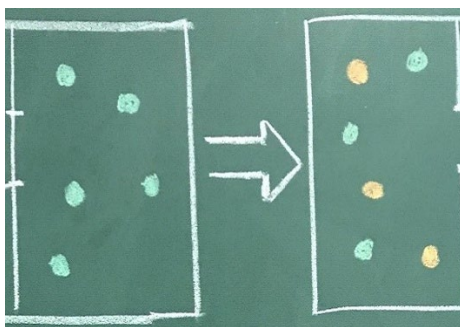


El demonio de Maxwell



Ángel Ferrández Izquierdo

Catedrático Emérito de Transferencia de Conocimiento

La Verdad, 20/07/2026 a las 22:31h.

La expresión «Los demonios de la ciencia» no constituye un término científico ni filosófico establecido. Su significado depende del contexto en el que se utilice. En general, hace referencia, de manera metafórica, a los desafíos intelectuales, las paradojas, las limitaciones o las posibles situaciones paradójicas que acompañan a la investigación científica. En la historia de la ciencia, la palabra demonio suele designar un ser imaginario introducido para explorar las consecuencias de determinadas teorías científicas.

El demonio de Maxwell es uno de los experimentos mentales más influyentes de la historia de la ciencia. Aunque fue concebido hace más de siglo y medio, continúa siendo objeto de investigación en física estadística, teoría de la información, computación cuántica, nanotecnología y cosmología. Su importancia reside en que obligó a replantear conceptos fundamentales como la entropía, la información, el orden y el propio significado de las leyes físicas.

En 1867, el físico escocés James Clerk Maxwell escribió una carta a su colega Peter Guthrie Tait proponiendo un curioso experimento imaginario que poco después desarrolló en su libro *Theory of Heat* (1871). En aquella época, la termodinámica estaba alcanzando un enorme desarrollo gracias a científicos como Sadi Carnot, Rudolf Clausius, William Thomson, Lord Kelvin y Ludwig Boltzmann. Todos ellos intentaban comprender por qué el calor siempre parece fluir espontáneamente desde un cuerpo caliente hacia otro más frío. La respuesta quedó resumida en la segunda ley de la termodinámica: «En un sistema aislado, la entropía nunca disminuye espontáneamente».

Maxwell quiso poner a prueba esta ley, para lo cual imaginó un recipiente dividido en dos compartimentos que contienen el mismo gas. Las moléculas se mueven constantemente con distintas velocidades. En la pequeña puerta que comunica ambos compartimentos se encuentra un diminuto ser inteligente que posee cuatro capacidades extraordinarias: observa cada molécula individualmente, conoce instantáneamente su velocidad, abre y cierra la puerta cuando quiere y aparentemente no gasta energía al hacerlo. Su trabajo consiste únicamente en seleccionar moléculas, de manera que cuando una molécula rápida intenta pasar desde el lado izquierdo hacia el derecho, abre la puerta, pero cuando una molécula lenta intenta hacerlo, la mantiene cerrada. En sentido contrario hace exactamente lo opuesto.

Después de miles de millones de selecciones sucede algo sorprendente, pues el lado derecho queda lleno de moléculas rápidas, mientras que el izquierdo contiene principalmente moléculas lentas. En consecuencia, un lado aumenta su temperatura y el otro se enfría, todo ello aparentemente sin realizar

trabajo. Si realmente esto ocurriera, se obtendría una diferencia de temperatura de forma gratuita, con la cual se podría construir una máquina térmica, que produciría trabajo sin consumir energía. Sería una máquina de movimiento perpetuo de segunda especie, contradiciendo la segunda ley de la termodinámica. Durante décadas nadie supo responder completamente a esta paradoja.

Maxwell nunca creyó que su demonio existiera. Su intención era mucho más profunda, pues quería mostrar que la segunda ley no es una ley mecánica absoluta, sino una ley estadística. Una molécula aislada no sabe hacia dónde debe moverse, pues no existe una ley que prohíba que una molécula fría pase al lado caliente. Ahora bien, cuando existen miles de millones de moléculas, el comportamiento promedio resulta extraordinariamente regular y la segunda ley describe precisamente ese comportamiento colectivo.

Personajes de la talla de Ludwig Boltzmann, Leó Szilárd, Claude Shannon, Rolf Landauer y Charles H. Bennett «pelearon» contra este diablillo, quien adquirió nueva vida con el nacimiento de la computación cuántica.

El demonio de Maxwell simboliza una idea extraordinaria: las leyes de la naturaleza pueden revelar niveles de profundidad inesperados cuando se examinan mediante experimentos mentales. Una aparente contradicción no destruyó la termodinámica, al contrario, permitió descubrir que la información tiene una realidad física, transformando nuestra comprensión del universo. Lo que comenzó como un sencillo experimento imaginario terminó convirtiéndose en uno de los pilares de la física moderna.

El demonio de Maxwell ha unido disciplinas que antes parecían independientes -la termodinámica, la mecánica estadística, la teoría de la información, la computación y la física cuántica- y ha dado lugar a una idea hoy ampliamente aceptada: la información es un recurso físico tan fundamental como la materia y la energía. Por ello, el demonio de Maxwell no es un «enemigo» de la ciencia, sino uno de sus más valiosos aliados intelectuales. Al desafiar una ley aparentemente inquebrantable, obligó a los científicos a comprenderla con mayor profundidad y abrió el camino hacia algunas de las teorías más fecundas de la física contemporánea.