

„Los tornados llegan casi siempre en el seno de una atmósfera cálida y bochornosa, yendo seguidos de un descenso de temperatura inmediato. Cuando van acompañados de chubascos, éstos caen lo mismo antes que después de su paso. Los observados son 101 antes, 76 después y 4 durante el paso.

„Estos meteoros se presentan generalmente cuando el tiempo está borrascoso. A veces (70 casos) se observan en ellos indicios de electricidad propia, formación de bolas de fuego, y una especie de incandescencia en la punta. Otras veces (49 casos) no manifiestan vestigio alguno de electricidad.

Los tornados no tan sólo son de dimensiones mucho menores que los ciclones, sino que la extensión de su curso es también muy limitada y su duración bastante menor. Por término medio duran tres cuartos de hora y su trayecto sólo llega á unos cincuenta kilómetros, lo cual es muy natural, si es cierto que casi siempre acompañan á los verdaderos ciclones, de los cuales no son más que manifestaciones accidentales y parciales. Naciendo estos movimientos giratorios secundarios en el seno de los más grandes que engendran las depresiones barométricas, se suceden en el transcurso de un mismo ciclón, y he aquí por qué en la estadística de Finley se los ve agrupados en número de 6 el 20 de marzo de 1875 en las dos Carolinas, de 13 el 30 de mayo de 1879 en Kansas y en Missouri, y de 17 en 18 de abril de 1880. La dirección general de 372 tornados de los observados era del Sudoeste ó del Sudsudoeste (326 contra 46 del Oes-noroeste). De este hecho se deduce que dichos meteoros nacen en el semicírculo peligroso del ciclón, un poco adelante, puesto que, según hemos visto, las trayectorias de los ciclones que atraviesan los Estados Unidos, del Pacífico al Atlántico, están dirigidas al Este, con una leve inclinación al Norte.

Los tornados del Senegal, á juzgar por la descripción que de ellos ha hecho el doctor Borius, son temporales que estallan casi siempre después de los días de calor sofocante, cuando la brisa del Sudoeste que reinaba durante el invierno ha sido reemplazada por vientos flojos del Norte al Nordeste. Por el horizonte meridional aparece un negro nubarrón que á las tres ó cuatro horas sube y crece en forma de semicírculo, el cual se acerca poco á poco al cenit y pasa adelante. „En cierto momento, que por lo común es el en que el borde anterior del tornado llega al cenit, con frecuencia antes, y á veces cuando los dos tercios del cielo están cubiertos, se desencadena en la superficie del suelo un viento de extraordinaria impetuosidad en dirección del Sudeste. Entonces la masa meteórica, vista por debajo y de cerca, no tiene forma definida, y las nubes, que parecen moverse desordenadamente, invaden muy en breve la parte del cielo que quedaba despejada. Como el meteoro prosigue su marcha hacia el Norte, es fácil comprobar que la dirección del viento sólo tiene por causa un movimiento propio del meteoro sobre sí mismo, combinado con su movimiento de progresión.

„Durante el cuarto de hora que á lo sumo dura esta borrasca, rara vez acompañada de relámpagos y truenos, el viento salta del Sudeste al Sudoeste pasando por el Norte; por consiguiente ha habido rotación, como para los ciclones del hemisferio boreal, en un sentido opuesto al movimiento de las agujas de un reloj. Por lo común, empieza á caer un copioso aguacero hacia el fin del tornado, cuando el viento ha pasado al Sudoeste; pero también sucede que el meteoro desaparece sin lluvia, á lo cual se da el nombre de *tornado seco*. En todos los casos, el paso de un tornado va seguido de un regular descenso de temperatura. El doctor Borius calcula en 15 leguas por hora la velocidad media del movimiento de progresión.

Si los tornados son, como las anteriores descripciones lo demuestran, torbellinos su-

jetos á las mismas leyes que los grandes ciclones por lo que respecta á su movimiento de rotación, no puede asegurarse lo mismo respecto de los pamperos de la América del Sur y á las turbonadas arqueadas del Océano Indico: Reid los considera como simples rachas de viento y de lluvia de dirección rectilínea.

En el segundo tomo de esta obra hemos descrito los principales fenómenos eléctricos de las tempestades. En nuestros climas templados ocurren más especialmente en la estación calurosa estas crisis de la atmósfera, que no dejan de ser beneficiosas á pesar de los estragos que causan; sin embargo, no faltan tormentas eléctricas durante la estación fría, sobreviniendo de vez en cuando alguna en el rigor del invierno. Entre los trópicos, y sobre todo en la zona de las calmas, en la región comprendida entre los alisios del Nordeste y los del Sudeste, son tan frecuentes que pasan muy pocos días sin que se oigan resonar los estampidos del trueno. En cambio las tormentas son raras en las regiones polares; en Islandia las de invierno (1) son más frecuentes que las de verano.

Hemos visto que los tornados de los Estados Unidos están en dependencia casi constante de los grandes movimientos giratorios que atraviesan de Oeste á Este el continente de la América del Norte, confirmándose así, en esta región del globo, una ley importante demostrada diez y seis años atrás por el sabio meteorologista Marié-Davy. Según esta ley, la mayoría de las tempestades que sobrevienen en la parte occidental del continente europeo, coinciden con el paso de los temporales giratorios, formándose en el borde meridional ó peligroso de éstos. „Las tempestades, dice, no son fenómenos localizados, como se había creído hasta entonces, sino que se extienden siempre por una parte considerable de Francia, y á veces la atraviesan en toda su extensión, siguiendo una línea más ó menos ancha, pero cuya longitud excede de doscientas ó trescientas leguas. Para formarse, necesitan cierta preparación de la atmósfera, lo cual permite prever su llegada. Acompañan constantemente á los movimientos giratorios del aire; mas para suscitar la tempestad, éstos movimientos necesitan estar tanto más vigorosamente caracterizados cuanto más elevada es la temperatura y más cargado de vapores está el aire.

„A cada temporal corresponde ordinariamente una serie de manifestaciones tempestuosas que, como el meteoro principal, siguen ciertas rutas determinadas y constantes, pero cuya dirección está sujeta á la influencia de los relieves del suelo. Si éste presenta grandes puntos salientes, el camino seguido por las tormentas se divide ó se desvía; pero apenas sufre alteración si las ondulaciones del suelo son poco marcadas. Este último caso se presenta especialmente en Francia, en las cuencas poco accidentadas del Loira, del Sena ó del Soma; pero no sucede así en los Pirineos, en la cordillera central ó en el valle del Ródano, en los confines del Jura y de los Alpes.

He aquí, según Marié-Davy, las condiciones propicias para la formación y la propagación de las tormentas en el continente europeo:

„En épocas normales, la atmósfera de Europa no está abundantemente provista de electricidad y de vapor de agua, y los movimientos del aire en sentido vertical no son bastante activos para que se formen las tormentas por sí mismas como en las zonas

(1) Según Mohn, „por regla general, las tormentas de invierno son más temibles que las de verano, porque las nubes están mucho más bajas en la estación fría que en la calurosa. En las tempestades de invierno caen rayos con frecuencia en las costas occidentales de Noruega, reduciendo á cenizas muchos edificios é iglesias. Como en aquellas costas las tormentas de invierno suelen ir acompañadas de fuertes temporales del Sudoeste, del Oeste y del Noroeste, es por lo mismo mucho más de temer el peligro de los incendios.

ecuatoriales; pero si llega á sobrevenir un movimiento giratorio, el aire de las altas regiones baja hacia la tierra por el eje del remolino, llevando consigo la baja temperatura de que resultan las nubes, las cuales recogen la electricidad que dicho aire contiene. De este modo se encuentran reunidos los elementos de la tormenta en tanto mayor grado cuanto más activo es el descenso del aire de las regiones superiores, ó cuanto más rápidamente ha hecho la estación de verano que baje la temperatura con la altura, por ser las capas inferiores las que más pronta y fuertemente se calientan. Por consiguiente, en verano hay que desconfiar de una baja del barómetro, tanto más cuanto más reducido sea el espacio á que esté circunscrita. Esta baja es indicio de un movimiento giratorio demasiado leve quizás para llegar hasta el suelo, pero bastante para engendrar tormentas. Estas no se distribuyen con uniformidad en todo el contorno del disco rotatorio, sino que aparecen especialmente en los puntos más húmedos ó más cálidos, es decir, en la región situada á sotavento del mar. En los movimientos giratorios que llegan á las costas occidentales de Francia, aparecerán en la porción del disco rotatorio que mira al Sudeste, en donde los vientos soplan entre el Sudsudeste y el Oesudoeste. En los movimientos que pasen algo más arriba, como en Inglaterra, se presentarán en la porción del disco que mira al Sur, allí donde los vientos soplan entre Sudoeste y Noroeste. A medida que el movimiento penetra en el interior de Europa alejándose del mar, el aire se desprende progresivamente de su vapor y de su electricidad, y las tormentas son menos numerosas, especialmente en invierno durante cuya estación las circunstancias son menos favorables para que ocurran. Cuando el movimiento se acerca al Mediterráneo, encuentra en el aire húmedo y caliente que cubre este mar nuevos elementos para la formación de las tormentas, y entonces el número de éstas aumenta considerablemente.

El estudio de las tempestades, ciclones, borrascas y tormentas es en rigor el de los movimientos de presión mínima en la superficie de los continentes ó de los mares; la distribución de las isobaras en un momento dado permite reconocer al primer golpe de vista las zonas en que existen estas bajas presiones, cada una de las cuales es el centro de los fenómenos descritos en los artículos anteriores, como rotación de los vientos, baja progresiva y luego alza del barómetro, descenso repentino de la temperatura, precipitación, etc. Observando en el mapa los cambios que sobrevienen de un día á otro en el sistema de las capas de presión, se ve avanzar la tempestad con el sistema de isobaras concéntricas que envuelven el punto en que el barómetro está más bajo; pero al alejarse del centro, se pasa gradualmente á regiones cada vez más elevadas, y las más de las veces se reconoce que, en direcciones variables y á distancias más ó menos grandes de este centro, existe uno, dos ó más sistemas opuestos al primero, por cuanto se extienden sobre regiones en donde la presión barométrica es más alta, y por lo común están caracterizados por vientos flojos y bajas temperaturas. El estudio de estas zonas de alta presión está aún poco adelantado, mas promete ser provechoso á juzgar por las investigaciones que acerca de este asunto ha hecho Loomis por lo que respecta á la América del Sur. Este meteorologista ha averiguado que en la mayoría de los casos las zonas de alta presión acompañan á las zonas de baja presión que atraviesan de Oeste á Este el continente americano. Cada una de las segundas va precedida de una zona de alta presión situada al Este á una distancia media de 1.000 millas (1.600 kilómetros) y seguida al Oeste de otra casi á igual distancia. ¿Qué relación hay entre estos

centros de presión máxima y los de presión mínima á los que siguen en su camino? ¿Deberá verse en ello la causa más importante de la marcha de los ciclones, conforme lo creen algunos meteorologistas (1)? ¿Se les debe conservar la denominación de *anticiclones* que se les ha dado á causa de la analogía y también de la oposición de las dos clases de fenómenos? La analogía consistiría en que las zonas de alta presión se mueven siguiendo el camino general de los ciclones, y la oposición en que el movimiento de rotación de los vientos se efectúa en sentido contrario del que se observa en los ciclones. “Durante la marcha de las tempestades, dice Loomis, los vientos de las superficies se mueven pasando de las zonas de alta presión á las de baja, y los vientos superiores, pasan de éstas á aquéllas.” Esta es también, según dejamos dicho, la opinión de Hildebrand Hildebrandsson, basada en el estudio de los movimientos de los cirrus. E. Mascart, ilustrado director de la *Oficina central meteorológica de Francia*, hace observar que si las áreas de alta presión parecen seguir la marcha de los ciclones en el continente americano, no sucede lo propio en Europa, donde los mínima de presión tienen por lo común una marcha muy distinta. “Las altas presiones, dice, parecen cubrir regiones en las que el aire baja de las partes superiores de la atmósfera, y la rotación del viento en el sentido directo es entonces una consecuencia de la rotación de la Tierra; además, las regiones vecinas, en que la presión es más débil, suelen ser el punto de origen de una corriente general en la cual se agitan depresiones ordinarias con tendencia á suscitar los mismos vientos. Puede hacerse uso sin grave inconveniente de la expresión de *anticiclones*, cuando se quiere únicamente recordar estos caracteres de las presiones distribuidas alrededor de un *máximum*; pero sería inexacto considerarla como la oposición completa del fenómeno de los ciclones.

„Sea de ello lo que quiera, los centros de alta presión existen y el estudio de sus propiedades es tan importante como el de los centros de depresión. Estas zonas, cuyo principal carácter consiste (al menos en Europa) en la estabilidad, acompañan á los períodos de buen tiempo y en invierno son indicio de un frío persistente.”

Así se expresaba M. Mascart en sus lecciones sobre la *Meteorología aplicada á la*

(1) He aquí lo que acerca de este punto dice M. Loomis en su octava *Memoria de Meteorología dinámica*: “Considéranse las zonas de alta presión como una de las causas, y generalmente como la causa más importante de la tempestad que las sigue. Dos zonas de esta naturaleza producen en el aire una tendencia á dirigirse hacia un punto intermedio, y las corrientes, puestas así en movimiento, se desvían de la línea recta por efecto de la rotación de la Tierra, de lo cual resulta una disminución de la presión en la zona central. Esta disminución ocasiona una corriente de aire más rápida hacia la región inferior, que da por resultado una baja más marcada en el barómetro. Como el aire se difunde á todos los lados de esta zona de alta presión, la zona tiende á tomar una forma oval que puede llegar á ser notoriamente circular si el viento es muy violento, y entonces la fuerza centrífuga resultante de este movimiento circular produce una nueva baja en el barómetro. El vacío parcial quedaría lleno muy pronto y el movimiento circular cesaría muy pronto también si no hubiese un movimiento superior que proporciona una salida al aire que se escapa. Como el aire puesto en movimiento en la región superior arrastra consigo gran cantidad de vapor de agua, se enfría y la condensación del vapor produce la lluvia. El calor emanado de esta condensación dilata el aire de nuevo y aumenta la fuerza de la corriente inferior. La lluvia es, pues, una de las circunstancias que contribuyen á aumentar la fuerza de una tempestad, y sobreviene invariablemente cuando las tempestades llegan á tener considerable violencia..”

Más adelante Loomis consigna que la cifra de la alta presión no disminuía aunque el viento hubiera soplado muchos días, partiendo de las zonas de alta presión en compañía de las tempestades, de lo cual deduce “que estas zonas de alta presión deben estar reanimadas de continuo por el aire que circula á su alrededor en las regiones superiores de la atmósfera, y que este refuerzo procede indudablemente de las zonas de baja presión.”

previsión del tiempo, dadas en la Escuela Superior de Telegrafía de París en marzo de 1880, ante un numeroso auditorio que ha obtenido provechosos resultados de las explicaciones del ilustrado profesor. No insistiremos más acerca de este punto, y pasaremos á ocuparnos del lado práctico de cuanto por nuestra parte llevamos indicado, esto es, de las aplicaciones que pueden hacerse de tantas observaciones reunidas para prever con más ó menos acierto el tiempo futuro.

CAPÍTULO V

LA PREVISIÓN DEL TIEMPO

I

PRONÓSTICOS: SÍNTOMAS PRECURSORES DEL TIEMPO FUTURO

El público que hace poco caso de las teorías, juzga en general del interés ó de la importancia de una ciencia por los resultados prácticos y la utilidad inmediata que de ella saca. Por esta razón está siempre dispuesto á acoger con benevolencia á cuantos le predigan el tiempo que ha de hacer, con más ó menos anticipación. Confundiendo la meteorología con la astronomía, y viendo por experiencia que los almanaques publican con exactitud la fecha anticipada de los fenómenos celestes, incurre en el error de creer que las cosas del cielo y las de la atmósfera son todas unas, y exige de la astronomía que le revele el tiempo futuro. Las continuas decepciones que sufre comparando con la realidad los anuncios de las supuestas efemérides meteorológicas no bastan á desengañarle, y presta fe ciega á las influencias lunares y á los confeccionadores de almanaques y pronósticos.

Y sin embargo, por poco que se hayan estudiado los variados fenómenos de que la atmósfera es movible teatro, es fácil comprender la dificultad del problema complejo de la previsión del tiempo. Con todo, no es un problema absolutamente insoluble, y las personas que están al corriente de los progresos de la meteorología práctica saben que, aunque en muy pequeña escala, se han logrado ya obtener algunos resultados interesantes. Procuraremos dar en este capítulo una sucinta reseña de estos resultados. Pero ante todo, digamos cómo se plantea el problema.

Al hablar de la *previsión del tiempo*, se puede entender que comprende un espacio de tiempo más ó menos largo, que es una predicción á breve ó largo plazo. ¿Qué tiempo, por ejemplo, hará hoy ó mañana? El buen ó mal tiempo que hace en este momento, ¿debe durar ó cesar próximamente? Se puede ir aún más allá y preguntar cuál será el carácter de la estación corriente ó de las estaciones del año. ¿El verano será caluroso, lluvioso ó seco?; ¿el invierno, apacible ó riguroso?

Pero no es esto todo. En el caso de que pudiera darse una respuesta probable á cualquiera de estas preguntas, falta saber á qué extensión de país es aplicable. ¿Se trata de un pronóstico hecho para una localidad limitada, una región entera, todo un continente ó una fracción de él? Compréndese que lo que puede ser exacto para una zona, una comarca, no ha de serlo forzosamente para un país limítrofe; que lo que será verdadero para la Francia meridional, no lo será ya para el Norte de esta nación; que

hay lugar á distinguir entre la Europa occidental y la central, etc. Enumeremos sucesivamente todos estos casos, y veamos lo que la ciencia permite deducir hoy en conclusión respecto de cada uno de ellos.

No se necesita violentar la imaginación para comprender que el problema de vaticinar el tiempo que hará en un día dado y en una localidad determinada, jamás tendrá solución. Tanto valdría abrigar la pretensión de decir de antemano cual será la fluctuación de las olas del Océano en una tempestad próxima. Pero ya es otra cosa si se desea tan sólo conocer cuál será el estado del tiempo en el día corriente ó al siguiente, basándose en los síntomas actuales, en el estado del cielo, en el aspecto de las nubes, etc. Las personas que viven al aire libre y que tienen interés en conocer el tiempo, los labradores y los marinos, aleccionados por una larga experiencia y por observaciones tradicionales, pueden dar acerca de este punto excelentes indicaciones, sin recurrir á instrumentos científicos. He aquí algunos de estos pronósticos del tiempo, al menos para nuestra zona templada.

El aspecto del cielo á la salida y á la puesta del Sol, es con frecuencia característico del tiempo próximo. Si el cielo está despejado y el Sol brillante, ó si las nubes que lo velan se disuelven y se disipan inmediatamente después de su salida, hay probabilidad de que haga buen día. Por el contrario, si el cielo está encarnado antes de la aparición del disco solar y este color desaparece al salir el astro, es señal de lluvia. Si los primeros arboles matutinos aparecen sobre una capa de nubes, lo es de viento; pero si sólo se ven en el horizonte, de buen tiempo. Cuando el Sol se pone estando el cielo sereno ó teñido de un matiz amarillento ó sonrosado, hará buen tiempo al día siguiente. Si el color del cielo en el horizonte es muy encarnado ó de un amarillo brillante, es indicio de viento; de lluvia, si el color es amarillo claro, ó si el Sol se pone tras una capa de nubes espesas mientras que el horizonte oriental tiene un aspecto purpúreo ó cobrizo.

La extraordinaria transparencia del aire que permite ver con gran claridad los objetos remotos, es síntoma precursor de la lluvia si á esto se reúne una temperatura bastante elevada. En este caso la atmósfera está muy húmeda, muy cargada de un vapor perfectamente disuelto, que el enfriamiento nocturno, la llegada de un viento frío, basta para precipitar. Entonces la lluvia suele ir precedida de una bruma densa y la opacidad del aire sucede así bruscamente á su gran translucidez.

Después de un buen tiempo más ó menos prolongado, el primer síntoma precursor de un cambio es la aparición de cirrus, de esas nubes que parecen deshilachadas á modo de barbas de pluma, las cuales se ven, como es sabido, á grandes alturas en la atmósfera; cuanto más remotas y elevadas parezcan, más lento, pero también más considerable, será el cambio de tiempo que presagian. Por la noche apenas se las distingue y al principio no ocultan sino las más pequeñas estrellas. Ya hemos visto que son las verdaderas mensajeras de las tempestades. También son las últimas nubes que desaparecen cuando el mal tiempo toca á su término, y su desaparición es por consiguiente presagio del buen tiempo. La dirección de las fajas de cirrus puede proporcionar una buena indicación de la de las corrientes superiores, pues el movimiento aparente de éstas, que es de gran lentitud, no permite juzgar fácilmente del sentido de su marcha.

Completemos estas indicaciones con las que da Fitz-Roy, según los labradores y los marinos:

“Las nubes ligeras de contornos indefinidos anuncian buen tiempo y brisas regulares. Nubes densas de contornos bien marcados, viento. El cielo azul oscuro indica viento. El cielo azul claro y brillante, buen tiempo. Cuanto más ligeras parezcan las