

MATEMÁTICAS PARA EL ESTUDIO DEL CLIMA

Jesús Ildefonso Díaz

¿Qué tipo de matemáticas está presente en el estudio del clima? Nada mejor que comenzar señalando que la interacción entre climatología y matemáticas no es exclusiva de nuestra época. Así, por ejemplo, el tema propuesto por la Academia Francesa de Ciencias para el Premio de Matemáticas de 1738 versaba sobre *la causa del flujo y reflujo del mar* resultando premiados D. Bernoulli, L. Euler y C. MacLaurin. Igualmente, el Premio de Matemáticas de la Academia de Ciencias de Prusia del año 1746 fijaba como tema *la causa general de los vientos* siendo, esta vez, premiado J. d'Alembert. Más tarde Fourier fijó su atención no ya en la predicción a corto plazo de tiempo, sino en las variaciones de clima a más larga escala de tiempo: decenas de años, siglos e incluso miles de años. Es claro que esa diferencia de objetivos (que distingue a la meteorología de la climatología) se ha de traducir en una clara diferencia en los modelos matemáticos utilizados en uno y otro caso.

La predicción a corto plazo requiere disponer de una información expresable en cantidades numéricas lo más precisas posible de cada una de las variables climáticas: temperaturas terrestres y marinas a diferentes alturas y profundidades, dirección e intensidades de las velocidades, isobaras de los fluidos que nos rodean, propiedades químicas de sus componentes (salinidad, concentraciones de gases), etc. Son los modelos denominados genéricamente *de circulación general* constituidos por numerosas *ecuaciones en derivadas parciales no lineales* acopladas entre sí. La posibilidad de predicción del tiempo, con todas sus posibles limitaciones, es uno de los grandes triunfos de parcelas fundamentales de la matemática como son el *análisis numérico* y la *computación*. No es extraño que el nombre de un meteorólogo, como L. F. Richardson, aparezca irremisiblemente en los textos de análisis numérico por sus investigaciones, en la segunda década del siglo, sobre los llamados *esquemas explícitos e implícitos*. Tampoco es de extrañar que una figura tan singular como la de J. von Neumann, autor de contribuciones que cimientan la matemática pura de este siglo, esté también unido a estas inquietudes: el 31 de enero de 1949 su potente ordenador ENIAC fue capaz de pronosticar, con 24 horas de antelación, una gran tormenta sobre el noroeste de Estados Unidos, lo que constituyó un hito en la historia de la meteorología.

Pero las técnicas más sofisticadas del análisis numérico y de la computación se quedarían en meros fuegos de artificio si no fuese por la existencia de un *modelo continuo* que formule las leyes físicas que rigen el comportamiento de las variables climáticas. Esos modelos suelen acoplar las famosas *ecuaciones de Navier-Stokes* con la de la energía térmica y otras *ecuaciones de difusión* de los componentes químicos, etc. Hace tan sólo unos años que se ha podido demostrar con todo rigor que esos modelos están *moderadamente bien planteados* [1]. Por increíble que parezca, en la fecha en la que se escribe este artí-

61