

Joseph Fourier, o Jean Baptiste Joseph Fourier si escribimos por una vez su nombre completo, y cuya biografía se cerró el 16 de Mayo de 1830, posee el apellido que aparece con mayor frecuencia en los artículos de investigación matemática publicados cada año. Ha dado lugar a un método (el método de Fourier), a unos instrumentos (series, integrales y transformadas de Fourier), y a una disciplina (Análisis de Fourier, también llamado Análisis Armónico). Suya es la frase: “El estudio profundo de la naturaleza es la mina más fértil de descubrimientos matemáticos”, que es favorita de los “matemáticos aplicados” y de quienes, a la manera platónica, estiman que las “matemáticas se descubren en mayor medida que se crean. Frase a la que contestó el idealista Carl Gustav Jacobi: “Es cierto que Fourier opinaba que el principal objetivo de las matemáticas radica en su utilidad pública y en la explicación de los fenómenos naturales; pero un filósofo como él debe saber que el único objetivo de la ciencia es el honor del espíritu humano y que, desde ese punto de vista, un problema de teoría de números es tan valioso como otro sobre el sistema del universo”.

Entender las leyes que gobiernan la propagación del calor era un problema candente en los comienzos del siglo XIX, relevante tanto para la industria metalúrgica de entonces como para el afán humano de conocer la temperatura en el interior de la Tierra y la manera como esta cambia con el tiempo y la profundidad. Joseph Fourier (1768-1830), quien nacido en el seno de una familia humilde logró estudiar en la prestigiosa Ecole Normale de París, y ser luego nombrado consejero científico de la expedición egipcia de Napoleón, contribuyó de manera decisiva a resolverlo. Creando un modelo que es un hito en el uso de las matemáticas para dominar la naturaleza, pero que también dio lugar a un método con otras muchas aplicaciones, propiciando a su vez el desarrollo de varias teorías analíticas necesarias para ponerlo a punto y explotar sus consecuencias.

El modelo de Fourier parte de dos observaciones familiares en torno a la propagación del calor, que podían ser cuantificadas en los laboratorios disponibles en su tiempo, a saber:

- 1) Conductividad: El calor fluye de las partes calientes a las frías, y la relación es de proporcionalidad inversa: si nos acercamos a la mitad de la distancia, recibiremos el doble de calor, siendo la constante de proporcionalidad, o conductividad térmica, susceptible de ser medida en el laboratorio.
- 2) Calor específico: Es la cantidad de calor que necesita un gramo de una sustancia para elevar en un grado su temperatura.

Estas leyes eran conocidas por los contemporáneos de Fourier, pero él logró ir mucho más allá en el proceso de modelización haciendo uso del cálculo diferencial y estableciendo una ecuación, ahora llamada del calor, que gobierna la evolución de la temperatura respecto a variaciones tanto espaciales como temporales. Se trata de una ecuación diferencial que relaciona la derivada temporal de la temperatura (es decir, su velocidad de cambio), con sus derivadas espaciales de segundo orden (que son cantidades relacionadas con las propiedades de difusión y conductividad del calor). El cálculo inventado por Newton y Leibniz en el siglo XVII es el instrumento adecuado para darle sentido a la ley, aunque eso, sorprendentemente, todavía representa un obstáculo para muchos ciudadanos que consideran la ecuación de Fourier como un arcano difícil de entender. Me parece, no obstante, que sí podrán

maravillarse de que una expresión tan corta y precisa pueda describir y sirva para calcular algo tan complicado como es la evolución de la temperatura de un objeto real.

Fourier escribió un primer artículo sobre este asunto que sometió a la Academia Francesa de Ciencias en 1807. El artículo fue analizado por Lagrange y Laplace quienes declinaron su publicación por una supuesta falta de rigor matemático, pero animaron a Fourier a desarrollar sus ideas sugiriendo que el problema de la propagación del calor fuese el tema del Gran Premio de la Academia para el año 1812. Fourier lo ganó con una versión revisada de su trabajo, pero fue de nuevo criticado por lo aventurado de su método de resolver la ecuación. Pero no se trataba de una cuestión baladí; al contrario, precisar las ideas entonces visionarias de Fourier se convirtió en un motor del desarrollo del análisis matemático, y todavía lo sigue siendo.

En realidad Fourier se basó en las técnicas que Daniel Bernoulli y Leonhard Euler habían introducido en torno a otra ecuación famosa de las matemáticas, la ecuación de las ondas y, en particular, aquella que describe la vibración de las cuerdas de un instrumento musical. Bernoulli y Euler echaron mano de sumas de funciones trigonométricas que muchos siglos antes habían estudiado los matemáticos alejandrinos para analizar los movimientos celestes y cuyo estudio estaba sistematizado en el Almagesto de Claudio Ptolomeo. Que estas sumas de funciones trigonométricas, senos y cosenos, sirvan para representar los distintos armónicos de un sonido musical no debiera sorprendernos demasiado. Que también resulten útiles para entender la propagación del calor es algo mucho menos obvio, pero eso es lo que decía Fourier junto a la afirmación, entonces inaudita, de que toda función podía ser expresada como una tal suma. Hubieron de pasar muchos años para que, a mediados del siglo XX, tuviésemos los instrumentos necesarios para darle la razón a Fourier, con todas las salvedades que son precisas. Pero sin su bendita perseverancia en el programa, ahora no tendríamos de las matemáticas necesarias para entender el funcionamiento de un aparato como es el TAC, o los algoritmos que permiten transmitir eficientemente la información en nuestros teléfonos móviles.