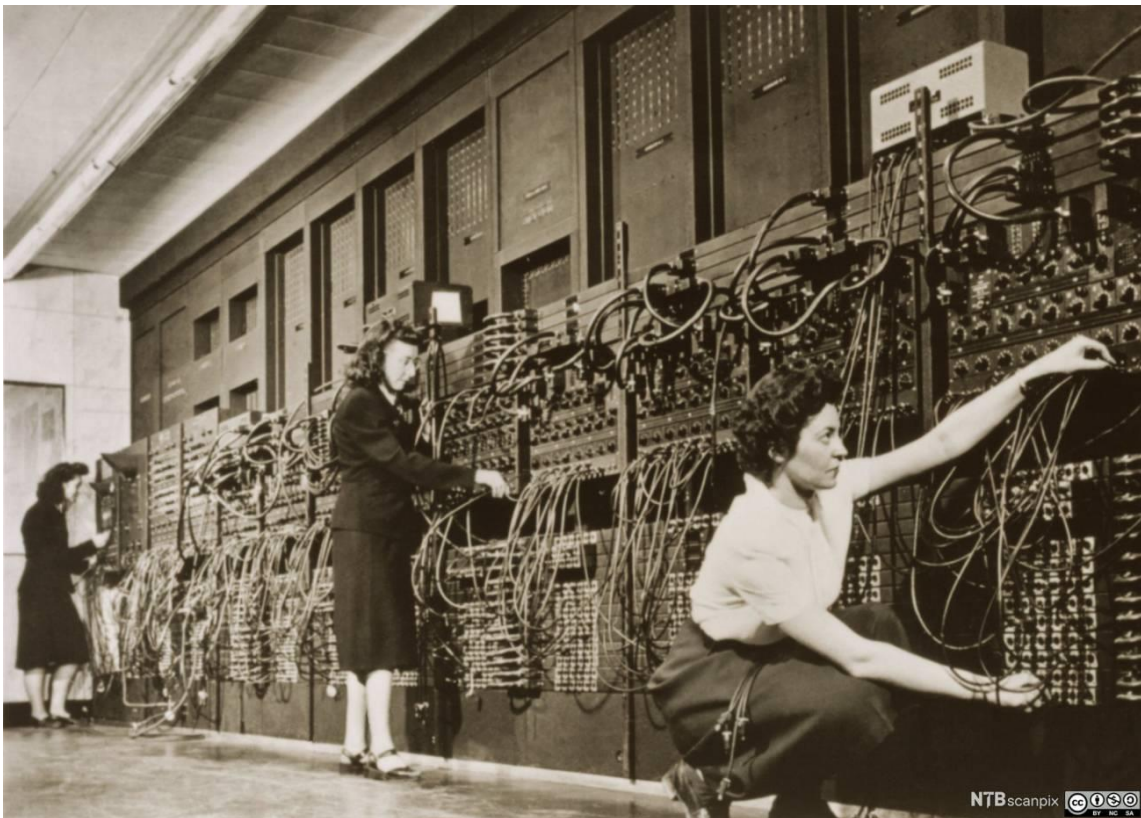


# La predicción matemática del tiempo cumple 100 años

Pablo Francescutti

Artículo publicado en SINC (<https://www.agenciasinc.es/>) el 23 de julio de 2022

Hasta bien entrado el siglo XX, el pronóstico meteorológico tenía mucho de artesanal y poco de científico. En su mejora tuvo mucho que ver la primera predicción con números, realizada por Lewis Fry Richardson hace un siglo. La aportación del matemático británico, reforzada por el avance informático, hizo que diera un salto enorme en rapidez y precisión.



Ordenador ENIAC de 1ª generación. Ocupaba una superficie de 167 m<sup>2</sup> y operaba con un total de 17.468 válvulas electrónicas, 7.200 diodos de cristal, 1.500 relés, 70.000 resistencias y 10.000 condensadores. Realizaba cerca de 5.000 sumas y 300 multiplicaciones por segundo./ NTB Scanpix

“Aciertas menos que el hombre del tiempo”, rezaba un dicho caído en el olvido. La expresión refleja la escasa confianza que la predicción meteorológica inspiraba antes de la introducción de los ordenadores.

Para anticipar el tiempo se recurría “a fenómenos que habían sucedido en el pasado, y por observación de la atmósfera se determinaba lo que iba a ocurrir en pequeñas regiones. Aunque existía una red de observatorios, la poca comunicación entre ellos hacía muy complicado, por ejemplo, establecer con suficiente tiempo la formación de un centro de bajas presiones. La predicción meteorológica no era una ciencia todavía”,

comenta a SINC Susana Bayo, física especializada en atmósfera del Environmental Physics Laboratory de la Universidad de Vigo.

Superar esos obstáculos fue el cometido que se fijó Lewis Fry Richardson, un matemático nacido en la Inglaterra victoriana. Graduado en ciencias naturales en Cambridge, su formación cuáquera —una rama disidente de la iglesia anglicana— le movió a declararse objetor de conciencia al estallar la Primera Guerra Mundial. Transcurrió la contienda en una unidad de ambulancias conducidas por cuáqueros, aprovechando “su trabajo de camillero para recopilar observaciones meteorológicas”, refiere a SINC José Miguel Viñas, meteorólogo de Meteored ([www.tiempo.com](http://www.tiempo.com)).

Finalizadas las hostilidades, Richardson retornó a la Oficina Meteorológica a la que había ingresado en 1913, pero fue despedido por sus antecedentes de objetor cuando el departamento pasó a depender del Ministerio del Aire. Optó entonces por ejercer la docencia mientras trabajaba en diversas investigaciones, entre ellas, ciertos problemas físicos relacionados con la atmósfera.

## **La fábrica de pronósticos**

Richardson no partía de cero; se apoyó en las aportaciones del noruego Vilhem Bjerknes formuladas en 1904 con la intención de hacer de la meteorología una ciencia exacta.

“Bjerknes planteó la predicción como un problema matemático, en el que a partir de unos datos que definen las condiciones iniciales de la atmósfera se ejecutan las ecuaciones físico-matemáticas que describen la dinámica atmosférica y los procesos termodinámicos que ocurren en el aire. Resolviendo las ecuaciones para un plazo de tiempo dado, obtenemos nuevos datos que definen el estado futuro de la atmósfera”, señala Viñas. “Y comprobó que el sistema de ecuaciones no era lineal, lo que impedía obtener soluciones exactas. A este importante reto tuvo que enfrentarse Richardson”.

El británico lo encaró diseñando fórmulas que hicieran operativo el modelo teórico del noruego. Apoyándose en los conocimientos más punteros sobre el papel de las radiaciones y la difusión turbulenta en las capas superiores de la atmósfera, dividió el planeta en 25 cuadrantes, especificando sus respectivas variables dinámicas. De cada cuadrante se encargaría un cuantioso equipo de calculadores al mando de un coordinador.

La idea era que el equipo trabajara por turnos en una sala del tamaño de un teatro. Procesarían los datos sobre presión atmosférica, humedad, temperatura y dirección del viento proporcionados por los globos sonda diseminados alrededor del globo. Todos ellos —64.000 expertos en total— reportarían a un director de operaciones, que, desde un pedestal, “como un conductor de orquesta con reglas de cálculo y máquinas calculadoras” en vez de una batuta, conseguiría que la ‘sinfonía’ de datos suministrados en tiempo real convergiese en pronósticos solventes.

La clave residía en las ecuaciones que el enjambre de pronosticadores emplearía para describir los flujos atmosféricos. Richardson “desarrolló el método de las diferencias finitas para llegar a una solución aproximada”, detalla Viñas en referencia a la

resolución de ecuaciones diferenciales parciales por aproximación numérica (como una serie de instantáneas de una pelota desplazándose en el aire, en otras palabras). Para someter a prueba sus fórmulas eligió un día determinado, el 20 de mayo de 1910, y un lugar próximo a Múnich, y a partir de los datos registrados por los globos sonda a las siete de la mañana se propuso predecir el tiempo que haría las seis horas siguientes.

El fruto de sus afanes, la primera predicción numérica de la historia y el postulado de que la variable decisiva en la atmósfera son las cascadas de turbulencia, fueron volcados en lo que hoy es un clásico de la disciplina: el libro *Weather Prediction by Numerical Process* [*Predicción meteorológica por proceso numérico*], de cuya publicación acaban de cumplirse cien años.

Viñas advierte que “a posteriori se comprobó que el estado futuro de la atmósfera pronosticado en el libro no se correspondió con el tiempo que efectivamente aconteció el día elegido. A pesar del ‘fallo’, constituyó un hito de la historia de la meteorología”. Si bien sus ecuaciones no tuvieron en cuenta las pequeñas fluctuaciones iniciales que desbarataron el resultado final, sentaron las bases de los pronósticos y las simulaciones climatológicas que vinieron después.

## **Los ordenadores entran en escena**

Había otro inconveniente: su método demandaba tres meses de operaciones con reglas de cálculo para un pronóstico de 24 horas; operaciones que Richardson cumplió en los ratos libres que le dejaban sus obligaciones docentes. Su aprovechamiento requería una potencia de cálculo más veloz que los fenómenos que se quería anticipar, algo que solo el avance de la informática pudo garantizar. “Transcurrieron casi tres décadas hasta que estuvo operativa la primera computadora de la historia: ENIAC”, recuerda Viñas.

“El matemático John Von Neumann programó, con ayuda de un par de meteorólogos, un primer modelo numérico muy básico. Su programación les llevó algo más de un mes, pero bastante menos tiempo su ejecución con ENIAC. En este caso, el estado futuro de atmósfera previsto sí que se pareció al que finalmente ocurrió”. Digamos de pasada que el matemático irlandés Peter Lynch destacó las sorprendentes semejanzas entre la “fábrica de pronósticos” imaginada por su colega inglés, con sus decenas de miles de calculadores trabajando simultáneamente en diferentes subtareas”, y “un moderno procesador para el cálculo paralelo masivo”.

“Fue el pistoletazo de salida de la predicción numérica del tiempo, cuyo desarrollo llega hasta nuestros días. Los modelos empezaron a ser cada vez más sofisticados, requiriendo más datos de los ordenadores”, prosigue Viñas. En España, “aunque las primeras experiencias datan de 1966, la aplicación sistemática de la predicción numérica del tiempo se implantó en los años 80”, indica a SINC Carlos Santos Burguete, especialista en modelos atmosféricos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y coordinador de la obra “Física del caos en la predicción meteorológica”.

## **La ilusión de la predicción perfecta**

Es difícil precisar cuánto se hubiera demorado el avance en meteorología sin los logros de Richardson. “El problema de la predicción numérica del tiempo ya lo había planteado Bjerknes a nivel teórico. Si no hubiera existido Richardson, otro matemático habría tratado de llevar a la práctica el planteamiento de Bjerknes algunos años más tarde”, plantea Santos Burguete.

El experto opina que “existió una posibilidad real de que los ordenadores se pudieran haber adelantado algunos años, por lo que podría haberse dado la circunstancia de que ese hipotético matemático hubiera hecho uso de un primitivo ordenador en los años 30 o 40. De haberse dado esa circunstancia, la evolución posterior de la predicción meteorológica no creo que hubiera sido muy diferente a la acontecida”.

Susana Bayo piensa de un modo similar: “En aquel momento había bastante interés por proponer métodos para la resolución de las ecuaciones, y la aproximación cuasi-geostrófica era uno de ellos, aunque finalmente se consideró que el de Richardson era el mejor, como ha demostrado su utilización actual. Así que es posible que la solución llegase, aunque mucho más tarde”.

“Es muy difícil desligar las aportaciones de un solo científico de un complejo caldo de cultivo como es la comunidad científica”, comenta por su parte Santos Burguete.

En la actualidad, añade, “se hace cada vez más acertado el concepto ‘alzarse a hombros de gigantes’. Es correcto hasta cierto punto ligar a Einstein a la teoría de la relatividad. En la teoría cuántica es ya muy difícil decir que hubo un padre o creador, pues fue más bien un grupo amplio de personalidades científicas. Y la predicción numérica del tiempo no es una excepción: era cuestión de tiempo que otras personas desarrollaran formalismos similares. Asimismo, es conveniente decir que los avances científicos, a menudo y cada vez más, tienen un carácter interdisciplinar. Richardson fue matemático, físico, psicólogo y activo pacifista”.

En cuanto al futuro, ¿se cumplirá algún día el sueño de Bjerknes de elaborar un pronóstico del tiempo tan exacto como las predicciones astronómicas? Santos Burguete cuestiona la idea de que en meteorología “hay un final de trayecto, que serían las predicciones perfectas. Sin embargo, en la actualidad la comunidad científica ha aceptado plenamente que no se pueden hacer predicciones ‘perfectas’ aunque, a cambio, sí pueden mejorarse introduciendo el caos y la probabilidad como ingrediente esencial en el mecanismo de predicción. Se trabaja, así, con varios escenarios y probabilidades para la evaluación del riesgo de fenómenos meteorológicos adversos. No sabemos lo que resta, pero sabemos que seguimos caminando”.

## **La matemática de la guerra**

Volviendo a Richardson, cabe añadir que sus convicciones pacifistas motivaron su negativa a que sus hallazgos sobre la difusión turbulenta fueran utilizados por los militares en la guerra química. “La ciencia debe subordinarse a los principales morales”, sostenía, y siguiendo ese ideal decidió aplicar su conocimiento matemático a la prevención de la guerra.

En los años '30, cuando el rearme de Alemania hacía temer lo peor, comenzó a estudiar las relaciones internacionales. Pergeñó un modelo formal de carrera armamentista impulsado por la competición con un contrincante, un factor de “fatiga” fijado por el nivel del gasto militar, y los “agravios” imputados al adversario. Inicialmente restringido a dos adversarios, lo amplió para incluir a tres y más “competidores”.

“La mayor complejidad de estos modelos hace difícil derivar de ellos las condiciones para la estabilidad, y su verificación empírica se torna mucho más complicada”, valora Nils Petter Gleditsch, politólogo de la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología, en un libro colectivo dedicado al legado del matemático inglés. De todos modos, concluye que “los trabajos de Richardson abren el camino a una perspectiva en red de las relaciones internacionales. No existe un claro consenso al respecto, pero continúa sirviendo de inspiración al estudio del papel de la carrera armamentista en acrecentar el riesgo de guerra”.

El polifacético investigador falleció en 1953, un año antes de que la BBC emitiese el primer pronóstico meteorológico por televisión; y transmitió la pasión por el tiempo a su sobrino nieto, Julian Hunt, que en 2001 recibió la Medalla Lewis Fry Richardson — instituida en 1998 por la European Geosciences Union en memoria del matemático homónimo— por sus contribución a la modelación de flujos turbulentos y estratificados y sus aplicaciones en las dinámicas de fluido ambiental.