

PREDICCIÓN METEOROLÓGICA Y CAOS

Adolfo Marroquín Santoña
Doctor en Física - Meteorólogo del Estado
Miembro de la Comisión Científica de la RSEEAP

Puesto que tanto en las revistas científicas como en la prensa diaria aparecen con cierta frecuencia previsiones (reconozco que yo mismo he aportado algunas) de lo que va a ocurrir con las temperaturas en los próximos años o decenios, de si las lluvias van a ser superiores o inferiores y de si el número de tormentas severas va a ser mayor o menor, podría pensarse que el tema de la predicción a medio o largo plazo está ya resuelto científicamente y por tanto en fase "operativa". Lamentablemente no es así, e incluso se está cuestionando que pueda alcanzarse algún día. Sin embargo, conviene tener claro para empezar que los conceptos de meteorología y climatología son cosas diferentes, a pesar de que desgraciadamente son manejados indistintamente con bastante frecuencia, sobre todo en estas plataformas de rápida y amplia difusión que son los medios de comunicación. Etimológicamente es claro que la meteorología es la ciencia que estudia los meteoros, es decir las lluvias, tormentas, olas de frío, golpes de calor, vientos, tornados, y un largo etcétera de fenómenos atmosféricos, mientras que la climatología es la que estudia el clima, es decir lo mismo. Bueno, parece que ya empezamos con la confusión, camino del caos.

Pero no, puesto que en realidad está claro, la meteorología trata de esos fenómenos pero en el entorno temporal del momento en que ocurrieron o están ocurriendo, es decir el día a día del estado de la atmósfera, mientras que el clima (concepto por otra parte muy difícil de definir) tiene relación con la historia de esos fenómenos a lo largo de todo el período de existencia del planeta y con la proyección de los mismos hacia el futuro, pero a decenios o siglos vista. Así pues, se puede hablar de la situación meteorológica que estamos padeciendo o disfrutando hoy, o de la que tuvo lugar en una fecha determinada, pero no tiene sentido decir que un acto público se ha visto deslucido por una climatología adversa.

De acuerdo con lo anterior, una predicción meteorológica es la que nos informa de lo que está previsto que ocurra en la atmósfera en los días próximos, hasta cinco días con una razonable probabilidad de acierto o hasta diez cuando la situación es suficientemente estable, y aun así con bastantes dudas. Más allá de eso, es decir si alguien se atreve a predecir los fenómenos atmosféricos en un día futuro concreto a varios meses vista, entonces no estamos hablando de predicción meteorológica, sino simplemente de ciencia-ficción. Por favor, no me pregunte usted el 18 de mayo cómo va a ser, meteorológicamente hablando, el 23 de septiembre, aunque ese día tenga Vd. la boda de su hija, porque yo me pongo en su lugar, comprendo y comparto sus inquietudes y zozobras, pero es sencillamente imposible una predicción medianamente seria para un día fijo a ese plazo temporal. Sería posible una estimación en términos estadísticos, pero créanme Vds. eso no funciona para un día concreto. Con los conocimientos actuales, nuestra capacidad de predicción presenta una laguna temporal entre los cinco o diez días máximo que alcanza la predicción meteorológica y los varios años o decenios a que podemos establecer la predicción climática, de forma que entre esos dos intervalos temporales reina la incertidumbre, cuando no el caos.

Ahora bien, en la física actual lo caótico, es decir lo relativo al caos, no está necesariamente unido al concepto clásico de confusión y desorden, sino más bien al de evolución imprevisible.

Cuando este servidor de ustedes asistía como alumno, hace ya una barbaridad de años, a las clases de Astrofísica y de Física del Aire que por aquel entonces impartían en la Universidad Complutense de Madrid los ilustres Profesores D. Enrique Gullón de Senespleda y D. Francisco Morán Samaniego, respectivamente, se me planteaba frecuentemente la duda de por qué perteneciendo ambas disciplinas al ámbito de las llamadas Ciencias Exactas, y siendo ambas tratadas con el mismo rigor y exactitud en los cálculos, los resultados eran, sin embargo, tan divergentes en cuanto a su capacidad de proyección hacia el futuro previsible.

Las cosas han cambiado poco desde entonces, de forma que hoy somos capaces de predecir con absoluta precisión la posición de cualquier cuerpo celeste en cualquier momento y en cualquier instante, actual o futuro, en este siglo o en siglos venideros. Sin embargo no somos capaces de predecir el valor que alcanzará una variable meteorológica cualquiera en un lugar determinado dentro de apenas unos días. Las causas de esta aparente contradicción hay que buscarlas en la periodicidad de los fenómenos astronómicos, frente a la aperiodicidad de los meteorológicos. Pero además, mientras que en astronomía las condiciones iniciales pueden establecerse, en general, con una enorme exactitud y precisión, en meteorología las condiciones iniciales, es decir el estado de la atmósfera en un instante dado, es prácticamente imposible de establecer, de forma que hemos de aceptar como válidas unas condiciones aproximadas a partir de algunas observaciones "puntuales", y de una serie de hipótesis de partida para asignar los valores que las variables meteorológicas toman en los infinitos puntos no coincidentes con los de la red de observación.

Únicamente la utilización de ordenadores cada vez con mayor capacidad y rapidez ha permitido desarrollar predicciones meteorológicas razonablemente fiables a un plazo de varios días. Sin embargo la experiencia demuestra que el acierto de las predicciones suministradas por los modelos físico-matemáticos decrece a medida que el plazo es mayor, de forma que más allá de los cinco días, o hasta diez en el mejor de los casos, las predicciones resultan prácticamente aleatorias. Las cuestiones que uno se plantea entonces son: ¿Es que los modelos, es decir las ecuaciones, que estamos utilizando son inadecuadas?, ¿O bien es que existe alguna razón más profunda que impide extender las predicciones más allá de un cierto número de días?

A la primera de las preguntas puede responderse señalando que si bien la atmósfera es un sistema enormemente complejo, con fenómenos que tienen lugar simultáneamente a múltiples escalas de espacio y tiempo, sin embargo el conocimiento cada vez mayor de estos fenómenos, de su parametrización y de su inclusión en los modelos tratados con ordenadores más y más potentes, han dado como resultado una mayor aproximación de las predicciones, pero no una extensión a más días vista. Es entonces cuando nos enfrentamos con la segunda de las cuestiones ¿Es que existe un límite en el tiempo, más allá del cual no podemos llegar con la predicción?. La respuesta hay que buscarla tal vez en la complejidad de la dinámica no-lineal subyacente en los fenómenos atmosféricos, y entonces las ciencias físicas y matemáticas sugieren el enfoque del caos determinista, cuyo rasgo más característico es su sensibilidad a las condiciones iniciales.

En efecto, con nuestros modelos actuales, un pequeño error en las condiciones iniciales de la atmósfera cuya evolución se quiere analizar, da como resultado un gran error a lo largo del funcionamiento del modelo por perfecto que éste sea. Hoy se sabe que muchos sistemas deterministas representados por ecuaciones matemáticas aparentemente simples, pueden sin embargo comportarse de forma tan irregular y compleja que resulte imposible prever con precisión su evolución futura. El estudio de esta dinámica caótica fue desarrollado en principio por los matemáticos, pero en los últimos años ha invadido múltiples campos de la física. De hecho, el pionero fue el meteorólogo Edward N. Lorenz, quien al aplicar en 1963 este tipo de modelo a un problema físico encontró el comportamiento caótico del sistema, lo que posteriormente dio lugar a la actualmente denominada por algunos "Ciencia del Caos".

Lorenz trataba de entender la impredecibilidad del tiempo meteorológico y de buscar respuesta a la pregunta ¿Por qué es mucho más difícil predecir el movimiento de la atmósfera que el de los cuerpos estelares que pueblan el Universo?. Ambos sistemas están gobernados por las leyes de Newton, de acuerdo con las cuales, si puede fijarse la posición y velocidad de un cuerpo en un instante dado, ambas quedan determinadas para siempre, de forma que, en teoría al menos, podríamos prever la posición y velocidad de ese cuerpo en cualquier momento del futuro.

Estas ideas llevaron al matemático francés Laplace a afirmar en el siglo XVIII que, dadas la posición y la velocidad de todas las partículas de la atmósfera, él podría establecer una predicción para el resto de los tiempos venideros. En la práctica, la simple idea de conocer la posición y velocidad de "todas" las partículas resulta evidentemente utópica, no obstante, en los días en que Laplace expuso su idea, ésta se consideró como posible, al menos en teoría. En la actualidad, a finales del siglo XX, ya no es posible mantener la idea, ni siquiera en teoría, dado que se sabe que existen límites en la exactitud de las medidas de posición y velocidad de cada una de las partículas (Principio de indeterminación de Heisenberg), lo que unido a la teoría de Poincaré que establece que pequeñas diferencias en las condiciones iniciales pueden generar diferencias muy grandes en los fenómenos finales, de forma que un pequeño error en los primeros provocaría un error enorme en los últimos, nos hace llegar a la conclusión de que más allá de unos días la predicción se hace imposible y el fenómeno se convierte en puramente casual.

Según lo anterior parecería que estamos condenados definitivamente a una limitación temporal de las predicciones meteorológicas, y probablemente es así para el tipo de predicción "cuantitativa" tal como la manejamos a corto plazo, no obstante hay que dejar abierta una puerta a la esperanza, puesto que tal vez no sea así para una predicción "cualitativa", es decir del tipo de las que se manejan para predicciones estacionales, para las que resulta suficiente establecer si los valores esperados de una variable se encontrarán por encima o por debajo de un umbral dado (habitualmente el valor medio de la variable de que se trate).

Badajoz, marzo 2001

A.M.S.