

cales de la de los mares de las latitudes elevadas, exceso originado por estar más directamente expuestas á la radiación solar. La otra es la fuerza impulsiva de los vientos regulares que soplan á una y otra parte del Ecuador en los dos hemisferios. De aquí se han formulado dos teorías diferentes, ó más bien se han establecido dos puntos de partida distintos, porque los efectos del calor son múltiples y para interpretarlos se han formado muchas teorías de las corrientes. Algunos físicos admiten la realidad y la eficacia de estas dos causas principales, y opinan que las corrientes resultan de su acción simultánea.

Pronto veremos que en dos zonas situadas á uno y otro lado del Ecuador soplan casi constantemente vientos que llegan del Nordeste en el hemisferio boreal y del Sudeste en el austral, vientos que llevan el nombre de alisios. Estas corrientes aéreas ejercen su acción en la superficie del mar, ocasionando en ellas ondulaciones que se propagan en el mismo sentido que ellas; su fuerza impulsiva obra lateralmente en las olas y motiva su movimiento de avance, haciendo afluir al Ecuador las masas líquidas así arrastradas. Compréndese que esta acción, por débil que sea en sus elementos, se multiplique por su continuidad en un sentido que es siempre el mismo y por no encontrar obstáculo alguno en toda la vasta extensión de los mares ecuatoriales, en el Pacífico, en el Océano Indico y en el Atlántico. Al encontrarse bajo el Ecuador en la zona de las calmas, estos dos ríos marinos refunden sus movimientos, cuya doble dirección es Nordeste y Sudeste, en una sola corriente que sigue una dirección intermedia, esto es, de Este á Oeste. Tal es la gran corriente ecuatorial, de cuya existencia, comprobada por la observación, nos hemos ocupado. Al tropezar con las costas orientales de los continentes, tiene que desviarse ya al Norte ó ya al Sur, según la orientación de las playas y según el hemisferio á que se dirigen las dos corrientes parciales que resultan de la bifurcación de la principal.

Esta teoría, que atribuye al impulso de los vientos el origen de las corrientes superficiales y cálidas, tiene en su apoyo las observaciones hechas por Smeaton y el mayor Rennel sobre el transporte de las aguas de un extremo á otro de un canal por un viento impetuoso; si el canal no tiene salida, el agua adquiere un nivel más elevado; pero si puede escaparse, resulta una corriente que se extiende á mayor ó menor distancia, según el grado de la fuerza que la produce. W. Thomson se pronuncia en favor de esta teoría en sus *Abismos del mar*.

Los que consideran el calor como causa de la circulación oceánica dan varias explicaciones acerca del modo cómo obra este agente físico. Unos, como Maury, no consideran entre los efectos del calor más que los que producen en las aguas del mar diferencias de gravedad específica, por una parte la dilatación y por otra la evaporación. El sabio americano se hace cargo de la ruptura de equilibrio procedente de la dilatación de las aguas tropicales por efecto del calor solar, del modo siguiente: "Supongamos, dice, que toda el agua contenida entre los trópicos, hasta 100 brazas de profundidad, se transformara de repente en aceite; entonces se rompería el equilibrio de las aguas de nuestro planeta, y veríamos nacer un sistema general de corrientes y contracorrientes; el aceite, manteniéndose en la superficie, se dirigiría á los polos en forma de capa no interrumpida, y el agua se encaminaría al Ecuador como contracorriente submarina. Supongamos ahora que el aceite llegado á la cuenca polar recobra su primitiva forma, y que el agua, atravesando los trópicos de Cáncer y de Capricornio se convierte en aceite, sube á la superficie en las regiones intertropicales y emprende el camino de los polos. Presentando el agua fría del Norte y el agua caliente del golfo de

México, hecha específicamente más ligera por el calor tropical, un sistema análogo de corrientes y contracorrientes, ¿no son semejantes en sus relaciones recíprocas al agua y al aceite?

La evaporación de la superficie de los mares solamente arrebatara el agua pura á la masa líquida cargada de sales: el calor y los vientos activan esta evaporación. De aquí resulta otra causa de ruptura de equilibrio capaz de engendrar corrientes. En efecto, he aquí lo que dice Maury acerca de ella y cómo la utiliza para explicar la existencia del Gulf-Stream. "Dado el estado actual de nuestros conocimientos en lo que atañe á este prodigioso fenómeno, porque el Gulf-Stream es indudablemente una de las cosas más maravillosas del Océano, no hemos salido aún del terreno de las conjeturas; sin embargo, conocemos algunas de las causas activas á las cuales podemos atribuirlo con algunos visos de verosimilitud. Una de éstas es el aumento de salsedumbre de las aguas después de la absorción por los vientos alisios de los vapores que de ellas se desprenden, tanto si es considerable como escasa esta absorción. La otra es la reducida cantidad de sal que tiene el mar Báltico y los otros mares septentrionales. Por un lado tenemos el mar de los Caribes y el golfo de México, cuyas aguas son una verdadera salmuera, y por otro la gran cuenca polar, los mares Báltico y del Norte, cuyas aguas apenas son salobres. El agua es pesada en la primera de estas cuencas marítimas; en las otras, ligera. La extensión del Atlántico las separa, pero el agua busca y conserva su nivel: ¿no tenemos aquí una de las causas del Gulf-Stream?,"

Es indudable, por más que Maury parezca no haberlo advertido, que el exceso de salsedumbre ó de densidad producida por la evaporación, debe neutralizar en todo ó en parte la diferencia que dimana de la dilatación. Así lo hace observar Croll en los términos siguientes: "Según estas dos teorías, dice, las diferencias de densidad entre las aguas ecuatoriales y las polares son las que producen las corrientes, sólo que la una dá á las primeras *menos densidad*, al paso que según la otra son *más pesadas* que las polares. Tanto una como otra teoría pueden ser verdaderas, ó entrambas falsas, pero es lógicamente imposible que las dos sean exactas, por la sencilla razón de que las aguas del Ecuador no pueden ser á la vez más ligeras y más pesadas que las de los polos. En tanto que estas dos causas continúen actuando, no podrá engendrarse ninguna corriente, á no ser que una tenga más potencia que la otra, y entonces la corriente producida no existirá sino en la proporción exacta de este exceso de potencia.,"

El doctor Carpenter, de cuyas numerosas observaciones de temperatura de las aguas del mar hemos hecho mención ya, adopta la teoría de Maury, aunque modificándola un poco; su colaborador en los sondeos marítimos, Wyville Thomson, le hace casi las mismas objeciones que Croll ha hecho á Maury. De todo esto parece desprenderse una consecuencia, y es que si las corrientes marinas están bastante bien definidas en sus caracteres generales, apenas se halla bosquejada la teoría física de sus movimientos. Así lo hacía constar en el Congreso celebrado en Glasgow en 1877 por la Asociación Británica el presidente de la Sección de Geografía M. Ewans. No se ha abordado la solución del problema con la precisión que parecen exigir, por una parte los datos de observación, y por otra las leyes de la hidrodinámica. Sin embargo, el ilustrado capitán de fragata Ansart Deusy ha publicado una teoría de las corrientes oceánicas, sobre la que debemos decir algunas palabras. Está basada enteramente en uno de los efectos más activos de la radiación solar en las regiones tropicales, la evaporación. A. Deusy considera el desnivel que resulta de la evaporación en dichas regiones como suficiente causa de los movimientos que arrastran á las aguas de la zona polar hacia el Ecuador.

Estas dos corrientes opuestas se encuentran allí y chocan una con otra, dando lugar á una corriente de reacción igual como masa y como cantidad de movimiento á las corrientes llegadas de los polos. Este encuentro ocurre hacia el paralelo 30. Pero aquí no se trata más que de la circulación general que, en virtud de la acción de las fuerzas verticales y horizontales, tiene efecto en toda la masa de las aguas del Océano. La rotación de la Tierra influye en estas corrientes generales, desviando hacia el Este las que van del Ecuador á los polos, y hacia el Oeste las que llevan las aguas de las zonas polares hacia el Ecuador. En cuanto á las corrientes superficiales, calientes ó frías, como el Gulf-Stream, el Kuro-Sivo, las corrientes de Humboldt, etc., no son otra cosa sino las corrientes generales modificadas por las orillas del continente ó por los relieves del fondo del mar. Como se ve, esta teoría, resumida imperfectamente en las anteriores líneas, no hace entrar en cuenta los demás efectos del calor, como la dilatación, el exceso de la salsedumbre, y prescinde también de la acción de los vientos en la superficie de las aguas.

Algunos meteorologistas, como Mohn en Suecia y Marié-Davy en Francia, recurren para explicar la circulación oceánica ó todas las causas que las teorías precedentes consideran como exclusivamente eficaces, y piensan que su resultante es la fuerza motriz de las corrientes. Para nosotros no cabe duda de que una teoría completa de las corrientes marinas debe hacer intervenir así los diferentes efectos del calor como la acción impulsiva de los vientos; pero repetimos que la dificultad está en averiguar hasta qué punto influyen estas fuerzas en la producción de las corrientes realmente observadas.

CAPITULO II

LA CIRCULACIÓN ATMOSFERICA.—LOS VIENTOS REGULARES

I

DE LOS VIENTOS EN GENERAL.—CAUSAS Y MODOS DE PROPAGACIÓN DEL VIENTO

Al acometer el estudio de las corrientes aéreas ó de los vientos, entramos de lleno en el terreno de la Meteorología. La excursión que hemos hecho por otro terreno, en los capítulos anteriores consagrados á los movimientos de la corteza sólida y á los de las masas líquidas del globo, nos ha parecido completamente justificada y muy pronto lo será á los ojos del lector cuando vea la solidaridad que existe entre unos fenómenos que producen de consuno ese estado característico de cada país que se llama clima, siendo sobre todo imposible, cuando se trata de conocer las leyes de las variaciones del tiempo, no tener en cuenta todas las causas que pueden influir en ellas. En todas las cuestiones de meteorología dinámica es indispensable hacer intervenir los movimientos del mar juntamente con los de la atmósfera.

Todo movimiento de transporte ó traslación de las capas del aire, cualquiera que sea su dirección, vertical ascendente ó descendente, oblicua ú horizontal, constituye una corriente aérea ó *viento*. Pero en el lenguaje común y hasta en las investigaciones científicas, las más de las veces sólo se considera la componente horizontal de este

movimiento, ya se trate de marcar su dirección ó bien de medir su velocidad ó intensidad.

Hemos visto que el aire no está en equilibrio sino cuando las capas que lo componen se sobrepone horizontalmente con arreglo á sus densidades, que decrecen con la altitud. Tan luego como por una causa cualquiera sobreviene una diferencia de temperatura entre dos regiones contiguas capaz de invertir el orden de las densidades que mantiene el equilibrio, queda éste roto. El enrarecimiento que ocurre en la región del aire caldeada, da lugar á una afluencia de aire más frío y más denso, y la corriente que de ella resulta se propaga sucesivamente con una velocidad y una fuerza que dependen de las desigualdades de temperatura, de densidad y de presión. Dicho enrarecimiento puede también tener por causa la precipitación del vapor de agua que el aire contenía, lo cual sucede después de una lluvia copiosa ó de tormenta, en cuyo caso el aire de las regiones vecinas se precipita en el vacío relativo así formado, dando lugar á un viento, como en el caso de la desigualdad de temperatura.

Las causas de estas rupturas de equilibrio en el seno de la atmósfera son sumamente variadas; las unas, accidentales ó locales, dependen de los lugares, de la naturaleza del suelo, de su humedad ó sequía, de la vegetación más ó menos abundante que lo cubre, de su altitud, del estado higrométrico del aire, etc.; las otras son periódicas, y tienen relación con los días y las noches ó con las estaciones. La distribución geográfica de las tierras y de las aguas, de las montañas, de las mesetas y de los llanos ejerce también gran influencia en la formación y sucesión de los vientos. En lo que no cabe duda es en la importancia que tienen las corrientes aéreas en la economía general del planeta ó en la climatología. Según que los vientos dominantes en un país sean fríos ó calientes, secos ó húmedos, influyen de un modo favorable ó desfavorable en la vegetación y en la salud de los hombres y de los animales. Del propio modo que las corrientes del mar, suavizan el rigor de los climas de las regiones hacia las cuales se dirigen, ó los hacen más crudos. Purifican ó sanean el aire de las ciudades renovándolo, y transportan á los continentes las inmensas cantidades de vapor formadas por la evaporación en la superficie del mar, las cuales se condensan en aquéllos, cayendo convertidas en lluvias ó nieves. Finalmente, transportan á largas distancias las semillas de las plantas y el polen de las flores, prestando de este modo su ayuda á la diseminación y reproducción de la vida vegetal en la superficie de la Tierra. La parte de la Meteorología que estudia los vientos y las leyes de su propagación tiene también un lado práctico, apreciado en extremo por los marinos puesto que les permite abreviar sus viajes, beneficio que resulta asimismo del conocimiento cada vez más perfecto de las corrientes oceánicas.

Franklin se valió de un experimento muy sencillo que cualquiera puede hacer para demostrar la producción del viento en cuanto resulta de la desigualdad de temperatura. Si se abre en invierno la puerta que pone en comunicación dos habitaciones, una fría y otra bien abrigada, al punto se forman dos corrientes de aire. El aire de la habitación abrigada, como más ligero, penetra, subiéndolo, en la habitación fría, al paso que el aire más denso de ésta sale por abajo para reemplazarle. Poniendo dos velas encendidas en la parte inferior y en la superior de la puerta, la dirección contraria de sus llamas indica claramente el sentido de las dos corrientes opuestas. Esta misma causa es la que produce las corrientes ascendentes en el interior de las chimeneas, sin las cuales no sería posible el tiro, y la que origina los movimientos del aire en el interior del tubo de una lámpara ó en los de una estufa.