualdad, perturbada incesantemente, trabaja sin descanso para restablecerse por encima de la compuerta que separa a ambos mares, a unos 1.000 metros de profundidad.

Esta armonía de las fuerzas naturales se demuestra de una manera más notable aún a la entrada del mar Rojo. Este golfo alargado, que no tiene menos de 2.300 kilómetros desde el estrecho de Bab-el-Mandeb hasta Suez, recibe de la atmósfera y de las comarcas ribereñas una cantidad de agua tan escasa, que se puede considerar nula. Pocas veces

llueve en aquella extensión líquida proyectada entre los dos desiertos de Egipto y Arabia y ni un solo torrente constante le da sus aguas. El mar Rojo no es más que una inmensa cuenca de evaporación, y su pérdida anual es tanto más grande, cuanto que los rayos del sol brillan casi siempre en un cielo sin nubes. Se calcula la sección líquida transformada en vapor en unos veinte milímetros cada veinticuatro horas, o sean más de siete metros al año; de modo que si el golfo estuviera completamente cerrado, el agua, cuya profundidad media no pasa de 400 metros, se quedaría seca enteramente en un plazo de 60 años. Gracias a la superioridad de su nivel, las aguas del Océano Indico son llevadas al mar de Arabia por el estrecho de Bab-el-Mandeb, y ese flujo superficial y submarino debe de hacerse notar con tanta más fuerza cuanto que durante ocho meses del año los vientos soplan del Norte al Sur, precisamente en el eje del mar Rojo y tenderían a vaciar el golfo si lo permitieran las leyes de la gravedad. Pero sea cual fuere la velocidad de la corriente que procede del mar de las Indias, una parte de sus aguas se evapora en el camino, y por lo tanto, la masa líquida, disminuída en cierta cantidad por la evaporación, debe de irse haciendo más salada según adelanta hacia el Norte. En efecto, se ha comprobado, por análisis directos, que de Adén a Suez, la cantidad de sal encerrada en el mismo volumen de agua aumenta gradualmente; en algo más de 39 por 1.000 a la entrada del golfo, se eleva a 41 y hasta a 43 por 1.000 en el extremo septentrional. Un sabio de Bombay, el doctor Buist, ha calculado que si el mar Rojo no devolviera al Océano la sal concentrada a consecuencia de la evaporación, acabaría por convertirse en masa sólida de sal en menos de tres mil años y tal vez en quince o veinte siglos. Y hace millares y millares de años que existe el mar Rojo, y sus aguas, aunque más saladas que las de otros mares, están muy lejos de hallarse saturadas. Hay que aceptar por lo tanto la conclusión inevitable de que una corriente submarina de agua muy salada se derrama por el estrecho de Bab-el-Mandeb en el Océano Indico, desliziéndose en sentido inverso, por debajo de la corriente superficial, que alimenta el golfo Arábigo. Así como en las casas cada puerta sirve a un tiempo de paso a dos corrientes contrarias, la del aire más saliente y más ligero que pasa por arriba y la del más frío y pesado que penetra por abajo, así en los mares cada estrecho es recorrido por dos ríos líquidos diferentes en temperatura y en riqueza salina.

Todos esos fenómenos de cambio que se verifican de manera tan notable en la entrada del mar Rojo, del Mediterráneo y del Báltico, se reproducen en la inmensidad de los

mares donde una causa cualquiera perturba el equilibrio de nivel, de calor o de salinidad. Así, el Atlántico, más favorecido que el mar del Sur por lluvias y afluentes, no está más elevado, y el Pacífico no contiene cantidad más considerable de sal que los otros océanos: en todas las partes del planeta, los mares que bañan las tierras más diversas de aspecto y de formación geológica, tienden a asemejarse por la composición, la salinidad y la mayor parte de los fenómenos de sus aguas. Las corrientes son los grandes agentes de ese equilibrio de los mares, pero por su misma movilidad, por su dependencia de las estaciones, de los vientos, de la configuración de las costas, finalmente, por la parte submarina de su curso, son muy difíciles de observar de una manera sistemática, y entre las numerosas corrientes generales y parciales, no hay una, ni siquiera el *Gulf-Stream*, cuyo curso normal se pueda trazar con precisión. Multiplíquense afortunadamente las observaciones científicas en todos los puntos del mar, se añaden y enlazan unas a otras, y acercan poco a poco a la verdad las aproximaciones que surgen de la comparación de los hechos. Cada nuevo sondeo, cada nueva lectura termométrica es una adquisición de la ciencia y permite ver con mayor claridad la compleja circulación de las aguas en el inmenso laberinto del Océano.

CAPITULO III

De las mareas

I

Oscilaciones del nivel del mar. — Teoría de las mareas.

Otro movimiento que agita constantemente las aguas del mar es el de las mareas. Mientras las corrientes pasean las olas de uno a otro Polo y mueven la misma masa del Océano, las mareas modifican incesantemente su nivel con las alternativas de flujo y reflujo que dan al agua; elevan o deprimen sin descanso el conjunto de las ondas en todas las riberas del globo; la playa que invaden y descubren sucesivamente es terreno indeciso entre ambos elementos y forma alternativamente parte de la cuenca oceánica y del relieve continental. Dos veces al día son invadidas por las olas vastas llanuras de arena, como la del monte de San Miguel, fórmanse bahías profundas dentro de la tierra y bogan barcas a toda vela por el sendero que el peatón acaba de dejar. Dos veces al día, la misma ola de marea hace retroceder a las aguas que le llevan los continentes, transforma en grandes ríos humildes arroyuelos, convierte en grandes puertos interiores oquedades llenas de cieno y levanta flotas de barcos por encima de bancos de arena y escollos ocultos. Seis horas después cambia todo de nuevo. Los puertos de marea quedan sembrados de buques en seco, echados en el lodo, las bocas de los ríos dejan al descubierto sus islas de aluviones, las grandes bahías vuelven a ser llanos arenosos. El contorno de los continentes cambia constantemente de aspecto, el cinturón de los estuarios y de los puertos, de los escollos, de los bancos de arena y de las playas que rodea las costas no deja de modificarse y de transformarse en la misma medida la geografía de las riberas. Además, no pue-

mares donde una causa cualquiera perturba el equilibrio de nivel, de calor o de salinidad. Así, el Atlántico, más favorecido que el mar del Sur por lluvias y afluentes, no está más elevado, y el Pacífico no contiene cantidad más considerable de sal que los otros océanos: en todas las partes del planeta, los mares que bañan las tierras más diversas de aspecto y de formación geológica, tienden a asemejarse por la composición, la salinidad y la mayor parte de los fenómenos de sus aguas. Las corrientes son los grandes agentes de ese equilibrio de los mares, pero por su misma movilidad, por su dependencia de las estaciones, de los vientos, de la configuración de las costas, finalmente, por la parte submarina de su curso, son muy difíciles de observar de una manera sistemática, y entre las numerosas corrientes generales y parciales, no hay una, ni siquiera el *Gulf-Stream*, cuyo curso normal se pueda trazar con precisión. Multiplíquense afortunadamente las observaciones científicas en todos los puntos del mar, se añaden y enlazan unas a otras, y acercan poco a poco a la verdad las aproximaciones que surgen de la comparación de los hechos. Cada nuevo sondeo, cada nueva lectura termométrica es una adquisición de la ciencia y permite ver con mayor claridad la compleja circulación de las aguas en el inmenso laberinto del Océano.

CAPITULO III

De las mareas

I

Oscilaciones del nivel del mar. — Teoría de las mareas.

Otro movimiento que agita constantemente las aguas del mar es el de las mareas. Mientras las corrientes pasean las olas de uno a otro Polo y mueven la misma masa del Océano, las mareas modifican incesantemente su nivel con las alternativas de flujo y reflujó que dan al agua; elevan o deprimen sin descanso el conjunto de las ondas en todas las riberas del globo; la playa que invaden y descubren sucesivamente es terreno indeciso entre ambos elementos y forma alternativamente parte de la cuenca oceánica y del relieve continental. Dos veces al día son invadidas por las olas vastas llanuras de arena, como la del monte de San Miguel, fórmanse bahías profundas dentro de la tierra y bogan barcas a toda vela por el sendero que el peatón acaba de dejar. Dos veces al día, la misma ola de marea hace retroceder a las aguas que le llevan los continentes, transforma en grandes ríos humildes arroyuelos, convierte en grandes puertos interiores oquedades llenas de cieno y levanta flotas de barcos por encima de bancos de arena y escollos ocultos. Seis horas después cambia todo de nuevo. Los puertos de marea quedan sembrados de buques en seco, echados en el lodo, las bocas de los ríos dejan al descubierto sus islas de aluviones, las grandes bahías vuelven a ser llanos arenosos. El contorno de los continentes cambia constantemente de aspecto, el cinturón de los estuarios y de los puertos, de los escollos, de los bancos de arena y de las playas que rodea las costas no deja de modificarse y de transformarse en la misma medida la geografía de las riberas. Además, no pue-

den verificarse movimientos tan considerables sin que los acompañen poderosas corrientes que se dirigen alternativamente de alta mar al litoral, y de éste a aquélla, y contribuyen en gran parte a la circulación y a la mezcla de las aguas en el Océano. La influencia que el vaivén de las mareas ejerce indirectamente en el comercio y en la civilización de los pueblos es inmensa; a esos movimientos del mar debe en gran parte Inglaterra su poderío y su fuerza.

En todas las épocas, las poblaciones de las orillas del Océano han comprendido, sin poder darse cuenta de ello, que los fenómenos alternados del flujo y del reflujo dependen de la posición de la Luna y del Sol respecto a la Tierra. Las coincidencias que diariamente veían reproducirse entre los movimientos de las mareas y los de aquellos astros no podían dejarles ninguna duda de ello. Los marinos y pescadores, acostumbrados a mirar al cielo para buscar las señales del tiempo y los indicios de la ruta que habían de seguir, comprobaban fácilmente que la vuelta de cada segunda marea corresponde exactamente al paso de la Luna por el mismo grado del cielo, es decir, al principio del nuevo día lunar; según las transformaciones de la figura del astro, en creciente, en menguante, en disco, veían cambiar las mareas de una manera regular y ser cada vez más fuertes, para disminuir luego de día en día hasta el fin del mes lunar; finalmente, los movimientos del Sol les anunciaban también por adelantado el estado próximo de la ola, pues el equinoccio de marzo y el de septiembre van siempre acompañados de mareas muy fuertes. Esas coincidencias entre los fenómenos del mar y los movimientos solares y lunares son tan señalados, que todas las poblaciones bárbaras de las riberas los han notado y han dado toscamente su teoría en sus cantos simbólicos. Así es que las *sagas* escandinavas representan a Thor, el dios de las fuerzas aéreas, aspirando el agua de un cuerno que se sumerge en las profundidades del Océano y levantando con poderoso aliento las olas para dejarlas caer después. ¿Qué significa esa extraña leyenda sino que las oscilaciones regulares de la marea dependen de las fuerzas cósmicas a que el mismo planeta está sometido?

De todos modos, hay gran distancia de esos relatos simbólicos de los antiguos escandinavos a la teoría científica de las mareas, según la han sentado las pesquisas y la sagacidad de Newton y de Laplace. El mismo Plinio, cuando afirmaba resueltamente que las mareas se deben a la influencia combinada del Sol y de la Luna, se limitaba a resumir en términos precisos lo que sabían todos los habitantes de las riberas del Océano, pero no habría podido exponer cómo

se ejerce esa influencia. La explicación de ese misterioso fenómeno de la hinchazón periódica de las olas no ha podido intentarse hasta los tiempos modernos, con auxilio de los conocimientos obtenidos por los astrónomos sobre la marcha de los cuerpos celestes y de los poderosos medios de investigación que les han dado las matemáticas. Keplero fué el primero que indicó lo que se había de hacer, y Descartes y luego Newton dieron cada cual su teoría explicatoria de las mareas, uno por la presión, otro por la atracción que ejercen el Sol y la Luna en las aguas movibles del mar. La última teoría, la de Newton, es la que luego desarrollaron, modificándola mucho, Bernouilli, Euler y Laplace, y cotejaron Lubbock, Whewell, Chazallón y otros muchos físicos con los hechos en la ribera del Océano.

Muy satisfactoria en ciertos aspectos se acepta hoy generalmente, pero todavía tiene contrincantes eminentes, entre los cuales hay que citar a F. Bouchepoon; muchos fenómenos locales no se comprenden aún. Para seguir a las mareas en sus viajes y sus fluctuaciones a través de los mares, no basta con conocer las leyes de la gravedad ni con calcular con rigurosa precisión la marcha y la posición de los astros; también hay que conocer todos los hechos relativos al movimiento de los flúidos y saber aplicar a todos sus fenómenos de aceleración, de retraso, de cruzamiento, de interferencia, de equilibrio las fórmulas más minuciosas y complicadas de las matemáticas superiores. Finalmente, sería indispensable no ignorar nada de la forma de las riberas y de las desigualdades del fondo del mar.

Reducida a sus elementos principales, la teoría de las mareas expuesta por Laplace y admitida luego generalmente es muy sencilla. No es la Tierra un cuerpo aislado en el espacio; la atraen todos los astros vecinos, y en gran parte esa fuerza de atracción es la que la hace girar alrededor del Sol y le da la Luna por satélite. Imagínese un momento la Tierra cubierta de agua en toda su redondez y sometida únicamente a la atracción de la Luna. La parte superficial del planeta será más atraída que el núcleo central, por estar más cerca del astro que la solicita, y gracias a la facilidad con que sus moléculas líquidas resbalan unas sobre otras, se hinchará, digámoslo así, hacia la Luna, hasta que su peso equilibre la fuerza que la arrastra. Se formará una tumefacción, cuya cima se encontrará exactamente en la línea ideal que reúne el centro de la Tierra con el de la Luna. Al otro lado del planeta, según la teoría general, las olas deben de hincharse en ola correspondiente, por causa precisamente inversa. Las capas líquidas de esa parte están más alejadas de la Luna que el núcleo sólido, y por lo tanto son menos

atraídas que éste y tienen que quedarse bastante atrás, y forman así una nueva tumefacción, cuya cumbre se encuentra en la prolongación de la línea que une al planeta con su satélite. Considerada en su conjunto, la masa de las aguas marinas toma la forma de un elipsoide, cuyo eje mayor se dirige hacia la Luna, que es el centro de atracción. Resulta de ello que la marea debe de ser nula o muy débil en los polos, puesto que en su movimiento de revolución, la Luna, yendo al norte o al sur del Ecuador, está en el cenit de las regiones tropicales o subtropicales.

Si la Tierra permaneciese inmóvil, las dos olas opuestas andarían lentamente siguiendo la marcha de la Luna, pero a consecuencia de la rotación del globo tienen que moverse y perseguirse con rapidez en la redondez terrestre, moviéndose la ola de mayor atracción sin cesar en la parte iluminada por la Luna, mientras la ola de escasa atracción se propaga al otro lado de la Tierra, en la parte más lejana del satélite. Durante el espacio de un día lunar, es decir, durante las 24 horas y 50 minutos que tarda la Tierra en presentar sucesivamente todas las partes de su superficie al astro que la acompaña, cada una de ambas olas debe verificar un circuito completo alrededor del planeta durante 12 horas y 25 minutos. Así se verifica, en efecto, en toda la extensión del mar. Las numerosas irregularidades que presenta el fenómeno en su altura y en el momento preciso de su aparición, dependen de todos los obstáculos que escollos, islas, continentes, vientos y corrientes oceánicas oponen a la libre circulación del agua.

Pero no es la Luna el único astro cuya atracción se manifiesta de modo sensible en las olas del Océano. El Sol, que arrastra a la Luna en su órbita inmensa a través de los cielos, está bastante cercano del planeta para levantar también las moléculas líquidas. La atracción total ejercida por el Sol en la Tierra es 162 veces mayor que la atracción total de la Luna, y, por lo tanto, enderezaría las mareas en verdaderas montañas, altas como las Cevenas, si la verdadera causa del flujo no se encontrara en la diferencia de atracción ejercida en las moléculas acuosas de las diversas partes de la Tierra. Siendo igual la distancia de la Luna a 60 radios terrestres nada más, la acción del satélite es mucho más fuerte en las regiones oceánicas próximas que en las aguas situadas a millares de kilómetros más lejos; en cambio, el Sol obra casi de la misma manera en las moléculas acuosas de toda la superficie de los mares. Según los resultados obtenidos por los cálculos de los matemáticos, la fuerza atractiva del Sol es inferior en un tercio a la de la Luna para levantar las olas.

Dos olas de marea, la lunar y la solar, se levantan por lo tanto en la superficie del Océano. Deberían dar la vuelta, una en veinticuatro horas y cincuenta minutos, y otra, en veinticuatro horas, pero las dos olas de origen distinto no se separan en su marcha alrededor del globo; gracias a la movilidad incesante de las aguas, se mezclan, se confunden, y en su masa común únicamente el cálculo puede discernir la parte que corresponde a cada astro. Juntas ambas tumefacciones, viajan en derredor de la Tierra de Este a Oeste, es decir, en sentido inverso del movimiento de rotación del globo. Sirviendo así de freno al planeta, a la larga han de producir esa disminución de velocidad que los cálculos y deducciones de Meyer, Tyndall, Joule, Adams y Delaunay dan como inevitable.

Cuando la Luna llamada nueva vuelve hacia nosotros su faz oscura y se encuentra casi en la misma dirección que el Sol relativamente a la Tierra, las atracciones de ambos cuerpos celestes se suman una a otra, y las dos olas de marea, levantadas a un tiempo hacia el mismo punto del espacio, se superponen exactamente, forman las mareas de sizigia o mareas vivas, que se yerguen a gran altura sobre las olas. En el plenilunio, es decir, cuando el astro, completamente iluminado, está en oposición directa con el Sol, fórmanse nuevas mareas de sizigia, no menos elevadas que las primeras, porque bajo la acción de los astros, situados uno frente a otro, prodúcese una doble tumefacción en ambos lados de la tierra. Durante las demás fases de la Luna deja de existir la coincidencia; en las cuadraturas los dos grandes movimientos de la ola son contrarios entre sí, y la marea que representa entonces la ola lunar, disminuida en toda la altura de la ola solar, es menos alta que durante las demás fases de la Luna. Si ambas fuerzas de atracción tuvieran igual poder, quedaría completamente neutralizada la marea e inmóvil el nivel del mar.

Los periodos de las mareas son exactamente iguales a los de los astros que las causan. El período semidiurno o de doce horas y veinticinco minutos está comprendido entre los dos pasos de la Luna por los meridianos opuestos de cada lado de la Tierra. El período diurno, durante el cual el Océano se eleva y desciende dos veces, corresponde de modo exacto a lo que dura una rotación aparente del satélite alrededor del planeta. La misma coincidencia se verifica en el período semimensual con la vuelta de las mareas altas. Ocurre de dos en dos semanas con la vuelta de la Luna llena o nueva y termina el período mensual. Acaba cuando vuelve a empezar la serie de fases lunares. Es más: las mareas tienen también su período semianual en los equi-

nocios de marzo y de septiembre, porque hallándose entonces el Sol directamente encima del Ecuador terrestre, ejerce una atracción más fuerte sobre las masas líquidas, y las olas de aguas vivas se yerguen a mayor altura que de costumbre. Finalmente, señala el período de las mareas la época en que la Tierra está más próxima al Sol, y sufre, por consiguiente, atracción mayor; esa época corresponde al invierno del hemisferio septentrional, y entonces las mareas vivas se elevan con mayor fuerza sobre las costas de nuestros continentes.

De modo que los fenómenos de las mareas están enlazados con los movimientos celestes, y todo cambio en la posición relativa de los astros que atraen a nuestro planeta se manifiesta por un cambio correspondiente en el nivel del mar. Conociendo anticipadamente el recorrido de la Tierra por el espacio, prevén los astrónomos las oscilaciones futuras de las olas y pueden dibujar sus curvas para los siglos venideros. Hay que confesar que la tal curva sólo en teoría es verdadera, porque si las mareas son en su origen hechos de orden astronómico, también son fenómenos terrestres; como los vientos, las corrientes y las demás manifestaciones de la vida planetaria ofrecen variaciones incesantes, y están, digámoslo así, en continua génesis.

II

Teoría de Whewell sobre el origen y propagación de las olas de marea. — Nacimiento de la marea en cada cuenca oceánica. — Establecimiento de los puertos. — Líneas cotidianas.

El físico inglés Whewell, que durante largos años hizo laboriosas investigaciones sobre los fenómenos del flujo y reflujo, fué el primero en aplicar el nombre de «cuna de las mareas» a la extensión de aguas que cubre casi toda la superficie del hemisferio austral. En esa vasta cuenca, de la cual son ramificaciones todos los otros océanos, es donde, a su parecer, la atracción combinada del Sol y la Luna levanta la ola que de orilla en orilla va a chocar con las costas de Groenlandia y Escandinavia. Allí es donde el agua, pocos momentos después del paso de la Luna por el meridiano, alcanza la más alta elevación de nivel y forma la primera tumefacción reguladora, a la cual va obedeciendo sucesivamente la superficie de todos los mares, como una

cuerda que, sacudida por uno de sus extremos, oscila hasta la otra punta en vibraciones rítmicas.

Según esa teoría, la ola de marea circula sin cesar en toda la extensión del Océano Antártico, al Sur de las tres puntas continentales de Australia y de América del Sur; sigue de Este a Oeste el curso aparente de la Luna y describe en torno de la Tierra una verdadera órbita, semejante a la de los astros. Hasta en el Pacífico Central y en el Océano Índico obedece la marea a ese impulso normal hacia el Oeste; casi a un tiempo tropieza con las riberas de Australia y de Nueva Guinea; después, a las trece o catorce horas, choca con la costa oriental de Africa, el banco de las Agujas y el cabo Guardafuá; finalmente, siete u ocho horas más tarde da con el litoral de América del Sur, la Tierra del Fuego y el estuario del Plata.

Al norte de esas anchas extensiones oceánicas de los mares del Sur, no encontrando las mareas las mismas facilidades para desarrollarse de un modo normal, se ven obligadas a cambiar de dirección, pero a pesar de esta desviación, cree Whewell que son prolongaciones de la tumefacción primitiva. Detenida por el continente americano, que le cierra el paso, repliégame hacia el Norte la ola de marea y sigue el contorno del valle oceánico como un torrente encajonado en el alfoz de una montaña. Chocando a la misma hora y con ángulo de la misma oblicuidad con las costas de América y las del Mundo Antiguo que se encuentran en las mismas latitudes, casi simultáneamente alcanzará, a cada lado del Atlántico, la bahía de Fundhy y el canal de Irlanda, donde se observa su mayor elevación conocida. La ola de marea recorre este trayecto de 10.000 kilómetros, según Whewell, desde el cabo de Buena Esperanza hasta las islas Británicas en unas quince horas; pero el viaje entero desde el centro del Atlántico ha durado más de un día, y por el retraso gradual del agua en las orillas de la Gran Bretaña, la ola de marea no llega en menos de dos días y medio hasta la desembocadura del Támesis. De modo que la Luna ha tenido tiempo de levantar cinco mareas consecutivas en el Pacífico antes que el movimiento de la masa líquida se haya propagado hasta el mar del Norte.

Tal es la teoría que los trabajos de Whewell han hecho considerar mucho tiempo como la misma expresión de la verdad. Pero no es seguro que ocurran así las cosas. Compruébase, efectivamente, que en cada cuenca oceánica parece que la marea parte del centro y se propaga en todos sentidos paralelamente a la dirección general de las costas. Puede inferirse de ello, naturalmente, que cada gran división del Océano, considerada como un mar aislado, es ver-

daderamente cuna de las mareas que chocan con las playas próximas. Esta idea, que parece probable a primera vista, se ve además confirmada, puesto que los diversos océanos están separados entre sí por espacios en que la marea regular apenas se nota. Así, entre el Atlántico austral y el boreal, limitados por los promontorios de San Roque y de Cabo Verde existe una ancha zona, donde el flujo no hace variar al nivel marítimo más que en unos 60 ó 70 centímetros, como en las islas de la Ascensión y de Santa Elena. Además, según la teoría expuesta, del Sur al Norte habría de propagarse la ola en las costas de la República Argentina y del Brasil, y precisamente el movimiento se propaga de Norte a Sur, de Pernambuco a la desembocadura del Plata. Viendo enderezarse una ola de marea en aguas del banco de Terranova, en la parte más honda del Atlántico boreal, no es necesario, pues, considerarla como la misma que doce horas antes se había elevado, cerca del banco de las Agujas, a la entrada del Atlántico del Sur; quizá sea mejor considerar las oscilaciones que se producen a un tiempo en ambos hemisferios como fenómenos que coinciden con mutua independencia.

Sin embargo, en cada cuenca aislada los movimientos del mar son como los ha descrito Whewell. En las costas de Francia y de las islas Británicas, la marea llega ciertamente de alta mar, y en su marcha a lo largo de las riberas se retrasa incesantemente con relación al movimiento inicial que produjo en medio de la mar la atracción del Sol y la Luna. Al penetrar en los mares poco profundos que rodean las dos islas de Irlanda y la Gran Bretaña, la ola de marea modera su velocidad gradualmente. Después de haber chocado con el cabo Clear y con el promontorio de Lands-End, se propaga con tal elevación alrededor de ambas islas que todavía necesita diecinueve horas para llegar cerca del Paso de Calais, donde encuentra otra ola (nacida doce horas después que la primera) que vino por el camino más corto de la Mancha. ¿De qué procede esa moderación en el andar de la ola? Las investigaciones de astrónomos y físicos nos lo enseñan. La rapidez de la ola de marea es proporcionada a la profundidad del Océano; solicitada por una fuerza igual, gira una rueda tanto más de prisa cuanto más considerable es su diámetro; asimismo la masa precipita o modera su movimiento según el espesor de la marea de agua que recorre. En los parajes donde el fondo del Océano está a 8.000 metros de la superficie, la velocidad de la ola es de 850 kilómetros por hora; donde la profundidad es de 100 metros, no anda la marea más que 96 kilómetros en el mismo espacio de tiempo; finalmente, cuando la hondura es de 10

metros, el movimiento del agua es muy lento y no pasa de 25 kilómetros por hora.

A consecuencia del retraso experimentado por la ola de marea, el tiempo que transcurre entre el paso de la Luna por el meridiano y el momento de la pleamar, varía bastante en los distintos puertos próximos entre sí. Por ejemplo, en Gibraltar suele haber coincidencia entre ambos fenómenos, astronómico y marítimo; el intervalo es de una hora y quince minutos en Cádiz, y de cuatro horas en Lisboa. En Bayona y en Lorient es de tres horas treinta minutos; en la desembocadura del Girona y en Cherburgo, de 7 h. 40'; en El Havre, de 9 h. 15'; en Dieppe, de 10 h. 40'; en Dunkerque, de 11 h. 45'. Varía ese intervalo en todas las riberas, según la velocidad de propagación de la marea a través de los mares abiertos, en los golfos y estuarios.

La línea sinuosa que enlaza todos los puntos del Océano donde hay pleamar exactamente a la misma hora, ha recibido de Whewell el nombre de línea *cotidial* o *isoráquica*; indica la curva que forma en un momento dado la cresta de la ola de marea en la superficie del agua. Sobre todo alrededor de las islas Británicas han sido trazadas con cuidado esas líneas de tumefacción simultánea. Por el cálculo y la observación directa se ha logrado reconocer en la extensión movable y agitada casi siempre del mar la parte de oscilación que corresponde a los fenómenos de flujo y reflujo; se ha conseguido trazar mapas de esos levantamientos y depresiones invisibles en alta mar, mucho más exactos que los de las vastas regiones continentales, poco conocidas todavía. Gracias a los trabajos de Whewell, de Oisy, de Lubbok y de Beechey, se puede seguir ya toda la serie de líneas cotidiales que se suceden de hora en hora alrededor de ambas grandes islas, desde la cresta llegada de alta mar, que se desarrolla a la entrada del canal de la Mancha y del canal de Irlanda, cuatro horas después del paso de la Luna por el meridiano, hasta la tumefacción que diecinueve horas después se encorva al sur del mar de Alemania para penetrar en el embudo del Paso de Calais, y se encuentra allí con otra ola de marea llegada directamente de la Mancha. La forma general de esas curvas demuestra de una manera notable que la velocidad de la propagación de las mareas está en razón directa de la profundidad de los mares. Por todas partes se ve desarrollar a las líneas cotidiales su parte convexa por encima de los valles más hondos del lecho marino; por todas partes se ve retrasar el movimiento de la ola cerca de los escollos, bancos y riberas. Podríamos llegar, inspeccionando esas líneas de tumefacción igual, a indicar exactamente los parajes en que la sonda baja más; tan íntimas

son las relaciones entre causa y efecto, entre la profundidad del mar y la marcha del flujo.

III

Irregularidades aparentes de las mareas. — Anchura extraordinaria de la ola en ciertas bahías. — Interferencia del flujo y reflujó. — Marcas diurnas. — Desigualdades entre las mareas sucesivas.

Innumerables son las irregularidades aparentes que presentan los fenómenos de la marea a consecuencia de las desigualdades del relieve submarino, de las mil quebraduras de la orilla, de las alternativas de vientos y corrientes. Aunque la causa del movimiento sea en todas partes la misma, no puede decirse que en ningún punto del mar presenten perfecta coincidencia flujo y reflujó en sus procedimientos; cada promontorio, cada islote, cada roca, es bañado por aguas que tienen un régimen distinto en la propagación de sus mareas. Todo obstáculo que rompe el curso regular de las oscilaciones modifica el conjunto de las graciosas curvas que se repliegan a su alrededor.

La diferencia que más llama la atención de marinos y habitantes del litoral es la de la altura de las mareas. Hay parte de las costas del Océano donde apenas se nota la ola, ni aun durante las sizigias del equinoccio, y otras donde cada marea es un verdadero diluvio y se extiende hasta perderse de vista en enormes espacios que a la hora del reflujó vuelven a aparecer. Ese asombroso contraste entre la amplitud total de las mareas procede de la diferente rapidez que presenta la marcha de las oscilaciones en los mares y bahías del litoral. En efecto, la gran tumefacción levantada por los astros puede considerarse formada por gran número de olas sucesivas que ocupan una anchura considerable en la superficie del mar. En pleno Océano, todas esas rugosidades viajan con gran velocidad, pero según se van acercando a las orillas disminuyen en rapidez, y por lo tanto, crecen en altura. Sólo con ver el mapa de las mareas se puede afirmar anticipadamente que el flujo se eleva varios metros en todos los golfos donde las líneas cotidianas se agrupan unas contra otras a consecuencia del retraso gradual de la ola de tumefacción.

Los hechos confirman en eso la teoría. El golfo de Bengala, el de Omán, el mar de la China, las escotaduras de la

costa oriental de Patagonia, la bahía de Panamá, la de Fundy entre Nueva Brunswick y Nueva Escocia, la Mancha y el canal de Irlanda son lugares en que las crestas de igual tumefacción se persiguen de cerca y donde cubre y descubre alternativamente la ola mayores extensiones ribereñas. En el puerto de Panamá las mareas se elevan a más de siete metros, ocultando y destapando sucesivamente una playa inmensa en su movimiento diurno de vaivén, mientras a 60 kilómetros de distancia escasos, en la otra orilla del istmo, apenas se notan flujo y reflujó.

En el mar de Omán y en el de la China, la anchura de la marea de equinoccio es de unos 11 metros en el extremo de los golfos; en la desembocadura del Severn y en la gran bahía francesa del Monte de San Miguel, la diferencia de altura entre las mareas altas y las mareas más bajas es de 14 ó 15 metros. Al sur del continente de América, en los golfos de San Jorge y Santa Cruz, a la entrada del estrecho de Magallanes, Fitz Roy ha medido mareas de 15, de 18 y de 20 metros de altura; finalmente, en la bahía de Fundy, tan bien dispuesta por el contorno de sus riberas y por el relieve de su lecho para retrasar progresivamente el andar del flujo, la diferencia entre pleamar y bajamar de dos metros sesenta centímetros a la entrada aumenta gradualmente hasta más de 21 junto al extremo del embudo. Esa es probablemente la parte del litoral oceánico donde se verifican las oscilaciones regulares de las aguas de manera más grandiosa. Dos veces al día, inmensas playas neutrales, que no son ni tierra ni mar, se convierten en golfos profundos; los navíos varados se enderezan y bogan a toda vela; ciudades perdidas en lo interior de las tierras aparecen situadas en penínsulas que sitia el mar. En Saint-John, en Nueva Brunswick, se ve brillar en la marca baja una cascada en el fondo del puerto, pero en cuanto el flujo golpea la base del acantilado, la altura de la cascada disminuye poco a poco, queda cubierta completamente por el agua salada, y vertiéndose a lo lejos en la explanada superior, permite a las embarcaciones entrar en la cuenca natural dispuesta encima de la cascada.

Análogos fenómenos se verifican en las dos bahías del Monte de San Miguel y de Severn. También allí se convierten periódicamente en golfos, ríos y arroyos, allí también las abras son puertos de marea donde los barcos, excepto los encerrados en las conchas, se echan de lado en la arena o en el cieno a la hora de bajamar. También el espacio que se extiende entre Noirmontiers y la costa vendeana es alternativamente estrecho e istmo: un camino, recorrido por carros, serpentea por la llanura arenosa entre charcos; al-

gunas horas después, pasan los barcos a toda vela por encima del camino. A veces se ve a los marinos pasearse tranquilamente por la arena cerca del buque varado o revolver el suelo para buscar conchas; pero si se oye el rugido lejano de la ola, en pocos segundos sube a bordo la tripulación, se hacen los preparativos para un nuevo viaje, y levantada la embarcación por las olas surca rápidamente el mar.

En las costas occidentales de Europa ofrece la marea ascendente el más grandioso espectáculo en la bahía del Monte de San Miguel: en el centro de la bahía se yergue negro peñasco granítico, que es a un tiempo abadía, claustro, fortaleza y cárcel, y que con sus rocas abruptas y con su tiránico amontonamiento de peña sobre peña, siglo sobre siglo y siempre cárcel sobre cárcel, contrasta con la triste extensión de la playa. En bajamar, la inmensa llanura de arena, de unos 250 kilómetros cuadrados, parece un lecho de ceniza; pero cuando la marea, más rápida que el galopar de un caballo, sube llenando de espuma la pendiente casi insensible, le basta con algunas horas para transformar toda la bahía en una lámina de agua cenicienta y para penetrar a lo lejos en las desembocaduras de los ríos hasta el pie de los muelles de Avranches y de Pontorsón. Durante el reflujo, las aguas se retiran con igual rapidez a más de 10 kilómetros de la orilla y dejan al descubierto la inmensa playa desierta, recorrida por los deltas subterráneos de los arroyos tributarios, formando de trecho en trecho pérfidos abismos de lodo blando, en los cuales corren gran riesgo de hundirse los viajeros. En tiempo de las mareas de aguas vivas se evalúa la masa líquida que penetra en la bahía en más de un billón y 345 millones de metros cúbicos, y hasta en las mareas menos fuertes, el diluvio que recorre dos veces las playas durante veinticuatro horas no es inferior a 700 millones de metros. No es de extrañar que semejantes torrentes hayan podido en otros tiempos, impulsados por las tormentas, romper la cordillera de dunas protegida al Norte por los peñascos de Tombelene y de San Miguel y transformar en estériles arenas las hermosas campiñas, los vastos bosques que se extendían al pie de la península cotentina.

Los estudios de Beechey sobre las mareas de la Mancha y del mar de Irlanda pueden dar por cierto que la enorme amplitud del flujo y reflujo en la desembocadura del Severn y en las bahías de Caneale y de San Malo provienen, no sólo del levantamiento gradual del fondo, sino también de la superposición de dos olas que chocan entre sí. En efecto, la cresta de marea que penetra en el canal de Irlanda encuentra, a la altura del golfo donde desemboca el Severn,

otra cresta producida doce horas antes, que acaba de dar la vuelta a toda Irlanda. Ambas olas, unidas en una sola, toman la dirección común que resulta de sus primeros impulsos y se dirigen juntas al golfo de Severn. Del mismo modo, la marea que entra en la Mancha choca en aguas de Jersey contra una ola que en veinticuatro horas ha dado la vuelta a las islas Británicas y limitándose las dos tumefacciones precipitan su enorme masa líquida en las rocas y playas de Bretaña.

Si se superponen dos mareas cuando, al venir de puntos opuestos, se encuentran a la hora del plenilunio, en cambio se neutralizan y suprimen cuando el flujo de una tropieza con el reflujo de la otra; ocurre entonces un fenómeno de interferencia comparable al de dos vibraciones luminosas que mutuamente se apagan. Fitz Roy fué el primero que señaló una región del Océano en que las mareas contrarias equilibran la superficie del agua. Esa región es el estuario del Plata. Al ver ese golfo, que no tiene menos de 240 kilómetros de entrada, hay que inclinarse a creer que la amplitud del flujo y reflujo ha de ser enorme como en la bahía de Fundy o en el golfo de San Miguel, y ocurre precisamente lo contrario: las mareas casi no se notan. Las grandes oscilaciones de nivel que se observan en ese estuario se deben casi exclusivamente a las brisas regulares y a las tormentas que deprimen las olas en un lado para levantarlas en otro. Y como en general los vientos de tierra dominan por la mañana, y son sustituidos a la tarde por la brisa del mar, el flujo y el reflujo, obedeciendo al impulso alternativo de la atmósfera, se suceden de doce en doce horas; la marea sube por la tarde para bajar a la mañana siguiente. Esa aparente anomalía se explica con facilidad por el encuentro de la pleamar y la bajamar en la entrada del estuario. Las olas de marea que se dirigen, al Sur hacia el Brasil y al Norte hacia la Patagonia, no chocan con las costas a la misma hora del día; se siguen con un intervalo de varias horas y las corrientes laterales derivadas se suceden a la salida del estuario del Plata, de modo que conservan casi el mismo nivel en la masa líquida. En el momento en que tiende a producirse el reflujo de la marea septentrional, llega el flujo meridional, cuya presión, obrando en sentido contrario, evita que bajen las aguas; luego, al presentarse una nueva marea procedente de las costas del Brasil, la superficie del mar baja ya en los parajes del Sur. Crúzase las tumefacciones y no sufre el agua ninguna oscilación en la línea de interferencia.

Probablemente hay que atribuir a fenómenos de la misma naturaleza la formación de esas mareas diurnas, siempre

escasas, que se presentan en la desembocadura del Mississippi, en las costas de Nueva Irlanda, en Port Dalrymple de Tasmania, al sur de la Australia, cerca del golfo del Rey Jorge, en el golfo de Tonquin, en la bahía de Bahr-el-Benat del gofo Pérsico; finalmente, en el mar Blanco y en muchos otros sitios del contorno oceánico. Esos cambios lentos de nivel, cuyo flujo y reflujo duran doce horas cada uno, ofrecen, como las mareas ordinarias, la mayor diversidad en sus fenómenos, según la dirección de los vientos y de las corrientes, la posición respectiva del Sol y la Luna y la parte del mar en que se establece el equilibrio de las aguas. En la superficie móvil del Océano, todas sus ondulaciones, cualquiera que sea su causa, se mezclan y se confunden, y en esa mezcla, que hace variar sin cesar las olas, es imposible discernir, sin largas y pacientes pesquisas, la parte correspondiente a cada agente de los que turban la horizontalidad perfecta del nivel marítimo. El problema sólo puede ser resuelto de un modo muy general, haciendo caso omiso de particularidades mal observadas. Sábese, por ejemplo, que en el puerto de Veracruz y en el litoral cercano tienen los vientos marcada preponderancia, porque conservan a veces el mismo nivel en la superficie del mar durante días enteros. En las bocas del Mississippi, donde la marea diurna no suele alcanzar más que 36 centímetros de amplitud, es también bastante regular, y su altura total representa exactamente todos los días la diferencia de nivel entre las dos olas componentes que se cruzan. Finalmente, la marea de Tahiti, de una altura de 30 centímetros escasos, es la resultante de oscilaciones mucho más numerosas, pues allí se encuentran cuatro flujos procedentes de los cuatro puntos cardinales, diferentes todos en velocidad y en hora de pleamar. No es de asombrar que en medio de ese cruce general de mareas del Pacífico, la de Tahiti quede neutralizada casi completamente.

El canal de Irlanda, tan bien estudiado por Beechey, ofrece curiosísimo ejemplo de equilibrio perfecto del agua, y eso casi frente al golfo de Bristol, donde el mar sube y baja alternativamente 15 metros. Esa parte del canal, cuya superficie permanece inmóvil, sigue la costa irlandesa, cerca de Courtown, al sur de Arklow. Nunca se ha observado allí ni subida ni bajada del agua, aunque la corriente de la ola y la del reflujo recorran alternativamente la costa con una velocidad de más de siete kilómetros por hora. El punto en que las aguas se hallen siempre en equilibrio puede ser considerado como una especie de eje en el cual se apoyan las mareas; su anchura es cada vez más grande al irse alejando de esa región tranquila, al NE. hacia Holyhead y

Liverpool, al SE. hacia Milford Haven y Bristol. En el mar del Norte el encuentro del agua viva y la muerta, no lejos del Paso de Calais, se señala con otro eje de equilibrio que parece oscilar entre las costas de Holanda y las de Inglaterra, siguiendo las corrientes atmosféricas y marítimas y el movimiento de los astros. En dicho lugar ha comprobado Hewitt que la marea se eleva a 61 centímetros nada más, y en esa región, donde las aguas están casi siempre al mismo nivel, se han depositado los bancos de arena más numerosos y considerables.

Parece que las corrientes de marea que se encuentran cerca del Paso de Calais, una que viene directamente del Atlántico, otra del mar del Norte, no siguen el centro del canal, y por lo tanto no chocan de frente. La rotación de la Tierra, que en el hemisferio septentrional impulsa a los cuerpos móviles hacia la derecha, hace desviarse en ese sentido a cada ola de marea. En la Mancha, la ola de flujo que se ha propagado directamente se apoya siempre en el lado derecho, es decir, al Sur. Por consiguiente, su fuerza es mucho mayor en las costas de Francia que en las de Inglaterra, y cuando ha salvado el estrecho, conserva su preponderancia en el litoral del continente hasta las bocas del Mosa; por su parte, la marea que viene del Norte se desvía también hacia la derecha para seguir las riberas de Inglaterra. El cruce de ambas corrientes contrarias da origen en las costas de Francia y Gran Bretaña a la formación de numerosos movimientos giratorios, cuyas curvas, que cambian sin cesar, forman un verdadero dédalo.

En la rada de El Havre, el encuentro de las mareas tiene por consecuencia un fenómeno notable y utilísimo para la navegación. En lugar de bajar inmediatamente después de alcanzar el punto culminante de la marea, el mar queda inmóvil durante tres horas, y permite así a los navíos recorrer toda la rada y penetrar a gusto en el puerto, bogando constantemente en agua profunda. Los marinos consideraban este hecho como una especie de milagro antes que se revelara su verdadera causa. Cuando la marea del Atlántico se desarrolla hacia el Este en medio de la Mancha, la detiene en su carrera la península cotentina, y no puede avanzar libremente hasta pasado el norte del golfo, donde desemboca el Sena. El nivel marítimo se encuentra entonces más elevado en el centro de la Mancha que en las orillas, y las aguas refluyen lateralmente hacia la rada de El Havre como hacia los demás parajes del litoral. En el reflujo, cuando la corriente de éste se establece en medio del canal, varía la pendiente, pero antes que las aguas de El Havre hayan podido bajar hacia ese río central de la Mancha que lleva al

Océano enorme masa líquida, las sostiene la ola que, después de haber chocado con el cabo de Antifer, ha seguido las orillas del NE. al SO. hasta el cabo de la Héve; después, cuando se ha perdido la fuerza de esa marea parcial, otra marea ribereña que ha seguido la costa de Normandía, desde Waart hasta Trouville, sostiene igual al mar durante cierto tiempo.

En casi todos los puertos de río se comprende que la marea descendente dure más que la ascendente, puesto que la corriente fluvial neutraliza el flujo durante un período más o menos largo, y después, añadiéndose al reflujo, acrecienta su duración. Un hecho de más difícil explicación es que hasta la mayor parte de los puertos alejados de toda boca de río, sea más corta la marea que sube que la que baja: también se ven numerosos ejemplos de lo contrario, especialmente en el puerto de Holyhead. Según la hipótesis adoptada generalmente, esa duración mayor del reflujo debe atribuirse a la rotación de la Tierra de Oeste a Este. Como la ola de marea se propaga en sentido inverso, o sea de Este a Oeste, encontrará en las aguas que ante ella se extienden cierta resistencia; se enderezará y se hará más escarpada, más rápida hacia Occidente, mientras se alargue hacia Oriente su pendiente de reflujo. A eso se atribuye la diferencia de duración entre ambas fases.

Las desigualdades observadas en ciertos parajes entre dos mareas sucesivas son también un fenómeno extraño y sin explicar hasta cierto punto. Esas desigualdades diversas que afectan a la duración o a la altura respectiva de las mareas de mañana y tarde, o a cada oscilación en todo su régimen, proceden en parte de la declinación de la Luna, es decir, de su distancia variable al norte o al sur de la línea equinoccial, pero en muchos casos las diferencias entre dos mareas sucesivas son relativamente enormes y no basta con la explicación anterior. Así es que en Puerto Essington, en la costa septentrional de Australia, se observan diferencias de altura de 1'20 metros entre la oscilación de la tarde y la de la mañana. En Singapur, donde la marea media durante las aguas vivas no es más que de 2'10, la diferencia entre dos olas que se siguen llega a ser de 1'80. En Kuwachee la variación diaria no es menos grande, y en el golfo de Cambaya llega hasta 2'10 y 2'40 metros. En Basadore, a la entrada del golfo Pérsico, la duración de una oscilación del mar excede a veces en dos horas a la de la oscilación siguiente, y ha ocurrido en Petropaulowski, en el Pacífico del Norte, que han faltado por completo mareas que se aguardaban. No se pueden explicar esas anomalías singulares más que por el cruce de varias olas reflejas, diurnas y

semidiurnas, que se perturban mutuamente y cuyas oscilaciones confusas son producidas por el encuentro de movimientos diversos en su origen. Así, en la superficie de un estanque, ondas salidas de puntos diferentes forman inmensa red de líneas entrecruzadas que el soplo del viento mezcla en olillas indecisas.

IV

Corrientes de marea. — Rasas y torbellinos. — Los bores. — Mareas fluviales.

Es creencia popular que las oscilaciones de las mareas van siempre acompañadas de corrientes que varían con regularidad, según el flujo y reflujo, y se dirigen en sentido alterno. Verdad es que ese fenómeno se presenta con bastante frecuencia, sobre todo en la desembocadura de los ríos; generalmente, al elevarse el agua, se precipita una corriente de olas hacia la orilla o los estuarios de los ríos, y después, cuando desciende el nivel de la masa líquida, una corriente de vuelta o reflujo, ayudada por el agua dulce que viene de lo interior, se dirige de nuevo a alta mar. De todos modos, esa coincidencia de corrientes horizontales con las oscilaciones verticales del Océano dista mucho de reproducirse con regularidad en todos los parajes: siendo sencillamente la marea una tumefacción del mar, puede erguirse sin que se verifique ningún movimiento en sentido alguno. Notable ejemplo se ve en el mar de Irlanda, tan rico en curiosos fenómenos marítimos. En medio del canal que separa de Irlanda la isla de Man, consérvase el agua perfectamente tranquila entre dos corrientes contrarias, aunque la marea suba allí unos seis metros durante las aguas vivas. En cambio se ve en Courtown, en la costa de Arklon, que puede tener una gran velocidad la corriente determinada por el encuentro de mareas opuestas, donde la superficie del mar no sube ni baja. Finalmente, una misma ola puede seguir dirección constante a través de dos regiones contiguas del mar, de las cuales una esté en flujo y otra en reflujo.

Las corrientes producidas en los estrechos por la diferencia de nivel son a veces extraordinariamente violentas y con sus cambios bruscos, sus remolinos y torbellinos, pueden clasificarse como muy peligrosos fenómenos del Océano. La entrada del golfo de las islas normandas es temida de los navegantes por la espantosa velocidad de las corrientes

de marea. La rasa Blanchard, estrecho que separa el cabo de la Hoque de la isla inglesa de Aurigny (Alverney), es el primero de esos terribles desfiladeros marítimos donde la ola y el reflujo, apretados entre filas de escollos y bajos fondos, arrastran aguas vivas con una velocidad de 16 kilómetros por hora. Viene luego el estrecho que lleva el significativo nombre de Paso de la Derrota, en el cual se encuentran las corrientes que siguen la abrupta costa occidental cotentina y las que vienen directamente de alta mar por la brecha abierta entre las islas de Jersey y Guernesey; allí los ríos marítimos son menos rápidos, pero recorren más de tres metros por segundo. Desde el desastre de la Hoque, en que Tourville, impotente para subir la formidable corriente de la rasa Blanchard, perdió muchos de sus navíos, otros muchos se han estrellado, innumerables tripulaciones han perecido en aquellos formidables estrechos, escogidos por Víctor Hugo como teatro del sombrío drama titulado *Los trabajadores del mar*.

Los desfiladeros marinos que separan del continente las islas Hébridias, Orcadas, Shetland, Feroe y Lofoden, cuyas rocas y escollos desordenados erizan un fondo de mar muy desigual y cortado por abismos, también son atravesados por corrientes de marea tanto más rápidas y tumultuosas cuanto más grande es la diferencia de nivel entre las dos capas que se encuentran en el estrecho. El más formidable de estos pasos es tal vez el *Great Gulf* o *Coirebhreacain* (Caldera del mar manchado, en gaélico), abierto entre las islas Jura y Scarba, en la costa occidental de Escocia. A cada cambio de marea se produce una corriente que se dirige, ya a la orilla de tierra firme, ya hacia alta mar; el mapa del almirantazgo inglés calcula su velocidad en 17 kilómetros y medio por hora, pero aseguran los marinos que lo menos alcanza a 20 kilómetros; es decir, que en los continentes no hay río desbordado que corra tan rápidamente. Ninguna embarcación puede arriesgarse en la fuerza de la marea en una rasa tan espantosa, sobre todo cuando el viento sopla en dirección contraria a la ola, porque el *Coirebhreacain* es verdaderamente en toda su extensión una caldera espumosa sin límites en el horizonte.

Hay otros conflictos de marea poco menos espantosos, como el que se observa en el estrecho de Pentland, entre las Shetland y las Orcadas, que determina la formación de corrientes cuya rapidez se calcula en dieciséis kilómetros por hora; pero el más célebre de todos esos choques entre dos mareas de distinto nivel es el situado hacia la extremidad meridional del archipiélago de Lofoden, el Moskoe Strom, llamado también Maelstrom por los marinos. La

sombria imaginación de los pueblos del Norte, inclinada siempre a crear monstruos, veía en el estrecho de Moskoe Strom un pulpo cuyos brazos, de varios centenares de metros de largo, arremolinaban las aguas en inmenso torbellino para atraer embarcaciones y tragarlas. De la antigua leyenda ha llegado a quedar en mucha gente la idea de que esa corriente es un abismo en forma de embudo, al cual se acercan gradualmente los objetos, formando círculos cada vez más cortos, hasta que acaban por sumergirse para siempre en el pozo giratorio. No hay tal; los únicos remolinos son torbellinos pequeños laterales, producidos por el choque de las corrientes, y de un hueco de dos o tres metros escasos. El fenómeno principal consiste, como en los anteriormente descritos, en un movimiento rápido de las aguas, que se dirigen alternativamente en uno u otro sentido a cada cambio de mareas. Cuando se eleva el flujo en alta mar, dirigiéndose del Sur al Norte, cierta parte de su masa se vierte con fuerza en el estrecho abierto al Sur, entre las dos islas de Moskoe y de Moskoe Naes. A medida que la superficie se aproxima al estado de equilibrio, la corriente, gradualmente debilitada, va hacia el SO. y después hacia el Oeste. Sucede un período de calma a estos diversos movimientos de la ola cuando queda perfectamente establecido el nivel; pero pronto empieza otra vez el reflujo, y la corriente toma dirección opuesta, primero hacia el Norte, luego hacia el NE. y el Este. De modo que durante el espacio de una marea, las aguas se han dirigido alternativamente, aunque con fuerza variable, hacia todos los puntos del horizonte.

Las corrientes de marea que se producen a la entrada de los ríos dan lugar frecuentemente a movimientos tumultuosos menos temibles, pero de aspecto no menos aparatoso. Esos fenómenos suelen llamarse *barras* o *bores*. Al penetrar en el estuario de un río, la ola de marea, retrasada por los bajos fondos y apretada por las riberas, necesariamente tiene que hincharse como ola por el roce de la masa líquida contra su lecho. Todas las desembocaduras, todas las bahías en que penetra el flujo tienen, por consiguiente, una barra, pero en muchos sitios la inclinación regular del fondo, la uniformidad de las riberas o un cruce de corrientes diversas, atenúan la primera ondulación de la ola de marea, y dejan que se la confunda con otras arrugas de la superficie. En cambio, en otras partes se reúnen todas las condiciones topográficas para dar gran altura a la barra y ésta se endereza como muralla movediza de una orilla a otra del estuario. En las bocas de ciertos ríos, como la corriente del Amazonas, el Hoogly, el Sena, el Dordoña, el Elba y el Weser, las olas de bore toman enormes proporciones en la

época de las mareas altas y se convierten en formidables fenómenos. En el Amazonas, la barra, llamada *pororoca* a consecuencia del mugido de sus aguas, dicese que se yergue entre olas sucesivas que llegan juntas a diez o catorce metros de altura, y las embarcaciones sorprendidas por tan súbito diluvio corren riesgo de zozobrar como en alta mar.

En la desembocadura del Ganges es también la barra muy temible, como lo expresa en lenguaje simbólico una antigua leyenda india. Habiendo tomado por esposa Baghorato a la divina Ganga en medio de la nieve, la levantó en sus brazos, y subiendo en su carro, hizo trazar a ambas ruedas las orillas del ancho cauce de la diosa; llegada junto a la ribera del mar, retrocedió Ganga asustada ante el impuro y monstruoso Océano, huyó bruscamente por cien canales, y desde entonces va y viene sucesivamente, ya aventurándose a bajar de nuevo, ya escapándose otra vez hacia las montañas dos veces al día.

En la bahía del Sena es donde se ha observado el bore con mayor cuidado y regularidad. Al venir del mar con una velocidad de cinco metros a siete y medio por segundo, se dobla el muro líquido por el centro bajo la presión de la corriente fluvial. Las dos puntas de la enorme media luna se estrellan entre espuma sobre las riberas, mientras en medio de la concavidad, la ola lisa y redonda adelanta sin arrugar el agua delante de sí. Parece que gira un rodillo por encima del río como serpiente gigantesca: se eleva dos o tres metros por encima de la llanura líquida y detrás de él se yerguen en arrugas concéntricas de olas no menos altas, vanguardia de la marea. Todos los obstáculos que se oponen a la marcha del bore lo exasperan, acrecentando su ímpetu; finalmente, la ola, entrando en una parte del cauce más ancha y más profunda, se calma y modera gradualmente su altura hasta que encuentre otro bajo fondo u otro promontorio. Además, cada nueva marea se distingue de la anterior por la diferencia de los vientos, de las corrientes y de las masas de agua puestas en movimiento. Nada más curioso que ver desde lo alto de un promontorio dos fragmentos rechazados oblicuamente por las riberas cruzar sus surcos y sus olas.

El único medio de atenuar la fuerza del bore (que en muchos estuarios, y, sobre todo, en la bahía del Sena, es peligroso para las embarcaciones chicas) es regularizar el canal con la supresión de los bajos fondos y la rectificación de las riberas. También aseguran a la navegación canal más libre y profundo los trabajos que precaven los deterioros causados por la excesiva violencia de olas de marea. Recientemente el bore del Sena desapareció durante algunos años

gracias al encauzamiento de un banco de arena que dificultaba la entrada de las olas en el lecho del río, pero el choque del bore y de la corriente fluvial han vuelto a formar banco de arena algo más lejos. Al herir el nuevo obstáculo, la ola de marea se yergue, se encabrita para vencerlo. Varios trabajos hidráulicos emprendidos en los cauces del Garona y del Dordoña, más arriba de Bee d'Ambez, han modificado también más de una vez esos fenómenos.

La aparición brusca de la marea en los estuarios lleva consigo la elevación rápida de las aguas fluviales desde el nivel de la bajamar al de la pleamar.

En Tancarville, que es el sitio en que el Sena desemboca en la bahía y donde la marea excede de la amplitud media de cuatro metros, toda la subida del agua se verifica en dos horas, mientras el descenso de la masa líquida, rechazada por la ola, dura diez. El río, que tiene que verter en el mar durante el período del reflujo, no sólo lo que el flujo le ha llevado, sino también el agua dulce que viene río abajo, ha de seguir su curso normal hacia el mar durante un espacio de tiempo más largo que el empleado en retroceder ante la marea que subía. Para cada punto del lecho del río es en general la duración del flujo tanto más corta cuanto más lejano está aquél del mar: agótase poco a poco la fuerza de la marea y hacia el fin de su carrera se limita a retrasar un momento la rapidez de la corriente fluvial.

La amplitud de las mareas disminuye igualmente en proporción de su progreso hacia la parte alta del río. La masa de agua dulce que corre sin cesar por el canal impide a la marea baja ahuecarse como lo hace junto al mar, y la menor duración de la marea alta no permite a ésta elevarse a un nivel muy superior al alcanzado en las playas y costas bravas oceánicas; en el Garona, la diferencia entre el flujo y reflujo disminuye gradualmente más arriba de Bec d'Ambez, y cerca de Cortets, a más de 150 kilómetros del mar, desaparece del todo. Verdad es que en ciertos lugares se dan circunstancias particulares que pueden originar excepciones aparentes de esa ley general; promontorio hay, erguido a través de la ola de marea, como el de Tancarville, en la bahía del Sena, que cierra el camino a las aguas marinas y les da, por lo tanto, mayor altura relativa sobre el nivel de la bajamar, pero, a pesar de esas bruscas diferencias, la amplitud de las mareas no deja de disminuir desde río abajo hacia río arriba, y acaba por no notarse.

Flujo y reflujo en lagos y mares interiores. — Corrientes del Euripo. — Caribdis y Scila.

La atracción de la Luna y del Sol obra también en los mares cerrados, pero en las cuencas de poca extensión no tiene la marea espacio necesario para levantarse y desenvolverse de modo apreciable. Actualmente el lago Michigan, que no tiene menos de 62.000 kilómetros cuadrados, es la superficie lacustre más chica donde se haya comprobado con precisión la vuelta regular del flujo y del reflujo; según el teniente Graham la amplitud de la marea es allí de 75 milímetros; es indudable que también cuencas lacustres más pequeñas experimentarán asimismo oscilaciones normales cada doce horas; medidas cuidadosamente hechas lo revelarán algún día.

Hasta en el vasto Mediterráneo son poco perceptibles las mareas, como no sea en el golfo de las Sirtes, entré la antigua Pentápolis y Túnez. En esos sitios, el fenómeno de flujo y reflujo se verifica con toda regularidad y puede estudiarse su marcha lo mismo que en el Océano. En la desembocadura del Ned-Gabés, casi en el fondo de la Sirte pequeña, sube y baja el agua alternativamente lo menos dos metros. Más al Norte, en el puerto de Sfax, la diferencia media entre la pleamar y la bajamar es de 1'50 metros, pero en la época de los equinoccios llega a 2'60, y en la isla de Djerbaló, antigua isla de los Lotófagos, la amplitud media de la marea no es inferior a tres metros. Esta notable altura de las olas en la ribera de las Sirtes procede indudablemente de que el Mediterráneo presenta en su parte meridional, de Port-Said a Ceuta, una cuenca única, de orilla poco sinuosa, mientras que en la parte correspondiente a Europa proyecta gran número de mares pequeños parciales, como el de Cerdeña, el golfo Adriático, el mar Jónico y el Archipiélago; además los vientos son mucho más regulares en el litoral africano, y, por lo tanto, no perturban el juego alternativo de la marea como en las costas de Europa que pertenecen a la zona de vientos variables.

Sin embargo, el atento examen del movimiento de las ondas ha revelado también a los observadores la existencia de la ola de marea en las cuencas parciales del norte del Mediterráneo. Más allá de Málaga, donde todavía se propagan

las mareas atlánticas, el nivel del mar apenas cambia, pero en las costas de Italia las oscilaciones vuelven a ser perceptibles. En Liorna el flujo se eleva a unos 30 centímetros; en Venecia, la diferencia entre alta y baja marea de novilunio varía de 60 a 90 centímetros. En la desembocadura del Po, la ola de aguas vivas no llega a esa altura; en las costas de Zante (mar Jónico) no es más que de 15 centímetros, y en Corfú no pasa de 20 milímetros. En la cuenca oriental del Mediterráneo también es la marea muy floja, pero no ignoran la oscilación alternativa del mar los pueblos ribereños. Omar se refería seguramente al flujo cuando dijo que el mar está situado más arriba que la tierra, y que día y noche pide a Dios permiso para inundar los campos.

No sólo tiene el Mediterráneo su flujo y reflujo como el Océano; tiene también sus corrientes y torbellinos, y entre esos fenómenos hay algunos que sin ser tan formidables como el Maelstrom o la rasa Blanchard, no son menos célebres por la gloria que les dió la antigüedad clásica. El Euripo o estrecho de Egribos, que separa la isla de Negroponto de la Grecia continental, dicese que es atravesado por corrientes extraordinarias que en su asombrosa anomalía presentan cierta regularidad. Hasta el octavo día del mes lunar, el flujo y reflujo, cuya amplitud media es de 30 centímetros, se suceden normalmente, con una hora sola de retraso, pero del día noveno al décimotercero, se precipita de pronto el movimiento de oscilación, y durante las veinticuatro horas no hay menos de doce, trece o catorce mareas con su flujo, su calma y su reflujo. Del día 14 al 20, vuelve a reinar el orden en el estrecho, y del 21 al 26 otra vez hay cada día una docena de mareas completas. Ese parece ser el resultado del experimento hecho por los molineros, que ven girar alternativamente las ruedas de los molinos en un sentido o en otro, según la dirección de la corriente. Por su parte, sostienen los musulmanes como artículo de fe que las cinco oleadas del Euripo se suceden regularmente a las cinco horas de oración, y las rápidas observaciones de algunos viajeros describen también de otro modo las oscilaciones del mar en el angosto canal. El caso es que las corrientes del estrecho de Negroponto son inexplicables, y que si se suceden de tan extraño modo como cuentan los ribereños, se comprenderá la leyenda de que Aristóteles, después de haber tratado en vano de aclarar el misterio, se arrojó desesperado en los torbellinos del Euripo.

Más famosos aún que las corrientes del estrecho de la Eubea eran los abismos de Scila y Caribdis, desafiados por primera vez por el sabio Ulises. Según los cantos homéricos, los dos monstruos rugientes que guardan la entrada del es-

trecho de Mesina atraían a sus cavernas submarinas inmensos torbellinos de agua que vomitaban luego en corrientes torcidas, y todos cuantos barcos se acercaban a los antros formidables eran tragados indefectiblemente. No hay hoy en el Mediterráneo estrecho más frecuentado que el de Mesina, y gracias a los sondeos verificados en los supuestos abismos, donde los antiguos veían el ombligo del mar, perdieron los monstruos su terrible prestigio. Sábese ya que esos torbellinos no son más que movimientos laterales producidos por el flujo y reflujo a su paso por un canal demasiado angosto, cuya anchura no excede de tres kilómetros, y que atravesaron más de una vez, nadando a caballo, los conquistadores de Sicilia. Cuando sube la marea, la corriente se dirige al Norte, del mar Jónico al mar Tirreno; en la marea descendente, la ola procedente del Norte recobra su preponderancia y rechaza hacia el Sur a la corriente contraria, pero hay lucha entre ambas masas líquidas y el campo de batalla varía sin cesar desde Mesina a Scila. En los confines de las corrientes, donde la mezcla de las aguas se verifica con violencia, se forman remolinos estrechos en que las olas se agitan más que en otras partes y que se llaman *garofali*. Evitanlos las embarcaciones por temor de que las sacudan demasiado, pero no corren peligro alguno, como no sea cuando sopla violentamente el viento en sentido inverso a la dirección de la ola. Curioso espectáculo es el del estrecho visto desde la cumbre de las montañas de Mesina o Reggio, con las arrugas y remolinos que describen las aguas al luchar; a cada momento se ve cambiar de forma a las capas de color más oscuro, que indican en la superficie el combate del flujo y reflujo.

En los demás mares cerrados de Europa, las mareas también son poco perceptibles. No son más que de unos 40 centímetros en el Zuiderzee y durante los días de equinoccio y de tormenta apenas llegan a 1'10 metros. El Báltico, mucho más angosto y sembrado de islas que el Mediterráneo, sufre, por lo tanto, oscilaciones mucho más flojas: por eso se le llamaba *morimarus* (*mor* y *marb*), es decir, en idioma céltico, Mar Muerto. Los marineros no hacen ningún caso del desnivel causado por el flujo y reflujo; para ellos, vientos, corrientes y meteoros de la atmósfera son los únicos fenómenos dignos de observación. En efecto, en la costa occidental de Jutlandia, la marea ya no suele alcanzar más que a 30 centímetros; a la entrada del Cattegat, pierde más fuerza y regularidad, y en los estrechos del Sund y Belt es difícil percibirla. En el puerto de Copenhague todavía puede distinguirse a veces una oscilación de algunos centímetros, pero únicamente cuando el tiempo está perfectamente tranquilo

y apenas se arruga la superficie del agua. En Wismar, los fenómenos de la marea son todavía más inciertos, y únicamente una serie de observaciones proseguida durante muchos años sobre el nivel de las aguas ha podido dar a conocer la existencia probable de una diferencia total de ocho centímetros entre pleamar y bajamar: cerca de Stralsund, la diferencia no es más que de cuatro, y cerca de Memel, no excede de uno. Las diferencias más considerables que presenta el nivel marítimo provienen de vientos, corrientes o alternativas en la presión atmosférica. A veces se han visto oscilaciones rápidas de más de un metro; son éstas semejantes a las del lago de Ginebra. La fuerza sola del viento basta también para levantar un metro el nivel del mar en ciertos estrechos, como en los golfos de Estonia y de Finlandia.

El régimen de las desembocaduras fluviales difiere completamente en los mares de mareas fuertes como el Atlántico septentrional, y en los de oscilaciones insensibles, como el Báltico y el Mediterráneo. En los estuarios, en que el mar se eleva regularmente dos veces al día a gran altura, pasa por encima de todos los obstáculos, barras o bancos de arena, acumulados a la entrada de las bocas de los ríos, mientras que donde el nivel marino es constantemente igual, los diques de cieno o arena depositados en cordones litorales entre agua dulce y salada cierran siempre la entrada del cauce fluvial. Por ejemplo, el río Magdalena y el Atrato, en el mar de las Antillas, el Ródano, el Nilo, el Po, en el Mediterráneo, vierten su masa líquida por encima de barras que a veces apenas tienen un metro en la parte más baja, y el Amazonas, el San Lorenzo, el Gironda y el Támesis dan a cualquier hora libre entrada a los buques.

Esa diversidad de régimen fluvial según la altura de las oscilaciones de marea que se verifican, tiene consecuencias importantísimas para el comercio de las regiones regadas por los grandes ríos. En general, los puertos fluviales sin marea no pueden instalarse junto a la misma desembocadura por falta de agua, y los comerciantes se ven obligados a escoger, para depósitos localidades situadas en el litoral marítimo, a cierta distancia de las bocas arenosas del río. Sirva de ejemplo Marsella, donde se verifican casi todos los cambios de la gran cuenca del Ródano; está construida a la orilla de una bahía profunda del Mediterráneo, lejos de las penínsulas de cieno entre las cuales desagua el río. Alejandría, el gran puerto del delta egipcio, está al oeste de la región aluvial del Nilo; Venecia está lejos de las bocas del Po; Liorna defiende a su puerto de las cercanías del Azur; Barcelona no está a la entrada del Ebro; Cartagena de las In-

días no está en comunicación con el gran Magdalena más que por canales apenas navegables. Las excepciones de esta regla son poco numerosas, pero podemos citar a Dantzig, en el Vístula; a Stettin, en el Oder; a Galatz, en el Danubio.

En los mares de grandes mareas, los principales puertos se encuentran, en cambio, no en el litoral marítimo, sino en los ríos, y hasta a cierta distancia de la desembocadura, no lejos del lugar donde el flujo sube dos veces al día, convirtiendo así al río en verdadero golfo marítimo. Londres, Hamburgo, Nantes, Burdeos, Ruán y otras grandes ciudades comerciales han sido construídas gradualmente por necesidades del comercio lo más dentro posible de las tierras, en el sitio exacto donde la profundidad del agua y la fuerza de la marea permiten a los buques subir con facilidad. Sin embargo, como los barcos actuales tienen un calado mucho más considerable que los antiguos, ha resultado de eso que muchos puertos fluviales se han hecho insuficientes. Por eso Londres ha tenido que anexionarse los puertos de Deptford, Woolwich, Milwall y Gravesend. Ruán ha sido sustituido gradualmente por El Havre como puerto de comercio internacional; Nantes presencia el crecimiento de su rival Saint-Nazaire, tan modesto hace pocos años. Quizá la aldea de Verdon, cuando esté provista de almacenes, dársenas y espolones, sea el verdadero Burdeos comercial.

CAPITULO IV

Las riberas y las islas

I

*Modificaciones incesantes de la forma del litoral. —
Los fjords de Escandinavia y de otras comarcas próximas a los polos.*

Ese mar, que en cada ola encierra tal vez millones de organismos vivientes, parece como si le animara enorme y poderosa vida. Reflejos de cambiantes continuos, cenicientos como la bruma o brillantes como el sol, alumbran su extensión inmensa; rizan su superficie largas ondulaciones o se yergue en encrespadas olas; roza sus orillas leve ribete de espuma; las cubre la blanca masa del oleaje que se estrella; a veces deja oír como suave murmullo, a veces junta en el mismo tronar los rugidos de todas sus olas heridas y deshechas por la tormenta. Es risueño y terrible, gracioso y formidable. Su aspecto fascina. Al pasear por sus orillas, no podemos dejar de contemplarle e interrogarle sin cesar. Eternamente movable, simboliza la vida con relación a la tierra impasible y silenciosa, a la cual sitia con sus olas. Además, siempre está trabajando para modificar sin descanso el contorno de los continentes después de haberlos formado capa por capa en lo profundo de sus aguas.

La parte más importante de los trabajos geológicos del Océano está oculta a nuestra vista, porque el agua deposita en el fondo de sus abismos la cal, la sílice, la creta y los residuos de todas clases que constituirán algún día nuevas tierras, pero a lo menos podemos asistir a las continuas modificaciones que el incesante movimiento de las aguas marítimas introduce en las riberas. Considerables son esas modificaciones, y desde los siglos históricos muchas costas han cambiado ya de forma y aspecto. Han quedado arrasados al-

gunos promontorios, y en otras partes han surgido nuevas puntas de la costa; islas hay que se han transformado en escollos; otras se las ha tragado el mar, y otras se han unido al continente. No ha cesado de oscilar la línea sinuosa de la ribera, invadiendo en algunos sitios las aguas del Océano; en otros, las superficies continentales. La acción del mar es doble; varía constantemente los contornos de su cuenca, ya socavando los peñascos que la rodean y llevándose las playas, ya lanzando a la costa los aluviones y restos de todas clases que arrastran sus olas. Lo que se traga en alguna parte lo devuelve en otra en distinta forma.

Antes de que el mar hubiera modificado sus riberas destruyendo penínsulas y cegando bahías y estuarios, la forma del litoral era mucho menos regular que hoy en el contorno de la mayor parte de las tierras. Si por brusca revolución se elevaran las aguas marinas a 100 ó 200 metros sobre su nivel, inundando el Océano los valles todos fluviales hasta gran distancia de las riberas actuales, penetraría en las depresiones del continente, convirtiéndolas en golfos prolongados, y en bahías todos los valles y alfores laterales. En lugar de cada una de las desembocaduras de los ríos que apenas quebraban la línea normal de la costa, abriríanse profundas cortaduras, que se subdividirían en numerosas ramificaciones. Un trabajo en sentido inverso empezaría inmediatamente después de ese cambio en el perfil de las riberas; por una parte, las corrientes con sus aluviones irían llenando los valles superiores y estrechando poco a poco el dominio de las conquistas marítimas; por otra, trabajaría también el Océano con sus cordones litorales y agujas de arena y guijas, para separar de su superficie todas las bahías nuevas que le habría dado la súbita crecida de sus aguas. Después de indeterminado período de siglos recobraría la ribera la forma de suaves ondulaciones que hoy presenta la mayor parte de las costas. Muchas comarcas hay también donde ese doble trabajo del mar y de las aguas continentales apenas ha empezado. Esas tierras, cuyo litoral, que conserva su forma primitiva, tiene escotaduras profundas, están situadas todas a gran distancia del Ecuador, cerca de la zona polar. En Europa, las costas occidentales de Escandinavia, desde el promontorio de Lindes Naes al del cabo Norte, están desgarradas por una serie de *ffjords* o golfos ramificados, y no sólo la orilla del continente, sino todas las islas que forman como una cadena paralela a las mesetas noruegas, están ribeteadas de penínsulas y recortadas en *ffjords* pequeños, que forman inmensos senderos. Entre esas cortaduras que decuplican en su longitud el desarrollo de las costas y dan al litoral un vivo de innumerables penínsulas más o menos paralelas, unas son

de aspecto bastante uniforme y parecen enormes zanjas abiertas en el espesor del continente, otras se dividen en varios *ffjords* laterales, que hacen del conjunto de las aguas interiores un laberinto casi inextricable de canales, estrechos y bahías. El desarrollo total de las costas ha crecido tanto con ese festón, que el litoral occidental de la península, cuya longitud en línea recta no es ni de 1.900 kilómetros, llega a cerca de 13.000 con los pliegues y repliegues de la ribera, más de la distancia entre París y el Japón.

Terminando bruscamente las mesetas de Escandinavia sobre el mar del Norte, las pendientes que dominan los sombríos desfiladeros de los *ffjords* son casi todas muy escarpadas; algunas se yerguen en murallas perpendiculares que sirven de pedestal a altas montañas. El Thorsnuten, situado al sur de Bergen, a la orilla del Hardangerfjord, alcanza una altura superior a 1.600 metros a menos de cuatro kilómetros de la orilla. En varias bahías del occidente de Noruega se ven saltar las cascadas de lo alto de los acantilados y precipitarse de golpe en el mar, de modo que las embarcaciones pueden pasar entre la pared de rocas y la parábola de las aguas estruendosas. Debajo de las aguas continúan también las fragosidades de los golfos, de tal modo, que en ciertos desfiladeros de rocas, cuya anchura entre acantilado y acantilado no es más que de 100 a 200 metros, hay que echar la sonda hasta 500 ó 600 metros de profundidad antes de alcanzar a la roca. En *Los trabajadores del mar* cita Víctor Hugo con razón el Lysefjord como la de más espantoso aspecto entre esas avenidas siniestras, muchas de las cuales están eternamente privadas de un rayo de sol por las altas murallas de sal que las encierran. Ese enorme foso, de casi perfecta regularidad, penetra 43 kilómetros en el continente; aunque en ciertos sitios apenas presenta 600 metros de anchura, sus paredes se levantan hasta 1.000 y 1.100 metros de elevación, y cerca de la orilla la sonda no toca tierra hasta más de 400 metros. Indudablemente, el primer marino que bogase por las aguas negras y tranquilas de aquel abismo debió de navegar con cierto horror, preguntándose a cada nuevo recodo del camino si vería surgir ante él algún dios espantoso. Hoy mismo es imposible penetrar sin estremecerse en el siniestro desfiladero, donde los antiguos habrían creído ver la entrada del averno.

Las islas de Spitzberg, las Feroe, las Shetland, presentan también en su contorno centenares de *ffjords* semejantes a los escandinavos. Las costas de Islandia, del Labrador y de Groenlandia occidental, las de las islas del archipiélago polar y el litoral americano del Pacífico, desde la larga península de Alaska hasta el laberinto de las islas de Vancouver, no

son menos ricas en escotaduras que el litoral de Noruega. También las riberas de Escocia están profundamente recortadas, pero sólo por la parte del Oeste, donde hay además islas numerosas que reproducen en miniatura el dédalo de promontorios y bahías de tierra firme; la parte de Irlanda vuelta hacia alta mar se desarrolla también en una serie de penínsulas peñascosas separadas por golfos estrechos, pero al Sur y al Este las costas de las islas Británicas son de forma mucho menos quebrada y se desarrollan en largas curvas regulares. En Francia no suelen encontrarse vestigios de escotaduras semejantes a los *fjords* noruegos, como no sea en el extremo de Bretaña. Así es que no existe palabra en el idioma para designarlas. En España, la parte de la península que mira al NO., donde se abren los puertos de El Ferrol y La Coruña, es la única que presenta algunas clases de *fjords* medio cegados. En las orillas del Mediterráneo hay dos comarcas con las costas recortadas en *fjords* cegados también en parte por los aluviones: son el Asia Menor y Dalmacia, cuyas altas montañas, cubiertas antes de ventisqueros, dominan angostas bahías de caprichosos recortes, como las Bocas de Cattaro, pero a lo largo de las dos costas las penínsulas del litoral están uniformemente vueltas hacia el Oeste.

Al sur del Adriático y del Archipiélago, en el litoral de las tierras calientes o tórridas, ya no se ven *fjords*. Para volver a encontrar semejante formación de riberas hay que atravesar toda América hasta el extremo meridional del continente; los *fjords* se presentan allende el litoral uniforme de Chile con la isla de Chiloé, sus numerosas bahías y la red de estrechos del archipiélago de Magallanes y de la Tierra de Fuego. Esa es la única región del hemisferio austral donde aparece ese fenómeno asombroso de tortuosos y profundos valles llenos de agua de mar. No podemos decir nada del contorno de las tierras antárticas, puesto que el relieve de bahías, cabos, golfos y penínsulas está cegado por ventisqueros y bancos de hielo.

II

Fjords cegados por los aluviones marítimos y fluviales.

El estudio comparado de todas las riberas conduce a la comprobación del hecho de que los *fjords* se encuentran úni-

camente en el litoral de las comarcas frías y que, en igualdad de temperatura, son mucho más numerosos y se desarrollan más en las costas occidentales que en las riberas vueltas hacia Oriente. ¿Por qué se ha producido ese extraño contraste geográfico entre las diversas riberas según la posición que ocupan al Norte y al Mediodía, al Oeste y al Este? ¿Por qué las playas y hasta los cantiles bañados por una atmósfera cálida y templada han adquirido en el perfil de sus curvas tan gran regularidad, cuando los valles abiertos en el espesor de las mesetas de Escandinavia, de Groenlandia y de Patagonia han conservado su forma primitiva? Una causa cuyos efectos se han producido a un tiempo y de la misma manera en ambos extremos de los continentes, en las tierras boreales de América y de Oceanía y en las islas magallánicas, debe de haber sido necesariamente un gran fenómeno geológico que actuó durante toda una edad del planeta.

Ese fenómeno era el clima especial que durante el período glacial se percibió en la superficie del globo y transformó en largos ríos de hielo las neveras de las montañas. El mapa habla, digámoslo así, y cuenta con claridad que los *fjords*, antiguas escotaduras del litoral, se han conservado en su estado primitivo por la permanencia prolongada de los ventisqueros. En efecto, el período del frío, cuyos testimonios inequívocos se ven todavía en los trópicos y en el Ecuador, al pie de los Andes y en el valle del Amazonas, naturalmente duró más cerca de los polos que en la zona tórrida y en las templadas. Aquel período glacial, terminado tal vez hace millones de siglos en las abrasadas playas del Brasil y de Colombia, ha cesado en las costas inglesas y francesas en una época relativamente cercana. En edad aun más próxima a nuestros tiempos históricos, los *fjords* de Escandinavia se han desprendido a su vez de los ventisqueros que los llenaban, y muy al Norte y en las regiones antárticas hay comarcas donde los ríos de hielo bajan todavía hasta el mar y se extienden a lo lejos en los golfos. El ventisquero de la bahía de Magdalena, explorado por Martín y Bravais, se proyecta a lo lejos, en un *fjord* que no tiene menos de 100 metros de profundidad, y el acantilado terminal de hielo, empujado por el peso de las nieves superiores, se despliega en línea curva cuya convexidad mira a alta mar. En costas más frías aún, como en el norte de Groenlandia, y al otro lado del mundo, en el contorno de las tierras antárticas, las bahías llegan a estar completamente cegadas por los hielos, que desbordándose en alta mar dan perfil regular al conjunto de las costas. Las olas de alta mar vienen a chocar con largo muro de cristal, y esos cimientos helados disfrazan la verdadera forma de la arquitectura continental, como lo hacen

en otros climas aluviones fluviales y agujas de arena marítima. Sin embargo, valles profundos, ocultos por el banco de hielo, recortan también el litoral de esas costas polares, y en venidero período geológico, cuando hayan desaparecido los hielos, esas escotaduras del continente serán también *ffjords* semejantes a los escandinavos.

Cuando las bahías de Noruega estaban cegadas por los hielos como ahora lo está la de Groenlandia septentrional, conservaban su forma primitiva, excepto en las paredes laterales y en las rocas del fondo, que estaban estriadas y bruñidas por el roce de la masa movable y los residuos que arrastraba. Los peñascos caídos en las neveras y en el campo del ventisquero, los montones de guijarros y de tierras arrebatados por las intemperies y el deshielo a las laderas de las montañas formaban hacinamientos semejantes a los que hoy se ven en los ventisqueros de los montes escandinavos; pero esos hacinamientos, en lugar de derrumbarse con los hielos en algún valle situado a centenares de metros de elevación, eran llevados hasta la desembocadura de los *ffjords* en alta mar y se abismaban en las olas con los pedazos desprendidos del mismo ventisquero. Los desmoronamientos sucesivos de rocas y guijarros, necesariamente habían de levantar poco a poco un hacinamiento frontal submarino, y se encuentran efectivamente a la entrada de todos los *ffjords* escandinavos bajos fondos de residuos que se alzan como murallas fuera del agua profunda. Los marinos noruegos llaman «puentes de mar» a esas vallas naturales que sirven de límite a los antiguos ventisqueros y en donde peces de aguas cercanas se reúnen a millones. En aguas de la Escocia occidental, como a la entrada de los pequeños golfos del Finisterre, se ven también cordones de bancos submarinos y de arrecifes que no son más que antiguos hacinamientos procedentes de ventisqueros.

Después del período que precedió a la edad actual y los ventisqueros de Escandinavia retrocedieron poco a poco hacia el interior de los *ffjords*, dejaron de tocar el nivel del mar y su extremo inferior penetró cada vez más en los valles abiertos en la ladera de los montes. Entonces empezó para los torrentes y el mar el inmenso trabajo geológico de cegar las bahías. Las aguas fluviales llevaban sus aluviones y los depositaban en playas lisas al pie de las montañas, mientras el mar extendía en capas de arena o cieno los residuos de rocas que socavaba con sus olas. Ya en gran número de *ffjords* noruegos ha hecho grandes progresos esa obra de transformación del dominio del mar en tierra firme, y si se conociera la proporción secular del crecimiento de las playas podría calcularse aproximadamente la época en que quedó libre de

hielos el valle. En la vertiente inclinada al Este hacia los campos de Suecia, se verifica análoga labor; allí han sido sustituidos los ventisqueros, no por olas del mar, sino por aguas lacustres escalonadas en cuencas, y esas aguas retroceden también poco a poco ante los aluviones de los torrentes. También en la gran cordillera de los Alpes suizos, varias depresiones profundas, que en otro tiempo fueron lechos de grandes ventisqueros, se han convertido en *ffjords* continentales: tales son el lago Mayor, el de Iseo, el de Lugano, el de Como y el de Garde. Esas cuencas lacustres están cerradas al Mediodía con enormes hacinamientos semejantes a los puentes de mar de Noruega, y sus aguas, como las de los *ffjords*, van cambiando de lugar a consecuencia de los aluviones que les llevan los torrentes alpinos.

Situadas más al Sur que los *ffjords* de Escandinavia y más próximas al origen de la tibia corriente que procede de las Antillas, las bahías occidentales de Escocia han debido de quedar libres de hielos mucho antes que las costas noruegas, y las escotaduras del litoral de Holanda y Bretaña francesa dejarían bastante antes de servir de lecho a la nieve solidificada de las montañas vecinas. Las riberas de las islas Británicas, vueltas al Este hacia el mar del Norte, seguramente estaban libres de hielos hacía tiempo, porque en aquella época, como hoy, los vientos del Oeste y del Sudoeste dominaban en Europa y llevaban las lluvias a las pendientes de las montañas inclinadas hacia el Atlántico: en la vertiente opuesta los ventisqueros se han derretido antes por falta de la humedad necesaria. Esa es la razón del sorprendente contraste que presentan en las islas Británicas y en Islandia las costas occidentales, recortadas por bahías profundas, y las riberas orientales, cuyos *ffjords* están menos salientes y a veces hasta completamente cegados por los aluviones. En el sur de América, como las lluvias son mucho más abundantes en la vertiente occidental de las montañas de Patagonia, los ventisqueros han bajado mucho más hacia los valles, y los *ffjords*, sujetos por los hielos en su estado primitivo, todavía convierten toda aquella parte del litoral americano en verdadero laberinto. Los movimientos de la atmósfera explican la forma de los mismos continentes.

Después del retroceso de los ventisqueros, el trabajo de regularización de las riberas se verifica en las diversas comarcas con mayor o menor rapidez, según la forma de los continentes, la profundidad de los *ffjords* y todo el conjunto de fenómenos que constituyen el medio geográfico. En ciertas comarcas donde tienen poca importancia los ríos, como en Dinamarca y Mecklemburgo, los *ffjords* empiezan a cerrarse por la parte del mar y se convierten en largas y estrechas

lagunas separadas de las olas saladas por playas arenosas. En cambio, los golfos donde desembocan grandes ríos van siendo cegados por los aluviones en las partes más separadas del Océano y se convierten poco a poco en estuarios. Finalmente, muchas orillas, entre otras las de Islandia oriental, ofrecen unas junto a otras muchos *fjords* que se estrechan a un tiempo aguas arriba y aguas abajo por los tributos del mar y los de los ríos interiores. Así es que muchos golfos antiguos de Escandinavia, de Inglaterra y de Francia se han convertido en tierra firme. Los golfos de Criastiansund, en Noruega, y de Carentan, en Francia, proyectaban antes en todos sentidos profundos abismos, cuyo lugar ocupan hoy cultivos y pantanos.

Sea cual fuere la diversidad de los medios empleados por la Naturaleza para cegar las antiguas bahías glaciales, se verifica el trabajo en su debido tiempo, puesto que está comprobado que de las regiones templadas a la zona ecuatorial las curvas de las riberas presentan creciente regularidad. A los puertos innumerables que penetran en lo interior de las tierras septentrionales sustituyen al Mediodía riberas marítimas cada vez más inhospitalarias por la falta de festones, y en las costas de la zona tórrida, privadas de desembocaduras fluviales, los buques tienen que seguir las costas centenares de leguas antes de encontrar un abra de refugio. Los tres continentes meridionales, América del Sur, África y Australia, son los que presentan en su contorno el desarrollo más uniforme de costas y más desprovisto de bahías.

Si puede considerarse con razón cada ventisquero como termómetro natural que indica subiendo y bajando todos los cambios de la temperatura local, también puede verse en el conjunto de las riberas, desde los *fjords* de Groenlandia y Noruega hasta las largas playas de África ecuatorial, una representación visible de los cambios de temperatura que han ocurrido en el globo desde el período glacial. Si con largos y pacientes estudios se consigue medir el tiempo necesario a los aluviones marítimos y fluviales para modificar así la forma de los valles llenos antes de hielos, se podrá calcular la duración de los tiempos modernos que han sucedido a aquella edad anterior de la tierra. Ese término vago de época o de período que según los diversos geólogos, lo mismo significa millares que millones de años, tendrá para tiempos más cercanos a nosotros sentido más exacto, y figurará como los siglos en la cronología de los hombres.

Dstrucción de los acantilados. — Costas de la Mancha. — Paso de Calais. — Acción de los cantos y las arenas. — Marmitas de gigantes. — Pozos surtidores de las costas.

Aunque forzosamente haya equilibrio entre la obra de demolición y la de reconstrucción, se podría creer a primera vista que el mar gusta más de destruir. Contemplando los acantilados, esos tajos que en diversas costas se alzan a muchos centenares de metros de elevación, se pregunta uno con espanto cómo han podido bastar los asaltos repetidos de las olas para cortar así las montañas cuyas bases suavemente inclinadas se variaban antiguamente en las olas. Desde lo alto de esas costas bravías se ve al Océano tumultuoso extendido como una superficie plana, y no se distinguen las olas más que por sus reflejos y las rompientes más que por su guirnalda de espuma; fúndense los rumores múltiples de las olas en largo murmullo que se extingue y renace luego para extinguirse otra vez. Sin embargo, esa agua que se ve a profundidad tan grande y que parece impotente contra la peña sólida, ha derribado toda la tracción de colina o de montaña, de la cual es escala gigantesca el acantilado, y después de haber derrumbado gradualmente las enormes hiladas, las ha reducido a polvo y ha hecho desaparecer sus huellas. A veces no queda ni un escollo en el lugar donde se erguían los promontorios. Los fenómenos comprobados durante la corta vida de un hombre son hechos tan grandiosos en su desarrollo y tan notables en sus efectos, que un sabio inglés, el capitán Saxby, ha propuesto fundar en ellos una ciencia especial llamada *ondavorología*.

Para tener idea de la fuerza destructiva ejercitada por las olas del Océano, basta contemplarlas un día de tormenta desde los acantilados gredosos de Dieppe o de El Havre. Vese abajo al ejército de las olas espumosas lanzarse al asalto de las rocas. Impulsadas a un tiempo por el viento del mar, la marea y la corriente lateral, brincan por encima de los escollos y escarpas de la orilla y chocan oblicuamente con la base del acantilado. Su choque hace temblar a las enormes murallas hasta la cima y el estrépito repercute en todas las fragosidades como incesante trueno. Proyectada en las hendeduras de la peña con terrible fuerza impulsiva, diluye el agua todas

las materias arcillosas y calcáreas, desempotra lentamente los peñascos o hiladas más sólidos, los arranca de golpe y luego los hace rodar por la arena o los rompe convirtiéndolos en cantos que pasea con formidable ruido. A través del torbellino de espuma hirviente que sitia la ribera, sólo se entrevé la obra demoledora, pero las olas están tan cargadas de despojos, que presentan hasta el horizonte negruzco o térreo color.

Cuando cesa la tormenta pueden medirse las invasiones del mar y calcular los millares de metros cúbicos de piedra tragados y transformados en cantos y en arena. A últimos del año 1862, durante una de las tempestades más terribles del siglo, vió Lennier al mar derribar los peñascos de la Héve en un espesor de 15 metros. Desde el año 1100 las aguas del Canal de la Mancha, auxiliadas por lluvias, heladas y otras intemperies que ejercen gran presión en las hiladas superiores, le han quitado a aquel acantilado más de 1.400 metros, o sea unos dos metros al año. El lugar donde en otro tiempo se encontraba el pueblecillo de Saint-Adresse ha ido retrocediendo ante las olas, y hoy le sustituye un banco. Bouniceau, uno de los sabios que mejor estudiaron los fenómenos de la erosión de las riberas, calcula en la cuarta parte de un metro lo menos la fracción de acantilado que arranca el mar por término medio a las costas de Calvados, y en las del Sena inferior no se puede considerar la erosión anual menor de 30 centímetros.

En las costas meridionales y orientales de Inglaterra las invasiones del mar se verifican con rapidez igual o tal vez superior, porque en general los colonos cuentan con una pérdida media de un metro de tierra al año a lo largo del acantilado. Al este de la península de Kent han adelantado las aguas más de seis kilómetros hacia el Oeste desde el período romano. En sus invasiones sucesivas han sumergido los vastos dominios del conde sajón Goodwin y los han sustituido con los temibles *Goodwin Sands*, donde tantos barcos se pierden cada año, y después han transformado en gran rada abierta la estrecha laguna de Downs. Según los cálculos de Marchal, la masa total de los peñascos quebrados y devorados cada año por las aguas de la Mancha oriental es de unos 10.000.000 de metros cúbicos.

El Paso de Calais va ensanchándose actualmente bajo la triple acción de meteoros de olas tormentosas, y de la corriente que sale de la Mancha hacia el mar del Norte. Las pacientes investigaciones de Thomé de Gamond, ingeniero a quien se debe un hermoso proyecto de túnel internacional entre Francia e Inglaterra, han demostrado que el acantilado de Grisis Nez, el punto de las costas francesas más próximo a

la Gran Bretaña, retrocede por término medio 25 metros cada siglo. Si en las edades anteriores el progreso de las erosiones no ha sido más rápido, debe de haberse roto por la presión de las olas el istmo que unía a Inglaterra con la tierra firme hace sesenta mil años. De todos modos, es imposible indicar una fecha cualquiera, puesto que en aquel lugar se ha hundido y levantado el suelo varias veces; antiguas playas, superiores en cuatro o cinco metros al nivel actual del mar, como bosques sumergidos, dan testimonio de todas esas oscilaciones sucesivas.

A lo largo de las costas de Francia, al este del cabo de Antifer, los cantos que han caído de los acantilados, reducidos constantemente en su tamaño por el movimiento de las olas que los resiegan a unos contra otros, no dejan de andar hacia la desembocadura del Somme. Parados a diez kilómetros más allá de los últimos acantilados de pedernal por el promontorio del Howrdel, en seguida los vuelve a coger la corriente que va hacia el estrecho; cada vez más triturados, viajan de banco en banco de arena, y después de haber franqueado el estrecho forman depósitos de cieno, ya en la superficie de innumerables bancos del mar del Norte, ya en las riberas de Flandes, de Holanda y de la Inglaterra oriental; a esos depósitos se les da el nombre expresivo de *ganancias de la ola* en los parajes de la Mancha. Los 10.000.000 de metros cúbicos de residuos arrebatados anualmente a los acantilados de Sussex y de Kent, lo mismo que a las de Calvados y el país de Canx, son llevados al litoral de los países del Norte; a expensas de las costas de la Mancha se forman los *polders* de Holanda y los *fens* de Norfolk y de Lincolnshire. A consecuencia de ese doble trabajo de erosión en un punto y de almacenaje en otro, las riberas colocadas al norte del estrecho presentan un contraste perfecto con las costas de la Mancha. Mientras a orillas del mar los acantilados de Francia e Inglaterra se recortan en bahías cóncavas, las playas que se prolongan al norte del Paso de Calais afectan una forma convexa uniforme. La ola devuelve en arena y en cieno lo que ha cogido en peñascos y cantos.

No hay que creer que sea ésta la misma fuerza impulsiva del agua marítima que demuele los acantilados de la orilla. La masa líquida sería casi impotente contra las duras rocas, si al acercarse a la ribera no fuera cargada de residuos de todas clases, peñas y cantos, arena y conchas, que como proyectiles arroja cada ola contra los muros que la dominan. Sirviéndose de las piedras que cayeron antes como de otros tantos arietes, los arrastra el agua hasta el pie de los acantilados, choca con los relieves, los sacude y acaba por quebrarlos y reducirlos a polvo. La arena misma,

restregada sin cesar por las rocas, gasta poco a poco los cimientos más sólidos y sigue así el trabajo de zapa empezado por los cantos; gran parte de los mismos despojos del promontorio sirve para arrojarlo al mar. En todas las costas peñascosas de Escandinavia, de Escocia, de Irlanda y de Bretaña, la muchedumbre de escollos sembrados en el mar a gran distancia de la costa no son más que antiguos cimientos de continente que han sido gradualmente arrasados por los guijarros y la arena hasta el nivel de la ola. Desde lo alto de una colina, en las costas de Paimpol de Morlaix, del Abewrach, también se puede distinguir a marea baja cuál era la forma primitiva de la orilla.

Las excavaciones profundas y regulares conocidas con el nombre de marmitas de gigantes son uno de los trabajos geológicos más curiosos ejecutados por los peñascos esparcidos. Toda piedra que descansa libremente en una fragosidad de la roca donde se estrellan las olas, abre, durante el curso de las edades, una especie de pozo, cuyas paredes son lisas y están como cepilladas por el roce. A la larga, esas cavidades (donde la piedra gradualmente redondeada no deja de oscilar sobre su base o de girar con la arena) adquieren profundidad y anchura de muchos metros. Esas, según la tradición, eran las marmitas en que los gigantes antiguos aderezaban la comida. Existen excavaciones muy notables de este género en las costas de Escandinavia, donde peñascos de granito arrastrados por un mar furioso quedan sujetos por las abruptas rocas en muchas quebradas del acantilado.

Fenómeno tan interesante como el girar de las piedras en las marmitas de los gigantes es la súbita aparición de columnas de agua marina que surgen como surtidores a través de las hendeduras del peñasco. Cuando una ola inmensa se abisma en una de las cavernas rajadas del litoral, es a veces tal su ímpetu, que retiembla la roca como con una descarga de artillería. La masa de agua empuja al aire delante de sí, y no encontrando en las paredes que la rodean y comprimen bastante espacio para extenderse, brota por las rendijas de la bóveda. La mayor parte de éstas, gradualmente esculpidas de nuevo por las columnas líquidas que de allí se escapan, toman a la larga aspecto de verdaderos pozos, en los cuales cada entrada del agua se señala con un geiser de dimensiones variables. Las hay que se elevan hasta muchos metros de altura y se ven a gran distancia, como el chorro húmedo que desde lejos denuncia a la ballena; por eso llaman sopladores los marinos en muchos países a esos fenómenos de las riberas.

La presión de la marea es tan perceptible como el im-

pulso de las olas en lo interior de las peñas rajadas del litoral; verdad es que no hace brotar magníficas fuentes por encima del mar, pero hace subir el nivel del líquido en todos los pozos cercanos a la orilla, hasta en los que están llenos únicamente de agua dulce. Eso podría haberlo indicado anticipadamente la teoría; las capas líquidas que penetren a lo lejos en las hendeduras de las rocas detienen el agua de infiltración procedentes del interior; éstas, saladas o dulces, permanecen en sus depósitos y se elevan al mismo tiempo que la marea; después, cuando empieza el reflujó, emprenden otra vez el camino del mar y se vierten de nuevo en él en cuanto cesa la presión de la marea ascendente. Donde las rocas de la costa están muy hendidas (lo cual ocurre casi siempre en los acantilados de estratos calizos) existen pozos de esos que suben y bajan alternativamente con la marea. Debemos citar principalmente los de Finlandia, cerca de Wasa, los de los alrededores de Royán, en la orilla derecha del Gironda, y sobre todo, los de las islas Bahama. En varias de esas islas, todos los pozos, sin excepción, están regularizados por el flujo del mar.

Ciertas costas hay tan profundamente abiertas por la parte del mar, que las olas penetran hasta gran distancia en lo interior del continente. Hay un ejemplo curioso en la parte de la Luisiana conocida con el nombre de Attakapas. Allí, las praderas del litoral, protegidas contra las tormentas del golfo de Méjico por series de bancos de arena y de largas islas paralelas a la orilla, no han dejado de ganar terreno al Océano, pero no son sólidas más que en la superficie y el revoltijo de sus raíces está bañado por el agua del mar, que se interna a lo lejos en una bahía de contornos invisibles. Los pescadores no temen arriesgarse por esas praderas flotantes, semejantes en todo a las de los pantanos, y perforando el suelo se apoderan de los peces ocultos en aquellos escondrijos.

De todos modos, no pueden existir riberas flotantes más que en escaso número de costas, cuyas circunstancias físicas son muy excepcionales; generalmente, las aguas del Océano penetran en lo interior de las tierras por grutas y cavernas abiertas en la roca sólida. Indudablemente debe de haber debajo del nivel del mar muchas de esas galerías peñascosas, pero sólo se conocen aquellas que se abren al nivel de las olas, como la gruta azulada de Capri; más abajo, la masa líquida cierra la entrada de las cavernas laterales, que no conoceremos en mucho tiempo. Pero si no se pueden explorar las grutas llenas aún con las aguas del mar, se ven en las costas levantadas, como las de Escandinavia, inmensas cavernas que las olas recorrían libremente.

te en otro tiempo. Una de las grutas más imponentes del mundo es la que atraviesa de parte a parte el soberbio peñasco de Tortghattén, erguido como enorme pirámide de más de 300 metros de altura en una isla de la Noruega septentrional. Esa galería, a cuyo través ven pasar la luz los navegantes, es de una regularidad asombrosa. Los umbrales de las inmensas puertas, una de 71 y otra de 40 metros de altura, se encuentran a cada lado a la misma elevación de 123 metros sobre el nivel del mar; el suelo, cubierto de arena fina, es casi horizontal y forma como el pavimento de un túnel, por donde podrían circular coches. Presentan las paredes laterales, casi en toda su extensión, una superficie bruñida, como si las hubiera construido mano humana, y se elevan verticalmente hasta el nacimiento de la cimbra; hacia la mitad de la gruta, la bóveda es más baja que en los extremos. Vistos a través del gigantesco telescopio de 300 metros de longitud, los promontorios, los islotes, los innumerables escollos y las crestas blancas de las rompientes forman un espectáculo de incomparable hermosura, sobre todo cuando ilumina el sol con sus rayos el conjunto del paisaje.

Cuando la ola del mar no puede entrar en las cavernas alejadas de la orilla más que por canales estrechos, ocurre a veces que un arroyo de agua salada corre con regularidad hacia lo interior de las tierras sin volver nunca al Océano. Esa extraña circunstancia, que puede parecer al principio un trastorno de las leyes naturales, se observa en diversos puntos del litoral de las comarcas calizas, y especialmente en las costas de Grecia e islas vecinas.

Cerca de Argóstoli, ciudad comercial de la isla de Cefalonia, cuatro torrentes chicos de agua de mar, que por término medio llevan 250 litros de agua por segundo, penetran en las hendeduras de los acantilados, corren rápidamente a través de las peñas sembradas en el cauce y desaparecen gradualmente en las grietas del suelo. Dos de esas corrientes de agua son lo bastante considerables para hacer girar durante todo el año las ruedas de dos molinos contruidos por un inglés emprendedor. Aunque las cavidades subterráneas de Argóstoli estén en comunicación constante con el mar, y la entrada de los canales se desembaraza cuidadosamente de las algas que pudieran obstruir el paso, o a lo menos retrasar la corriente, las aguas no se encuentran en las grutas a la misma altura que en el golfo vecino. Y es que las rocas calcáreas de Cefalonia, desecadas en la superficie por los vientos del mar y los ardores del sol, están perforadas y hendidas en todo su espesor por innumerables grietas, que son otras tantas chi-

meneas que activan la circulación del aire y la evaporación de la humedad oculta. Puede compararse la masa entera de los collados de Argóstoli con todas sus cavernas a una inmensa alacarraza, cuyo contenido se va evaporando a través de la arcilla porosa. A consecuencia de esa pérdida constante de líquido, el nivel del agua siempre es menos elevado en las cavernas que en el mar, y para restablecer el equilibrio arroyuelos alimentados por las olas bajan incesantemente por todas las hendeduras hacia los depósitos subterráneos. Es probable que la evaporación constante del agua salada tenga por resultado acumular en las cavidades de la isla enormes masas salinas. El geólogo Ansted ha calculado que el desagüe de los dos grandes arroyos marinos de Argóstoli bastaría para formar cada año un peñasco de más de 1.400 metros cúbicos de sal.

IV

Desmoronamiento de las rocas. — Diverso aspecto de los acantilados. — Plataformas de sus bases. — Resistencia de las costas. — Rompeolas formados por escombros. — Helgoland. — Destrucción de las playas bajas.

Todos los promontorios peñascosos expuestos a la violencia de las borrascas, o sencillamente rozados por la corriente, están desmoronados en su base. La erosión se verifica de una manera más o menos rápida, según la marcha de las olas, la distribución e inclinación de las hiladas, la dureza de las rocas y la composición química de sus moléculas. Los medios de destrucción empleados dependen a un tiempo de las diversas condiciones hidrológicas y geológicas. Por extraño que parezca este aserto, el agua del mar en ciertos casos puede llegar a destruir por la combustión las peñas de sus orillas. Los acantilados de Ballyunion, en la costa occidental de Irlanda, presentan durante mucho tiempo el aspecto de murallas de lava humeante. Aquellos peñascos, perforados por las olas del Atlántico y esculpidos con caprichosos adornos, se derrumbaron un día en una gran extensión, y el alumbre y piritas de hierro que contienen en gran proporción sus estratos quedaron expuestos a la acción de la atmósfera y del agua del mar. Verificóse una oxidación rápida y produjo un calor bastante intenso para incendiar todo el acantilado. Durante semanas enteras ar-

dieron las rocas como un brasero inmenso, y masas de vapor y de humo se elevaron como nubes por encima de la alta muralla sitiada por el oleaje. Dispersos alrededor del espacio donde reinó el incendio, aun se ven montones de escorias derretidas y capas de arcilla transformadas en ladrillos por la violencia del fuego.

Siendo tanta la diversidad de medios destructores empleados por la Naturaleza, compréndese que el aspecto y formas de las costas peñascosas varíe también notablemente. Los acantilados de Inglaterra y de Normandía, que están compuestos de capas bastante desmenuzables, se derrumban cuando sus hiladas inferiores han sido roídas, y sus paredes, pocas veces interrumpidas por angostas brechas que dan paso a arroyos temporales o permanentes, parecen enormes murallas de 50 a 100 metros de elevación. En las islas del mar Báltico los peñascos gredosos, menos expuestos a la furia de las tempestades que los de Europa occidental, son también menos abruptos, y se extienden bosques de hayas como capas de verdor sobre los desmoronamientos de los acantilados. En otras partes, especialmente en las costas de Liguria, los promontorios, formados de rocas calizas más duras que la greda, no se hundan cuando se lleva el mar sus estratos inferiores, y las olas, trabajando incesantemente la base de esas rocas, pueden esculpir columnatas, arcos, galerías, anchas grutas, en que el agua temblorosa ilumina la bóveda con azules reflejos. Otros acantilados, cuyo tipo puede ser el promontorio de Socoa, cerca de San Juan de Luz, están compuestos de pizarra diversamente inclinadas hacia el mar; roídas por las olas, se desprenden algunas láminas de esquisto, otras se encorvan y se separan unas de otras, como la hojas de un libro entreabierto, y permiten a las olas que se deslicen espumosas hasta el corazón del acantilado, para brotar de él en seguida como inmensos cohetes. Finalmente, en otras riberas, las rocas, cortadas por separaciones verticales, están aisladas unas de otras y separadas en grupos distintos por la acción de las aguas. Rodeadas por un mar rugiente, se yerguen en su base de escollos como torres monstruosos obeliscos, arcos gigantescos, puentes derruidos. Tales son las rocas innumerables que se alzan por encima de las olas en el archipiélago de las Shetland y en las Orcadas. Negros, esbeltos, rodeados de brumas como humaredas, esos residuos de antiguos acantilados, justifican el nombre de *Chimney-rocks* —rocas-chimeneas—, que han dado a muchos de ellos los ingleses. En la costa septentrional de Noruega, no lejos del círculo polar, se eleva en medio de las aguas un peñasco

de más de 300 metros de altura que parece un gigantesco jinete; por eso se le llama Hestmanden.

Se ve que son de formas muy diversas los acantilados roídos por las olas del mar. De todos modos, puede decirse, como regla general, que las desigualdades de las paredes están en razón directa de la dureza de las hiladas. Las ranuras abiertas lentamente en la superficie de la roca por las aguas, las cavidades que éstas ahondan y las grutas que esculpen, son tanto más profundas cuanto más dura es la piedra, porque las capas de formación poco sólida se derrumban en cuanto han sido roídos los cimientos. La parte del acantilado, humedecida sólo por la espuma y la niebla de las gotillas estrelladas, está menos recortada que la base y sus ranuras son menos numerosas, pero aun no aparece la vegetación. Más arriba, algunos líquenes dan a la piedra un tinte verdusco. Finalmente, las malezas, que gustan de respirar el aire salado del mar, aparecen en las fragosidades y cornisas de las rocas. A 35 ó 40 metros de altura empieza a mostrarse esa vegetación en los acantilados de las riberas del Mediterráneo.

A pesar de la asombrosa variedad de aspecto que presentan los acantilados compuestos de sustancias diversas, como greda, mármol, granito o pórfido, se observa un rasgo de semejanza singular es la forma de los peñascos cubiertos por las aguas del mar al pie de las abruptas paredes. Consiste en la existencia de dos o tres plataformas de dimensión variable, situadas en la base de las escarpaduras. En las orillas del Mediterráneo y otros mares de poca marea, donde no varía el nivel de las aguas más que por la acción del viento y la tempestad, no existe más que una de esas plataformas, y en las costas del Océano, donde las mareas alcanzan una amplitud de varios metros por lo menos, dos escalones superpuestos se extienden debajo de la muralla. Cuando la peña es muy dura, la plataforma única o múltiple presenta pocos metros de anchura y puede compararse con una estrecha cornisa suspendida a mitad de la altura entre dos paredes abruptas, la del acantilado y la que se sumerge en el abismo del agua. En cambio, cuando la roca es blanda, la plataforma sobre la cual se extiende la ola tiene a veces varios centenares de metros de anchura. En Mishmore (costa occidental de Irlanda) el acantilado presenta una serie de escalones regulares, como si fueran de una escalinata para gigantes. El más elevado, sembrado de peñascos, es el que alcanzan las olas tempestuosas; más abajo están los bañados por las mareas de aguas vivas y por las mareas ordinarias. Después vienen las plataformas intermedias, y las dos últimas mesetas de la escalinata son las bañadas por el

agua en los reflujos ordinarios y en las mareas bajas de equinoccio.

Se comprende fácilmente que esos rebordes submarinos formaban parte en otro tiempo del espesor del acantilado; han resistido los asaltos de las olas, mientras las hiladas altas, socavadas con más o menos lentitud, se han desplazado en el mar. Como la fuerza de proyección de las olas se nota con menos energía en la masa del agua que en la superficie del mar, el peñasco se deja decentar únicamente en el lugar que sufre el choque de la ola, pero sus pendientes sumergidas permanecen relativamente intactas y siguen con mayor o menor exactitud el antiguo perfil costero. Por esa razón existen en las orillas del Atlántico y otros mares, cuyo nivel oscila alternativamente con el flujo y reflujo, dos plataformas superpuestas que corresponden, una al nivel de la bajamar y otra al de pleamar. A la hora del flujo, impulsadas las olas por la marea se estrellan impetuosamente contra las paredes de los peñascos y activan sus trabajos de zapa. En cambio, durante el reflujo, el agua que se estrella en la orilla es contenida por la corriente de bajamar, y por eso no ataca al acantilado con tanta energía como la ola de marea. La diferencia de impulso que existe entre las olas de flujo y reflujo puede medirse por la extensión respectiva de las plataformas intermedias.

Si las olas atacan constantemente la orilla para convertir en acantilados las alturas de la ribera, no se contentan éstas con resistir con su masa y la dureza mayor o menor de sus hiladas, sino que, además, muchas de ellas parece que blindan contra las olas su base amenazada. Una espesa vegetación de algas de flotante cabellera alfombra las cornisas, quiebra la fuerza del oleaje y convierte en torrentes de hirviente espuma las enormes olas que corrían rápidamente al asalto de la roca. Además, toda la parte de peñascos comprendida entre el nivel de la marea alta y la baja está cubierta de diversas conchas, bastante numerosas para dar en ciertas horas a la piedra el aspecto de una hormigueante masa y formar, además, inmenso caparazón inmóvil.

Las costas que disfrutan de esa protección son precisamente aquellas que por lo sólido de sus peñas resistirían mejor a los ataques del mar. Los acantilados compuestos en todo su espesor o únicamente en su base de materiales poco resistentes, se desmoronan con harta frecuencia para que los moluscos y algas se aventuren en gran número en la parte de la roca que vienen a asaltar las olas. Grandes pedazos se desprenden de las hiladas superiores y caen en la arena; en seguida, bajo la acción de las olas, se parten en fragmentos más chicos y después en cantos que el mar

arrastra y frota incesantemente con ruido de cadenas. Bajo esos residuos constantemente removidos por la ola no puede desarrollarse germen alguno animal y vegetal ni defenderse ningún organismo vivo procedente de alta mar; llegan a quedar desiertas las aguas que se estrellan en aquella masa sonora.

Quando sucede así, los hacinamientos y guijarros de la arena son los que sirven de baluartes de defensa para garantizar la pared del acantilado contra nuevos ataques. Apoyados en escarpa contra la pared inferior del peñasco o dispersos en las olas y transformados en escollos, los peñascos caídos burlan la fuerza de las olas y retrasan el progreso de las erosiones. En las costas del Mediterráneo, cerca de Ventimiglia, acantilados cuyos cimientos están compuestos de arcilla arenosa, que con las lluvias se diluye, se defienden eficazmente con escarpas, diques, torres y obeliscos de un sólido conglomerado desprendido de las hiladas superiores. En las ásperas riberas de Bretaña, los peñascos de granito rajados en todos sentidos y convertidos en cantos traídos y llevados por el mar, conservan intactas durante siglos las paredes de las rocas de que formaron parte.

Los acantilados de Normandía, compuestos de materiales mucho menos duros que los de los promontorios de Bretaña, pueden ser atacados más fácilmente, pero principalmente debe atribuirse su rápida erosión a la corriente del litoral que se lleva los cantos acumulados junto a la base de las rocas. La escarpa de peñas derrumbadas constituye al principio una defensa muy suficiente contra la furia de las olas, pero poco a poco se disuelve la parte gredosa de la peña y se deposita de trecho en trecho en los bancos de cieno, mientras los salientes de pedernal separados del espesor de la piedra dejan de ofrecer a las olas la suficiente resistencia, y son arrastrados a las bahías vecinas en inmensas procesiones paralelas a las orillas. En las costas meridionales de Inglaterra, la corriente del litoral es mucho menos enérgica y las escarpas de residuos pueden resistir por lo tanto mucho tiempo los ataques del mar. Hace algunos años las aguas minaban con amenazadora rapidez la base del acantilado que se eleva no lejos de Douvres, por la parte del Oeste, y que han consagrado a Shakespeare los ingleses en memoria de la hermosa descripción que de él ha hecho en *El rey Lear*. Para salvar ese promontorio histórico, las casas que sostiene y el ferrocarril que bajo un túnel lo atraviesa, se tuvo la idea de hacer saltar una parte de las hiladas superiores. Ante una multitud inmensa que acudió a contemplar el nuevo espectáculo, se prendió fuego a varios cientos de kilogramos de pólvora amontonados en la mina, y enormes

masas de roca se desplomaron con estrépito desde lo alto de la colina: ahora la fuerza de las olas se estrella en la escarpa. Beete Jukes supone que en dieciocho siglos había roído el agua unos dos kilómetros de ese acantilado y de las rocas vecinas.

Hay una isla en el mar del Norte que por confusión involuntaria se creyó consagrada a Freya, diosa del amor y la libertad, y cuyo antiguo nombre de Ha-Mygland (tierra de bancos inundados) se ha transformado para los extranjeros en el de Helgoland (tierra santa). La isla, completamente compuesta de asperón, rodeado antes por capas cretáceas, presenta al mar en todo su contorno un acantilado de 60 metros de altura, roído en la base por las olas. Empleando el heroico medio aplicado por los ingenieros ingleses para defender el acantilado de Shakespeare, y que la guarnición de Helgoland había inaugurado en 1808 bombardeando unos peñascos que se derrumbaban, podrían rodear los habitantes a su isla de un rompeolas circular, pero semejante dique duraría poco, porque los estratos de asperón no contienen esos lechos de guijarros que forman los cantos de la playa. Pronto serían disueltas por las olas todas las peñas, y no quedaría ni un residuo para salvar las hiladas inferiores contra la acción destructora de las olas y el trabajo de erosión empezaría de nuevo. Consagrada a una destrucción segura, la isla se va derriendiendo en el agua como un inmenso cristal de sal.

No dan el mismo crédito todos los sabios a los documentos relativos a la antigua extensión de Helgoland. Algunos, como Wiebel, consideran esos testimonios de lo pasado desprovistos de autenticidad suficiente, y creen que el decrecimiento de la isla se verifica con gran lentitud; en cambio, otros más respetuosos para las afirmaciones de los cronistas opinan que en cinco siglos ha perdido la isla lo menos las tres cuartas partes de su extensión. Lo cierto es que las tierras, inundadas en parte, a las cuales debe la isla su nombre, dejaron de existir tiempo ha. También es cierto que a fines del siglo XVII unía un istmo a Helgoland con otros islotes cuyos acantilados se erguían a 60 metros de altura, como los de la tierra principal; dos puertos excelentes, que daban a la isla gran importancia estratégica, se abrían al Norte y al Sur entre las dos masas peñascosas y sus prolongaciones submarinas. Hoy el islote oriental ha desaparecido, y han sido sustituidos sus acantilados por algunos médanos y bancos de arena descubiertos en la marea baja; los puertos no existen ya y los buques de guerra de mayor calado pueden bogar libremente por el lugar que ocupaba el istmo de unión hace menos de siglo y medio. Por otra parte, nadie

conocería hoy en esa roca de Helgoland de dos kilómetros de longitud y 600 metros de ancho la tierra de que hablaba Adán de Brema en 1072, y que entonces era muy fértil, rica en cereales, ganados y aves, y que se extendía, según Karl Müller, en un espacio de 900 kilómetros cuadrados. Hoy no quedan, como restos de la antigua fertilidad de Helgoland, más que unas pocas patatas y escasos pastos.

Si el mar destruye así las tierras rodeadas en todo su contorno por promontorios peñascosos, menos respeta las playas bajas que a consecuencia de algunas modificaciones geográficas en las costas o en los relieves submarinos se encuentran colocadas al paso de las corrientes. Frente a Helgoland, las playas de Hanover, de Frisia y de Holanda, que parecen achatarse gradualmente, presentan el ejemplo más notable de ese poder destructor del mal. Hace 1.600 años, es decir, desde que la historia escrita empezó para aquellas comarcas, la vida de los habitantes ribereños no ha sido más que una lucha incesante contra la presión de las aguas. Durante ese período las grandes irrupciones del mar se cuentan por centenares y algunas de ellas, según las crónicas, han anegado poblaciones enteras de cincuenta y cien mil almas. Cuenta la tradición que durante el siglo III la isla de Walcheren se separó del continente; en 860, el Rin cambia de sitio e inunda las campiñas; el castillo de Caligula (*arx britannica*) permanece en medio de las olas. Hacia mitad del siglo XII, el mar lleva a cabo una nueva irrupción y el lago Flevo se convierte en golfo para ensancharse en 1225 y formar el Zuiderzee, vasto dédalo de bancos de arena que, desde el punto de vista geológico, sigue siendo una dependencia del continente y que un largo cordón de islas y de médanos separa del dominio del Océano. Durante los primeros años del siglo XIII, el golfo de Jahde se abre a expensas de las tierras y no deja de crecer durante doscientos años. En 1230 se verifica la espantosa inundación de Frisia que, según dicen, costó la vida a 100.000 hombres. El año siguiente empiezan a aparecer los lagos de Harlem, y creciendo poco a poco se juntan unos con otros para extenderse como mar interior a mediados del siglo XVII. En 1277, el golfo de Dollart, que no tiene menos de 35 kilómetros de largo por 12 de ancho, empieza a abrirse a expensas de campiñas muy fértiles y muy pobladas y transforma a Frisia en península; hasta 1537 no pudieron detenerse las invasiones del mar, que devoró la ciudad de Torum y 50 pueblos. Diez años después de la primera invasión del agua en el Dollart, un desbordamiento del Zuiderzee ahogó a 80.000 personas y modificó la configuración del litoral holandés. En 1421 quedaron sumergidos 72 pueblos a un tiempo, y el

mar, al retirarse, dejó, en vez de campos y grupos de habitaciones, un archipiélago de islas pantanosas, islotes cubiertos de cañas y bancos de cieno; conócese esa comarca con el nombre de Biesbosch o bosque de juncos. Desde aquella época, otras varias catástrofes poco menos terribles han ocurrido en las costas de Holanda, Frisia, Schleswig y Jutlandia. Del cordón de 23 islas que hace quince siglos se extendía frente a la orilla, no quedan más que 16 fragmentos, y algunos de éstos no son más que diques de arena. La isla de Borkun, según la vemos en los mapas, se ha achicado muchísimo en menos de un siglo; la de Wangervoge, residuo de la antigua tierra de Wangerland, que se unía al continente y se extendía a lo lejos en el mar, era todavía en 1840 una isla floreciente y poblada, visitada por muchedumbre de bañistas en verano. Hoy es una playa de cieno, abandonada casi por completo. La isla de Nordstram ha perdido las once duodécimas partes desde principios del siglo XVII, y de las 24 islas que hace doscientos años la rodeaban, no quedan más que 11: echada la sonda en el lugar que ocupó el centro de la isla, señala una profundidad de 14 metros. La isla de Silt y las demás tierras de la costa de Schleswig también han menguado mucho, y es sabido que en 1825 se abrió el mar un camino a través de toda la península de Jutlandia, abriendo el estrecho de Lymfjord.

V

Forma normal de las riberas. — Curvas de mayor estabilidad. — Formación de riberas nuevas. — Cordones litorales y agujas de arena. — Bahías interiores.

Las riberas atacadas más violentamente por el mar son, en igualdad de circunstancias, las que presentan más escotaduras y promontorios. Las olas se encarnizan sobre todo contra los cabos avanzados que proyecta el continente a lo lejos en el dominio de las aguas; pero a medida que las puntas retroceden ante la ola que las roe, el poder destructivo de ésta disminuye, y hasta acaba por anularse cuando la base de los acantilados está bastante roída y describe sólo una ligera curva delante de la ribera. En efecto, el perfil de las costas que ofrece mayor resistencia a los asaltos del mar no es una línea recta, como pudiera suponerse, sino una serie de curvas regulares y rítmicas, comparables con

las de una cadena atada de trecho en trecho. Las olas no dejan de trabajar en la variación de la ribera, mientras ésta no presenta una sucesión de ancones suavemente encorvados de promontorio en promontorio. Cada una de estas bahías redondeadas reproduce en mayor tamaño la forma de la onda que se deshace dibujando en la arena de la playa una larga curva elíptica de copos de espuma.

Las costas de países montuosos, a las cuales ha dado ya el mar los contornos convenientes, unen una gracia extremada y una admirable majestad: tales son las costas de Provenza, de Liguria, de Grecia, de la mayor parte de las penínsulas Ibérica e Itálica. Cada promontorio de esos, resto de una antigua cordillera de colinas arrasada por las olas, endereza como alto acantilado su punto terminal; cada valle que baja hacia el mar acaba en una playa de arena fina de curva perfectamente regular. Rocas abruptas y playas suavemente inclinadas alternan de una manera armoniosa, mientras las diversas formaciones geológicas, la mayor o menor anchura de los valles, las ciudades esparcidas por las alturas, las playas, las inflexiones de la costa y el aspecto incesantemente variable de las aguas, dan diversidad al conjunto del paisaje.

Las riberas completamente arenosas tienen, lo mismo que las costas peñascosas, un perfil normal compuesto de una serie de concavidades y puntas, pero éstas, cuyo relieve modifican las olas, son generalmente más redondeadas en el extremo que los promontorios de rocas. La monótona costa de las Landas, que se desenvuelve en una longitud de 220 kilómetros, desde la desembocadura del Gironde a la del Adour, puede ser tomada como tipo de las riberas que las olas de mar modelan a su gusto. En esas orillas la uniformidad del paisaje es completa. Por más que el viajero se apresure, le parece que apenas cambia de sitio, por lo inmutable del aspecto de aquellos lugares; siempre los mismos médanos, las mismas conchas sembradas en la arena, las mismas hileras de olas que se persiguen y desarrollan ruidosamente sus crestas de espuma. En todo cuanto alcanza la vista, los únicos hitos son los residuos de barcos naufragos que se ven a lo lejos en la blancura de la arena. Pero también las riberas que de modo más perfecto presentan esa serie de curvas entrantes y salientes que podrían llamarse perfil de mayor estabilidad están expuestas a sufrir rápidas erosiones cuando el baluarte que las defiende en uno de sus extremos cede a la presión de las olas. Por ejemplo, la orilla de las landas del Médoc, que se prolongaba al sur de la bahía del Gironde, la costa uniforme de Saintouge retrocede continuamente.

ante el mar, desde que el promontorio peñascoso, cuyo único residuo es el escollo de Cordonan, ha desaparecido, destronado por las aguas juntas del río y del mar.

Pero si el mar demuele por un lado, edifica por otro, y la destrucción de las antiguas riberas está compensada por la creación de otras nuevas. Las arcillas y gredas arrancadas a las quebradas de los promontorios, los cantos de todas clases que alternativamente son arrojados a la orilla y arrastrados por el mar, los montones de conchas, las arenas silíceas y calizas formadas por la desintegración de todos los residuos son los materiales empleados por el mar para la construcción de arrecifes y el enarenamiento de los golfos.

A cada lado de los acantilados o puntas bajas roídas por las olas empieza el trabajo de reparación. Cada ola verifica doble labor, porque al socavar la base del promontorio carga con residuos que deposita en seguida en una playa vecina; con el mismo impulso hace retroceder a la punta y adelantar a la ribera de la bahía. Gracias a dos series de hechos contrarios al parecer arrasando puntas y cegando aberturas, las costas más o menos profundamente recortadas adquieren poco a poco la forma normal de curvas graciosamente redondeadas. Sea el que fuere el diseño del litoral primitivo, cada inflexión de la nueva ribera se redondea como arco de círculo de promontorio a promontorio. En los sitios donde la antigua costa era semicircular, el ribete de arena o guijas arrojado por la ola se aplica a la orilla, pero cuando las costas son irregulares y las recortan ancones profundos, el mar las abandona sencillamente y construye en medio de las olas de residuos, que acaban por constituir la verdadera orilla.

La formación de semejante rompeolas se explica muy fácilmente. Las olas de alta mar lanzadas contra la orilla empiezan por herir los dos cabos colocados como guardianes a ambos extremos de la bahía; pierden allí la fuerza y son rechazadas contra la masa de agua tranquila. Entonces, al perder velocidad, dejan caer las materias terrosas que llevaban en suspensión y los despojos de más peso arrancados a los promontorios vecinos. A la entrada de los *fjords* de Escandinavia, de la Tierra del Fuego y de las demás comarcas montañosas, de orillas muy dentadas, el agua del mar, clara y honda, trae escasa cantidad de residuos y no puede formar de punto a punto más que el arrecife submarino, pero a lo largo de las costas más bajas, donde la ola impulsa delante de sí masas de arena y arcilla, las murallas de aluviones construídas por las olas surgen gradualmente del agua.

Bajo el alterno impulso del flujo y del reflujó, arena y guijarros se arraigan poco a poco en las rocas de los cabos

y a la entrada de la bahía forman verdaderos espolones, cuyos extremos libres se buscan uno a otro. Alargándose sin cesar ambos segmentos acaban por juntarse a mitad de camino entre los dos cabos, formando un gran arco de círculo cuya convexidad mira hacia la antigua orilla. Los asaltos más furiosos del mar los consolidan más todavía trayéndoles otros materiales y colocándolos por encima del nivel de las mareas.

Todos esos espolones presentan un perfil de geométrica regularidad; su forma es como la expresión visible de las leyes que presiden a la ondulación de las olas. Muy a menudo la cara que da al mar se compone de varias escarpas escalonadas que corresponden a los distintos niveles de bajar, de pleamar y de tempestad, pero todas las escarpas tienen una curva graciosa modelada por las olas. En la base la pendiente es muy escasa, como la prolongación del declive del fondo del mar, pero se endereza bruscamente en un ángulo que a veces es de 30 ó 35°. Inmediatamente más allá de esa arista empieza una contrapendiente donde se vierte entre espuma la voluta superior de la ola. Yérguese más allá una segunda escarpa que a veces azotan y consolidan las olas tormentosas; la vertiente de ese segundo escalón que mira al mar tiene suave inclinación. Por esa parte, los materiales de la construcción, protegidos contra la fuerza del viento y la violencia de las olas, se amontonan poco a poco y pueden acabar por cubrirse con una capa de tierra vegetal. Más allá se levantan médanos o se extiende el agua de la antigua bahía transformada en laguna.

A pesar de la movilidad de los materiales que los forman, son más sólidos los arrecifes que los promontorios de rocas donde arraigan, y cuando han sido arrasados los acantilados por las olas, los arrecifes de arena surgen aún con su armoniosa curva desde un escollo a otro. Se mueven bajo el influjo de corrientes y vientos, pero siempre subsisten, inmutables en apariencia, y más duraderas que las montañas. No todas ofrecen, sin embargo, un crecimiento continuo. Cuando la bahía interior es alimentada por uno o varios ríos, la masa de agua que entra en esa cuenca cerrada tiene que abrirse una salida hacia el mar y atravesar el cordón del litoral por la parte menos resistente, es decir, en uno de los extremos del arrecife; notable ejemplo de ese fenómeno se ve en Córcega, a la desembocadura del Liamone. En los países donde el año tiene una estación de sequía y otra lluviosa, la mayor parte de las lagunas de la costa se separan alternativa y completamente del mar y luego se juntan otra vez con ella en desembocaduras temporales y poco hondas. Cuando ha desaparecido la masa de agua pluvial, las olas

ciegan de nuevo las brechas. En las orillas de los mares cuyas mareas son fuertes, muchos ríos son alternativamente canales de agua casi dormida que una lengua de arena separa del Océano, y vastos estuarios donde entra la poderosa ola del mar. Por ejemplo, el Bidasoa, separado del golfo en la marea baja por una aguja de arena a la hora del flujo, es un brazo de mar de tres o cuatro kilómetros de extensión. Casi todas las corrientes de agua que se vierten en el Atlántico son dos veces al día, ya ríos, ya pantanos. El mismo Orne, cuyo delta se abre como abanico fuera del litoral, se pierde entre guijarros a la hora del reflujo.

Si las corrientes de agua permanentes o periódicas se abren paso a través de la arena, en cambio sirven también para aproximar gradualmente la orilla continental a la marítima, depositando aluviones en las lagunas interiores. Los juncos y otras plantas que crecen en aguas amarillentas también contribuyen a la transformación de las antiguas bahías en pantanos y tierra firme; capas de residuos vegetales acumulados en las aberturas durante años y siglos consecutivos acaban por levantarlas por encima del nivel ordinario del agua; luego árboles grandes sanean el terreno y lo unen al continente de manera definitiva. En las regiones tropicales los mangles y los paletuvios son los encargados de conquistar las nuevas playas. Erguidos sobre el andamiaje de sus altas raíces aéreas, enlazadas unas con otras, crecen en plena laguna. Oculto por el bosque flotante, el cieno líquido queda lleno pronto de residuos; las ramas y troncos de los paletuvios, mucho más pesados que el agua, levantan sin cesar el fondo y acaban por llegar a la superficie. Una vegetación nueva se apodera en seguida de la orilla.

Las mismas leyes hidrológicas que determinan la formación de agujas entre dos cabos trabajan para producir igual resultado entre dos islas o entre una isla y el continente. En las costas de Europa numerosas tierras marinas han perdido su carácter insular y se han convertido en penínsulas; el estrecho se ha ido volviendo istmo. La península de Giens, entre Hyères y Tolón, presenta un raro ejemplo de ese cambio. Se ha unido al continente con dos playas de arena fina, de unos cinco kilómetros de longitud, desarrolladas en curvas regulares, cuya parte cóncava mira al mar. Entre ambas se extiende la vasta laguna de Pesquiers. Al ver esa extensión de agua interior y esas playas bajas, levantadas apenas sobre el nivel del Mediterráneo, es indudable que la península montuosa de Giens fuera en otro tiempo una isla como Porquerolles o Port-Cros, y que las dos radas, separadas hoy de Hyères y de Giens se confundían en el mismo estrecho. Las dos agujas de unión que unen la

antigua isla con la costa de Provenza han sido levantadas por las olas de la misma manera y sobre el mismo plano que los cordones litorales del continente. Las diferencias de aspecto pueden explicarse por circunstancias locales. La parte que el istmo de Giens vuelve hacia el Oeste está compuesta en realidad de dos fragmentos desiguales debidos a la existencia de un escollo submarino que quiebra la fuerza de las olas a poca distancia de la costa. A causas locales hay que atribuir también la desigualdad de espesor que se observa en las dos agujas del istmo. Indudablemente la oriental debe su mayor altura y solidez a la doble acción de la corriente marítima que va del Este al Oeste, y del mistral que sopla en sentido inverso del Noroeste al Sudeste. Las dos fuerzas contrarias han dejado, como testimonio de su lucha, esa muralla de arena y residuos.

Las penínsulas del cabo Sepet, cerca de Tolón; de Quiberón, en Bretaña; de Monte Argentaro, en las costas del mar Tirreno, y otras menos conocidas, se han juntado con el continente por calzadas de unión análogas a las de Giens; también allí los dos ejércitos de olas que chocaban en medio del estrecho poco a poco han levantado entre sí un doble muro de separación, consistente en arrecifes de arena o cantos; también allí ambos muelles semicirculares se han acercado por su convexidad central y los dos espacios triangulares que separaban los extremos respectivos empezaron por ser ocupados por lagunas. En nuestros días la mayor parte de esos estanques, gradualmente cegados por la arena, se han transformado en pantanos o se han cubierto de médanos; los dos cordones litorales se han convertido en uno. Así, el istmo estrecho de Cherilbank, que se extiende en una longitud de 26 kilómetros entre la costa de Inglaterra y la antigua isla de Portland se compone de una sola hilera de cantos. Asimismo las dos islas francesas de Miquelón, junto a Terranova, que estaban separadas una de otra en 1783, se han reunido desde 1829 en una muralla de arena que han levantado a la vez las olas de dos golfos opuestos. Guadalupe es también un ejemplo de ese fenómeno entre dos tierras de origen distinto. La alta masa de montañas volcánicas que se levanta al Oeste, se ha unido con la isla baja de Oriente, y las dos islas están juntas por una llanura pantanosa donde se encharcan las aguas del canalillo llamado Río Salado. En la pareja de islas de Choa Canzuni, bañadas por las aguas del mar de las Indias, se presenta un fenómeno análogo, pero ahí la aguja de unión se encuentra reducida, digámoslo así, a un punto matemático.

E. de Beaumont calcula la longitud de las costas que deben su configuración actual a los arrecifes de cantos y

arena en un tercio del desarrollo total de las riberas continentales. En las cuencas de marea escasa presentan esos cordones las dimensiones más considerables. En Francia, todas las playas del golfo de Lyon, desde Argelez-sur-Mer hasta las bocas del Ródano, formando una serie de cordones litorales únicamente cortados por las rocas de Leucate, de la Clape, de Agde y de Cette, y que se desarrollan en vasto semicírculo de cerca de 200 kilómetros. Los numerosos estanques separados por esas islas del Mediterráneo, y que transforman sin cesar en tierra firme la agricultura invasora, los aluviones de los ríos y las arenas marinas eran sin duda alguna otras tantas bahías que seguían la base de las colinas del Langüedoc. Ya en la época histórica han disminuído notablemente en extensión, y anchos golfos, convertidos en pantanos con detrimento de la salubridad pública, han apesadonado con sus miasmas la atmósfera. Lo que hace poco contribuía más eficazmente a la disminución de los estanques, eran los pasos por los cuales el agua del mar traía montones de arena durante las tempestades; esas aberturas, temporales unas, permanentes otras, que se ensanchaban y estrechaban ya en un sentido, ya en otro, no dejan de modificar el régimen de estanques y campiñas ribereñas; aquí dan paso a masas de agua que sumergen las orillas y ahondan el suelo; allá se obstruyen, y delante de los pueblos de las orillas extienden su cieno infecto hasta perderse de vista. Para impedir en adelante la transformación de estanques en cenagales y pantanos, ha propuesto Regy substituir los antiguos pasos tortuosos con canales de desagüe que en el buen tiempo dejan libre comunicación a las aguas lacustres con las del mar, pero cierran las compuertas en las tempestades.

Los *lidi* de Commachio, los de Venecia y los de la antigua ciudad de Aquilea estrechan también la cuenca del Adriático, que penetraba mucho más en lo interior de las tierras al O. y al NE. En las costas meridionales del Brasil, en las orillas de Guinea, los cordones litorales separan también del Océano extensiones considerables, pero en ninguna parte se ven arrecifes de arena más numerosos y mejor desarrollados que alrededor del golfo de Méjico y en las costas orientales de los Estados Unidos. Puede decirse que en una longitud de unos 4.000 kilómetros, el contorno del continente americano está formado por doble orilla, bañada una por el mar y otra por las lagunas interiores. Delante de la antigua costa de escotaduras irregulares, la nueva playa describe curvas graciosas de promontorio a promontorio, y sin que la detengan las desembocaduras de los ríos, se prolonga debajo de los pasos con barras peligrosas.

Las penínsulas recortadas de la Carolina del Sur y los golfos ramificados que hay en ellas y que se prolongan tierra adentro en forma de pantanos, están ocultos hacia la parte que mira al mar por un arrecife natural de 350 kilómetros de longitud, en el cual se estrellan las más formidables olas del Atlántico boreal. Además, esas agujas de graciosa curva no están construídas por el mar sólo; débense también a la presión de las aguas dulces traídas de los Alleghanys por el Neuse, el Tar, el Roanoke y otros ríos; la dirección de los rompeolas indica precisamente la línea de equilibrio igual entre las aguas marinas y las fluviales. Dentro del litoral exterior, y sin considerable trabajo, se ha podido poner en comunicación toda la serie de lagunas interiores y permitir así a los barcos hacer largos viajes marítimos sin temor alguno de las tempestades. También han servido los esteros de Guinea que se extienden paralelamente a la costa para facilitar los cambios entre las poblaciones del litoral, pero se dice que esos canales pantanosos se ciegan poco a poco, ya a consecuencia de lo activo de la vegetación, ya por la arena que en ellos echa el viento del desierto.

Mucho menos extensas que las agujas del golfo de Méjico y de las Carolinas, las del Báltico oriental no son menos curiosas por la regularidad geométrica de sus formas, y además han sido objeto de largos y serios estudios. Tres grandes ríos, el Voer, el Vístula y el Niemen, derrámanse cada cual en una vasta laguna o *haff* (*hafen* quiere decir puerto), que una lengua de tierra llamada *nehrung* separa de alta mar. El *haff* del Oder, cuya entrada guarda la ciudad de Swinemünde, está ya cegado en gran parte por el cieno. El *Curiche Haff*, de Curlandia, está mucho más libre de aluviones, y el *nehrung* que le defiende es también una aguja estrecha de una longitud de unos 110 kilómetros. El *haff* central, conocido con el nombre de *Frische Haff*, está protegido por una aguja semejante a la de Curlandia, pero más regular todavía. Toda la parte occidental del estuario ha sido ya cegada por los aluviones del Vístula, cuyas aguas deben abrirse camino a través del arrecife. Esa desembocadura ha cambiado de sitio varias veces. Hasta el siglo XIV estaba al norte del paso actual, cerca de Löchstadt (Ciudad del agujero). Luego se abrió en Rosenberg hacia la mitad del dique. Para conservar su monopolio comercial, los negociantes de Dantzic cegaron aquella desembocadura echando a pique cinco buques, pero en seguida se abrió otra a poca distancia hacia el Norte, cerca del castillo de Balga. Más ávidos que sabios, los de Dantzic trataron otra vez de sujetar las aguas del Vístula y cerraron

el paso del Balga. Entonces se rompió la *nehrung* cerca de Pillan. Desde aquella época no ha cambiado de paso de una manera perceptible y Pillan sigue siendo el puerto de Frische Haff. Al norte de Dantzig, un arrecife de treinta y tres kilómetros de longitud une la tierra firme con la pintoresca isla de Hela. Indudablemente los antiguos habitantes de la comarca experimentaban un sentimiento de espanto religioso al ver aquella colina llena de árboles, las olas que la sitían y la estrecha lengua de arena que la prolonga hacia el continente y se pierde a lo lejos entre la bruma.

Al mismo orden de fenómenos pertenece la prolongación gradual de esas lenguas de tierra que, bañadas en ambas partes por una corriente, se proyectan a gran distancia en alta mar gracias a la punta terminal que les da cada marea. Así adelantó en menos de sesenta años el cabo Ferret cinco kilómetros a través del canal que hace comunicar la dársena de Arcachón con alta mar. En 1768, el cabo se encontraba casi al oeste de la entrada de la dársena propiamente dicha. A fines del siglo XVIII y principios del XIX, los vientos de la región del Norte, que soplan en esos parajes con más frecuencia que las demás corrientes atmosféricas, han hecho adelantar cada año a los médanos del promontorio en dirección al Sur, mientras las oleadas de alta mar y el reflujo de la dársena añadían sin cesar a la punta nuevas masas de arena. En cincuenta y ocho años, desde 1768 a 1826, el cabo se prolongó cinco kilómetros hacia el SE., con una velocidad media de 86 metros al año, o sean 20 ó 25 centímetros al día. La punta crecía, digámoslo así, a la simple vista, pero algunos años después, al cambiar el paso bruscamente de dirección e inclinarse hacia el Norte, la corriente de marea empezó a roer la península y la hizo retroceder gradualmente hacia NO. En 1854, el extremo del cabo había retrocedido 1.800 metros. Dícese que ahora se halla estacionario, pero si el canal se mueve hacia el Sur, lo cual puede ocurrir cualquier día, es indudable que la punta del cabo empezará a ganar terreno al mar en la misma dirección.

VI

Fondos bajos del litoral. — Depósitos de rocas calizas. — Aspecto de arenales y playas.

Con la formación de los cordones litorales se relaciona la de los fondos bajos y corrientes de arena que se desarrollan

paralelos a la orilla bajo el influjo combinado de las corrientes del litoral y los vientos de alta mar. Al ver los mapas marinos que indican la forma de esas murallas ocultas bajo las olas, hay que reconocer que todos esos arrecifes invisibles de arena y cieno tienden a alargarse en línea recta trazando curvas graciosas no menos regulares que las de los cordones litorales. En todos los golfos y estrechos, en las costas de California, Carolinas, el Brasil, la Mancha y el mar del Norte existe a lo largo de las costas una infinidad de esos bancos cuya disposición indica exactamente la marcha de las corrientes contrarias o paralelas que los han formado al encontrarse. Su profundidad varía; en algunos los barcos grandes pueden navegar sin peligro, pero hay otros, muy cercanos a la superficie del agua, en los cuales las olas se deshacen espumosas sin cesar. Esos bancos colocados a pocos metros debajo del nivel del mar son los más temibles; por eso los marineros ingleses y americanos, pensando en la suerte que quizá les aguarda en esas arenas ocultas, les han dado irónicamente el nombre de *sartenes* (*Frying pans*).

En los golfos muy abiertos, y a lo largo de las costas rectilíneas, el mar procede a construir las nuevas riberas con barro. Residuos de algas y animalillos, mezclados con arena y arcilla, son depositados en capas profundas a la orilla y hacen adelantar poco a poco el perfil de las riberas. El barro se ha acumulado por centenares de millones de metros cúbicos desde la era histórica en el antiguo golfo del Poitou, en el de Carentan, situado en la raíz de la península cotentina, en las bahías de Marquenterre y de Flandes, en ciertos estuarios de los Países Bajos y de Frisia. Confúndense en esos parajes agua y tierra; el mar, ceniciento o amarillo, parece inmenso lodazal y prolonga la superficie cenagosa de la orilla; ignórase dónde empieza la masa líquida y dónde acaba el campo de cieno, removido siempre por la marea. De todos modos, los cenagales que surgen en la marea baja se amontonan y consolidan poco a poco; una especie de conferva cubre su superficie, con leve alfombra sonrosada; luego contribuyen los salicóres herbáceos a levantar el terreno con sus ramas rígidas que salen del tallo en ángulo recto. A esa primera vegetación suceden otras plantas marinas, cárices, plantagos, juncos y tréboles rastreros. Entonces hay que conquistar para la agricultura la llanura de légamo y unirla al continente, defendiéndola con fuertes diques de los asaltos del mar.

En los mares cuyas aguas tienen elevada temperatura media, no se limitan las olas a construir cordones litorales y a cegar las bahías; edifican también verdaderas murallas de piedra. A consecuencia de la rápida evaporación que los

rayos del sol producen, las moléculas calizas contenidas en el agua y la brumazón de las olas se depositan gradualmente a lo largo de las playas y en la base de los promontorios. Mezcladas con arenas y residuos de conchas, acaban por formar sólidas riberas de contornos regulares. Ya en las costas atlánticas de Francia, en Royán, por ejemplo, pueden verse de trecho en trecho algunas formaciones de ese género. Se han descubierto mucho más al Norte, en Elsingor, piedras que contenían antiguas monedas dinamarquesas. En las riberas del Mediterráneo francés, esas rocas modernas son numerosas, y dando un paseo corto se pueden recoger muchos fragmentos arenosos y de conglomerados diversos unidos por materias calizas y que contienen muchas conchas rotas. El museo de Montpellier posee un cañón que se descubrió cerca de la boca mayor del Ródano debajo de una capa de cal cristalina. En las costas septentrionales de Sicilia, donde la temperatura media del agua se eleva a 18°, las piedras y cantos rodados de la orilla están en muchos sitios aglutinados por el cemento calizo. También los residuos de rocas que los torrentes de Arabia Petrea traen todos los inviernos desde lo alto de las montañas a la playa del mar Rojo, se convierten al cabo de algunas semanas en un estrato de sólido conglomerado. Cada año, una nueva capa de piedra se junta con las antiguas, y en los siglos venideros quizá se pueda calcular la edad de la formación por la cantidad de capas superpuestas, así como se conoce la edad de un árbol por el número de sus capas corticales.

Hay que recorrer las riberas del mar de las Antillas u otros mares tropicales para observar ese fenómeno de la formación de piedras en toda su grandeza. Calentadas las olas hasta 32° por los rayos de un sol vertical, dejan depositarse la cal en cantidades suficientes para que aumente en grandes proporciones la extensión de las riberas. La parte de Guadalupe en que se descubrió el famoso esqueleto del caribe expuesto en el Museo Británico pertenece a esa formación reciente. Crece a la misma vista del espectador, y cubre poco a poco con una costra rocosa todos los objetos que rechaza el mar y traen los arroyos del interior. En varios lugares de la costa firme se explotan con actividad esas canteras de piedra marina para la construcción de ciudades del litoral, y todas las excavaciones practicadas en esos bancos calizos las ciegan pronto nuevos materiales. Crece la cantera a la vista de los trabajadores que se ocupan en desprender pedazos; por eso los negros han llamado *edificadas por Dios* a esas rocas que parece que renacen por sí mismas.

En las orillas de la isla de la Ascensión, Darwin ha encontrado conglomerados de esos cimentados por la caliza

marina, cuyo peso específico era de 2'63, es decir, algo inferior al del mármol de Carrara. Esas capas de piedra compacta depositadas por el mar encierran cierta cantidad de sulfato de cal y materias animales que son, sin duda alguna, el principio colorante de toda la masa. A veces el barniz translúcido que cubre las rocas tiene la lisura, la dureza y los reflejos de las conchas; además, según prueba el análisis químico, especie de esmalte y las envolturas de moluscos vivos están compuestas de las mismas sustancias, modificadas también por la presencia de materias orgánicas. Darwin ha visto depósitos calizos cuya composición y aspecto nacarado parece que han de atribuirse a excrementos de aves saturados de agua salada.

Esas construcciones de nuevas orillas, ya por el mar mismo ya por corales, lo mismo que la formación gradual de médanos, pueden tener por resultado modificar por completo la forma de la costa separando del resto del mar anchas bahías que la rápida evaporación del agua transforma en seguida en tierra firme. Por eso en la costa oriental de Africa, el lago pequeño de Bahr-el-Arsal, al extremo del golfo de Tadjura, se ha encontrado separado del mar por un arrecife muy delgado de arena y se ha secado al sol; siendo escasas las aguas lluviosas en aquellos países y no recibiendo la cuenca ningún afluente, sus aguas no han sido sustituidas y ahora no es más que una cavidad pantanosa, cuyo nivel está situado a 173 metros debajo del mar Rojo. Levantando el plano de las costas de Abisinia durante la última guerra, los ingenieros ingleses descubrieron otra cuenca, seca ahora y completamente cubierta de sal, que se encuentra a 58 metros bajo el nivel del mar; también es probable que las depresiones en las cuales va a perderse el gran río Hanach, al sur de la meseta de Habesch, son inferiores a la superficie marina. El istmo de Suez ofrecía poco ha un fenómeno semejante al del arrecife de Tadjura. También allí el agua lacustre que formaba parte en otro tiempo del mar había sido encerrada en las tierras por cordones litorales y se había evaporado casi del todo. En nuestros días, el gran canal interoceánico hace correr de nuevo el agua del mar a través de ese lago seco. Los antiguos arrecifes de las orillas del Mediterráneo y del mar Rojo, que las fuerzas que trabajan en lo interior del planeta habían ido elevando a la altura de muchos metros, han sido perforados por los ingenieros, y pronto un estrecho artificial, mucho más importante para el progreso humano que el antiguo brazo de mar, unirá el Mediterráneo y el golfo Arábigo.

Si los grandes trabajos geológicos del Océano, como la erosión de los acantilados, el aplanamiento de los promon-

torios, la construcción de nuevas riberas sorprenden el espíritu del hombre con su grandeza, y por otra parte, las mil particularidades de playas y de arenales encantan por su gracia infinita y su asombrosa variedad, esos innumerables fenómenos del grano de arena y de la gota de agua los producen las mismas causas que determinan las grandes revoluciones de la ribera. Al ver las líneas delicadas que traza en la orilla la ola moribunda, lo mismo que en presencia de las costas bravas que el oleaje ataca enfurecido, siéntese llevado el hombre, por impresiones diversas, a la contemplación de las mismas leyes generales. Cada ola verifica en una porción chica de la ribera obra semejante a la de alta mar en el contorno de todos los continentes. En el espacio de pocos metros pueden verse las curvas regulares de ancones diminutos, la elevación de cordones litorales, la formación de lagunas interiores, la erosión de acantilados formados por conchas y fucos. En el fondo de ciertas bahías bastante abrigadas, como en el ancón de Beaulieu, cerca de Niza, se ven a la orilla del mar masas negras de tres o cuatro metros de altura, cortadas verticalmente y agujereadas por cavernas como rocas; son montones de algas marinas.

Entre las varias maravillas de las playas lo que más asombra al principio son los dibujos hechos en la arena con regularidad absoluta a veces. Al deshacerse, trae cada ola consigo conchas, guijarros, residuos de todas clases y de distinto tamaño. Esos objetos son otros tantos escollos pequeños que dividen la ola a su vuelta hacia el mar y le hacen dibujar en la arena una red de líneas cruzadas entre sí. Por lo tanto, la superficie de la playa presenta un enrejado de innumerables rombos adornados todos con una concha o un guijarro en su extremidad superior, puntiaguda o ligeramente redondeada. Todos esos rombos están dentro de grandes cuadriláteros formados por surcos que tienen por punto de partida un objeto de dimensiones relativamente considerables. El contraste de los colores auxilia al relieve para variar más esa taracea de la playa. Los materiales de diversos matices, que son en general de peso específico diferente, se han distribuido de un modo regular en las diversas partes de los rombos; un lado de la figura puede estar formado por cristalillos micáceos, mientras otro se compone de arena negra mezclada con turba, otro de conchas sonrosadas o amarillas y el cuarto de granos de color blanco puro. Impregnada a veces la arena en sustancias orgánicas, brilla con cambiantes reflejos o están levemente irisados como si se extendiera por el suelo delgada capa de aceite.

Todos esos matices modifican hasta lo infinito el aspecto de las playas, y la mayor o menor inclinación del terreno

contribuye asimismo a dar nuevos elementos de variedad a la red de las líneas. Donde la pendiente es bastante considerable, el agua surca la arena fingiendo miniaturas de ríos con sus tributarios y sus deltas. Además, esos diminutos sistemas hidrográficos difieren unos de otros, según la inclinación del suelo y el peso de los granos de arena; ya el terreno en declive y lo fino de los materiales permiten a las gotas e hilillos de agua que bajen en línea recta hacia el mar; ya los arroyuelos, corriendo trabajosamente entre los obstáculos que los paran, corren con temblorosas sinuosidades. En otros sitios esas corrientes de agua, de algunos metros o decímetros de longitud, ni siquiera pueden formarse. El agua del mar permanece en la playa horizontal y todas las ondillas reproducen en hueco y en relieve en la arena del fondo los movimientos producidos por el soplo del aire. No hay diferencia perceptible entre la superficie mamblada de la playa expuesta al aire libre y la de arena cubierta por leve lámina acuática, como no sea que los surcos de la charca son más regulares y más hondos.

Entre los innumerables fenómenos que podrían obligar al geólogo a pasarse la vida a orillas del mar, hay que mencionar también una especie de volcanes diminutos. Al deshacerse con regularidad en la playa, la ola trae cada vez cierta cantidad de arena que extiende como delgada capa. En seguida se desprende el aire en burbujas de los poros del suelo, pero siempre quedan numerosas moléculas aéreas que no pueden atravesar la capa húmeda de arena y permanecen encerradas. Bajo la influencia del calor del suelo o del aire ambiente, esas moléculas se dilatan poco a poco, la presión del gas levanta la película endurecida y forma un cono que se hiende a veces a consecuencia de la presión interior y proyecta chorros de granos de arena como cohetes. Verdad es que los paseantes distraídos andan por encima de millares de esos volcancillos sin enterarse de su existencia, pero pueden descubrirlos y estudiarlos fácilmente quienes tengan amor a la tierra en todos sus aspectos y contemplen con igual admiración el grano de arena y la montaña. Para el naturalista, que ve inmensos bosques en cada montón de algas, un mundo de animales en los residuos sembrados por la arena, los mil prodigios del arenal tienen que ser origen de goces profundos.

VII

Origen de las islas. — Islas de origen continental; rocas de las riberas; islas de depresión, de levantamiento y de erosión. — Islas de origen oceánico; arrecifes anulares y volcanes.

Al ver los grandes trabajos geológicos llevados a cabo por el choque de las olas contra el litoral de las diversas partes del mundo, frecuentemente se han preguntado los sabios cuál es la parte que corresponde al mar en la formación de las islas. Entre las tierras sembradas por la superficie del Océano, dispuestas unas en grupos o series, otras completamente solitarias, es difícil distinguir las que el mar ha separado de los continentes y las que en todo tiempo han existido aisladas como mundos aparte. ¿Es posible, en el estado actual de la ciencia, intentar una clasificación de las islas según su origen? Sí; puede acometerse esa empresa. Pidiendo auxilio a los recursos nuevos que la botánica y la zoología ofrecen a la geografía física, lícito es afirmar que tarde o temprano podremos indicar con certidumbre la manera de formación y la edad relativa de cada tierra oceánica.

Es evidente, por lo pronto, que islas, islotes y escollos peñascosos que estén junto a las costas son dependencias naturales de los continentes, de los cuales geológicamente forman parte. En la base de las altas montañas que proyectan mar adentro cabos avanzados, semejantes a las raíces de una encina, puede verse en varios sitios que se prolonga bajo la superficie del Océano la cresta de los eslabones laterales. El perfil de las alturas continentales se va rebajando gradualmente; a los montes suceden las colinas y luego el promontorio de rocas cuyas fragosidades se sumergen bajo la capa de agua. Un insignificante estrecho, simple escotadura donde se encuentran las olas, separa el cabo de una isla menos elevada, pero más allá se abre ancho canal, y la cima que aparece en la superficie, al otro lado del valle submarino no es más que una aguja de roca. Más allá se extiende la alta mar, donde los escollos sumergidos, si existen, no se delatan más que por la espuma que blanquea. En todas las costas abruptas, esos islotes pertenecientes a la arquitectura primitiva del continente son muy numerosos y en ciertos parajes forman verdaderos archipiélagos. Norue-

ga, la Escocia occidental, la Patagonia chilena y todas las comarcas donde los *ffjords* convierten el litoral en inmenso laberinto, están ribeteadas de innumerables islas que tienen también sus escotaduras, sus estrechos y sus cinturones de islotes, y es que, desde la desaparición no muy lejana de los ventisqueros que llenaban todo el espacio comprendido entre los circos de las mesetas nevadas y los promontorios exteriores, el relieve primitivo ha cambiado poco; los aluviones terrestres traídos por los torrentes han regado muy pocos valles, y las bases de islas y cabos, sumergidas harto profundamente en las aguas, no han podido servir de punto de apoyo a aluviones marinos semejantes a los que se extienden en las costas bajas. Las rocas aisladas (rodeadas en otro tiempo por los hielos, como lo está hoy el jardín del Monte Blanco) yérguense ahora en medio del agua, pero no por eso dejan de ser aristas del relieve continental; en aguas menos hondas, donde el juego de los aluviones marinos hubiera podido influir más, tiempo ha que estarían unidas a la ribera.

Entre las islas que deben ser consideradas como simples dependencias de las grandes tierras próximas, hay que mencionar también, no sólo las que han sido elevadas por aluviones marítimos o fluviales, simples bancos salientes que suelen encontrarse a lo largo de las costas bajas y cerca de las desembocaduras de ríos, sino también las islas que se deben, ya al levantamiento, ya al hundimiento gradual del suelo. Por ejemplo, la serie de médanos insulares que defiende el litoral de Vrisia y Holanda contra los ataques del mar del Norte, desde Wangerooge al Texel, es seguramente resto del antiguo litoral y señala, mejor aún que las orillas medio sumergidas del Dollart y del Zuiderzee, el verdadero límite entre tierras y mares. Por un fenómeno inverso, las costas de Escandinavia, que se enderezan lentamente por encima de las olas, se han enriquecido con islas nuevas en el transcurso de la actual época geológica. En el dédalo de los *ffjords* noruegos, en las islas Lofoden, en el archipiélago de Cuarken, ciertos escollos ocultos se han convertido en rocas visibles y luego en extensas islas, donde la vegetación terrestre ha sustituido a las algas. Mientras el continente ganaba terreno al mar, surgían de trecho en trecho islotes que se extendían sobre el agua, como hojas de planta gigantesca. Las rocas insulares suben lentamente desde el fondo del Océano, levantadas por la misma fuerza que influye en el continente próximo. No se ha verificado ese fenómeno únicamente en las costas de Escandinavia. Acaso la gran isla de Anticosti, que alcanza en el golfo de San Lorenzo una longitud de más de 200 kilómetros, es una de esas tierras.

que se han levantado lentamente, porque, según el testimonio de Yule Hind, no hay en los valles graníticos de sus colinas ni serpientes ni batracios como en las costas del Labrador y del Canadá. Si es así, no puede suponerse que Anticosti haya estado nunca en comunicación con el continente de América; ha debido surgir del agua como los islotes del litoral escandinavo.

No ha ocurrido lo mismo con la Gran Bretaña ni con la mayor parte de las islas cercanas al contorno de las masas continentales. Es seguro que Inglaterra formó parte de Europa en otro tiempo. Lo demuestra la concordancia perfecta entre una y otra orilla del Paso de Calais, y también son prueba de ello la fauna y la flora de la gran isla británica, cuyos animales y plantas silvestres son colonos procedentes del mundo vecino; ni una sola especie pertenece en propiedad como producción espontánea al suelo de la antigua Albión. Del mismo modo fué separada Irlanda de Inglaterra durante el actual período geológico y alrededor de las dos islas principales se han aislado también en el agua numerosos fragmentos secundarios, como Wight, Anglesey y las Sorlingas.

Muchas islas situadas, como Inglaterra e Irlanda, cerca de los continentes, son también residuos que las olas, auxiliadas tal vez por el hundimiento gradual del terreno, han separado de las riberas de tierra firme. El magnífico archipiélago de la Sonda, las Molucas y las islas próximas a Australia presentan el más notable ejemplo de esa división de las masas continentales. Un canal de 30 kilómetros de ancho y una profundidad de 200 metros pasa entre las dos grandes islas de Borneo y Célebes y prolongándose en dirección al Sur separa las dos tierras volcánicas, muy próximas una a otra, de Bali y de Lombok. Ese canal es el antiguo estrecho que servía de límite común al Asia y al continente austral. Al Oeste, Java, Borneo, Sumatra, la península de Malasia y el Cambodge descansan en una meseta submarina que se extiende a 60 metros escasos debajo del nivel del mar. Al Este, Sumbava, Flores, Timor, las Molucas, Nueva Guinea y Australia se encuentran también encima de una especie de pedestal que se ha ido hundiendo, y sobre el cual construyen los zoófitos largas barreras de escollos. Según demuestra el naturalista Wallace con sus investigaciones en el archipiélago indio, todas las especies animales y vegetales difieren completamente a cada lado del canal de separación; fauna y flora son asiáticas al Oeste, y al Este, presentan el tipo australiano; hasta las aves, para quienes sin embargo no es gran obstáculo un estrecho de pocas leguas de anchura, son distintas en cada grupo de islas.

Por lo tanto, debemos ver en los archipiélagos australianos los residuos de una gran masa continental que se partió en numerosos fragmentos en época más o menos remota. Lo mismo podemos decir de las islas del mar Egeo, de las de Dinamarca, del archipiélago polar del Nuevo Mundo, del dédalo de las islas magallánicas y de la mayor parte de las tierras rodeadas de aguas poco profundas cerca de las costas. Respecto a las grandes islas del Mediterráneo, Chipre, Creta, Sicilia, Cerdeña, Córcega y Baleares, también deben de ser restos de comarcas más extensas unidas a aquellas partes del mundo que son hoy Asia, Europa y Africa, porque aunque esas tierras, excepto Sicilia, surjan todas del fondo de abismos cuya profundidad media es de 1.000 ó 2.000 metros, las especies fósiles y vivas de las islas mediterráneas, no difieren de las de los continentes vecinos y en éstos se ha de buscar, por lo tanto, su origen. Desde el punto de vista geológico, puede decirse que las tierras de la cuenca occidental del Mediterráneo, España, Provenza, Italia, Túnez, Argelia y Marruecos forman con las islas vecinas un conjunto más distintamente determinado que la Europa Central desde el estrecho de Gibraltar hasta las orillas del Caspio. A pesar de los abismos que las separan, las costas situadas unas frente a otras a cada orilla del mar Tirreno han conservado una fisonomía parecida en terreno, fauna y flora.

Las islas mediterráneas pueden ser consideradas también, ya como dependencias de los continentes vecinos, ya como restos de antigua tierra, que el mar tragó en parte. De todos modos, existen en medio del mar masas insulares, en las cuales los geólogos no pueden ver más que testigos de espacios continentales que desaparecieron. Madagascar, por ejemplo, aunque muy próxima a Africa, parece una especie de mundo particular, con fauna y flora propias, poseedora de familias enteras (sobre todo de monos y de serpientes) que tienen más representantes en el planeta. ¡Cosa extraña! También la isla de Ceilán, medio reunida con el Indostán por los escollos, islotes y bancos de arena de Puente de Rama, difiere mucho de la península vecina en la fisonomía general de sus animales y plantas y quizá, en vez de ser una simple dependencia de Asia, sea el único residuo de algún antiguo continente que se extendía en lugar del Océano Indico y comprendía a Madagascar, las Seychelles y otras islas, ahora casi imperceptibles en el mapa.

Entre los fragmentos de mundos desaparecidos hay que mencionar también la mayor parte de las Antillas y Nueva Zelanda. Las grandes Antillas presentan con las tierras de la América del Norte contraste más notable aún que el de Ceilán y la península del Ganges. Por el relieve y natura-

leza de los cimientos geológicos Haití y Jamaica no se parecen nada a las tierras bajas del litoral americano situado a otro lado del golfo; sus especies animales y vegetales difieren notablemente de las del continente vecino, aunque vientos, corrientes, aves viajeras y hombres vienen coadyuvando desde hace muchos siglos a llevar de una orilla a otra animales y plantas. Respecto a Nueva Zelanda, es ése un mundo completamente distinto, cuyas flora y fauna tienen un carácter esencialmente original, ni sus especies fósiles, ni las vivas se parecen a las de Australia o América del Sur. Así es que la mayor parte de los sabios siguen el parecer de Hochstetter, que ve en Nueva Zelanda y en la isla de Norfolk los fragmentos de un continente aislado desde la más remota antigüedad geológica. Así como la Gran Bretaña puede ser considerada como tipo de las islas separadas apenas del continente vecino, su hermosa colonia de los antípodas representa un mundo antiguo reducido gradualmente por las erosiones del mar y los hundimientos a las dimensiones de un simple grupo insular.

La forma actual de las islas permite a veces conocer cuál era su forma anterior, cuando ocupaban espacio mucho más considerable. Por su relieve y sus ramificaciones, las aristas montañosas indican de un modo general su primera configuración; son como fragmentos de un esqueleto en torno al cual se construyen con el pensamiento los contornos del antiguo cuerpo continental. Además, muchas de esas islas, de las cuales no queda más que la osamenta primitiva, y cuyas llanuras han desaparecido, están recortadas de la manera más extraña y sus riberas presentan caprichosas sinuosidades. Por ejemplo, Choa Canzuni, en el archipiélago de las Comores, es un grupo de dos islas macizas unidas por una especie de pedículo; Nosi Mitsiú, en los mismos parajes, parece el tronco de dos ramas rotas; Célebes y Gilolo, notables por el paralelismo de sus golfos y sus promontorios, parecen haber sido construídas por el mismo modelo, y lo que se sabe de la dirección de las montañas de Borneo permite creer que si esa gran isla se sumergiera en las aguas, sus riberas se asemejarían por la forma de sus contornos a las de sus dos vecinas del mar de las Molucas.

Además de los fragmentos de masas continentales antiguas o modernas, todos los relieves que surgen de la superficie del Océano son islas edificadas por los zoófitos o volcanes rechazados por el fondo del mar; ése es sin excepción el origen de las tierras salientes. Sabemos que unas están dispuestas como arrecifes anulares, formados por otros anillos de menores dimensiones, mientras los conos de lava que se yerguen en alta mar elevan altivos fuera de las olas sus

laderas encorvadas en forma de escarpas y revelan la independencia de su origen con un declive que se prolonga con regularidad por debajo del agua. Puede verse, según demuestra el volcán de Stromboli, y más todavía el de la isla de Panaria, que las olas no dejan de suavizar las pendientes submarinas, distribuyendo en lontananza las lavas y cenizas arrojadas por los cráteres.

Comparadas con las tierras de origen continental, las verdaderamente insulares, compuestas de lavas o construídas por los corales, tienen escasa extensión. Parece que, según la disposición general del globo, la separación debió de ser al principio mucho más determinada entre el mar y los espacios que surgen. Por una parte, mucha tierra seguida; por otra, océanos desiertos; ésa debió de ser la distribución natural; pero el trabajo incesante llevado a cabo en nuestro planeta, como en todos los astros del cielo, ha modificado hasta lo infinito la forma de los relieves continentales y de las cavidades que los separan. Así como con lluvias y nieves el mar ha sembrado con lagos las regiones que se alzan sobre su nivel y ha trazado los innumerables valles de las aguas corrientes, del mismo modo las tierras han dado al Océano millares de islas e islotes que con tanta gracia varían su superficie. Los aluviones de los ríos; el poder erosivo de las olas; las fuerzas interiores que levantan o deprimen lentamente vastas comarcas y hacen brotar bruscamente conos de lava, y los innumerables organismos que hacen trabajar a las sustancias contenidas en el agua marítima, todos esos agentes geológicos han obrado de concierto para sembrar por el mar islas de formas y tamaños diversos, ora amontonadas, ora en grupitos o completamente aisladas. Después los vientos, las lluvias, las trombas y otros meteoros atmosféricos, las corrientes oceánicas, el flujo y el reflujo, las ondulaciones de las olas, cuanto se mueve y flota en el agua y en el aire (aves y peces, algas y madera, espuma y polvo), no han dejado de obrar directa o indirectamente para introducir la vida en esas islas pobladas de especies animales y vegetales y preparar así residencia para el hombre.

CAPITULO V

Los médanos

I

Médanos procedentes de la descomposición de las rocas. — Formación de médanos móviles en las riberas del mar. — Disposición simétrica de los montecillos de arena.

Las filas de montecillos de arena llamados médanos suelen presentarse en las playas arenosas del Océano; pero el fenómeno del levantamiento de la arena en colinas movilizadas puede verificarse también a mucha distancia de la ribera actual de los mares. Fórmense los médanos en todos los puntos del globo donde el viento encuentra y empuja leve material de arena, pero como los materiales no existen en cantidades considerables más que en las orillas del mar y de las grandes cuencas lacustres, en el fondo de los antiguos golfos y estrechos que hoy son desiertos, y a la orilla de los ríos de cauce muy arenoso y expuestos a frecuentes cambios de nivel por la alternativa de sequías e inundaciones, las aguas, con su acción destructora de los acantilados, preparan las moléculas arenosas necesarias para la construcción de los médanos, y ese origen permite considerar a los montecillos móviles de arena, sea cual fuere su proximidad a las costas, como productos del Océano.

En todos los grandes desiertos de Asia y Africa se ven esas olas terrestres que se mueven con lentitud mediante el impulso de las corrientes aéreas. También las hay a orillas del Nilo y de otros muchos ríos grandes. Hasta en Francia hay médanos de unos 10 metros de altura en la orilla del Gardon, un poco más abajo del célebre puente romano; el mistral los ha elevado. Al soplar el viento se apodera de las moléculas de arena fina dejadas en las playas

y secadas por el sol y luego las deposita a la entrada de la llanura, en aquel lugar donde el viento domina mayor extensión y pierde en intensidad lo que gana en superficie.

Cierto número de médanos se ha formado en el mismo sitio donde ahora están, por la desintegración de rocas de asperón. Las nieblas, las lluvias, las heladas y todas las intemperies van royendo la superficie de la piedra y la transforman en arena que se va desmoronando y deja al descubierto nuevas capas. Sufren éstas a su vez la influencia destructora de los meteoros, y poco a poco la roca, antes sólida, se convierte hasta profundidad más o menos considerable en una masa de arena desmoronada. Los granos, al chocar unos contra otros en la caída, se hacen cada vez más tenues, y cuando el viento sopla con fuerza puede levantar esas moléculas de arena, hacerlas subir la pendiente de la escarpa, y a veces hasta elevarlas en torbellinos como el humo de un volcán. Sin embargo, como el médano es todavía envoltura de un núcleo sólido y está compuesto en gran parte de granos más pesados que los de las orillas del Océano, no se mueve del todo bajo la acción de las tormentas; no hace más que tomar otra forma a consecuencia del cambio gradual de sus pendientes en escarpas de derrumbamiento. Cerca de Guadamés varias montañas de este género, que fueron antes colinas de asperón, se alzan hasta 150 y 200 metros de altura; una que llega a 155 metros, tiene en la parte expuesta al viento una inclinación de 37°, o sea la pendiente mayor que puede presentar una escarpa de arena.

Respecto a los médanos propiamente dichos, los que se encuentran tierra adentro lejos del mar no pueden compararse con los que se extienden en largas filas paralelas a las riberas arenosas del mar. En las playas no peñascosas del Océano, es un hecho casi constante la existencia de médanos; las únicas playas bajas desprovistas de ellos son las que el oleaje ha formado con materias arcillosas, con cieno compacto o con arena muy mezclada con residuos animales y vegetales. Las orillas arenosas del Mediterráneo, del Báltico y otros mares interiores donde apenas se notan las mareas, no presentan más que médanos poco elevados, porque la falta de flujo y reflujo no permite a la arena adquirir suficiente movilidad; sin embargo, hay algunos de más de 30 metros de altura, entre Veracruz y Tampico, en las orillas del golfo de Méjico, donde las mareas tienen poca fuerza. En todas las costas oceánicas cuya arena es bastante móvil para que la levante el viento, la formación de los médanos se verifica con perfecta regularidad.

Levantándose esos montecillos a la vista del observador, no es difícil seguir sus progresos ni dar su teoría. Las olas

mueven constantemente el fondo movable de la ribera, cargan con materias arenosas y las extienden en ligeras capas sobre la costa rasa y luego al bajar la marea las moléculas de arena van perdiendo la humedad, dejan de adherirse unas a otras y se dejan llevar a tierra por el viento del mar; esos son los materiales de los médanos. Si la playa se levantara hacia lo interior del continente de una manera perfectamente lisa, la arena, rechazada por las olas por encima del nivel marino, y llevada a lo lejos por los sucesivos soplos del viento, se extendería por el suelo en capas de espesor uniforme, pero las desigualdades de la superficie impiden que ocurra así. Guijarros, ramas y troncos de árboles cubiertos de conchas, plantas y arbustos de raíces tenaces forman asperezas encima de la playa y se oponen a la marcha del viento, que resbala por el suelo, arrastrando los granos de arena secos. Tan leves obstáculos bastan para determinar el nacimiento de médanos, obligando a la brisa a dejar caer la leve nube de polvo arenoso o calizo de que está cargada. Rómpease así la horizontalidad de la playa; las hileras de montones de arena, que serán más tarde verdaderas colinas, empiezan a perfilarse en el suelo.

Cuando el viento del mar sopla con bastante fuerza, no sólo se puede asistir al crecimiento de los médanos, sino que también se puede auxiliar su formación y comprobar con la experiencia directa los asertos de la teoría. Deposítense un objeto cualquiera en el suelo o clavese más bien en el suelo una hilera de estacas perpendicularmente a la dirección del viento, y en seguida la corriente de aire que choca con el obstáculo retrocederá para formar un remolino, cuyo diámetro es siempre proporcional a la altura de las estacas. Detenidos por ese remolino, los granos de arena traídos por el viento se depositan gradualmente más acá de la valla hasta que la cima del diminuto médano esté al nivel de la línea ideal que va desde la ribera hasta la arista superior del obstáculo. Entonces, la arena, impulsada por el soplo del mar, y que sube el plano inclinado presentado por la cara anterior del montecillo, no se deja arrastrar por el remolino ni volver hacia atrás; franquea el barranquillo que el girar del aire ha preparado delante de la estacada, y cae más allá para acumularse poco a poco en la cara posterior del obstáculo tomando la forma de un vertedero. Gracias al conocimiento de estos hechos, ha podido obligarse a los elementos a construir una muralla protectora de médanos en diversos puntos de las costas amenazadas de erosiones por las olas del mar.

Esos son siempre los comienzos de los médanos, sean

cuales fueren los obstáculos que se opongan a la marcha del viento. Fácil es convencerse de ello viendo las casas o cabañas que aduaneros y pastores levantan en los valles arenosos de los médanos landeses no fijados aún por siembra de árboles. Por la parte del mar, que es por donde soplan terribles ráfagas de viento, está separada la casa de la escarpa de arena por una zanja de defensa tan regular como si la hubieran abierto manos humanas, pero en la parte que hace frente a lo interior de las tierras, amontónase la arena gradualmente, y si no se la sacara, se levantaría hasta la altura de los techos.

En la meseta ligeramente ondulada que se entiende al pie de las pirámides de Egipto, pueden estudiarse también los mismos fenómenos. Los vientos del Este y Nordeste que hieren la cara oriental de las enormes masas de piedras, son rechazados, y desarrollando en el suelo ondas reflejas no permiten a la arena que se deposite en los peldaños inferiores de los edificios; levántanse los médanos a cierta distancia, precisamente en el lugar donde la corriente refleja queda neutralizada por las masas de aire procedentes directamente del Este. En cambio, al oriente de las Pirámides, largas escarpas de arena, más o menos inclinadas, se apoyan en la base de los monumentos. También al pie de ciertos acantilados de Liguria, donde la arena se acumula en médanos, siempre hay una especie de zanja entre la roca y los montones móviles.

Cuando el trabajo del hombre no interviene para detener el progreso de los médanos formados en la ribera del mar, los diversos obstáculos que determinaron la acumulación de la arena desaparecen al principio por la parte del vertedero bajo sucesivas capas; después, cuando aquel lado está enteramente oculto, la cara anterior empieza a desaparecer también. El viento, en vez de extenderse en un plano horizontal como la superficie del Océano, se ve obligado a tomar una dirección oblicua para subir la pendiente del médano; cuando éste es muy elevado, la corriente atmosférica pasa libremente por encima del obstáculo que antes la detenía, el remolino que más acá daba vueltas deja de girar y entonces no hay nada que impida a la arena cegar poco a poco el barranco que la repercusión de la corriente aérea había abierto delante de la valla. Pronto coincide la arista del médano con la del obstáculo; desaparece éste completamente, y el montecillo, creciendo como una ola que se acerca a la orilla, levantando la cresta cada vez más, continúa ganando espacio a la tierra. Las diversas capas de arena que va trayendo el viento marino suben hasta la cima de la vertiente marítima del médano y después, abandonadas a

su propio peso, se extienden por el vertedero y bajan resbalando hasta la base. En las landas del Gironda, la pendiente occidental del médano, cuya base no roe el mar, es por término medio de 7 a 12°. La pendiente oriental, que es la del vertedero, es de 29 a 32°, es decir, tres veces más rápida. Sería de 45° si las lluvias no surcaran las escarpas, prolongando su inclinación.

Así ganan incesantemente los médanos, gracias a las nuevas capas de arena sumadas a su escarpa variable, pero la acción del viento dominante no se limita a hacerlos crecer. Acaba por moverlos completamente, haciéndolos viajar. El objeto en cuya base había acumulado los primeros granos de arena el remolino del aire, a la larga se descompone; la intemperie, los insectos, la humedad, los agentes químicos lo destruyen, y cuando ha desaparecido, la arena que en él se paraba vuelve a moverse. El viento que arrebatava las capas superficiales del médano para sustituirlas con otras nuevas, puede llevarse ya toda la parte anterior del montecillo; alarga el vertedero a expensas de la cara marítima, y la base de la colina, roída por el viento, cada vez se aleja más de la ribera. El médano anda, adelanta a la conquista del continente. Es tan grande la movilidad de la arena, que ni aun cuando las olas roen el pie del médano y le obligan a derrumbarse en el mar, deja de avanzar la cima hasta el continente. Destruída por un lado invade por el otro, como esos seres voraces que, hasta cortados en dos pedazos, siguen tragando. Los altos médanos de Lagrave, al sur de Alcachón, son curiosísimos desde ese punto de vista; por abajo, los obliga el mar a derrumbarse; por arriba, ahogan a los pinos con sus masas invasoras de arena.

Los días más favorables para la observación de la marcha progresiva del médano son aquellos en que una brisa suave, pero bastante fuerte para empujar la arena, sopla de un modo perfectamente uniforme. Desde lo alto del médano se ven los innumerables granos de arena que corren a escalar la pendiente; centelleando al sol y arremolinándose como mosquitos en hermosa noche estival, alcanzan la cumbre y luego se acumulan en forma de cornisa en el reverso de la arista; de cuando en cuando determinan pequeños desmoronamientos que se derraman por la superficie de la escarpa como cascadas de agua por la pendiente de una roca, y cuyos contornos recuerdan los de ligeras colgaduras que se tapan unas a otras. Cuando el viento tempestuoso sopla violentamente en ráfagas sucesivas, las invasiones del médano se verifican en forma más rápida, pero también más difícil de observar. Las cimas de los montecillos, envueltas por torbellinos de polvo, parecen volcanes que arrojan humo; la

cara anterior del médano está surcada por el viento; masas de arena, cargadas de residuos marítimos que trajó la tempestad, se derrumban con estrépito y se colocan en capas desiguales sobre el vertedero. Una trinchera practicada en lo interior del médano permitiría contar y medir los estratos de espesor y de naturaleza diferentes que trajeron sucesivamente los vientos. Brisas suaves hubo que no depositaron más que arena fina como polvo, vientos fuertes cargaron con arena pesada y conchas, alguna borrasca acarreó ramas y otros residuos. Las moléculas suelen ser tanto más tenues cuanto más lejanas del mar estén, cosa que se comprende porque han de volar con mayor facilidad cuando ofrezcan menos resistencia a la corriente aérea que las arrastra. En los estrechos cordones de médanos que siguen ciertas partes del litoral mediterráneo, puede verse distintamente en un espacio de varios centenares de metros una serie de materiales movedizos, separados según su peso: primero hay fragmentos de conchas; luego, grandes residuos arenosos; más adelante, arena fina.

Si el plano inclinado que el médano presenta al mar permaneciera perfectamente liso, la zona de la ribera no tendría en toda su anchura más que una muralla sola de arena que invadiría gradualmente el suelo tierra adentro, pero a lo largo la pendiente de cada médano no puede dejar de presentar algunas desigualdades causadas por cuerpos extraños o por plantas arraigadas en la arena. Todos los relieves bastante fuertes para resistir al viento sirven de puntos de apoyo a nuevos médanos injertados, digámoslo así, en la ladera del antiguo. Esos mismos médanos nuevos tienen pronto asperezas cubiertas por otros montecillos de arena, y así se levantan poco a poco esas hileras de colinas movedizas separadas por valles largos y estrechos llamados *lettés* o *ledes* por los campesinos de las landas francesas. En ciertos lugares, especialmente entre Biscarosse y La Teste, las *lettés* se parecen, en una longitud de varias leguas, a los cauces secos de anchos ríos que rodean con olas de arena islotes verdes.

A pesar del aparente desorden de esos montecillos, entre los cuales bien puede extraviarse un viajero inexperto, la disposición general de ellos puede reducirse a un tipo uniforme diversamente modificado por la geografía local, los contornos del litoral, la naturaleza del suelo, la fuerza y dirección del viento, la presencia o la falta de vegetación. El médano más próximo al mar, y, por consiguiente, el más reciente, está menos elevado que el montecillo más antiguo situado inmediatamente después, así como éste alcanza menor altura que la colina siguiente. En un sistema normal de

médanos, cada hilera que se eleva más adentro de tierra supera a las anteriores y forma como un nuevo escalón en la pendiente del gran médano primitivo que sirve de vanguardia a todo el ejército de las arenas. Ese último médano, verdadera arista de todo el sistema, aumenta poco a poco con todos los materiales que han servido para la formación de los médanos inferiores situados más hacia el mar. El grano de arena arrastrado por el aire a la cima del primer montecillo, y que luego se derrumba en un barranco, puede permanecer inmóvil durante siglos debajo de las masas, pero gracias al progreso constante del médano, cuyas capas superficiales barre el viento para dejarlas caer más lejos en forma de vertederos, el grano de arena reaparece; llevado de nuevo a una cima, baja otra vez y no deja de viajar de médano en médano hasta el último.

Las innumerables moléculas arenosas andan en virtud de leyes rigurosas y por lo tanto se puede medir la fuerza del viento por la altura, la masa y la rapidez del movimiento de los montecillos. Una observación cuidadosa permitiría también comparar entre sí las diversas corrientes atmosféricas que empujan a la arena e indicar con precisión la de acción más enérgica. En la península de Arvert o de la Tremblade, situada entre la desembocadura del Gironda y la del Sendre, la cordillera de médanos se eleva gradualmente en dirección al Norte, y en su extremidad septentrional se alza el más alto. Explicase ese fenómeno no por lo frecuente e intenso del viento del SO, que sopla en aquellos parajes; en virtud del paralelogramo de las fuerzas lleva a la arena más lejos y más arriba que los vientos del Oeste y del Noroeste.

Todo médano aislado afecta contornos muy definidos que recuerdan los del cuarto creciente. Fácil es de comprender por qué la colina ha de adelantar de manera que proyecte así una punta encorvada a cada lado de su masa principal. Los granos de arena que el viento hace subir por toda la altura de la parte central del médano han de describir un camino más considerable y han de resbalar más tiempo por la contrapendiente que las moléculas de los dos extremos laterales. Andan por consiguiente con menor velocidad; las puntas extremas, más rápidas que el resto del médano, se repliegan y dan al conjunto de la colina movediza el aspecto de un volcán con el cráter hundido. Contribuye también a la forma semicircular de los montecillos de arena la circunstancia de que el viento dominante no siempre sopla perpendicularmente a la masa del médano; a veces es oblicua su dirección, ya en un sentido, ya en otro. Entonces hace avan-

zar más rápidamente el ala del médano, cuya cresta hiere en ángulo recto.

En el desierto de Atacama, en la Pampa de Tamarugal, en las llanuras jalonadas de Tejas, en el Sahara de Argelia, en los desiertos de Nubia y en casi todas las regiones recorridas por arenas movedizas, los médanos, al crecer, presentan tal regularidad de forma, que ha llamado la atención de todos los viajeros. Las landas de Gascuña presentan también ejemplos notables de esa disposición semicircular de la cresta de los médanos. Cerca de Arcachón y de la Teste todos los montecillos tienen esa apariencia de volcanes hundidos y se distinguen por la rica vegetación de retama y madroños que llena sus cráteres. En las partes del litoral de las landas donde la redondez crateriforme de los médanos se ha achatado, obedece ese fenómeno indudablemente a que dos o varios montecillos se han reunido y como fundido juntos por el viento impetuoso que sopla del mar. De todos modos, es fácil darse cuenta de todos esos fenómenos estudiando los diminutos montones de arena o médanos en miniatura que se forman a millares en las playas marítimas.

II

Altura de los montecillos. — Marcha de los médanos. — Movimiento de los estanques. — Desaparición de las aldeas.

En Europa, los montecillos de arena más altos se encuentran en el litoral de los Países Bajos, en las costas atlánticas de Francia, y en Escocia a las orillas del Firth of Tay. En cuanto a los médanos del Mediterráneo, son éstos mucho más bajos que los del litoral del Océano. Los golfos del sur de Europa tienen una marea muy poco perceptible, y, por lo tanto, las arenas de las orillas no viajan sin cesar como las de las playas oceánicas y ofrecen menos obstáculos al viento que impulsa delante de sí las moléculas arenosas más tenues. En el sur del Africa, en el contorno de los golfos de las Sirtes, donde flujo y reflujo tienen más importancia y donde son muy extensas las playas arenosas, los médanos mediterráneos alcanzan considerable altura. En Francia, las olas que se ven desde Port-Vendres hasta las bocas del Ródano no suelen alzarse más que a seis o siete metros de altura, porque las lenguas arenosas en las cuales se forman estos montecillos no tienen anchura bastante, y

sobre todo porque el mistral, viento dominante, sopla del NO., y lleva la arena de los estanques al Mediterráneo.

En el litoral de las landas de Gascuña, adonde las olas del mar llevan cada año 6.000.000 de metros cúbicos de arena, muchos médanos pasan de 75 metros de altura, y hay uno, el de Lascours, cuya cresta, paralela a la orilla del mar, llega en varios sitios a 80 metros y alza su cúpula culminante hasta 89. Verdad es que esa altura señala en Francia el límite superior de ascensión de esas arenas, porque las hileras de médanos situados al este del de Lascours son mucho menos elevadas. Podría admitirse que, después de haber llegado a tanta altura, las ráfagas inferiores del viento del Oeste, comprimidas por las masas de aire más elevadas, no tienen bastante fuerza impulsiva para hacer subir más a las moléculas de arena, y se ven obligadas a bajar hacia las llanuras de lo interior, descabezando las colinas formadas anteriormente. En las playas bajas de Africa, donde el Océano baña el gran desierto de Sahara, la enorme cantidad de materias arenosas que los vientos del Este traen del desierto, y son llevadas de nuevo a tierra por el de Oeste, permite a los médanos del cabo Bojador y de Cabo Verde llegar a una altura de 120 a 180 metros. En el Nuevo Mundo, el médano más alto es el de Morro Melancia, cerca del cabo de San Roque, de 45 metros de altura; se apoya por un lado en un montecillo con árboles.

Para el viajero acostumbrado a escalar los Alpes o los Pirineos, humildes cimas son éstas; sin embargo, esas alturas arenosas adquieren aspecto de verdaderas montañas, y sus cordilleras, dispuestas paralelamente a la orilla como filas de enormes olas, parece que constituyen todo un sistema orográfico. Sus atrevidas escarpas, sus aristas vivas, talladas como con cincel, la forma rítmica de sus cimas, la armonía general de sus contornos, modificada sin cesar a gusto del viento, les dan sorprendente aspecto de grandeza. La línea de base perfectamente lisa que presenta la ribera del mar, aumenta la ilusión por el contraste y contribuye a dar grandiosidad a las blancas colinas. El antiguo nombre, celta y latino a un tiempo, de los médanos (*dun*) que se aplicaba a las montañas y a las colinas escarpadas y que se encuentra también en las denominaciones de varias ciudades, Verdún, Londún, Bondún y Saverdún, demuestra que a nuestros antepasados les había llamado mucho la atención la forma atrevida de los montecillos de arena del litoral.

Ganando sin cesar terreno a las llanuras interiores, el médano tapa sin destruirlos todos los objetos sólidos, piedras, peñascos, troncos de árboles o moradas de hombres; a veces cubre grandes charcos de agua y los hace desapa-

recer durante algún tiempo bajo la base inclinada de sus escarpas. Cuando la arena traída por el viento cae con regularidad en la extensión de agua estancada y cubierta de espuma viscosa, forma a veces una capa tenue que oculta por completo el agua a las miradas. Esa capa puede adquirir solidez suficiente para permanecer en equilibrio hasta cuando el nivel del charco baja mucho, y las moléculas de arena, secadas por el sol, no delatan la existencia de la trampa oculta. Los pastores y los animales que ponen el pie en la superficie se hunden de pronto más o menos profundamente, y las aguas del charco refluyen a su alrededor. Generalmente no pasan más que un susto. Poco a poco se amontona la arena derrumbada; los que se han hundido dejan que se consolide el fondo, y levantando una pierna tranquilamente aguardan que se forme una especie de escalón y suben de peldaño en peldaño como por una escalera.

Si a veces quedan ocultos los charcos, las masas de agua más considerables situadas en la base de los médanos son rechazadas continuamente tierra adentro. Los ríos, cuyo curso queda detenido y se convierten en pantanos, también retroceden y mezclan sus aguas con las de los estanques. Esa formación de lagos y ciénagas, paralela a la de los médanos, es uno de los rasgos más notables del litoral de las landas francesas. En un espacio de 200 kilómetros se prolonga una hilera de estanques diferentes en forma y tamaño, pero situados todos a una distancia casi igual del mar. Una gran bahía, la cuenca de Arcachón, ha podido sostener amplia continuación con el Océano, gracias acaso al río que recibe del interior, pero las demás extensiones de agua, al Norte los estanques de Mourtin y de Lacanan, al Sur los de Cazan, de Parentós, de Aureilhan, de San Julián, de León, de Soustons, no se comunican con el mar más que por corrientes de cauce tortuoso y rápido y se encuentran ahora a un nivel considerable por encima de la superficie marina.

El estanque de Cazan, el más elevado de todos, que ha sido rechazado gradualmente a lo interior de las tierras por los médanos más importantes, extiende sus aguas a una altura que varía de 19 a 20 metros, según las estaciones; no hay menos de 6.000 hectáreas de superficie media. Al espectador que lo contempla desde lo alto de un montecillo, le parece ver una vasta bahía marítima, porque una gran parte de las riberas opuestas no la alcanza la mirada, y los árboles, aislados o dispuestos en grupos que señalan a lo lejos la remota orilla, parecen una flota de barcos anclados en una rada; los hacinamientos blancos de arena de forma triangular, que se distinguen en la base de los médanos

verdes y parecen otras tantas velas de embarcaciones pegadas a la costa, acrecientan la ilusión. Es probable también que el estanque de Cazan fuese antes un golfo del Océano, porque el fondo de ese mar interior tan pequeño está todavía a diez metros por debajo del nivel oceánico. Los pescadores, que son los jueces más autorizados sobre esta materia, están todos contestes en que en las partes más bajas del estanque la sonda toca el fondo a unos 30 metros por debajo de la superficie; afirman también que los huecos profundos estuvieron en comunicación con el mar, e indican el ancón de Manbruk como antiguo puerto y trazan en medio de los médanos la dirección que seguía el estrecho de la entrada. También los pescadores del estanque de Hourtin enseñan todavía el lugar ocupado por otro antiguo puerto.

Fácil es explicar la transformación gradual del antiguo golfo de Cazan y de las otras bahías marítimas que recordaban la orilla, uniforme hoy, de las landas. Separadas del Océano al principio por delgado cordón de arena, como se forman a veces en las playas bajas, esas bahías convertidas en estanques han sido rechazadas poco a poco tierra adentro por los surcos paralelos de los médanos. Bajo la presión enorme de la arena han subido, digámoslo así, por la pendiente continental. Al mismo tiempo lluvias y arroyos, detenidos en su curso, llevaban incesantemente tributos de agua dulce a los nuevos lagos, mientras el agua salada se iba escapando por los desagüeros naturales abiertos entre los montecillos. Así, los granos de arena que el viento empuja han bastado, durante siglos, para convertir los golfos de agua salada en estanques de agua dulce y para llevarlos al interior del continente a una altura muy considerable sobre el Atlántico.

Ocurren iguales fenómenos en las islas arenosas que se encuentran en medio del mar. La mayor parte de estas islas tienen una forma perfectamente regular, debida a un tiempo a las corrientes que las bañan y a los vientos que forman las hileras de médanos. En el centro del espacio triangular o semicircular, que rodean con sus montecillos movedizos, encierran uno o varios estanques que antes formaron parte del mar y que se transforman gradualmente en charcos de agua salobre y luego de agua dulce. En la isla de Arena, situada cerca de la desembocadura del San Lorenzo, se puede llegar a comprobar ese fenómeno de transición y coger a la Naturaleza *in fraganti*. Mientras la gran laguna interior, harto extensa para purificarse rápidamente, está llena todavía de agua salada, los charquitos situados entre los montecillos son ya de agua dulce.

Numerosos son los desastres ocasionados por la invasión

de los médanos o de los estanques durante la edad histórica. Las aldeas situadas en la base oriental de los médanos de Gaseuña, a la orilla de los estanques, tenían que establecerse de cuando en cuando más hacia el Este, para no ser tragados por la arena o por el agua. Al acercarse el peligro, los habitantes amenazados intentaban a veces, pero en vano, resistirse. En cuanto los vientos regulares del Oeste sustituían algún tiempo el del Este, pastores y labradores, armados con palas y azadones, se iban a escape a la cima de los médanos, y llenos de impotente ardor demolían la cresta arenosa para soltarla al aire. Pero pronto los vientos regulares volvían a llevar la arena tierra adentro, volvían a moverse los médanos y dispersaban el ejército de aldeanos. So pena de ser tragados, tenían que destruir las cabañas para llevarse los materiales y edificar nuevas moradas a cierta distancia en lo interior de las landas. Transcurrían años y siglos, pero médanos y estanques seguían andando y veíanse de nuevo condenados los habitantes a transportar más lejos sus aldeas, entre los brezos. Aquellas desgracias estaban ya previstas, y la crónica omite las emigraciones sucesivas; limitase a mencionar los nombres de algunas iglesias que hubo que abandonar a la arena para reconstruirlas más lejos en la meseta de las landas. Por eso sabemos que la iglesia de Lége fué reconstruída en 1480 y en 1650, primero a cuatro kilómetros y luego a tres kilómetros más adentro, pero las etapas de otras localidades de la zona no se conocen con tanta precisión. Los pueblos desaparecidos hoy de Lislan, de Lelos y otros varios, ni se sabe dónde estuvieron. Después de haber perdido puerto y afueras, el pueblo de Mimizan, que había sido muy importante, iba a ser absorbido completamente, cuando se logró en el momento supremo sujetar los médanos con empalizadas y plantaciones. El semicírculo de las colinas invasoras, semejante a la boca descantillada de un cráter, parece que está a punto todavía de devorar las casas.

Muchas veces se ha comparado a los médanos con gigantescos relojes de arena que midieran el tiempo con el progreso de sus escarpas. Acertada es la comparación, porque los vientos del Oeste que llevan a cabo todas esas transformaciones en el litoral de las landas, obedecen ahora a las mismas leyes que hace millares de años, y probablemente su fuerza es la misma que entonces. Médanos, estanques y hasta pueblos ribereños pueden considerarse como verdaderos cronómetros geológicos, pero desgraciadamente las indicaciones que dan no han sido descifradas de manera cierta, y ahora que los médanos están determinados, es demasiado tarde para emprender ese estudio. El ilustre Bremontier,

cuyo libro sobre los médanos, publicado en el año V de la República, tiene todavía autoridad en materia de arenas movedizas, recogió durante ocho años una serie de observaciones que le han dado un término medio de 20 a 25 metros para el progreso anual de los médanos de la Teste. Ese resultado concuerda de una manera notable con las indicaciones proporcionadas por las invasiones de los médanos de Lége durante los últimos 400 años. Admitiendo como normal el término medio calculado por Bremontier, se llegaría a inferir que dentro de veinte siglos los médanos podrían invadir toda la zona de las landas y cubrir la ciudad de Burdeos; y bastaría con 1.000 años para transformar en ciénagas los hermosos campos de aquella región, porque los estanques, rechazados constantemente por los médanos invasores, se desbordarían por la parte del Este en cuanto hubieran traspasado la línea culminante de la meseta de las landas. Investigaciones emprendidas en otros lugares confirmarían las observaciones hechas por Bremontier, pero puesto que no se han hecho, no podemos asegurar que sean aplicables a todo el ejército de la arena, desde Bayona hasta la punta de Grave, las medidas tomadas al pie de un grupo de médanos aislados; para sustentar una opinión definitiva hay que aguardar las observaciones que indudablemente se harán sobre el andar de los médanos en todas las partes del globo donde esos montecillos no se han parado aún.

III

Obstáculos que opone la Naturaleza al andar de los médanos. — Sujeción de la arena con los planteles.

La obra de la Naturaleza es doble, y si por una parte precipita la marcha de la arena, por otra trata de detenerla; indica por sí misma los medios de precaver o precave espontáneamente los desastres que causa. En ciertos lugares, y especialmente en una parte de la costa de las Landas, ejerce una acción física o química sirviéndose del óxido de hierro contenido en el agua de los manantiales para consolidar la arena y transformarla gradualmente en verdadera roca. En otras partes, cementos orgánicos, compuestos de conchas rotas, de restos de infusorios silíceos y calizos, aglutinan las moléculas arenosas y les dan la estabilidad necesaria para resistir al soplo del viento. Pero esos medios de consolidar la arena son excepcionales. Principalmente la vege-

tación es la que fija las colinas movedizas de las orillas del mar. En casi todas las riberas los residuos arenosos y calizos del suelo encierran bastantes principios fertilizantes para alimentar cierto número de plantas vivas que no temen el aire salado de las olas y proyectan sus raíces a gran profundidad para aspirar la humedad necesaria. De esos vegetales atrevidos, el más común y el más útil es la *arundo arenaria*, cuyos tallos, delgados y flexibles, no pueden detener al viento, pero cuyas fortísimas raíces, de una longitud de doce a quince metros, se desarrolla mejor cuanto menor sea la resistencia de la arena. Diversas especies de convolvuláceas se arrastran por el suelo, y fijando de trecho en trecho las cuerdas vigorosas, envuelven a veces todo un médano con su red de hojas y de flores. Otras plantas se yerguen altaneras, pero si se tragan las arenas su tallo, se transforma pronto en raíz y da origen a un nuevo brote que puede quedar enterrado a su vez sin que la planta quede expuesta a perecer. Simiente hay que germinando en la base del médano produce un vegetal que, de resurrección en resurrección, acaba por florecer en la cima del montecillo y une con un cable de raíces las capas arenosas que las enredaderas de los convolvulus sujetan en la superficie. Numerosas plantas cuyos débiles tallos están medio sumidos en la arena son tal vez contemporáneas del mismo médano; tal vez existían antes de la aparición del hombre.

En la lucha trabada entre la fuerza del viento y el poder de la vegetación el resultado definitivo depende a un tiempo de las condiciones climatéricas, de la naturaleza del suelo, de la forma de la ribera y de diversas circunstancias eventuales, entre las cuales hay que mencionar principalmente los deterioros causados por hombres y animales. En las orillas de las comarcas tropicales de América del Sur, donde favorecen el desarrollo de las plantas, según la estación, un calor extremado y torrentes de lluvia, y donde la arena encierra gran proporción de residuos animales y vegetales, la mayor parte de los médanos está ya sujeta a algunos metros del mar por mimosas, cactus y otros árboles espinosos; en las playas de todos los ríos del Brasil ecuatorial que van a desaguar junto a la desembocadura del Amazonas, se ven a bastante distancia del mar hileras de médanos de diez a quince metros de altura que viajan sin cesar, impulsadas por el soplo de los alisios. Esa movilidad de la arena depende indudablemente de un hecho comprobado por Contho y Agassiz: las playas se deprimen en aquella parte del Brasil, y, por lo tanto, cambian de forma constantemente; los médanos no han tenido todavía tiempo para quedar sujetos.

En Europa, la flora de la arena es menos rica que en las comarcas ecuatoriales. En las costas de Jutlandia se compone únicamente de 234 especies de plantas, humildísimas en su mayoría; así es que los médanos «blancos» de la península dinamarquesa, lo mismo que los de Gascuña y Holanda, no tienen bastante cohesión para resistir a los furiosos vientos de Oeste que los atacan. Probable es, sin embargo, que hasta en los países de la zona templada la modesta vegetación herbácea de la arena del litoral pueda, después de cierto número de siglos, adquirir la fuerza necesaria para sujetar los médanos y preparar, con la lenta acumulación de sus residuos, una capa vegetal donde crezcan espontáneamente grandes árboles.

Si no ocurriera así, difícil sería comprender por qué todos los médanos de Europa estaban antes cubiertos de bosques. Según el unánime testimonio de los antiguos geógrafos, los bosques se extendían hasta la orilla del mar en aquellas llanuras que son hoy los Países Bajos, y los bátavos, anglos y frisonos no tenían en sus idiomas ninguna palabra especial para designar montones de arena movediza. Ni el gran geógrafo Estrabón, ni Plinio el enciclopedista, ni ningún otro escritor de la antigüedad menciona la existencia de colinas empujadas por el viento, y este fenómeno seguramente les habría llamado la atención. Debajo de numerosos médanos de Gascuña se encuentran troncos de encinas o pinos sumidos en la arena por encima del antiguo nivel de las landas. Es más: algunos conservan todavía bosques magníficos, que cuentan muchos siglos de existencia, y probablemente no han sido plantados por el hombre. Cerca de Arcachón es fácil extraviarse en un bosque donde se yerguen pinos gigantescos, sin rivales en Francia, y encinas de una circunferencia de doce metros. Títulos de 1332 hablan también de bosques que cubrían los médanos de Médoc, donde los señores de Lesparre iban alegremente a cazar ciervos, jabalíes y corzos. Finalmente, Montaigne, que escribía a mediados del siglo XVI, dice que las invasiones de arena se verificaban hacía algún tiempo. Además, ¿por qué han de dar los landeses el nombre de montes a sus bosques, hasta a los de la llanura, sino porque sus colinas de arena estaban antes cubiertas de árboles?

Desgraciadamente, tan hermosas selvas, que protegían en otro tiempo las tierras bajas del litoral marítimo contra la invasión de la arena, fueron destruidas sucesivamente en las revueltas épocas de la Edad Media, ya por invasores bárbaros, ya por varones imprevisores, ya por los mismos aldeanos. En el siglo XVIII el rey de Prusia, Federico Guillermo I, necesitó dinero con urgencia, mandó talar el bosque

de pinos que sin interrupción se extendía por los médanos de la Frische Nehrung, desde Dantzig hasta Pillan. Prodújole aquella operación la cantidad de 200.000 escudos, pero las arenas movedizas invadieron la bahía interior, destruyeron las pesquerías, obstruyeron el canal de navegación, sepultaron las fortalezas de defensa y modificaron del modo más lastimoso la economía hidrográfica de aquellos parajes. En Holanda, en Bretaña, las talas del litoral han traído aún más funestos resultados. A las orillas del lago Michigan, en el cabo Cod (Massachussets), los desmontes de la playa han contribuido también a la formación de colinas movedizas. A nadie más que a sí mismos pueden echar la culpa los ribereños, puesto que obra suya son los médanos. Una imprudencia puede ocasionar grandes desdichas: según Staring, uno de los médanos más altos de Frisia fué originado por la destrucción de una encina.

Al hombre toca sujetar con su trabajo esos montecillos de arena que creó con su imprevisión. Afortunadamente no es obra imposible. El pastor de las landas francesas, cuando quería proteger su choza alzada en el fondo de algún barranco de los médanos, cuidaba de cortar en las ciénagas próximas gramíneas o cañas, que colocaba en el suelo de manera que lo cubriera completamente y no pudiera moverlo el viento del mar. Con eso basta: la arena queda inmóvil y el médano sujeto, por lo menos hasta que el paso de un caballo, los dientes de una oveja u otro animal, un chaparrón o alguna otra causa no atraviesan la capa protectora, devolviendo su movilidad a la arena.

Ese medio de protección, que es practicable únicamente en poco espacio, tiene que ser provisional; para alcanzar un resultado definitivo, hay que recurrir a sujetar los médanos con planteles de árboles u otras plantas que opongan al viento valladar invencible. En los tiempos modernos, los holandeses, grandes maestros en trabajos marítimos y costeros, han sido los primeros en conocer la absoluta necesidad de sujetar los médanos. Defendidos y amenazados a un tiempo por las masas de arena movediza que no dejaban de invadir su territorio, aunque lo protegían contra los asaltos del mar, comprendieron que la salvación de la patria podía depender de aquella muralla de colinas, y hace un siglo que la han consolidado definitivamente con plantaciones de cañas, arces y abetos.

Los primeros intentos para la fijación de los médanos de Gascuña se hicieron a principios del siglo XVIII. El señor Ruhat, al adquirir el antiguo capitalado de Buch, sembró de pinos algunas colinas de la Teste, pero aunque las plantaciones tuvieron excelente éxito, no se continuó la obra, y

en el resto de las landas, los habitantes desidiosos dejaron a los médanos que perjudicaran a sus pueblos. Más adelante, los hermanos Desbiey y el ingeniero Villers propusieron diversas veces la sujeción de toda la zona de arena; nadie les hizo caso. Al célebre Bremontier correspondió el honor de que fuera adoptado y puesto en práctica un plan general para el cultivo de los médanos. Inspirándose en el ejemplo y en los escritos de sus antecesores, y sin desdeñar los informes de los pastores que por tradición conocían los medios de sujetar la arena, puso manos a la obra Bremontier, en 1787. El trabajo se interrumpió, se reanudó en 1791 y quedó definitivamente abandonado en 1793 a consecuencia de haberse opuesto a él muchos habitantes de la Teste, pero ya se podían comprobar sus magníficos resultados. Más de 250 hectáreas de arena movediza habían quedado sujetas en los alrededores de Arcachón: pinos, encinas, plantaciones de cepas crecían perfectamente y la sementera de una hectárea no había costado más de 200 francos. La posibilidad de detener la marcha de los médanos a poca costa quedaba demostrada.

A principios del siglo se reanudó la interrumpida labor y hace algunos años que se han terminado los trabajos. Los médanos de Gascuña, sujetos ya, enriquecen las comarcas amenazadas antes, y a consecuencia del valor creciente de los pinos y de sus productos, puede calcularse en centenas de millares de francos el crecimiento anual de la fortuna pública en el litoral. Hoy se calcula el valor de los médanos landeses en 25 millones, o sea 600 francos la hectárea. De modo que el medio de salvación aplicado por Bremontier ha llegado a ser para los habitantes una causa de prosperidad. Al mismo tiempo se han conseguido otros resultados favorables que no podían preverse. Garantizada la arena de los rayos solares por la sombra de los pinos, produce hierba que se utiliza para pajaza y alimento de las caballerías. Las *lèdes*, que durante seis meses del año eran convertidas por las lluvias en cenagales intransitables, han quedado saneadas sin intervención del hombre gracias a los millares de raicillas que absorben sin cesar la humedad de la arena. La superficie de los vastos estanques situados en la base oriental de los médanos ha descendido también para dar a los árboles del bosque el agua que necesitan para prosperar. Además, al sujetar los médanos se han hecho desaparecer las zanjias cubiertas en las cuales caían hombres y animales; la arena ya no anda, y las charcas han desaparecido. La ciencia ha reparado los desórdenes causados por la imprevisión humana.

FIN

INDICE

Págs.

- CAPÍTULO PRIMERO.—*Las aguas del mar.*—I. Consideraciones generales.—II. Cuencas oceánicas.—Profundidades del mar.—Igualdad de nivel en la superficie del Océano.—III. Composición del agua del mar.—Peso específico.—Marismas naturales y artificiales.—Sustancias diversas.—Diferencias de salinidad.—Sal marina.—IV. Diversa coloración de las aguas del mar.—Reflejos, transparencia y color propio.—Temperatura de las capas profundas.—V. Formación de los hielos.—Témpanos, bancos y montañas de hielo.—Hielos del Báltico y del mar Negro.—VI. Olas del mar.—Ondas regulares o irregulares.—Altura de las olas.—Su amplitud y su velocidad.—Olas de fondo.—Olas de las costas 5
- CAPÍTULO II.—*Las corrientes.*—I. Grandes movimientos de las aguas marinas.—Causas generales de las corrientes.—Los cinco ríos oceánicos.—II. El *Gulf-Stream*.—Su influencia en los climas.—Su importancia comercial.—III. Corrientes del Atlántico meridional y del mar de las Indias.—Remolino doble del Océano Pacífico.—IV. Remolinos laterales.—Corriente de Rennell.—Contracorriente del mar de las Antillas.—Equilibrio de las aguas en el Báltico, en el Bósforo y en la entrada del Mediterráneo y del mar Rojo.—Cambio de agua y de sal entre los mares 51
- CAPÍTULO III.—*De las mareas.*—I. Oscilaciones del nivel del mar.—Teoría de las mareas.—II. Teoría de Whewell sobre el origen y propagación de las olas de marea.—Nacimiento de la marea en cada cuenca oceánica.—Establecimiento de los puertos.—Líneas cotidianas.—III. Irregularidades aparentes de las mareas.—Anchura extraordinaria de la ola en ciertas bahías.—Interferencia del flujo y reflujo.—Mareas diurnas.—Desigualdades entre las mareas sucesivas.—IV.—Corrientes de marea.—Rasas y torbellinos.—Los bores.—Mareas fluviales.—V. Flujo y reflujo en

lagos y mares interiores.—Corrientes del Euripo.—Caribdis y Scila... ..	77
CAPÍTULO IV.— <i>Las riberas y las islas.</i> —I. Modificaciones incesantes de la forma del litoral.—Los fjords de Escandinavia y de otras comarcas próximas a los polos.—II. Fjords cegados por los aluviones marítimos y fluviales.—III. Destrucción de los acantilados.—Costas de la Mancha.—Paso de Calais.—Acción de los cantos y las arenas.—Marmitas de gigantes.—Pozos surtidores de las costas.—IV. Desmoronamiento de las rocas.—Diverso aspecto de los acantilados.—Plataformas de sus bases.—Resistencia de las costas.—Rompeolas formados por escombros.—Helgoland.—Destrucción de las playas bajas.—V. Forma normal de las riberas.—Curvas de mayor estabilidad.—Formación de riberas nuevas.—Cordones litorales y agujas de arena.—Bahías interiores.—VI. Fondos bajos del litoral.—Depósitos de rocas calizas.—Aspecto de arenales y playas.—VII. Origen de las islas.—Islas de origen continental; rocas de las riberas; islas de depresión, de levantamiento y de erosión.—Islas de origen oceánico; arrecifes anulares y volcanes	103
CAPÍTULO V.— <i>Los médanos.</i> —I. Médanos procedentes de la descomposición de las rocas.—Formación de médanos móviles en las riberas del mar.—Disposición simétrica de los montecillos de arena.—II. Altura de los montecillos.—Marcha de los médanos.—Movimiento de los estanques.—Desaparición de las aldeas.—III. Obstáculos que opone la Naturaleza al andar de los médanos.—Sujeción de la arena con los plantales	145

