

hacia el observador, suponiéndose además que éste permanezca en el mismo sitio. Si es un buque en marcha, la baja puede ser más rápida ó más lenta, según que el barco se acerque al encuentro del meteoro ó que se aleje de él. Para un vapor de gran velocidad que marche sobre el huracán y en sentido contrario al de su movimiento de traslación, la sucesión de los movimientos del barómetro se efectuará en un tiempo tres veces menor; los primeros síntomas precursores se percibirán á lo sumo 24 horas antes, en concepto de M. Bridet, que según acabamos de decir, ha hecho un estudio preferente de los ciclones del Océano Indico austral; un buque que se encuentre en la trayectoria del huracán debe considerarse á 24 horas de distancia del centro si la baja barométrica es de $0^{\text{mm}},3$ por hora; á 18 horas de distancia si llega á $0^{\text{mm}},6$; á 12, si á 1 milímetro; á 9, si á $1^{\text{mm}},5$; á 6, si á 2, y á 3 si la baja es de 3 milímetros. En la

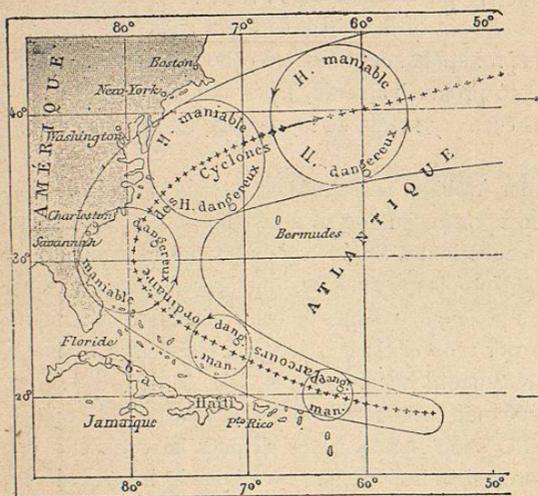


Fig. 211.—Trayectoria de un ciclón en el hemisferio boreal

proximidad del centro puede llegar á 4 y 5 milímetros y aun pasar de ellos. La intensidad y la dirección del viento están en relación con las variaciones de presión. Cuanto más cerca del centro del ciclón, más crece la fuerza del viento, siguiendo la misma progresión que la del aumento del gradiente barométrico; por tanto, las partes interiores del torbellino son aquellas en que el huracán se desencadena con mayor impetuosidad; sin embargo, este aumento tiene un límite interior, pues cada ciclón presenta la particularidad de tener un espacio central en el que reina la calma, en el que súbitamente queda anulada la velocidad del viento. En este punto, caracterizado por el *mínimum* de presión barométrica, es donde se observa con frecuencia una especie de desgarro de las nubes, un claro por el cual se ve el azul del cielo, el sol y las estrellas, y que los marinos llaman *el ojo de la tempestad*. En cuanto á su dirección, ya hemos dicho que varía alrededor del centro, coincidiendo casi con la dirección de las isobaras, y por consiguiente es casi perpendicular á la dirección de los gradientes. Marcando con flechas la dirección en que sopla el viento alrededor del centro de un ciclón, á diferentes distancias de este centro, se reconoce que las masas de aire que arrastra se mueven, ora circularmente, como lo cree la mayor parte de los meteorólogos y de los marinos que las han observado, ora describiendo trayectorias espirales que convergen hacia el centro, conforme otros sostienen, en particular Mohn y Meldrum. Para conocer cuál es la dirección del viento con relación al centro del huracán, se puede formular la regla siguiente conocida con el nombre de *ley de Buys-Ballot*, del nombre del sabio meteorólogo que la enunció, y la cual es tan aplicable á los centros de depresión ordinarios como á los ciclones:

Cuando se vuelve la espalda al viento en el hemisferio boreal de la Tierra, se tiene la dirección del centro extendiendo algo adelante el brazo izquierdo; en el hemisferio austral se deberá extender el brazo derecho, también algo adelante.

IV

MOVIMIENTOS DE TRASLACIÓN Y DE ROTACIÓN DE LOS CICLONES

Vese pues que el movimiento giratorio de los ciclones es de opuesto sentido en uno ú otro hemisferio, sucediendo lo propio con su movimiento de traslación ó dirección de sus trayectorias.

Las ciclones tienen por lo general origen entre el Ecuador y los trópicos, un poco al Norte y al Sur de la región de las calmas, y á una latitud sensiblemente igual á la declinación del Sol. Una vez formado, el meteoro se aleja del Ecuador avanzando hacia el Oeste, en seguida su trayectoria forma una curva hacia el Norte en el hemisferio

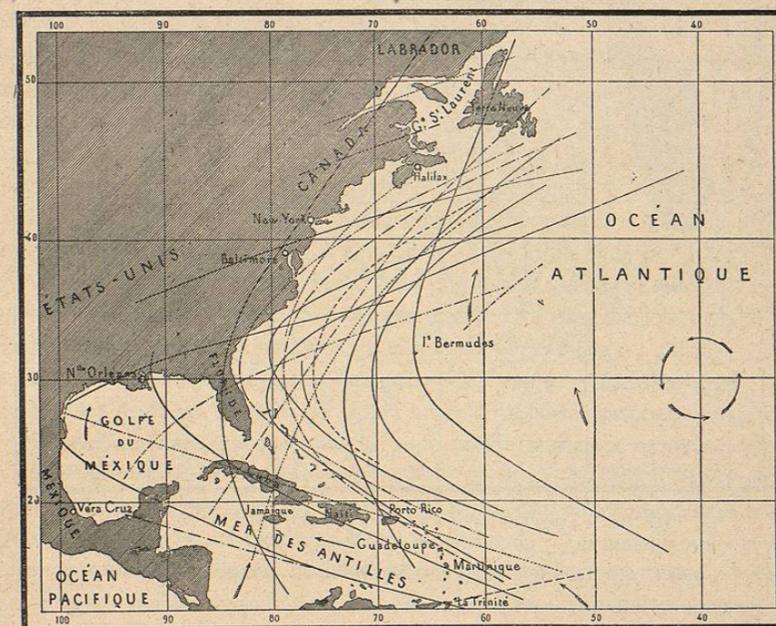


Fig. 212.—Trayectorias de los ciclones en el Océano Atlántico Norte y en el mar de las Antillas

boreal y hacia el Sur en el austral. Llegado al límite polar de los alisios, el torbellino sigue entonces un arco tangente al meridiano, y luego tuerce al Este alejándose cada vez más del Ecuador, hasta perderse en las altas latitudes. Su trayectoria total tiene la forma aproximada de una parábola cuyo vértice coincidiere con el límite superior de los alisios en cada hemisferio (hacia los 30° en el boreal y hacia los 26° ó 28° en el austral). Así, pues, la dirección del primer brazo de su curso es, bien del Sudeste al Noroeste, ó bien del Nordeste al Sudoeste, entre los trópicos; la dirección del segundo brazo es del Sudoeste al Nordeste ó bien al contrario.

Aquí tratamos de los movimientos de traslación de los ciclones de ambos hemisferios. Para darse cuenta de las diferencias que existen entre este caso medio é ideal y la marcha de los huracanes, realmente observados, representamos en las figuras 212 y 213 las trayectorias efectivas de los huracanes más célebres del Atlántico boreal y del

Océano Indico austral. Las formas parabólicas de estas curvas y su situación concuerdan con la ley general que acabamos de enunciar. En cambio, el movimiento de traslación de los tifones de los mares del extremo Oriente discrepa de dicha ley; al menos algunos de ellos se acercan al Ecuador en vez de alejarse, ó la curvatura de sus trayectorias tiene una dirección opuesta á la de los ciclones ordinarios. Eliseo Reclus cita el ejemplo del tifón que los naturalistas de la fragata austriaca *Novara* observaron los días 18 y 19 de agosto de 1858, y cuya trayectoria, después de haberse inclinado al Norte de Formosa acercándose al Ecuador, torció en seguida al Noroeste, es decir, en dirección opuesta al movimiento de traslación ordinaria de los ciclones del hemisferio austral. Las anomalías que hemos observado al ocuparnos del régimen de los vientos

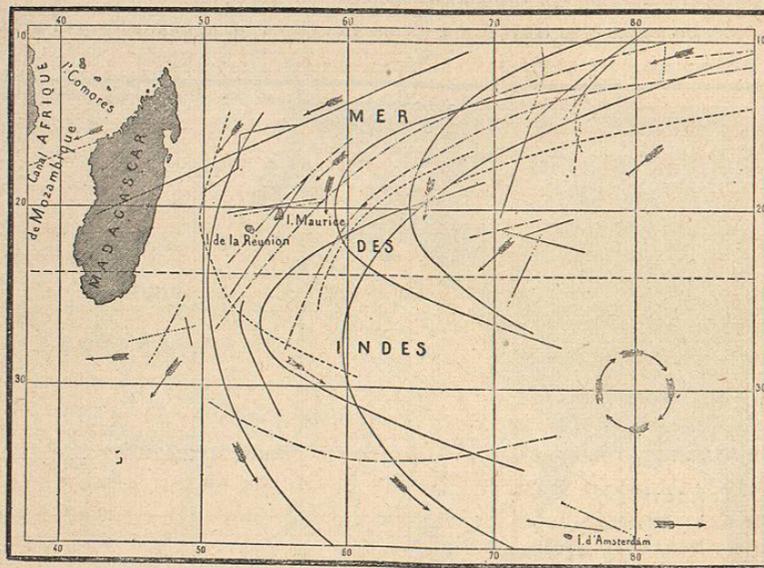


Fig. 213.—Trayectorias de los ciclones en el Océano Indico austral

regulares de estas regiones, se observan también en las perturbaciones atmosféricas que en ellas sobrevienen.

No todos los ciclones recorren grandes espacios, pues los hay que se quedan casi estacionados. "Y no son por cierto los menos violentos, dice M. Roux. Se disipan, por decirlo así, cerca del punto en que han tenido origen, pero después de haber llevado á cabo su tarea destructora. El que arrasó la isla de Santo Tomás en 1867 es un terrible ejemplo de ello."

Cítanse casos en que se han formado ciclones simultáneamente á mayores ó menores distancias; ora después de cierto curso se han reunido para recorrer ambos una sola trayectoria; ora, en fin, los dos meteoros se han encontrado formando un ángulo bastante agudo y confundiendo con un ruido semejante al trueno. "En octubre de 1840, dice M. Roux, se observó en los mares de la China un caso análogo; el ángulo de incidencia de las trayectorias de los dos tifones era de unos 47°. Supónese que un buque de Madrás que llevaba á bordo 300 cipayos y que desapareció hacia aquella fecha, debió hallarse en el punto de encuentro de ambos tifones." Piddington cita el caso de un ciclón muy violento que se dividió en otros muchos más pequeños. El mismo físico hace mención de dos ciclones observados un día casi en el mismo meridiano, el

uno en la parte Norte del Océano Indico y el otro en la parte austral. Sus trayectorias, inclinadas á derecha é izquierda hacia la parte del Oeste, los alejaban simultáneamente del Ecuador.

La velocidad de traslación de los ciclones es muy variable, y generalmente está en razón de la intensidad del temporal. Débil al principio, va creciendo á medida que el huracán avanza. La velocidad minimum de los huracanes menos fuertes parece ser de 9 kilómetros por hora, pudiendo llegar á 54 y aun pasar de ellos. Según las observaciones de M. Bridet, la velocidad de traslación de los ciclones del Océano Indico varía de 1 á 5 millas (1,8 á 9 kilómetros) entre los 5° y los 10° de latitud S.; es de 5 á 10 millas (9 á 18 kilómetros) entre 15° y 20°, para ascender á 12 y 18 millas (22 á 34 kilómetros) cuando el huracán llega á las latitudes más elevadas.

Los números que acabamos de estampar se refieren al movimiento de los ciclones que atraviesan los océanos. M. Loomis ha estudiado las trayectorias de las tempestades que ocurren en la superficie del continente de la América del Norte, y de 485 casos observados en el transcurso de los años 1872, 1873 y 1874 deduce como velocidad media de traslación la cifra de 26 millas inglesas, ó sea 42 kilómetros por hora. La orientación media de las trayectorias de las tempestades ha sido N. 81° E., es decir, la de una línea trazada de Oeste á Este, con una inclinación de 9° al Norte. La velocidad mayor fué la de una tempestad que sobrevino el 15 de mayo de 1873, velocidad que llegó á 57,5 millas ó sea 93 kilómetros por hora; la menor fué la de la tempestad del 21 de agosto de 1874, que sólo llegó á 9,5 millas ó 15,3 kilómetros por hora. Un corto número de ellos pareció casi estacionado todo un día. La velocidad media de traslación de las tempestades parece variar con las estaciones. Las observaciones de M. Loomis demuestran que es mayor en invierno, en el mes de febrero (de 32 millas ó 55 kilómetros), y menor en verano, en el mes de agosto (18,4 millas ó 29 kilómetros). La comparación de las primeras de estas cifras con las relativas á los ciclones desencadenados en el mar tiende además á probar que la velocidad de traslación es menor en la superficie de los océanos que en la de las tierras. Este resultado está confirmado por las observaciones de las tempestades del Océano Atlántico, que dan como velocidad media de traslación 19,6 millas, al paso que Mohn ha deducido 27,6 millas por hora respecto de la velocidad de las tempestades en el continente europeo.

En la figura 211 se ve que el círculo que representa la extensión de un ciclón en su origen es de menor diámetro que los demás á que llega durante su curso. Y en efecto, las dimensiones del meteoro parecen ir aumentando al mismo tiempo que su velocidad y á medida que se aleja del Ecuador. Mientras el diámetro inicial varía entre 100 y 200 kilómetros, en la extremidad del segundo brazo de la parábola llega de 500 á 1.000, habiendo huracanes de intensidad excepcional en los que llega á 2.800 kilómetros, abarcando así en la esfera de su acción destructora cerca de 700 grados cuadrados de la superficie terrestre.

Volvamos al movimiento de rotación del torbellino, á la velocidad y á la fuerza del viento á diferentes distancias del centro. Hemos visto que ésta va creciendo desde el límite exterior hasta la calma central. En este último punto, ó un poco antes de llegar á él, la violencia del huracán está en su maximum; el viento puede tener allí una velocidad de 230 á 280 kilómetros por hora ó sea de 65 á 75 metros por segundo. "Si se supone un ciclón de 300 millas de diámetro en marcha, dice M. Roux, todo punto alcanzado por él en primer lugar, y que se encuentre situado en la línea de traslación del centro, sentirá al principio tan sólo débiles brisas que no tardarán en refrescar.

A 150 millas del centro soplará gran brisa, y las ráfagas parecerán pesadas á intervalos; es casi el golpe de viento. A 100 millas la fuerza del viento obligará al capitán de un barco á tomar rizos. De 50 á 80 millas el huracán soplará con toda su furia, y en tal momento un buque debe navegar á palo seco. Por último, en la calma central que ocupa un radio de 5 á 20 millas, la calma es tan completa, que se la puede comparar á la muerte después de horribles convulsiones.,,

Cuando se considera el sentido del movimiento de rotación en los ciclones, se ve que en el hemisferio boreal es contrario al de las agujas de un reloj, esto es, se efectúa de derecha á izquierda; en el hemisferio austral su sentido es opuesto, de izquierda á derecha, ó como el de las agujas de un reloj (1). De aquí se deduce fácilmente una regla para conocer en qué rumbo sopla el viento alrededor del centro del torbellino. Partiendo del punto más oriental de una de las circunferencias concéntricas y siguiendo el movimiento de rotación, es decir, yendo al Oeste por el Norte y volviendo al Este por el Sur, se encuentran los vientos de los diferentes rumbos por el orden siguiente: Sur, Sudeste, Este, Nordeste, Norte; luego Noroeste, Oeste, Sudoeste y Sur. Para un ciclón austral, y partiendo siempre de la misma hipótesis, la sucesión de los vientos sería al contrario: Norte, Nordeste, Este, Sudeste y Sur, y luego Sudoeste, Oeste, Noroeste y Norte.

Los marinos tienen más interés en considerar el ciclón como si estuviese dividido en dos mitades, no ya, según acabamos de hacerlo, con relación á la dirección de los meridianos y de los círculos de latitud, sino con relación á la trayectoria del centro. Efectivamente, en este caso la velocidad de rotación y la de traslación se combinan en la mitad interior, es decir, en la situada hacia la parte de la concavidad de la curva, de modo que se agregan una á otra; la resultante propende á acercar las moléculas de aire arrebatadas á la línea recorrida por el centro, y esto es lo que se llama *semicírculo peligroso* del ciclón. Por el contrario, en la otra mitad, la velocidad de rotación y la de traslación se destruyen en parte y la resultante propende á despedir las masas de aire y los objetos que éstas encuentran fuera de la línea recorrida por el ciclón, ó sea fuera del movimiento atorbellino: tal es el *semicírculo manejable* (2).

(1) Comparando estos movimientos de rotación con el de nuestro globo, pudiera decirse que el de los ciclones del hemisferio Norte es *directo*, y el de los del hemisferio Sur *inverso*. Lo contrario sucedería respecto de los movimientos de traslación.

(2) De las leyes del doble movimiento de los ciclones se han deducido reglas precisas para la maniobra que debe ejecutar un barco que encuentra un ciclón ó que se ve envuelto en él. He aquí un resumen de las reglas indicadas por dos personas competentes, los señores Zurcher y Margollé, tenientes de navío de la armada francesa:

«Estas reglas, dicen, dependen de la posición que ocupe el buque en el campo del temporal.

«Si, por ejemplo, navega por el hemisferio Norte, y la observación de los vientos le ha demostrado que se encuentra en el semicírculo peligroso, deberá orientarse de modo que reciba el viento por la derecha ó por estribor. Las ventajas de esta maniobra consisten en presentar constantemente la proa á las olas, y al mismo tiempo que la corriente se lleve el barco fuera de la tempestad. Si, por el contrario, se recibiese el viento por la izquierda, el derrotero haría entrar al barco en el torbellino, y siguiendo las variaciones del viento, se recibirían las olas por la popa, circunstancia que expone á sufrir grandes averías.

«En el semicírculo manejable es preciso huir viento en popa, mientras se pueda sostener esta marcha. Si hay que navegar de través, conviene presentar siempre la izquierda (babor) al viento, para tomar el mar por delante; mas tan luego como disminuya la violencia de las olas, habrá que efectuar una maniobra que aleje al buque del centro, hacia el cual lo arrastra la corriente mientras recibe el viento por babor.

«Las reglas dadas con respecto al hemisferio Norte se observarán á la inversa en el hemisferio Sur. Hay una maniobra contra la cual conviene estar muy apercibido: la que consistiría en navegar siempre viento en

Es posible conocer la diferencia que caracteriza las dos mitades del ciclón, tomando el promedio de las velocidades de traslación, promedio que se puede calcular en 40 kilómetros por hora, y añadiéndolo á la velocidad media de rotación, ó sea 130 kilómetros. El cálculo dará 170 kilómetros por hora ó 47 metros por segundo para la velocidad total de un punto tomado en medio del radio del semicírculo peligroso. Sacando por el contrario la diferencia de los dos mismos números, se tendrá 90 kilómetros, ó 25 metros por segundo, para la de un punto tomado en medio del radio del semicírculo manejable, cifra que no llega á la mitad.

Por lo general, la velocidad de rotación va disminuyendo á medida que el torbellino

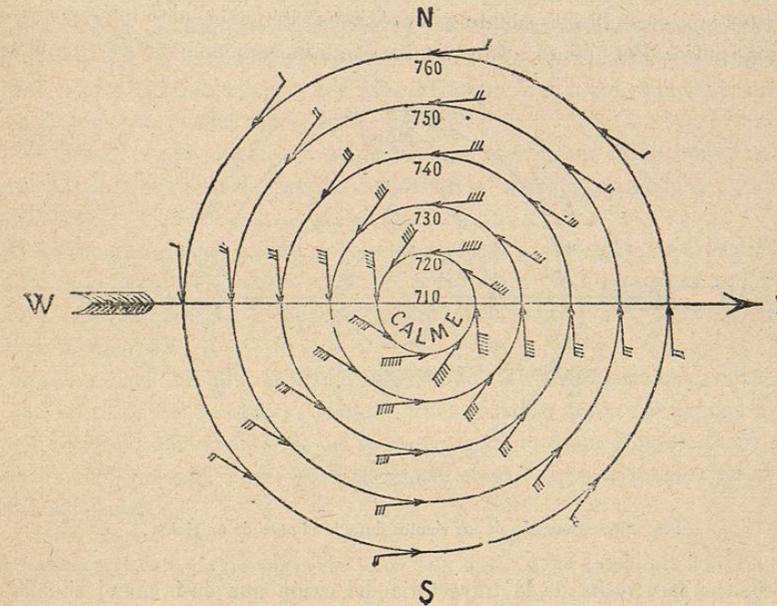


Fig. 214.—Dirección e intensidad de los vientos en el interior de un ciclón

se aleja del Ecuador, sucediendo lo contrario con el movimiento de traslación, más lento entre los trópicos que en las latitudes de la zona templada. Pero como el movimiento giratorio es con mucho el más violento, compréndese que los ciclones de las Antillas ó del Océano Indico sean tan terriblemente destructores, al paso que los temporales de nuestros climas rara vez son peligrosos, á pesar, ó mejor dicho, á causa de la rapidez con que van de un punto á otro.

Si el movimiento de rotación fuese perfectamente circular, la dirección del viento en cada punto del interior de un ciclón sería perpendicular á la del centro. Entonces debería representarse este movimiento con flechas tangentes á los círculos concéntricos que figurarían las isobaras. En realidad, estas flechas cortan los círculos ciclónicos for-

popa y circular así muchas veces por el interior del torbellino avanzando con él y sin conseguir desprenderse de sus embates. Esto fué lo que le sucedió al bergantín inglés *Charles Edillo* cerca de la isla Mauricio. El radio del círculo que describió era de unas 40 millas, y de este modo recorrió un camino de 1.300 millas que el verdadero derrotero no pasaba de 300. (*Trombas y ciclones.*)

Estas reglas suponen que el movimiento giratorio de los ciclones es circular; pero si fuese en espiral, como MM. Mohn y Meldrum suponen, habría que modificarlas.