

exactitud la marcha *al garette* del barco que los lleva, es decir, la diferencia entre la posición real del buque determinada por las observaciones astronómicas y la que debería ocupar según la velocidad calculada con la corredera y la dirección del rumbo seguido de un día á otro. Dos causas pueden producir este garette: por una parte el viento cuya fuerza y dirección se conocen, y por otra las corrientes, si las hay. De este modo se puede llegar á reconocer aproximadamente la dirección y velocidad de estas corrientes.

Maury se ha valido con el mismo objeto de la observación de las temperaturas: la del aire del lugar en que se encuentra el buque comparada con la del agua del mar. Si estas dos temperaturas son iguales ó poco menos, hay probabilidad de que no exista ninguna corriente marcada en el lugar de la observación; pero cualquier exceso de la temperatura del agua sobre la del aire permite deducir que esta agua más cálida procede de latitudes que también lo son, y que existe alguna corriente que desde estas regiones llega á la posición ocupada por el observador. La dirección de la corriente será inversa, es decir, procederá de latitudes más frías si de la observación resultara que la temperatura del agua es más baja que la del aire. A decir verdad, estas reglas distan mucho de ser absolutas, y se deben discutir los datos en cada caso particular antes de tratar de deducir de ellos una conclusión de alguna probabilidad; pero en ciertos casos esta conclusión no puede ofrecer dudas. He aquí un ejemplo citado por W. Thomson en *Los abismos del mar*: "La temperatura media del mar es de 15° C. en el mes de julio, á la altura de las Hébridas, á los 58° de latitud Norte y en el trayecto del Gulf-Stream, mientras que á la misma latitud, en la costa del Labrador y en el trayecto de la corriente de este nombre, es de 4°,5 C.

Los métodos de observación que acabamos de enumerar sirven para conocer los movimientos de las aguas del Océano en sus capas superiores, ó sea las capas superficiales; pero no nos enseñan nada, al menos directamente, acerca de sus corrientes profundas. Así es que el estudio de estas últimas está poco adelantado. Hemos visto que la averiguación de las temperaturas á varias profundidades, hechas con las precauciones que exigen las causas de error de esta clase de observaciones, puede denotar la presencia de corrientes submarinas de una región del Océano á otra. W. Thomson, Carpenter y Mohn han comprobado de este modo que hay una doble circulación en el Atlántico septentrional: una corriente de aguas frías procedentes del polo y una corriente superior de aguas calientes de origen ecuatorial. El estudio comparado de las faunas submarinas, lo propio que el de los sondeos termométricos, servirán sin duda para dilucidar la cuestión, bastante obscura todavía, de la existencia de las contracorrientes que en la cuenca de los mares restablecen el equilibrio perturbado por las corrientes de la superficie.

III

LAS CORRIENTES MARINAS. — DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES

La corriente conocida desde más antiguo, así como la mejor estudiada de todas las grandes corrientes ecuatoriales, es aquella cuyas ramas recorren el Atlántico entero, tanto al Sur como al Norte del Ecuador. Nos referimos al *Gulf-Stream* ó "Corriente del golfo," que debe su nombre al origen que se le atribuyó en un principio, ó sea el golfo de México. Hoy se designa también de este modo, no tan sólo las ramas ó bra-

zos que desde el estrecho de la Florida se extienden por todo el Atlántico del Norte, sino también las que corren á lo largo del Ecuador y de las costas de los continentes de la América del Sur y del Africa. La figura 179 nos permitirá condensar la descrip-

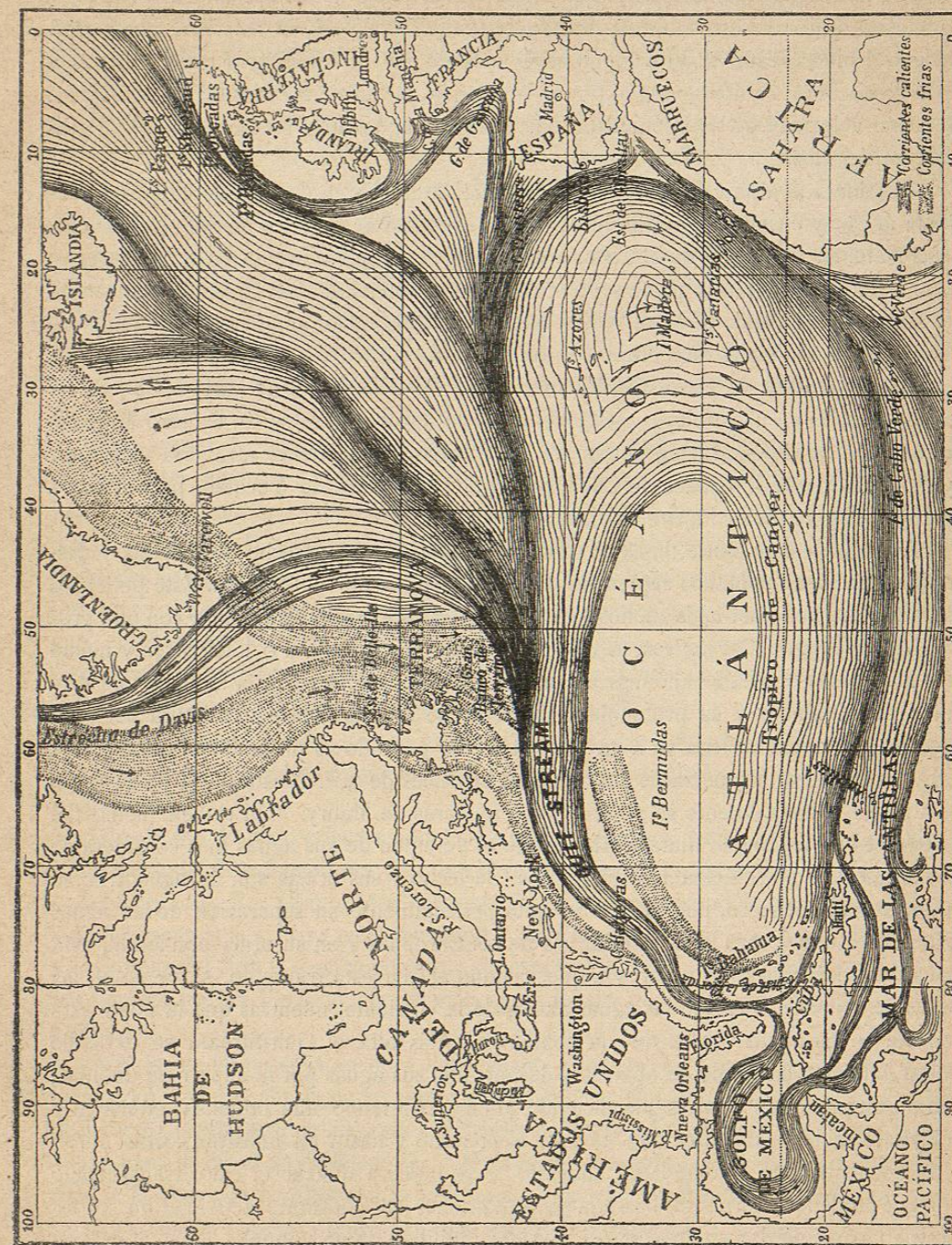


Fig. 179.—El Gulf-Stream y las corrientes polares del Atlántico boreal

ción de este inmenso río de agua caliente, cuyo curso total se mide por decenas de millares de kilómetros.

Su punto de partida está debajo del Ecuador, en la costa occidental de Africa, y su primera dirección es, á corta diferencia, la de los vientos alisios del Sudeste. Esta direc-

ción tuerce poco después al Oeste, entre el golfo de Guinea y el cabo de San Roque, punta oriental del continente americano. La corriente sigue pues la línea ecuatorial, pero antes de llegar á la punta de que hablamos, sus aguas se aumentan con las de otra corriente parecida que costea el Africa en dirección de los alisios del Nordeste, y torciendo luego al Oeste como la primera, constituye con esto la *corriente ecuatorial*. Desarrollándose ésta en una longitud de más de 6.000 kilómetros por lo menos y 700 de anchura, se mueve en su punto de partida, al Sur de las islas de Santo Tomás, con una velocidad de 60 kilómetros, marcando sus aguas una temperatura de 23 grados centígrados.

Llegada á la altura del cabo de San Roque, se divide en dos brazos: uno se encamina al Sur y ensanchándose progresivamente, costea la América meridional hasta las islas Maluinas y el cabo de Hornos, suavizando la temperatura de estas regiones; el otro brazo, que forma la parte septentrional de la corriente, desvía su dirección hacia el Nordeste, siguiendo la costa Norte-oriental del continente americano y adquiriendo mayor elevación en su temperatura á los rayos del sol tropical. La velocidad con que sus aguas recorren de 110 á 160 kilómetros en veinticuatro horas hasta las bocas del Amazonas, es en un principio creciente, como lo atestiguan estas cifras, pero disminuye en seguida al penetrar en el mar de las Antillas. La corriente atraviesa este mar, y dando la vuelta alrededor de Cuba, pasa por el estrecho de Yucatán, para contornear el golfo de México hasta la Florida.

A partir de este punto, llena el canal de la Florida y el estrecho de Bahama y desemboca en pleno Atlántico septentrional con su nombre de Gulf-Stream. Este poderoso río marítimo tiene allí nada menos que 50 kilómetros y medio de anchura con una profundidad media de 370 metros; la velocidad de sus aguas llega á 6 kilómetros y medio por hora ó sea unos 160 kilómetros por día. Después se ensancha, á medida que disminuyen su rapidez y su profundidad. Enfrente de las Carolinas, á la altura del cabo Hatteras, su anchura llega ya á 74 kilómetros, no pasando su profundidad de 210 metros. La temperatura media de sus aguas es entonces de 30°. A esta parte de su curso es á la que principalmente se refieren estas palabras de Maury: "Un río en medio del Océano es un fenómeno maravilloso, siendo el volumen de sus aguas más considerable por sí solo que el de todos los ríos juntos. Su lecho y sus orillas son de agua fría; su color, azulado obscuro, por lo cual se nota perfectamente su separación de las aguas que tiene á uno y otro lado. A la altura de las Carolinas y en su orilla occidental, esta línea de separación es tan marcada que, cuando el mar está tranquilo, se ve cómo las proas de los buques cortan las aguas azules de la corriente, mientras que la popa está todavía en las aguas verdes que la contienen." Más allá, el Gulf-Stream se extiende por el Atlántico en forma de abanico y desparrama sus aguas por la superficie del mar, "como un manto de calor, sigue diciendo Maury, cubriendo una inmensa extensión y cobijando millones de seres que durante el invierno y hasta en nuestras costas europeas encuentran en él abundante alimento. Si se pudiera utilizar el calor transportado por tan prodigiosa corriente, bastaría para mantener en constante actividad un horno ciclópeo capaz de dar una corriente de hierro fundido de un volumen igual al del río más grande." Según los cálculos de Croll, el Gulf-Stream es equivalente á una corriente de agua de 80 kilómetros de ancho por 300 metros de profundidad animada de una velocidad media de 6'4 kilómetros por hora ó de 154 por día: representa un caudal diario de 3.700.000.000.000 metros cúbicos, ó 43.700.000 metros cúbicos por segundo. Dotada esta enorme masa líquida al salir del golfo de México de 18° de tempera-

tura, baja en su curso hacia el Norte á 4°5, de suerte que la pérdida de calor es de 13°5. Es, pues, fácil deducir de aquí la cantidad de calor llevada diariamente desde las regiones ecuatoriales á la zona de las altas latitudes. El número que de este cálculo resulta es de 50.000 billones de calorías: para el año entero, 18 trillones. Es una cantidad de calor casi igual á la que los rayos del Sol envían á las regiones árticas ó á los dos quintos del que recibe todo el espacio ocupado por el Atlántico septentrional.

Hasta aquí sólo hemos seguido la gran corriente cálida hasta la altura del banco de Terranova, á los 44° de latitud. A partir de este punto, sus aguas se difunden ramificándose en muchos brazos. Uno de éstos, el oriental, se desvía al Este en dirección de las Azores, y luego al Sur, bañando las costas de España y las de Africa, de las cuales se separa para confundirse con la corriente ecuatorial; el brazo central se dirige al Nordeste, llega á las costas de Francia, da la vuelta á las islas Británicas, pasa entre Islandia y las Feroe, y costea la Escandinavia, va á caldear las playas del Spitzberg y las occidentales de la Nueva Zembla; el brazo occidental, más angosto, se inclina ligeramente al Noroeste y pasa junto á las costas de Groenlandia por el estrecho de Davis, contribuyendo á hacerlo más accesible á la navegación que el paso comprendido entre Islandia, la Groenlandia oriental y el Spitzberg.

Para acabar de describir la circulación del Océano Atlántico, haremos mención de las corrientes inversas ó contracorrientes que llevan las aguas heladas del polo á las bajas latitudes en donde reemplazan á las del Gulf-Stream. Son corrientes de profundidad, cuya existencia han revelado claramente los sondeos termométricos. Una de ellas parte del extremo boreal de la América del Norte y baja por el estrecho de Davis hasta las costas del Labrador, corriendo lentamente entre esta costa y el Gulf-Stream, pero en dirección contraria á la de esta última corriente. En seguida pasa á lo largo del continente americano hasta la Florida, donde se divide dirigiéndose una parte al golfo de México por debajo del agua caliente del Gulf-Stream y contorneando la otra la isla de Cuba al Oeste. Es tan marcada la línea de contacto de la corriente fría con la caliente, que el teniente americano Bache la ha designado con el nombre de *murala fría*.

Otro brazo de las corrientes polares parte del Spitzberg, rodea la Islandia al Oeste, y costea la Groenlandia por una de sus ramificaciones, va á reunirse con la corriente del Labrador. Por último, otra corriente fría sigue las profundidades de la costa occidental escandinava, pasa entre Shetland y las Feroe, y se pierde al Norte de Escocia y en el mar del Norte. Una ramificación de esta corriente fría pasa también por el canal que separa las Feroe de la Islandia, por debajo de las aguas cálidas del Gulf-Stream.

A pesar de la inmensa anchura del Océano Pacífico, la circulación de sus aguas tiene gran analogía con la de las aguas del Atlántico. Una corriente inmensa, dirigida de Este á Oeste, parte de las costas Nord-occidentales del continente americano meridional para llegar al archipiélago de la Malasia después de un curso de 18.000 kilómetros. A la altura de la Australia la corriente ecuatorial del Pacífico se divide en muchos brazos que penetran entre las islas del Archipiélago; pero la corriente principal, remontando al Norte, sigue los contornos del continente asiático oriental, inclinándose progresivamente al Este, como las costas mismas. A la altura del Japón vuelve á cambiar la dirección que llega á ser enteramente oriental; el río marítimo de aguas cálidas toma entonces el nombre de *corriente de Tesán*, así llamada del nombre del sabio navegante que la reconoció y describió, ó también el de *Kuro-Sivo* ó *corriente negra*,

según la apelación japonesa, debiéndose esta segunda denominación al color azul oscuro de sus aguas. El Kuro-Sivo destaca uno de sus brazos hasta las islas Aleutianas; los habitantes de estas islas, privadas en su mayoría de vegetación, aprovechan para la construcción de sus chozas y canoas los maderos flotantes que la corriente acarrea en grandes cantidades á sus costas: son ramas ó troncos de árboles como el alcanforero, originarios de la China y del Japón. El otro brazo de la corriente se desprende hacia el paralelo 40 y corre en dirección Este hasta las playas occidentales de la América del Norte: allí se abre en forma de abanico y se divide enviando una de sus ramificaciones al Norte, mientras que otra meridional, costeano la California y México, va á confundirse con la corriente ecuatorial en su punto de partida.

En el Pacífico meridional existe una corriente cálida de superficie, casi simétrica de Kuro-Sivo, que después de un largo curso de Oeste á Este, destaca una ramificación que sube hacia el Ecuador paralelamente á las costas occidentales de la América del Sur, reuniéndose con la corriente ecuatorial, origen de esta doble circulación. En cuanto á las contracorrientes polares que compensan esta afluencia de aguas cálidas de la zona tropical á las regiones boreales, son: por una parte, la corriente que atraviesa el estrecho de Behring, sigue la dirección de las costas del Kamtschatka, penetra en el mar de Okhotsk, rodea las islas del Japón y continúa su curso á lo largo de las costas orientales de Asia hasta Cochinchina. En el Pacífico Sur hay dos corrientes frías: la primera, al Este de Nueva Zelanda; la segunda, mucho más larga, lleva el nombre de Humboldt, quien la descubrió. He aquí la descripción que hace de ella el sabio explorador: "Otra corriente, cuya baja temperatura he reconocido durante el otoño de 1802, reina en el mar del Sur é influye de una manera ostensible en el clima del litoral. Lleva las aguas frías de las altas latitudes australes á las costas de Chile, sigue adelante hasta las del Perú, dirigiéndose primeramente de Sur á Norte, y luego, á partir de la bahía de Arica, de Sudsudeste á Nornoroeste. La temperatura de esta corriente fría, entre los trópicos, no es más que de 15°,6 en ciertas estaciones del año, al paso que la de las aguas tranquilas inmediatas llega á 27°,5 y hasta á 28°,7. Por último, al Sur de Payta, hacia esa parte del litoral de la América meridional que forma saliente al Oeste, la corriente describe una curva como la costa misma, y se separa de ella yendo de Este á Oeste, de suerte que si se continúa gobernando al Norte, el navegante sale de la corriente y pasa de pronto del agua fría á la caliente.,,"

Para terminar esta descripción de las corrientes oceánicas generales, réstanos añadir una palabra acerca de la circulación de las aguas en el Océano Indico. Allí existe, bajo el Ecuador, lo propio que en los dos grandes espacios marítimos del Pacífico y del Atlántico, un movimiento dirigido de Este á Oeste, el cual, al llegar á cierta distancia de las costas orientales de Africa, se divide enviando una ramificación hasta la entrada del mar Rojo, y otras dos que rodean á Madagascar para reunirse formando una sola corriente que llega hasta el banco y cabo de las Agujas. Una de estas corrientes, sacando su nombre del banco que atraviesa, es la de Mozambique; su rapidez en el punto más angosto del canal es tan grande como la del Gulf-Stream, pues pasa de 6 kilómetros por hora. Debemos decir que las corrientes cálidas del Océano Indico no están aisladas de la circulación oceánica general, sino que comunican con las corrientes del Pacífico por las numerosas aberturas que hay entre las islas de la Sonda, de la Malasia y Australia; por otra parte, la corriente de Mozambique va á juntarse con la del Atlántico meridional. En cuanto á las corrientes frías que llenan el vacío causado por la afluencia de las aguas ecuatoriales hacia las altas latitudes, tienen su origen al Sur de

la Tasmania y de la Australia, desde donde suben en dirección Norte, penetrando probablemente sus aguas frías y densas en la capa más cálida y ligera de las corrientes de superficie.

Por último, deberemos hacer mención de las corrientes secundarias que surcan los contornos de los golfos ó penetran en los mares interiores; al tratar de la temperatura de las aguas del mar, hemos indicado ya las corrientes que, como las del estrecho de Gibraltar, hacen entrar en el Mediterráneo las aguas del Atlántico, y por un movimiento inverso, llevan al Océano las aguas del mar interior, á las que una abundante evaporación da un exceso de salsedumbre y de densidad. En el Báltico, en el mar Negro y en el mar Rojo se notan corrientes y contracorrientes parecidas.

IV

TEORÍA DE LAS CORRIENTES MARINAS. — EXPLICACIÓN Y CAUSAS
DE LA CIRCULACIÓN OCEÁNICA Y GENERAL

Acabamos de ver que la observación ha puesto fuera de duda la existencia de una circulación grande y general de las aguas oceánicas. Unas corrientes superficiales llevan primeramente las aguas cálidas de las regiones tropicales en dirección de Este á Oeste; en las cercanías de los continentes que les interceptan el camino, estas corrientes se dividen, remontando unas al Norte y bajando otras más al Sur; pero tanto aquéllas como éstas producen el mismo efecto y hacen afluir á los mares de las regiones templadas y polares las aguas tibias del Ecuador. Otras corrientes inversas compensan esta afluencia de masas líquidas de elevada temperatura, llevando de los polos al Ecuador cantidades equivalentes de agua á baja temperatura.

¿Cuál ó cuáles son las causas físicas de este movimiento constante, regular, de las aguas del mar? Al enumerar las distintas y múltiples causas de la ruptura de equilibrio de las moléculas acuosas en la cuenca de los mares, hemos aducido razones incontables de la agitación de estas masas líquidas, que no están un momento en reposo por efecto de su acción. Pero estas causas perturbadoras obran en sentidos opuestos; sería muy difícil de calcular su resultante en un punto cualquiera de la inmensa superficie de los mares ó de sus capas profundas, por cuanto varía de un momento á otro, de una región á otra, con la hora, el día, la estación y la latitud del lugar. ¿Cómo desentrañar pues el elemento preponderante de este problema tan complejo de hidrodinámica y deducir de él las leyes de circulación que la observación ha revelado con exactitud? No es extraño que los físicos y los meteorologistas no estén de acuerdo sobre este punto delicado de física del globo y que sea difícil conciliar las teorías propuestas para la explicación de las corrientes marinas. Concretémonos á resumirlas en sus caracteres esenciales.

Toda la dificultad consiste en dar cuenta del movimiento de las aguas ecuatoriales hacia las zonas polares, y aun simplemente de la existencia de la corriente ecuatorial en dirección Este Oeste. Los cambios de dirección pueden atribuirse á los obstáculos con que tropieza esta gran corriente general, en forma de bajos, ó de masas continentales ó insulares. Una vez conocida la causa de las corrientes cálidas hacia los polos, las contracorrientes frías y profundas serán su consecuencia forzosa.

Dos causas principales se aducen para explicar este primer movimiento. La una es el calor, ó mejor dicho, el exceso de calor que distingue las aguas de los mares tropi-