

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.

Los vientos que tienen por causa el enrarecimiento de la atmósfera en uno de sus puntos se llaman *vientos de aspiración* (1), y por lo tanto se admite necesariamente que se propagan poco á poco en dirección opuesta á aquella de que soplan; de suerte que un viento de Este, por ejemplo, que reina en la Europa central y que sopla hacia las costas del Atlántico, ha empezado por hacerse sentir al Oeste, verbigracia, en Francia, en Suiza, en Alemania y por último en Rusia. Esta opinión, que era ya la de Franklin, ha sido controvertida. Kaemtz se inclina más bien á creer que el viento empieza en un punto situado en medio de la región en donde reina, para dirigirse desde allí lo mismo hacia atrás que hacia adelante. En apoyo de su opinión aduce las brisas de tierra y de mar cuya causa es muy conocida y de las cuales hablaremos más adelante. Cita además



Fig. 180.—Formación de las corrientes aéreas por desigualdad de temperatura de las capas de aire

hechos contrarios á la opinión de Franklin, pero también los presenta favorables, como puede verse por el ejemplo siguiente: "Cierta día, á eso de las 7 de la tarde, se levantó en Filadelfia un fuerte viento Nordeste é impidió observar un eclipse de Luna. Este golpe de viento se sintió también en Boston, que está situado al Nordeste de Filadelfia, pero no empezó hasta las 11 de la noche. Otro furioso vendaval que asoló los Estados Unidos el 12 de junio de 1829, sopló primero en Albany y luego en Nueva York, ciudad situada al Sur de aquella." Véase ahora un ejemplo de propagación directa del viento: "El terrible huracán del Sudoeste, del 29 de noviembre de 1836, pasó por Londres á las 10 de la mañana, por el Haya á las 1 de la tarde, por Amsterdam á la 1 y media, por Emden á las 4, por Hamburgo á las 6, por Lubeck, Bleckede y Salzwedel á las 7, y finalmente, por Stettin á las 9 y media de la noche. Trasládese pues en la misma dirección que aquella en que soplaban, é invirtió 10 horas en recorrer el espacio que media entre Londres y Stettin, llevando por consiguiente una velocidad de 36 metros por segundo, ó de 129.600 por hora."

Hoy ya no parecerían contradictorias estas observaciones opuestas. La ley de propagación enunciada por Franklin es verdadera en cuanto se refiere á los vientos nacientes, á las corrientes de aspiración; pero deja de serlo si se aplica á corrientes de impulsión, á *vientos de insuflación* como se les ha llamado por oposición á los vientos de aspiración, ó cuando se trata de la propagación de las borrascas, ciclones, etc., fenó-

(1) "El 18 de noviembre de 1822 la corbeta la *Coquille* se vió sorprendida de pronto por un *pampero*, viento frecuente hacia la desembocadura del río de la Plata, por más que á la sazón se encontrase á más de 200 leguas al ENE. de ella. Lo que induce á considerar este viento que soplaban de tierra como un viento de aspiración ocasionado por un enrarecimiento de la atmósfera del mar, es que en el momento en que se le sintió, el barómetro bajó rápidamente. Una circunstancia notable fué que á pesar de la violencia, parecía haber sido en cierto modo local." (Nota del capitán Duperrey.)

menos complejos, grandes movimientos atmosféricos en que las masas de aire están animadas á la vez de un movimiento giratorio y de otro de traslación en la superficie del planeta. Más adelante volveremos á ocuparnos de este asunto.

Por ahora limitémonos á enumerar los elementos de las corrientes aéreas que la observación comprueba y mide, antes de describir en el artículo siguiente los aparatos que los meteorologistas emplean con este objeto especial. Dichos elementos son: la dirección, la velocidad y la intensidad ó presión del viento.

La *dirección* del viento se entiende con respecto á la del punto del horizonte de donde sopla, y se indica por la orientación de este punto referida á los cuatro puntos cardinales y á los puntos intermedios. Por lo común se hace uso de las treinta y dos designaciones siguientes, aplicadas á las divisiones del círculo del horizonte y cuyo conjunto forma la *rosa de los vientos*. Cada uno de los sectores de dicho círculo ha recibido el nombre de *rumbo*, y cuando el viento pasa de uno á otro, se dice que ha rolado ó saltado uno ó muchos rumbos (1):

NORTE	ESTE	SUR	OESTE
$n \frac{1}{4} ne$	$e \frac{1}{4} se$	$s \frac{1}{4} sw$	$w \frac{1}{4} nw$
NORNORDESTE	ESSUDESTE	SUDSUDOESTE	OESNOROESTE
$ne \frac{1}{4} n$	$se \frac{1}{4} e$	$sw \frac{1}{4} s$	$nw \frac{1}{4} w$
NORDESTE	SUDESTE	SUDOESTE	NOROESTE
$ne \frac{1}{4} e$	$se \frac{1}{4} s$	$sw \frac{1}{4} w$	$nw \frac{1}{4} n$
ESNORDESTE	SUDSUDESTE	OESSUDOESTE	NORNOROESTE
$e \frac{1}{4} ne$	$s \frac{1}{4} se$	$w \frac{1}{4} sw$	$n \frac{1}{4} nw$
ESTE	SUR	OESTE	NORTE

La *velocidad* del viento es el número de metros que las moléculas del aire recorren en un segundo (ó el número de kilómetros recorridos en una hora). La *intensidad* ó la *fuerza* del viento es la presión que ejerce en la unidad de superficie, que es el metro cuadrado; por lo general, se la expresa en kilogramos. En las observaciones corrientes, á falta de aparatos á propósito para medir la velocidad del viento y su fuerza, que á menudo se confunden indebidamente, se calcula directamente uno ú otro de estos elementos adoptando una escala convencional, cuyos grados corresponden á efectos conocidos del viento en tierra ó en mar. Los cuadros siguientes demuestran la concordancia entre los grados de la escala terrestre adoptada por los meteorologistas y los de la escala de Beaufort, más particularmente usada por los marinos.

(1) Antes se anotaba abreviadamente cada dirección con las letras iniciales N, E, S, O; pero en virtud de una decisión adoptada por el Comité internacional meteorológico de Viena se ha reemplazado la inicial O con la W para evitar la confusión procedente de la significación de la letra O, que en alemán, por ejemplo, es la inicial de la palabra *Ost* (Este). El uso de la inicial W impide toda equivocación.

Síguese marcando en grados la dirección del viento. En este caso se indica con una de las letras S ó N si sopla del hemisferio Sur ó del Norte, á continuación se pone el número de grados que su dirección forma con el meridiano, y por último la letra W ó la E según que el ángulo se cuenta al Oeste ó al Este. Este sistema de anotación es útil si se necesita medir la dirección con mayor precisión.

ESCALA TERRESTRE	EFFECTOS DEL VIENTO	ESCALA marina de Beaufort
0. Calma.	El humo sube verticalmente; las hojas de los árboles no se mueven.	0. Calma.
1. Débil.	Perceptible en las manos y en la cara; agita las hojas pequeñas.	1. Casi calma.
2. Moderado.	Hace ondear una bandera; agita las hojas y las ramitas de los árboles.	2. Brisa leve.
3. Bastante fuerte.	Agita las ramas gruesas de los árboles.	3. Brisa ligera.
4. Fuerte.	Agita las ramas más gruesas de los árboles y los troncos de escaso diámetro.	4. Brisa fresca.
5. Violento.	Sacude todos los árboles, rompe las ramas y los troncos de escaso diámetro.	5. Buena brisa.
6. Huracán.	Derriba las chimeneas, arranca los tejados de las casas y desarraiga los árboles.	6. Fresco.
		7. Frescachón.
		8. Pequeña racha.
		9. Racha.
		10. Duro racheado.
		11. Temporal.
		12. Huracán.

Las *Instrucciones* de la Oficina central meteorológica de Francia, de las cuales hemos sacado el cuadro anterior, agregan el de la velocidad ó fuerza del viento para cada uno de los siete grados de la escala terrestre ó de los trece correspondientes de la escala marina. He aquí estas cifras:

GRADOS DE LA ESCALA		VELOCIDAD		PRESIÓN DEL VIENTO en kilogramos por metro cuadrado
Terrestre	Marina	En metros por segundo	En kilómetros por hora	
0.	0.	de 0 ^m á 0 ^m ,5	de 0 ^{km} á 1 ^{km} ,8	de 0 ^{kg} á 0 ^{kg} ,1
1.	1. 2.	" 0 ^m ,5 " 5 ^m ,0	" 1 ^{km} ,8 " 18 ^{km}	" 0 ^{kg} ,1 " 3 ^{kg}
2.	3. 4.	" 5 ^m " 10 ^m	" 18 ^{km} " 36 ^{km}	" 3 ^{kg} " 12 ^{kg}
3.	5. 6.	" 10 ^m " 15 ^m	" 36 ^{km} " 54 ^{km}	" 12 ^{kg} " 27 ^{kg}
4.	7. 8.	" 15 ^m " 20 ^m	" 54 ^{km} " 72 ^{km}	" 27 ^{kg} " 48 ^{kg}
5.	9. 10.	" 20 ^m " 30 ^m	" 72 ^{km} " 108 ^{km}	" 48 ^{kg} " 108 ^{kg}
6.	11. 12.	más de 30 ^m	más de 108	más de 108

Dadas estas definiciones, veamos ahora cómo se miden los diferentes elementos del viento.

II

VELETAS, ANEMOSCOPIOS Y ANEMÓMETROS

Desde tiempo inmemorial se hace uso, para observar la dirección del viento, de veletas, fijas en los tejados de las casas ó de cualesquiera edificios, ó en la punta de un poste ó montantes plantados con este exclusivo objeto. En el mar, las grímpolas de los mástiles y el humo de las chimeneas de los buques no indican la verdadera dirección del viento sino cuando el barco navega á barlovento; en el caso contrario, marcan la dirección de la componente de las velocidades del viento y del buque. Los viajeros que no tienen veletas á su disposición pueden sustituirlas atando una cinta á la punta de un palo; cuando el viento es flojo, basta volver la cara á todos los puntos del horizonte

para conocer el sitio de donde sopla; mojándose un dedo y levantándolo, el frío que produce la evaporación es más vivo por el lado del viento; de este modo se puede conocer aproximadamente su dirección.

Las veletas comunes, por lo general mal construídas y peor equilibradas, tienen además otro inconveniente que hace su uso muy difícil en meteorología; estando situadas en la parte exterior y superior de los edificios, es algo penosa su observación continua, y al observador le cuesta algún trabajo discernir el rumbo del viento con exactitud. Si su elevación es insuficiente, la corriente que las hace girar tiene muchas veces una dirección que no es la del viento reinante, de lo cual es fácil cerciorarse examinando muchas veletas cercanas, pues rarísima vez concuerdan sus indicaciones.

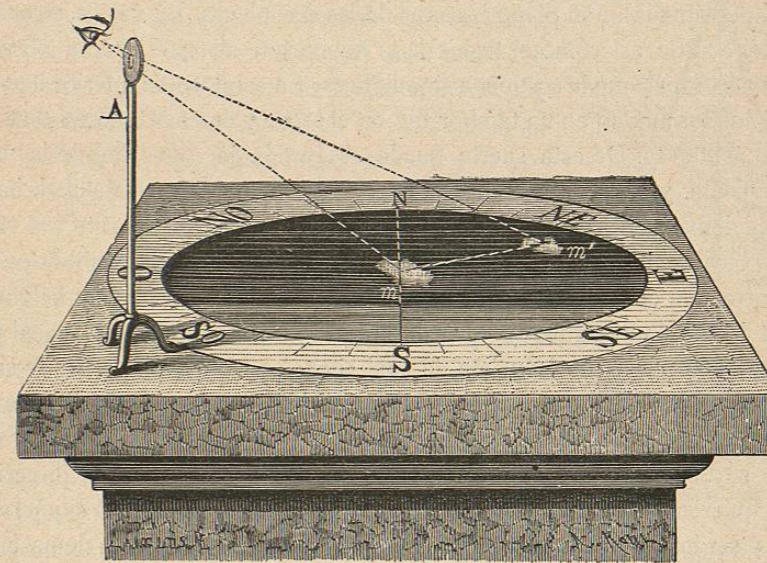


Fig. 181.—Espejo de los vientos superiores

Antes de describir el modo de instalación más racional, conviene decir que las corrientes aéreas no siempre tienen la misma dirección á diferentes alturas. A veces se nota que las nubes marchan en una dirección y las veletas en otra; por consiguiente, el meteorologista tendrá que hacer dos observaciones simultáneas: la dirección del viento á suficiente altura sobre el suelo, y la de la dirección seguida por las nubes, y aun por varias capas de nubes superpuestas. Para la primera, se valdrá de los anemoscopios que vamos á describir; para la segunda, que no siempre es fácil, del *espejo de nubes*. He aquí cómo describen las *Instrucciones meteorológicas* este último aparato: "Es un disco de cristal negro, colocado horizontalmente, y en cuya circunferencia están grabados los cuatro puntos cardinales y sus direcciones intermedias, N., NNE., NE., ENE., etc. En un sitio cualquiera de este disco se puede poner una varilla metálica vertical, provista de un pie y terminada en agujero á manera de ojete. Para averiguar la dirección del movimiento de una nube se pone esta varilla de metal en un sitio tal que el ojo, al mirar por el ojete, vea la imagen de la nube por reflexión en el cristal negro reproduciéndose en el centro del disco: después, sin mover el ojete, se mira por cuál división del círculo sale del espejo la imagen de la nube: la dirección opuesta será aquella por la cual ha entrado. Se puede prescindir de buscar la dirección opuesta y anotar simplemente aquella por la que desaparece la nube, si se ha tenido