

# **La meteorología y la predicción del tiempo ¿Cuál es actualmente su nivel de fiabilidad?, ¿por qué se equivocan los meteorólogos?**

Manuel Palomares, febrero 2008 – [palomares@inm.es](mailto:palomares@inm.es)

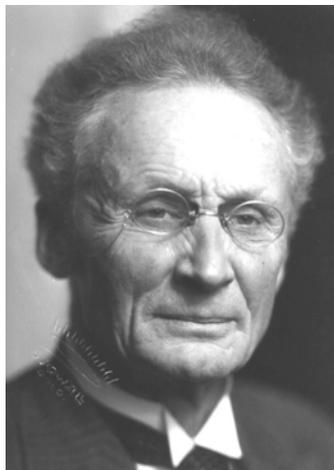
La meteorología es la ciencia que estudia la atmósfera y su evolución y una de sus principales aplicaciones es la predicción del tiempo futuro, de enorme utilidad en muchas actividades humanas, desde la seguridad en los medios de transporte hasta su empleo para planear nuestras vacaciones, pasando por muchísimas otras aplicaciones.

A pesar de los enormes avances que la meteorología ha experimentado en las últimas décadas los meteorólogos siguen equivocándose algunas veces en sus predicciones, pero mucho menos de lo que lo hacían hace, digamos, veinte años. Las bromas que siempre se han hecho con este tema son ahora menos frecuentes y los espacios del tiempo en la televisión y otros medios de difusión alcanzan casi siempre las cuotas más altas de audiencia. La predicción del tiempo a un plazo corto, para el día siguiente o a dos días vista, alcanza ahora una fiabilidad extraordinariamente alta. Sin embargo a medida que se alarga el período de la predicción disminuye el porcentaje de acierto.

Para saber de una manera un poco objetiva hasta que punto son fiables las predicciones del tiempo, es necesario conocer un poco como funciona la meteorología moderna, qué datos y que medios utilizan los meteorólogos para predecir el tiempo.

## **La predicción numérica, herramienta básica de la meteorología moderna**

Para conocer el futuro estado de la atmósfera, a partir de un estado inicial de la misma, se utilizan actualmente como herramienta básica los llamados modelos numéricos de predicción del tiempo. Estos modelos físico-matemáticos simulan el comportamiento de la atmósfera a partir de unos datos iniciales constituidos por las observaciones de las variables atmosféricas (presión, temperatura, humedad, viento, etc.). Sobre estos datos iniciales se aplican (se integran) las ecuaciones físico-matemáticas que definen su evolución temporal. El resultado será el valor de esas variables en un instante futuro.



**Vilhelm Bjerknes**  
(*Meteorologische Zeitschrift*, 1904)

Ya a principios del siglo XX se empezó a reconocer que ese método era el único que podía conseguir predicciones realmente fiables. El primero en enunciarlo fue V. Bjerknes, conocido como el padre de la meteorología moderna, en su famoso programa de 1904: “De ser cierto, como cree todo hombre que piense científicamente, que los estados atmosféricos posteriores se desarrollan de los anteriores según leyes físicas, entonces se puede entender que las condiciones necesarias y suficientes para una solución racional del problema de pronóstico en meteorología son estos requisitos: Es preciso conocer con suficiente precisión el estado de la atmósfera en un instante dado. Es preciso conocer con suficiente precisión las leyes que rigen la evolución de un estado atmosférico hacia otro”.

Sin embargo, el método propuesto por Bjerknes y formalizado inicialmente en 1920 por Lewis Richardson, no pudo empezar a aplicarse hasta muchos años después. El sistema de ecuaciones diferenciales que deben utilizarse es muy complicado y sólo puede resolverse por laboriosos métodos numéricos (de ahí la denominación de “predicción numérica”) y además el número de datos que hay que introducir es enorme. La técnica solo pudo aplicarse cuando empezaron a desarrollarse los ordenadores y solo empezó a alcanzar cierta precisión cuando aumentó sensiblemente su potencia de cálculo.

Por esa razón, el desarrollo de la predicción meteorológica ha ido paralelo al desarrollo de las técnicas informáticas y en concreto a los llamados “superordenadores” capaces de realizar miles de millones de operaciones por segundo. El superordenador que posee por ejemplo el Instituto Nacional de Meteorología tiene una capacidad punta de 500 Gigaflops (mil millones de operaciones por segundo) y figura en la lista de los 200 ordenadores más potentes del mundo.



**Meteorólogos de varios países junto al superordenador CRAY-XI del INM**

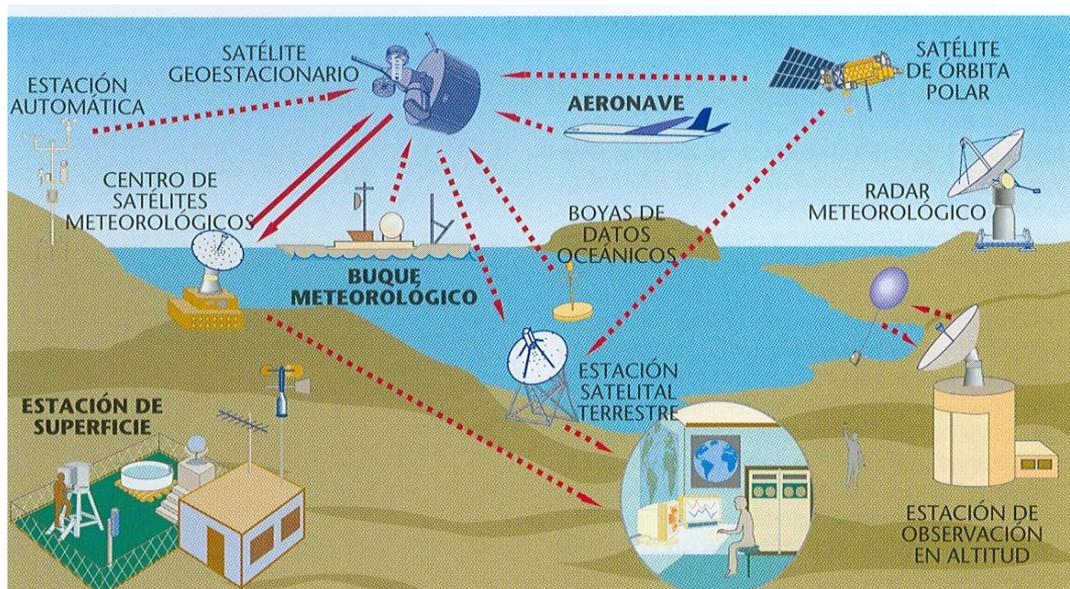
Disponiendo de esos medios tan poderosos y con los avances científicos de los últimos tiempos ¿Cómo es que las predicciones siguen siendo imperfectas, sobre todo cuando se realizan para períodos de varios días después de su producción? Hay varios factores que influyen, y el primero de ellos es la propia inexactitud de los datos de observación.

## El problema de la observación de las variables atmosféricas.

Para realizar una predicción de la atmósfera los datos sobre su estado inicial deben conocerse con la mayor aproximación posible a la realidad. Sin embargo su medición nunca es suficientemente precisa, porque los instrumentos y los propios procedimientos de medida no pueden ser perfectos. Es imposible, por ejemplo, medir la temperatura del aire con centésimas de grado.

Por otra parte, como la atmósfera evoluciona de forma global, los modelos necesitan alimentarse de datos observados sobre todo el planeta y la cobertura de datos es muy escasa en los océanos y en regiones poco pobladas o de escaso desarrollo. La disponibilidad de datos en el hemisferio Sur dominado por el inmenso océano Pacífico es muy inferior a la del hemisferio Norte. En los polos son casi inexistentes.

Todo ello se intenta corregir aprovechando todo tipo de datos, tanto de los observatorios meteorológicos en las zonas del planeta habitadas, como los observados con satélites, radares, boyas marinas e incluso los que proporcionan los barcos y los aviones comerciales. En la figura siguiente podemos ver un esquema de todas las fuentes de datos que se introducen en los modelos:



**El Centro informático de un servicio meteorológico recibe datos de observaciones terrestres, marinas, de globos sonda, satélites, radares y aviones en vuelo (figura: OMM)**

A pesar de ello la información que se introduce en los modelos sigue siendo insuficiente para analizar con toda precisión el estado inicial verdadero de la atmósfera en un momento dado. Por otra parte las pequeñas inexactitudes en los valores de los datos producen una distorsión ligada a lo que los meteorólogos conocen como “la naturaleza caótica de la atmósfera”. Un pequeño error en su especificación conducirá al modelo a amplificar este error a la hora de pronosticar el estado de la atmósfera en instantes posteriores. Se trata de una consecuencia más de lo que los físicos estudian como evoluciones caóticas. Pequeñas influencias insignificantes al principio se van amplificando, haciendo que al cabo del tiempo tengan una influencia decisiva en el sistema. Como decía el premio Nobel Lorenz, el batir de alas de una mariposa en Suramérica puede provocar días después una tormenta en Europa.

## **Fiabilidad actual de las predicciones meteorológicas**

El factor caótico de la atmósfera hace que la fiabilidad de las predicciones de los modelos disminuya según avanza el período de predicción. Los mejores modelos tienen una fiabilidad muy alta para predecir el tiempo al día siguiente, pero se estima que a seis o siete días su fiabilidad real es ya de sólo el 60%. Por debajo de ese porcentaje se suele considerar que la predicción deja de ser útil. No hay una definición rigurosa de lo que significa “útil”, pero en latitudes medias, por ejemplo, la probabilidad de que, si un día el tiempo es seco, también lo sea el día siguiente o si es lluvioso que continúe siéndolo, es del 60%. Para que una predicción sea útil debe aportar mayor valor que ese criterio tan simple.

Durante los últimos años los modelos meteorológicos no han dejado de perfeccionarse y los datos de observación introducidos son cada vez mejores en calidad y cantidad, pero los avances son muy lentos. Se calcula que actualmente las predicciones del tiempo a cinco días son tan buenas como las que hace veinte años se hacían para tres días. Puede parecer un avance pequeño pero ha representado un esfuerzo enorme de muchos científicos y una extraordinaria colaboración entre los servicios meteorológicos de muchos países.

## **Las escalas meteorológicas**

Otro factor que interviene en el acierto de las predicciones es su escala espacial. Los modelos meteorológicos trabajan por interpolación en una red de puntos determinada, pero las condiciones del tiempo real se ven afectadas por frecuencia por factores de escala más reducida, por ejemplo la orografía local que afecta y modifica la evolución de las nubes y la circulación del viento provocando efectos que no se producirían con un terreno uniforme.

Aunque los modelos intentan incorporar esos factores, a menudo no pueden hacerlo con suficiente exactitud, porque son de escala demasiado pequeña. No se trata solamente de un problema de carencia de suficiente densidad de datos. Si se introducen datos y factores de escalas reducidas en los modelos su influencia distorsionaría el equilibrio del sistema de cálculo, introduciendo errores en la escala superior que interacciona con la inferior. Ese es por ejemplo el motivo de la dificultad de predecir circulaciones de viento de pequeña escala como las brisas costeras.

## **El factor humano**

Aunque la creciente perfección de los modelos de predicción va arrinconando al papel que antaño aportaban los meteorólogos con su experiencia y su conocimiento de las condiciones locales, se estima que su intervención tiene todavía un valor añadido al de las frías máquinas, aunque se ha ido reduciendo sobre todo a la predicción de corto plazo. La mente humana tiene todavía una agilidad superior para interpretar las posibles desviaciones de la evolución prevista por los modelos en el período más cercano, con ayuda de las modernas técnicas de observación desde satélite y radar.

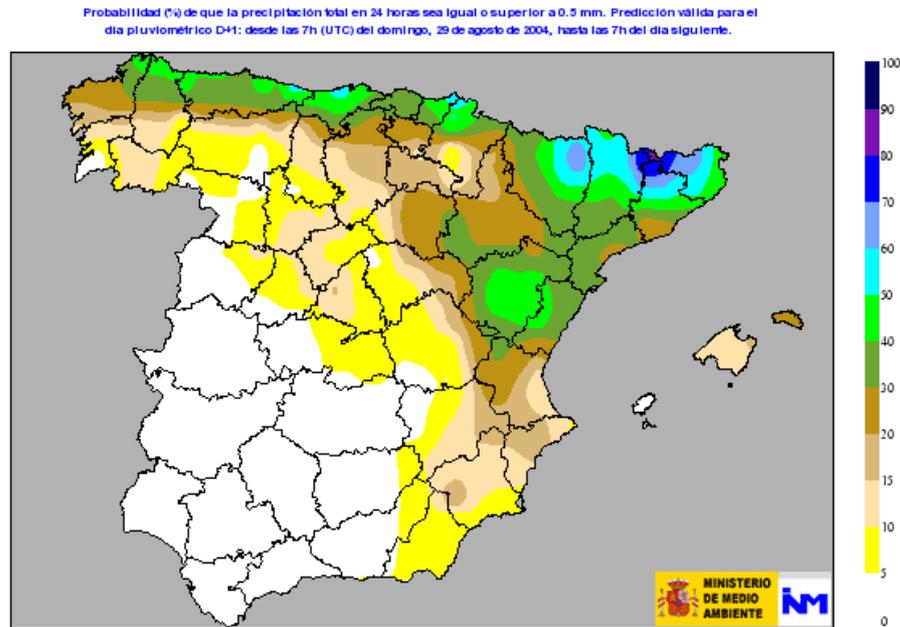
Este factor humano es el que hace que a menudo se comente que tal o cual cadena de televisión, o tal o cual servicio meteorológico hace mejores o peores predicciones. La materia prima de los modelos numéricos, sobre todo los que utilizan los Servicios Meteorológicos

Nacionales es de parecida calidad en todos los casos, pero el factor humano, la interpretación, la experiencia y los medios auxiliares pueden empeorar o mejorar la información que llega al público.

## La predicción probabilística

La mayor limitación de la predicción meteorológica sigue siendo la imposibilidad de los modelos numéricos para simular perfectamente el comportamiento de nuestra atmósfera. Sin embargo los meteorólogos utilizan como ayuda métodos específicos para asignar probabilidades a distintas evoluciones posibles del tiempo en un cierto período. Las predicciones “por conjuntos” son sistemas de predicciones múltiples aplicadas a pequeñas variaciones aleatorias de los datos iniciales. La dispersión de los resultados del modelo sobre los conjuntos de datos ofrece una medida de la probabilidad de cada posible escenario. Por ejemplo si en un período dado la mayoría de los resultados apuntan hacia la misma evolución, la predicción no es tan dependiente de los datos iniciales como en otro caso y existe una probabilidad muy alta de que esa sea realmente la evolución real.

El público y demás usuarios de las predicciones meteorológicas deberían apreciar y usar en mayor medida el concepto de probabilidad que los meteorólogos profesionales conocen y aplican en sus predicciones. Una predicción que exprese simplemente que pasado mañana “va a llover mucho en Madrid” es a menudo menos consistente y tiene menor valor científico que una que indique que la probabilidad de lluvia es del 80% y la probabilidad de que sea intensa del 50%.



© INM

**Mapa de probabilidad del Instituto Nacional de Meteorología en Internet. Los colores indican las distintas probabilidades de que la precipitación sea superior a 0,5 litros por metro cuadrado**

Sin embargo, el uso de probabilidades es un concepto que cuesta introducir en la mentalidad del público y demás usuarios. Ya en tiempos en que no se disponía de las sofisticadas técnicas actuales el concepto probabilístico de la predicción era poco apreciado. Una anécdota conocida es la solicitud que Winston Churchill hizo a su equipo de meteorólogos para que le

dieran una predicción lo más perfecta posible para el desembarco en Normandía en junio de 1944. Cuando le informaron que la probabilidad de que lloviese era del 50% comentó jocosamente que para eso no necesitaba meteorólogos. Sin embargo la información era útil: de acuerdo a las estadísticas en junio sólo llueve en Normandía el 20% de los días; indicar que la probabilidad era del 50% suponía predecir una probabilidad alta de lluvia. Y efectivamente, el desembarco se realizó bajo lluvias intermitentes.

Los mismos casos siguen produciéndose continuamente en la actualidad. En la Navidad de hace pocos años, el Instituto Nacional de Meteorología aviso con varios días de anticipación la alta probabilidad de nevadas en la Meseta Norte y la posibilidad de que fueran intensas en algunos puntos. Muchos automovilistas se pusieron en viaje sin cadenas y sufrieron las consecuencias, pero fue más significativo el caso de algunos que al observar que las precipitaciones eran débiles en la costa norte emprendieron el viaje hacia Madrid el día 26 de diciembre para encontrarse después atrapados en las carreteras de Burgos cortadas por una de las nevadas más intensas de los últimos años.

La atmósfera sigue resistiéndose a ser totalmente dominada por el hombre y probablemente seguirá mucho tiempo haciéndolo. Pero si conocemos las limitaciones que sigue teniendo la meteorología y las apreciamos en su justa medida, podemos seguir obteniendo un valor muy útil de la predicción del tiempo. Y comprobaremos hasta que punto el porcentaje de acierto actual supera muy ampliamente al de errores.