

LAS DIFICULTADES EN LOS PRONOSTICOS DEL TIEMPO ATMOSFERICO

por ALFRED HOFMANN

De la Oficina Central Meteorológica del Gobierno de la uru

El 15 de febrero de 1961 fue observado en el norte de Italia un eclipse de sol total. Tanto su comienzo y su término como la zona de visibilidad habían sido calculados con gran anterioridad, cumpliéndose con exactitud máxima este cálculo anticipado. Nada extraordinario nos parece hoy un pronóstico de este tipo. Sólo se lamentó que las concomitancias meteorológicas no hubieran podido ser pronosticadas con idéntica exactitud. Aunque el eclipse pudo ser observado sin ninguna perturbación, el hecho es que de esto no podía saberse nada con años o meses de anticipación, ni siquiera días antes del eclipse. Incluso hubiera podido ocurrir que minutos antes del acontecimiento se metiera una nube delante del sol en un cielo por lo demás completamente despejado, lo que justamente minutos antes, acaso, pero de ningún modo horas antes, hubiera podido pronosticarse.

Para un lugar determinado un eclipse total de sol es bien raro acontecimiento. Sólo cada dos a trescientos años aproximadamente puede contarse con él. Y, sin embargo, la astronomía está en condiciones de predecirlo con muy grande anticipación y muy grande exactitud. Otra cosa ocurre con la meteorología. La probabilidad de un día despejado es de 33% durante el mes de febrero en San Remo, zona del mencionado eclipse. Quiere decirse que en el promedio de muchos años suele haber un día despejado cada tres días. Pues bien, la meteorología no pudo dar un pronóstico a largo plazo sobre si el 15-II-61 haría buen tiempo despejado o no.

Desde luego, la astronomía es una muy vieja ciencia: comparada con ella la meteorología es extraordinariamente joven. Sería de esperar que con el tiempo y con el empleo de todos los recursos modernos, calculadoras electrónicas sobre todo, se lograría resolver el problema del pronóstico exacto a largo plazo, también en la meteorología. Pero este criterio optimista, sin embargo, deja a un lado el problema.

Para la astronomía la tarea de predecir un eclipse es de carácter puramente cinemático. Sólo tiene que ocuparse de dos cuerpos, la tierra y la luna, cuyas órbitas son conocidas con suficiente exactitud.

La tarea meteorológica de la predicción del tiempo, en cambio, es un problema de la física de la atmósfera. Es necesario en ella ocuparse de un número infinito de cuerpos, en rigor de las distintas moléculas del aire y del vapor de agua. Por esta multiplicidad se diferencia fundamentalmente la meteorología de las ramas clási-

cas de la metódica física de la física teórica y experimental.

No es posible aislar con recursos experimentales un efecto determinado de los fenómenos atmosféricos y repetir el experimento a voluntad, mensurando al mismo tiempo otros efectos y tratándolos como errores. En la atmósfera todo depende de todo y los "efectos" son del mismo orden de magnitud que las "faltas". Sin nuestra intervención realiza la atmósfera experimentos en forma constante y nos brinda los resultados y nunca un experimento es exactamente igual a otro y lo mismo ocurre con los resultados. Seguimos este proceso sometiendo a mensura constante a la atmósfera con la mayor exactitud posible. Determinamos, en plazos fijos, la presión del aire, la temperatura, la humedad y el viento en todas las altitudes que nos son accesibles, recogemos las precipitaciones, medimos la radiación recibida y emanada, masa y tipo de nubosidad, etc. La densidad de la urdimbre de observación deja mucho que desear, mas aun así jamás han sido medidas dos situaciones que en el marco de la exactitud de mensura sean entre sí totalmente idénticas. La posibilidad de reproducir a voluntad una situación claramente definida que caracteriza a la física experimental es algo que la atmósfera nos niega.

Con las mismas dificultades se tropieza en el tratamiento teórico de la física de la atmósfera. Las leyes a que obedece individualmente cada partícula de aire o cada minúsculo elemento del espacio, como continente de aire, son, ciertamente, conocidas. Se trata de las leyes, de general validez, de la hidrodinámica, de la termodinámica y de la física de la irradiación aplicadas al globo terráqueo en rotación, expuesto a la radiación solar. Ahora bien, sólo en ínfima parte son aplicables estas leyes de modo inmediato, directo. Las ecuaciones matemáticas que representan son, por lo tanto, ecuaciones diferenciales. Su integración, en último término, la transferencia de una observada situación atmosférica 1 a la calculada situación 2 tropieza con enormes dificultades matemáticas. No son las únicas. La atmósfera verifica el tránsito de 1 a 2 en un tiempo determinado, pudiendo aquí tratarse de horas, días, meses o años. Para calcular este tránsito, el cálculo tendría que estar listo con rapidez esencialmente mayor que la de la naturaleza, de otra manera, todo ello no sería predicción. De modo que a las dificultades matemáticas habrá que añadir la carrera en competencia con la naturaleza misma.

Desde el punto de vista de la ciencia exacta de la naturaleza, el pronóstico meteorológico, no importa por qué período, es negocio desesperado. En la medida de exactitud del problema astronómico a que nos referimos al principio no podrá esperarse que sea solucionado jamás.

Se plantea la cuestión de una solución aproximada y del posible grado de aproximación. Tanto las coordenadas espaciales, es decir, la distribución geográfica de las situaciones meteorológicas, como las coordenadas temporales en el orden de sucesión de estas situaciones, son variables en holgados límites y rebasan muchas clases de magnitudes. Es imposible aplicar una norma única para todos los fenómenos. En el problema de una solución aproximada deberá considerarse, en primer término, por lo tanto, la elección de la norma. Para predicciones de plazo medio, suele indicarse una norma para 3 a 5 días y para un mes o un año en las predicciones a largo plazo. Es aquí condición previa que el proceso del pronóstico se inicie inmediatamente. Para las predicciones de plazo medio rige la norma temporal en la esfera de "días" y de "meses" para las de más largo plazo. Un acontecimiento que sea demasiado corto para la norma elegida, no puede, en absoluto, ser tomado en cuenta en el pronóstico. En una predicción de plazo medio, emitida el 12-II-61, válida para el 13 al 17-II-61, será imposible incluir el grado de nubosidad de las horas de la mañana del 15. Una predicción a un mes de plazo emitida el 31-I-61 para febrero del mismo año, no podrá pedirse que contenga el dato sobre si el 15-II será un día despejado o no. Otro tanto vale para la norma espacial, que aquí se acopla a la temporal. Se sitúa en el orden de los 100 a los 1.000 Km.

Una célula tormentosa, por ejemplo, no figura en esta norma, ni en la situación 1, la última situación atmosférica conocida al emitirse un pronóstico, ni en la situación 2, que deberá ser pronosticada. Figura, en cambio, el dato de la temperatura media para una vasta zona en el período elegido, la magnitud de las precipitaciones caídas o esperadas, igualmente como valor medio, etc.

Deliberadamente no se emplean los valores absolutos, sino sus divergencias del valor medio de largos años. En este promedio, por ejemplo, $12,0^\circ$ y el valor actual de un año cualquiera $10^\circ,0'$, se da como anomalía $-2,0'$.

A la limitación a una norma determinada se añade una nueva restricción. No se manejan las anomalías con su plena exactitud, sino en muy groseros intervalos; en muchos casos se considera suficiente el signo de la anomalía, empleando sólo las clases "sobre la normal-bajo la normal".

La ventaja de semejante restricción es evidente. Si en el caso más general ningún caso de la larga serie de

experimentos atmosféricos fue idéntico a otro, bastará que la serie sea suficientemente larga para que un gran número de situaciones sean, si no idénticas, "semejantes" entre sí. Cuanto menor sea el número de parámetros que caracterizan en este sentido a la atmósfera, mayor será el número de "casos semejantes".

Con un número considerable de estos casos puede hacerse estadística. Si de determinada combinación de parámetros —se las llamas en este caso predictores (situación 1)— resultan 20 casos semejantes y de 19 de estos casos se siguió como predictable (situación 2) una anomalía positiva de la temperatura, se desdeñará la única excepción, pronosticándose, por ejemplo, para el caso de una predicción a un mes de plazo, "calor excesivo". Tomando en consideración un margen de contingencia podría incluso hacerse una indicación sobre la seguridad de este pronóstico. Si se estiman los criterios de la semejanza entre el caso actual el día de la emisión de un pronóstico y los casos semejantes que entran en consideración con rigor tal que quede un solo caso como caso único de extrema semejanza, podrá responderse del pronóstico igualmente. Sin embargo, esto no es estadística ya y la medida de seguridad no puede darse a priori. Sólo tras un gran número de pronósticos verificados según este método de pura analogía se obtiene, a posteriori, una norma de seguridad.

La estadística y la deducción analógica substituyen al experimento humano en la física de la atmósfera.

Consideraciones de todo punto similares valen para el procedimiento teórico. Establecida la debida proporción, la atmósfera real es substituida por un modelo. En ello debe verse ya la renuncia a un procedimiento de exactitud. Un modelo, muy sencillo, el llamado barótrópico, consiste en substituir la atmósfera, por ejemplo, por un plano único: aquel sobre el que gravita una presión de 500 mb (milibares). Sobre la superficie de este nivel se coloca un sistema de rejilla cuyos distintos elementos representan una distancia de 300 km. Recurriendo a las ecuaciones diferenciales de la hidrodinámica, desde la situación 1 observada son calculadas aproximadamente las situaciones 2, 3 y siguientes. El lapso, prolongado hasta aquí a 3 días, alcanzó ya, pues, la esfera del plazo medio. Indicaciones sobre su seguridad sólo a posteriori pueden hacerse, lo mismo que en la conclusión analógica. Sólo con el empleo de grandes sistemas de computación electrónica podría verificarse el cálculo anticipado con celeridad suficiente para que el pronóstico pudiera aun ser aplicable. Otros modelos más complicados se encuentran en período de prueba; además de las ecuaciones hidrodinámicas emplean las termodinámicas. Se utilizarán todos para los pronósticos a breve plazo y a plazo medio.

Los detalles sobre modelos atmosféricos para la predicción a largo plazo propiamente tal no han sido publicados aún. Tendrán que considerar toda la física de la radiación y así pasar a la norma superior inmediata. Ahora bien, la consideración de la radiación significa que el intercambio de energía con el sol y el espacio ha pasado a primer término. Además el influjo del subsuelo en la atmósfera no podrá ya desdoblarse. Siendo la capacidad calórica de los océanos, en números redondos, 10.000 veces mayor que la de la atmósfera, la cuota del intercambio de energía que se pierde en la profundidad de los océanos, así como la que desde los mares pasa a la atmósfera, deberán ser tomadas en cuenta. Ambas corrientes de energía son, hasta hoy, insuficientemente conocidas, tanto en el aspecto de su distribución temporal como espacial. El calor de la tierra que se pierde en el espacio y su distribución podrán ser estudiados, en la forma más adecuada, por medio de satélites terrestres. Habrá que pensar en ello cuando, con alguna precipitación, se habla del avance que puede experimentar el pronóstico del tiempo a largo plazo con la ayuda de satélites. Como nunca se estimará demasiado la importancia económica de los pronósticos a largo plazo los grandes servicios meteorológicos enfrentan el problema recurriendo a los indicados procedimientos de aproximación, proporcionándose una información regular, ciertamente destinada, en la mayoría de los casos, no al público en general, sino a determinados círculos interesados que en sus decisiones económicas deben tener en cuenta el factor meteorológico. Débese esta reserva de los servicios oficiales al escaso margen de seguridad de los pronósticos, que —vistos en escala internacional— para predicciones a un mes de plazo se sitúa en el 60 al 65% aproximadamente. Es decir, de

10 a 15% más que el margen de acierto en el pronóstico a ciegas, echándolo a cara o sello, por ejemplo. El escaso margen de seguridad y la imposibilidad de proporcionar datos exactos de carácter temporal y espacial son principal causa de la difusión de tanto pronóstico pseudocientífico a largo plazo y de su aceptación. Tanto los que confeccionan estos pronósticos como los que los aceptan no se dan cuenta clara, por lo general, de que el margen de acierto de un calendario meteorológico no se sitúa en cero, sino en un 50% tratándose de predicciones del tipo de "en este caso... o en el otro".

Aclaremos con un ejemplo de aplicación en qué forma los pronósticos a largo plazo, incluso con escaso margen de acierto, pueden tener utilidad económica. En la economía de la energía una parte de ésta es generada en plantas hidroeléctricas. Para poder estimar la presumible potencia de energía de un mes determinado, por ejemplo, se necesita el pronóstico del caudal de agua con que se puede contar. Sobre la diferencia de una de estas predicciones (a largo plazo), con o sin recurso a un pronóstico meteorológico por meses, nos dice F. Wöhr en "Die Wasserwirtschaft", p. 52, N° 5, 1962: "Si se reducen pronósticos mensuales del caudal hidráulico a valores regulares puede por lo pronto contarse con desviaciones de hasta un 40% aproximadamente. Si, en cambio, se corrige el pronóstico al comienzo de cada mes, es decir, con cuatro semanas de anticipación, sobre la base del dato meteorológico, en el 80% de los casos podrá reducirse la desviación a un máximo de $\pm 5\%$. Queda reducida de este modo la inseguridad en los planes de posibilidad generadora de potencia eléctrica (kWh) con caudal hidráulico por lo menos en un mes de duración del pronóstico".

ACUERDOS EN SIMPOSIO DE MERIDA SOBRE GEOMORFOLOGIA Y RECURSOS NATURALES

El Comité de Recursos Naturales Básicos, sección especializada dependiente de la Comisión de Geografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, organizó, conjuntamente con la UNESCO y algunas entidades científicas venezolanas, una reunión, con el objeto de estudiar los métodos para realizar una prospección rá-

pidia y económica de los recursos naturales de regiones de América, susceptibles de ser integradas económicamente.

En unión con la Comisión de Geomorfología Aplicada y del Subcomité de Cartas Geomorfológicas, se logró establecer la cartografía geomorfológica como la expresión más concreta de un conjunto muy variado de fenómenos físicos y humanos del paisaje geográfico. La presidencia del Comité de Recursos Naturales, cuya sede es Santiago, ha creado en la reunión de Mérida, Venezuela, las bases para una serie de estudios regionales, dentro del objetivo de integración económica, sustentado por los variados planes de desarrollo hemisféricos.