

RESUMEN SOBRE CIENCIA Y TECNOLOGIA
(Traducción facilitada por la Subdirección
General de Predicción y Climatología del I.N.M.)

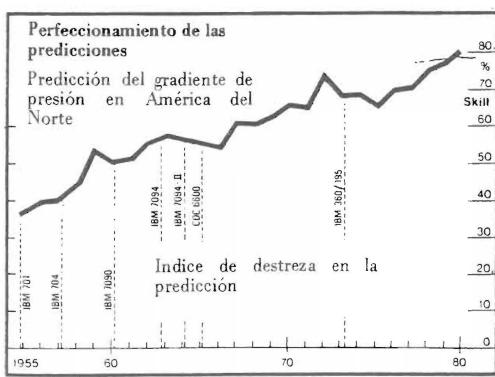
Predicción del tiempo

Para muchas personas las predicciones meteorológicas, apenas tienen más crédito que los sondeos de opinión. Esta actitud es absolutamente injusta. Debido en gran parte a las nuevas tecnologías de los ordenadores y los satélites meteorológicos, la calidad de las predicciones ha mejorado tan espectacularmente en los últimos 25 años como la de cualquier tipo de sondeo de opinión, y todavía se esperan nuevas mejoras.

El progreso se ha producido de manera irregular según las diferentes clases de predicción meteorológica. La predicción de los fenómenos que se producen en gran escala, como las grandes tormentas, corrientes en chorro y sistemas ciclónicos o anticiclónicos, para períodos de validez de entre 2 a 10 días (la denominada predicción a plazo medio), ha llegado hoy en día a ser una verdadera ciencia. En general se considera que la predicción a plazo medio ha doblado su calidad desde la introducción de los ordenadores (véase el gráfico); las actuales predicciones para cuatro días, son tan fiables como lo eran las que hace 15 años se hacían con validez de dos días. Determinar lo que ocurrirá con carácter local en las próximas horas, sigue siendo un arte bastante más sujeto a error. En cuanto a la predicción meteorológica a largo plazo, debemos decir que sólo acaba de iniciarse.

Los problemas que se plantean en relación con la predicción meteorológica son en parte conceptuales y en parte prácticos. Consideremos primeramente los puramente conceptuales. La moderna predicción meteorológica se funda en una sencilla hipótesis; la atmósfera es un sistema físico y por tanto ha de obedecer a leyes físicas que, a su vez, puedan expresarse mediante ecuaciones matemáticas. Se conoce ya mucho de la física de los sistemas meteorológicos, pero no todo. Por ejemplo, no se conoce aún con precisión el modo en que se forman las nubes lluviosas ni cómo liberan el agua en forma de chubascos. También se ignoran los detalles de la acción mutua que se ejerce entre los océanos y la atmósfera.

La segunda dificultad de índole conceptual es de carácter matemático. Los ordenadores son



Según el Centro Meteorológico Nacional de Norteamérica

excelentes para realizar muy rápidamente sencillas operaciones aritméticas y, hasta cierto punto, pueden también efectuar cálculos. La dificultad estriba en que la aritmética y el cálculo sólo funcionan bien si el sistema que describen es lineal. En términos generales, un sistema es lineal si la suma de las causas que en él actúan nos da la suma de sus efectos. Por ejemplo: Si una cierta cantidad de calor funde cierta masa de hielo, el doble de dicha cantidad fundirá el doble de esa masa de hielo.

Los sistemas meteorológicos no son lineales: no podemos sumar las distintas influencias que actúan para obtener su impacto total. Existen numerosos mecanismos de realimentación. Por ejemplo, un cambio inicial de temperatura puede motivar cambios de humedad, formación de nubes, viento, etc., que a su vez iniciarán un nuevo cambio de temperatura. Los modelos matemáticos utilizados en la predicción meteorológica pueden, hasta cierto punto, tener en cuenta algunos de estos mecanismos de realimentación, aunque sólo de manera aproximada y rudimentaria.

Estos problemas conceptuales con tediosos, y para tratar de resolverlos, se están efectuando numerosas investigaciones. A pesar de todas estas dificultades, hasta la fecha, los meteorólogos han logrado reunir más conocimientos sobre los sistemas meteorológicos y los modelos matemáticos, que habilidad para aplicarlos. Los principales obstáculos son de carácter más prosaico y se refieren a la obtención de datos precisos y actuales y a la facultad de manipularlos rápidamente.

Asimilación de números

Para comprender cómo funciona un modelo físico de predicción meteorológica a plazo medio imaginemos que la superficie de la tierra está rodeada por un retículo de líneas paralelas y perpendiculares a ella, constituyendo una red tridimensional. A partir de los datos procedentes de los satélites, globos y aviones, un ordenador puede calcular, por ejemplo, la velocidad del viento, temperatura, presión y humedad en cada punto del retículo a la hora "cero". Introduciendo estos valores en las ecuaciones del modelo, el ordenador es capaz de

predecir cómo cambiarán estas variables durante, por ejemplo, los próximos 10 minutos y después, tras una serie de repeticiones, puede ampliar la predicción hasta un periodo comprendido entre 2 y 10 días.

La realización de los cálculos para todos los puntos del retículo es una tarea inmensa, por lo que, cuando no se disponía de ordenadores, el proceso matemático caía fuera de toda posibilidad de aplicación. La cantidad de información que puede facilitar un modelo dependen en parte de la finura del retículo, es decir, de cuantos datos puntuales puede asimilar.

Por ejemplo, una tormenta fuerte puede durar media hora y afectar solamente a unos pocos kilómetros cuadrados. Este fenómeno "meso-escalar", como se le denomina, tiende a pasar inadvertido a través de muchos retículos, lo cual resulta más que desalentador para una ciudad que se ve sorprendida por esta irrupción de nubes tormentosas. Los procesos meso-escalares pueden influir en las grandes circulaciones atmosféricas y a su vez ser influidos por ellas. Citemos, por ejemplo, que a medida que el vapor de agua se condensa dentro de las tormentas, libera energía calorífica que puede aumentar la velocidad del viento.

Sin mejorar su modelo básico, ni añadir nuevos tipos de datos, los predictores pueden reducir errores simplemente disminuyendo el espacio entre los puntos del retículo. Como las observaciones de temperatura y otras variables no se realizan necesariamente en los puntos del retículo, los valores correspondientes a dichos puntos son, realmente, valores medios calculados por ordenador para el área que rodea cada punto. Por consiguiente, cuanto más pequeña sea dicha área, más realista será el valor medio. Este concepto se aplica también a las características topográficas más importantes. Con un retículo rudimentario, una cordillera que ejerza gran influencia en las condiciones meteorológicas reales, puede quedar reducida en el modelo a un factor insignificante.

El sólo hecho de realizar los cálculos adicionales, exige una considerable potencia de cálculo, de la que comienzan a disponer los meteorólogos. El

Centro Meteorológico Nacional Norteamericano comienza a utilizar un ordenador Cyber 205 para el control de datos, análogo al que ha adquirido el año pasado el Servicio Meteorológico Británico. Los meteorólogos norteamericanos creen que el Cyber 205, podrá terminar en 15 minutos la predicción mundial de diez días de validez que el IBM 360/195 hace actualmente en 5 horas. El Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio de Reading, Inglaterra, adquirirá a finales de este año un ordenador Cray XMP que será entre tres y cinco veces más rápido que el actual Cray 1A y probablemente más veloz también que el Cyber.

La mayor capacidad de asimilación de números, permite tambien que los modelos meteorológicos incluyan representaciones matemáticas mas realistas de los procesos atmosféricos; por ejemplo, para tener en cuenta las acciones mutuas entre la atmósfera y la superficie terrestre. La evaporación del agua superficial añade humedad al aire y cuando ésta se condensa para formar nubes, libera energía calorífica que puede originar vientos o modificarlos. Las masas de aire que se desplazan sobre la superficie de la tierra experimentan fricciones que disminuyen su velocidad y pueden cambiar sus trayectorias.

De estas complicaciones prescinden los predictores conscientes del riesgo que esto supone. Los meteorólogos americanos todavía se lamentan con motivo, de una tempestad que produjo la caída de dos pies de nieve en Washington D.C. en febrero de 1979. Su modelo había previsto la formación de una tempestad frente a las costas atlánticas, pero sin indicar la intensidad del sistema, ni el hecho de que llegaría a Washington.

Este fallo, se atribuye en parte a que el ordenador no había sido programado para tener en cuenta que el aire cálido que se desplazaba hacia el interior de la tempestad, estaba siguiendo un largo recorrido sobre el Atlántico, absorbiendo así considerable humedad. Al no tener en cuenta debidamente la evaporación y la condensación, el modelo no pudo predecir la nevada o los vientos que acarrearía la tempestad sobre Washington. El modelo americano contiene actualmente una descripción mejor de la evaporación procedente del

océano, aunque todavía no tiene en cuenta, por ejemplo, la evaporación del suelo. Gracias al ordenador Cray, el modelo utilizado en el Centro Europeo puede incluir este efecto.

Nadie puede, en la actualidad, representar bien la radiación. Los modelos de los ordenadores no saben por ejemplo, que el sol sale por la mañana, se pone por la tarde y que, en consecuencia, la superficie de la tierra tiende a calentarse durante el día. Este calentamiento, precisamente, es el que produce la actividad convectiva que origina las tormentas. Los meteorólogos que pretenden predecir estas tormentas, han de hallar los medios para introducir la radiación en los modelos.

Afortunadamente, en lo que respecta a la predicción a plazo medio, la solución a este problema parece bastante directa, si se dispone de ordenadores suficientemente potentes. El Centro Meteorológico Norteamericano, espera que su Cyber 205 contribuya considerablemente a ello. Por otra parte, cuando se trata de predicciones a corto plazo (0-24 horas), se requiere disponer de representaciones más complejas de la radiación, la evaporación y la condensación. Los investigadores están aún probando modelos de predicción a corto plazo.

Para comenzar a utilizar los ordenadores en las predicciones a corto plazo, y para reducir el error en las de plazo medio, los meteorólogos, necesitan también mejores redes de observación. La mayoría de los datos de viento, temperatura, humedad y presión en altitud proceden de los globos meteorológicos (radiosondas), que se lanzan cada 12 horas en 750 estaciones, de todo el mundo, situadas generalmente en tierra firme. Los dos satélites americanos de órbita polar, llenan algunas lagunas de datos, principalmente, sobre los océanos, con distribuciones verticales de la temperatura atmosférica. Los aviones comerciales facilitan otros datos de viento.

Este sistema tiene varios inconvenientes. En primer lugar las observaciones son escasas y muy separadas entre sí, por lo que no son suficientes para que el ordenador pueda calcular las predicciones a corto plazo. No se puede predecir una tormenta que dura tres horas y cubre 50 km², si las

observaciones se reciben cada 12 horas de las estaciones de radiosondeo, que en Estados Unidos distan entre sí 350 km. En segundo lugar, los datos de viento (que los meteorólogos consideran la variable más fundamental en predicción), son escasos. Los satélites no pueden medir con precisión la velocidad del viento. En tercer lugar, las medidas por satélite de la temperatura no son tan precisas como los predictores quisieran, especialmente a través de las nubes.

Existen técnicas que podrían contribuir a la resolución de estos problemas. Los predictores americanos esperan con interés la instalación en los satélites geoestacionarios de sensores infrarrojos de temperatura y humedad, análogos a los que ya llevan los satélites de órbita polar. Estos aparatos están siendo experimentados en los actuales satélites geoestacionarios y la utilización rutinaria de las medidas así obtenidas debe comenzar en 1985, con la nueva generación de satélites. Suspendidos sobre un punto de la tierra a una altitud de 35.000 km, los satélites geoestacionarios pueden tomar medidas continuas sobre todo un hemisferio prácticamente. Los de órbita polar pasan sobre un punto dado sólo dos veces al día.

Hay sin embargo, un inconveniente: como el vapor de agua absorbe la radiación infrarroja, los sensores de infrarrojo no pueden hacer medidas a través de las nubes. Por el contrario, las microondas pasan a través de ellas, aunque los instrumentos de este tipo actualmente disponibles no son tan precisos como los de infrarrojos. Los americanos están diseñando detectores perfeccionados de microonda para lanzarlos en 1990 con los satélites de baja órbita polar, aunque no han previsto instalarlos en los satélites geoestacionarios.

A los predictores les encantaría disponer de un satélite capaz de medir los vientos. Los científicos del Laboratorio de la NOAA en Boulder, Colorado, han propuesto la construcción de un satélite para este fin. Se denomina WINDSAT y lanzaría impulsos de luz laser infrarroja sobre los aerosoles (finas partículas de polvo) de la atmósfera, a partir de una órbita polar. Midiendo el aparente desplazamiento de frecuencia de la luz reflejada (el denominado desplazamiento Doppler), un

instrumento calcularía la velocidad y dirección del movimiento de los aerosoles y por consiguiente del viento que los lleva. La técnica se denomina LIDAR, que quiere decir "radar-luz".

El prototipo WINDSAT ha respondido bien en las pruebas realizadas sobre el terreno y a bordo de un avión, aunque ello no significa que funcione correctamente a la altitud de una órbita polar. Algunos científicos también ponen en duda que haya suficientes aerosoles en la atmósfera superior y alrededor del globo para que sean rentables dichas medidas del LIDAR. La NASA ha previsto realizar vuelos de investigación en los hemisferios norte y sur para tratar de aclarar esta cuestión. El próximo problema será reducir el instrumento LIDAR a un tamaño que permita instalarlo en un satélite. Si se lanza el WINDSAT, no será antes de la década de 1990.

El principio Doppler podrá ser aplicado antes de esas fechas a los sensores de viento basados en tierra. Los investigadores de Boulder, están probando un sistema llamado "Profiler" que consiste en dos instrumentos: un radar Doppler que mide la velocidad y dirección del viento a varias altitudes y un radiómetro de microondas que permite obtener la distribución vertical de temperatura y humedad. Aseguran que el "Profiler" puede medir la velocidad del viento con error de sólo un metro por segundo, que es muy inferior al de los radiosondas.

Sin embargo las medidas de temperatura y humedad obtenidas con el "Profiler" tienen una deficiente resolución. Esto quiere decir que el instrumento puede dejar de detectar alguna pequeña característica de la atmósfera tal como una inversión de temperatura que impide el ascenso del aire cálido para formar cúmulos o tormentas. Los investigadores de Boulder creen que pueden obviar este problema utilizando los datos de viento más precisos para corregir las medidas de temperatura y humedad. Los que proponen el uso de este sistema manifiestan que una red de Profilers complementaría perfectamente los sondeos por satélite, facilitando lecturas más precisas de la parte inferior de la atmósfera. Con ambos sistemas de Profilers y satélites se podría incrementar en 1.000 veces la cantidad de datos disponibles de la atmósfera supe-

rior sobre América.



Mal tiempo sobre Europa, previsiblemente.

Mirando al futuro

Suponiendo que los meteorólogos puedan hallar los medios de asimilar tal masa de datos, se podrían transformar las predicciones. Los modelos de los ordenadores, podrían recibir información actualizada casi continuamente, en lugar de cada 12 horas. Esto significa que los ordenadores no sólo recibirían más datos, sino mayor variedad de ellos, como por ejemplo, gradientes de las variables meteorológicas más importantes en lugar de sus valores a la hora cero. Al conocer el curso seguido por la atmósfera para llegar a su estado actual, los modelos tendrían mayor probabilidad de predecir el estado futuro del tiempo.

Los meteorólogos tienen la convicción de estar a punto de conseguir considerables avances en lo que respecta a la capacidad de predecir la precipitación y otros fenómenos atmosféricos de la mesoscala, aunque reconocen que se precisa más investigación en materia de predicción local a corto plazo, lo cual exige disponer de mayores recursos financieros. Un grupo de científicos americanos propuso a principios de este año, que el Gobierno Federal invierta entre 60 y 120 millones de dólares por año, durante la próxima década en nue-

vas técnicas de observación (como el sistema Profiler), ordenadores para los centros regionales de predicción, experimentos sobre el terreno, etc. El Gobierno Reagan tiene en estudio esta propuesta.

¿Pueden esperar los meteorólogos ir más allá de la predicción a corto y medio plazo en un futuro próximo? Los científicos creen que la capacidad de predecir las fluctuaciones diarias de la estructura general del tiempo no pueden llegar a más de unas dos semanas. No obstante, son más optimistas sobre los progresos en la predicción de cambios de las tendencias mensuales y estacionales, es decir, predecir si la precipitación en cierta zona estará por encima o por debajo de lo normal durante el próximo mes, en conjunto.

Una de las cuestiones clave, es tratar de hallar ciertos cambios anormales en la superficie de la tierra que puedan causar variaciones estacionales del tiempo. Por ejemplo, algunos meteorólogos opinan que el fenómeno llamado "El Niño", puede haber originado lluvias desacostumbradamente fuertes en Norteamérica, Ecuador y Perú este año. El Niño es una corriente oceánica cálida que fluye desde el Pacífico central al oriental cuando cesan los vientos alisios del Este. Si puede demostrarse esta relación, ello podría ser la base de un sistema de predicción a largo plazo de la lluvia; permitiría predecir ésta la próxima vez que aparezca la corriente de "El Niño".

Algunos investigadores creen incluso, que los ordenadores podrían hacer un día respecto a las predicciones a largo plazo, lo que ya han hecho con las de plazo medio. Un grupo de científicos del Laboratorio Geofísico de dinámica de fluidos de Princeton, Nueva Jersey, verificó recientemente un modelo, partiendo de datos concretos de una situación atmosférica ya transcurrida; suministrándole solamente los datos sinópticos del primero de enero de 1977, predijo, con éxito, los datos correspondientes a todo el mes.