

# Predicción y vigilancia meteorológica en el INM

Ángel Rivera Pérez

Jefe del Área de Predicción y Aplicaciones del INM

El proceso de la predicción meteorológica desde un enfoque científico es muy similar al que se utiliza en Medicina para tratar a los enfermos. Hace falta un análisis, cuyos datos, interpretados por especialistas, deben conducir a una correcta diagnosis. A partir de la misma, se debe establecer una prognosis sobre la posible evolución y, como paso final, se comunica a los interesados mediante lenguajes y formatos que posibiliten una comprensión adecuada.

El análisis meteorológico requiere realizar varias veces al día en todo el Globo una serie de medidas de variables atmosféricas (presión, temperatura, viento, humedad...) tanto en superficie como en los distintos niveles atmosféricos, alcanzando como mínimo los 10 o 12 Km. de altura. Estas observaciones se obtienen por radiosondeos, satélites, barcos, aviones, radares y estaciones de observación en superficie. Inmediatamente después de ser obtenidas, se distribuyen por líneas especiales de comunicación a los distintos Servicios Meteorológicos donde se procede a realizar varios tipos de análisis con el fin de construir con toda celeridad una especie de "retrato robot" del estado de la atmósfera, bien sobre grandes áreas geográficas o en zonas mucho más restringidas. Indudablemente, la

calidad y fiabilidad de este "retrato robot" va a depender en gran medida de la que posean las distintas observaciones realizadas así como del número de las mismas. El problema es si éstas, que son lógicamente bastante limitadas al menos en amplias zonas del planeta, han sido capaces de recoger las características fundamentales o críticas de la situación atmosférica en cuestión.

A partir de los análisis anteriores se desarrolla un doble camino. Por una parte los predictores establecen a partir de ellos, utilizando sus conocimientos científicos y técnicos, la diagnosis de la situación atmosférica, es decir, la conclusión en cuanto a qué mecanismos y de qué modo están actuando en la atmósfera sobre una zona geográfica concreta. Ello permite, a través de la utilización de modelos conceptuales y de técnicas más o menos complejas de extrapolación, tener una idea muy aproximada de cómo debe ser la evolución detallada de la misma en las próximas una a tres horas y con menos detalle entre las tres y doce siguientes. Por otra parte, y ya de modo objetivo y automático, a través de ordenadores, se establece otro tipo de análisis que asigna a cada punto de una rejilla geográfica, tanto en superficie como en altura, valores interpolados a partir de los datos anteriormente obtenidos. A continuación, se aplican a todos esos valores las fórmulas físico-matemáticas que representan las leyes atmosféricas y se comienza a calcular su evolución con el paso del tiempo mediante sucesivas integraciones. Una estimación de la gran cantidad de operaciones a realizar puede obtenerse si se considera que

un proceso normal de este tipo tiene en cuenta varios miles de puntos de rejilla para cada uno de los posibles 30 a 50 niveles atmosféricos y considerando para cada punto 5 o 6 variables. Si se tiene también en cuenta que estos cálculos deben ser realizados en muy poco tiempo, - el que media desde que se reciben los datos hasta que el predictor requiere los resultados para preparar a horas fijadas los productos para los usuarios-, se comprenderá fácilmente la razón por la que los Servicios Meteorológicos desarrollados requieren potencias de cálculo muy altas. El resultado de todo ello es la obtención de un gran número de matrices de números que representan los nuevos campos previstos a horas o días de las distintas variables atmosféricas. Estas matrices pueden utilizarse directamente o modificadas por los predictores para un número creciente de productos pero, en general, se transforman en los mismos ordenadores en campos gráficos mucho más conocidos y accesibles para el trabajo de los predictores o para su difusión pública. Todo este proceso científico y técnico, que se acaba de describir, se denomina predicción meteorológica a corto y medio plazo mediante modelos numéricos.

La calidad de los resultados de estos modelos depende por una parte de la resolución espacial de los mismos, es decir del tamaño mínimo de las estructuras atmosféricas que son capaces de "ver" y de manejar, así como de la fidelidad con que sean capaces de representar los distintos y complejos procesos atmosféricos que intervienen en su evolución. Sin embargo, la mayor limitación proviene de la calidad del análisis inicial del cual parten. Si el análisis no es correcto, la evolución prevista por el modelo se puede apartar con gran rapidez de la evolución real y conducir a pre-

dicciones erróneas. Por ello, una parte importante del trabajo de los predictores consiste en realizar un estudio crítico del modelo o modelos de que dispone comparando las evoluciones que presentan en las primeras horas de evolución con los criterios



Garita meteorológica.

obtenidos por ellos mismos a través de la realización del proceso de diagnosis anteriormente descrito. Todo ello, junto con los conocimientos previos que poseen sobre el comportamiento de los modelos en distintas situaciones y con los resultados obtenidos por otras técnicas de predicción tales como la predicción por conjuntos o "ensemble prediction", que da

*"El análisis meteorológico requiere realizar varias veces al día en todo el Globo una serie de medidas de variables atmosféricas (presión, temperatura, viento, humedad...) tanto en superficie como en los distintos niveles atmosféricos, alcanzando como mínimo los 10 o 12 Km. de altura."*

una idea sobre las distintas evoluciones posibles y su grado de fiabilidad, conduce a una toma de decisiones en tiempo real sobre cuál va a ser la evolución atmosférica más probable y a partir de ahí desarrollar las predicciones para los distintos usuarios.

La predicción mediante modelos puede abarcar desde un punto de

vista práctico los periodos de tiempo que van entre las 8 o 10 horas en avance hasta los ocho o nueve días en el mejor de los casos, y ello con serias limitaciones dependiendo de la situación atmosférica concreta y de la época del año. No son muy raras las situaciones para las

que es muy difícil ir más allá de las 60 o 72 horas. Por lo que respecta a las predicciones de carácter mensual, estacional o anual debe quedar claro que no se realizan todavía en Europa con carácter operativo, si bien existen varios modelos experimentales que todavía ofrecen resultados bastante pobres para Europa. En cualquier caso, es muy posible

que, aún siendo conscientes de sus fuertes limitaciones para España, próximamente el INM comience a generar algunos productos de este tipo, dada la creciente demanda de los mismos y la difusión que a través de Internet se está produciendo ya de algunos de ellos.

Para periodos de tiempo inferiores a las cuatro a seis horas, que no son adecuadamente resueltos todavía por los modelos numéricos, es preciso utilizar otras técnicas denominadas de predicción inmediata o de muy corto plazo y que se desarrollan a partir de extrapolaciones más o menos complejas de los datos obtenidos con gran resolución espacial y temporal mediante teledetección (radares, satélites, redes de detección de rayos...) y estaciones automáticas de superficie. Ello requiere también una vigilancia continuada de la evolución atmosférica y una rápida toma de decisiones sobre posibles envíos de avisos o de rectificación de predicciones. Debe tenerse en cuenta que, aunque la posible ocurrencia de fenómenos adversos tales como tormentas o lluvias intensas pueden ser previstos por los modelos numéricos con ca-



Radar meteorológico.

rácter general, para una amplia zona geográfica, y para un período de tiempo relativamente amplio, la determinación más concreta del lugar y momento de ocurrencia sólo puede ser aproximado, y no siempre, por este tipo de técnicas y de actividades.

Si bien el predictor realiza una única predicción básica cada seis u ocho horas, ésta debe traducirse en gran cantidad de productos adecuados a las necesidades y características del gran número de usuarios. Aunque durante muchos años los destinos básicos de las predicciones meteorológicas eran las actividades aeronáuticas y marítimas, el aumento en la calidad registrado en los últimos años ha conducido a que la cantidad de usuarios haya crecido espectacularmente en número y diversidad. Debe reseñarse, en cualquier caso, el carácter de usuario prioritario que, junto con la Aeronáutica, representan los organismos



Jardín meteorológico en el que se reúnen varios instrumentos de medida

responsables de la Protección Civil, ya que la protección de vidas y bienes es la prioridad más alta de cualquier Servicio Meteorológico.

#### Las singularidades españolas en relación con la predicción

El área geográfica de la Península Ibérica se caracteriza desde el punto de vista atmosférico por ser

una zona de frecuentes y complejos contactos entre circulaciones de carácter subtropical y de latitudes medias. A ello se suma la acción del mar Mediterráneo con una gran capacidad de acumular y de proporcionar energía para los procesos atmosféricos

*“El área geográfica de la Península Ibérica es una zona de difícil predicción, caracterizada por el frecuente desarrollo de fenómenos adversos o violentos como lluvias torrenciales, tormentas severas, vientos fuertes, olas súbitas de calor o de frío, etc.”*

cos que se desarrollan en esta zona, así como la compleja y abrupta orografía de la Península. Todo ello configura un entorno de difícil predicción caracterizado por el frecuente desarrollo de fenómenos adversos o violentos como lluvias torrenciales, tormentas severas, vientos fuertes, olas súbitas de calor o de frío, etc.

La situación expuesta conduce a la consideración de que en esta zona geográfica deben utilizarse las mejores técnicas de predicción que se encuentren disponibles. Sin embargo, cualquiera de estas técnicas, y

muy en especial los modelos numéricos, presentarán graves deficiencias si los análisis de partida, a los que se hacía referencia más arriba, también las presentan, debido a la escasez o a la falta de calidad de los datos de observación. Pues bien, éste es un grave problema en esta zona si se tiene en cuenta que gran parte de las perturbaciones que la afectan provienen de África o del

Atlántico subtropical donde la cobertura de datos es muy escasa.

Una consecuencia muy significativa, aunque no única, de esta situación es la dificultad de predicción de las lluvias intensas mediterráneas ya que a los problemas propios de este tipo de situaciones se suma, de modo muy significativo, la dificultad que sufren los análisis para ubicar correctamente la situación de la borrasca de niveles altos ("gota fría") que interviene parcialmente en buena parte de este tipo de situaciones. Debe tenerse en cuenta que, un pequeño error en la localización u orientación de esta perturbación, puede conducir a un error muy serio en la predicción para el área Mediterránea, que puede pasar de tiempo soleado a lluvias torrenciales o viceversa.

Debido a este tipo de problemas, el INM ha apostado desde hace varios años por utilizar intensivamente datos y técnicas de teledetección que permitan al menos paliar la falta de otro tipo de datos en el entorno geográfico de interés y que posibiliten al mismo tiempo una vigilancia adecuada de los distintos fenómenos adversos que nos afectan. Es obvio decir, para finalizar, que todo lo anterior requiere necesariamente, para ser útil, un esfuerzo continuado de formación especializada y de entrenamiento de los predictores.

#### Las actividades de predicción operativa en el INM

Las unidades operativas de predicción del INM son el Centro Nacional de Predicción (CNP) ubicado en la Ciudad Universitaria en Madrid y los once Grupos de Predicción y Vigilancia regionales (GPVs) ubicados en los Centros Meteorológicos Territoriales de Galicia, Cantabria y Asturias (responsable también de la predicción para el País Vasco), Castilla y León, Madrid y Castilla la Mancha, Cataluña, Baleares, Valencia (responsable también de la comuni-

dad Murciana para la predicción), Navarra, Aragón y Rioja, Andalucía Occidental (responsable también de la predicción para Extremadura), Andalucía Oriental y Canarias.

Los GPVs realizan diariamente una labor continuada de vigilancia y predicción a muy corto plazo relacionada especialmente con los fenómenos adversos y la realización de avisos y predicciones específicas para Protección Civil y otros usuarios, así como con las actividades de soporte aeronáutico. Desarrollan también tres predicciones diarias, hasta 36 o 48 horas, para el ámbito autonómico y provincial y una, hasta cuatro días, para el ámbito autonómico.

Por su parte el CNP desarrolla productos de carácter nacional, coordina la operatividad de todos los GPV en las predicciones hasta 48 horas y dirige las actividades de predicción entre 48 horas y nueve días. Además, realiza una vigilancia general de carácter aeronáutico y de apoyo a la realizada por los GPVs, así como productos internos de soporte para todas las actividades de predicción.

Las herramientas básicas de predicción en el INM son el modelo de predicción numérica HIRLAM-INM, que se calcula cuatro veces al día con resoluciones espaciales de unos 17 y 40 Km., productos de otros modelos numéricos extranjeros o del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo y distintas técnicas de predicción estadística. Para la realización de la vigilancia y predicción a muy corto plazo se utilizan, entre otros medios, la red de radares meteorológicos del INM, la red de detección de rayos, las imágenes en alta resolución de tres satélites meteorológicos y la red de estaciones automáticas y convencionales.

#### Consideraciones finales

La predicción meteorológica ha

experimentado un avance sustancial en los últimos años alcanzando un nivel alto de fiabilidad y de concreción que cada vez es más apreciado por los distintos usuarios. Pero, junto a esta evolución, se presentan nuevos problemas y retos que deben ser resueltos si se quieren aprovechar todas las posibilidades que las nuevas técnicas y productos ofrecen. Es interesante hacer referencia, siquiera sea de modo sucinto, a alguno de ellos.

En primer lugar surge la cuestión del modo de comunicar a los usuarios, sobre todo a los de carácter general, una información cada vez más rica y fiable pero también más amplia



Antena satélite

y compleja. Debe considerarse a este respecto que en la actualidad ya es posible asignar un nivel de probabilidad de ocurrencia de los distintos elementos que conforman una predicción a medio plazo (o también de la incertidumbre de ocurrencia) y éste es, desde luego, el mayor y mejor nivel de información posible...¿Cómo se puede comunicar todo ello al ciudadano medio de forma que le resulte comprensible y no eche de menos la "vieja" predicción determinista?

Otra cuestión importante es el papel del elemento humano en las actividades de vigilancia y predicción meteorológica en los próximos diez o quince años. Si bien cabe conside-

rar que la "sinergia", que puede ofrecer la visión integrada de un predictor experimentado y bien formado y perfecta y regularmente entrenado, puede ser crucial para añadir un valor sensible sobre todo a las actividades de vigilancia y de predicción a muy corto plazo, también debe considerarse el esfuerzo continuado que los Servicios Meteorológicos deberán desarrollar para mantener equipos de predictores de estas características sobre todo en entornos organizativos con dificultades administrativas o económicas.

Por último, y en cierta conexión con lo anterior pero desde un punto de vista más amplio, surge la cuestión de cuál debe ser la línea a seguir por los Servicios Meteorológicos por lo que se refiere a productos de predicción en un entorno tan competitivo y variado como el actual propiciado fundamentalmente por los medios de comunicación y sobre todo por Internet...¿Se debe competir en todos los campos?, ¿se deben seleccionar cuidadosamente éstos, tomando unos y abandonando otros?, ¿deben existir una serie de productos que posean siempre un nivel de calidad irrenunciable como "marca de fábrica" de un Servicio Meteorológico

aparte de cualquier otra consideración "calidad / cantidad"? ¿cuáles deben ser las actividades o productos básicos e irrenunciables de un Servicio Meteorológico?

Todos los Servicios Meteorológicos tienen que ir respondiendo de modo ineludible a estas cuestiones y proceder a organizarse de modo adecuado a las decisiones tomadas. Lógicamente, todo ello afecta a nuestro Instituto Nacional de Meteorología donde estas decisiones tienen que ser adoptadas teniendo también muy en cuenta las características de nuestra meteorología, la realidad administrativa del Estado y la sociología del usuario español. ■