

Publicado en Orbe, La Habana, N° 44, página 12, 24-30 marzo 2007
por J. Alvarez

[Descargar artículo](#)



Maxwell y los Demonios

La primera vez que oí hablar con apasionamiento de Maxwell (*James Clerk Maxwell, Edimburgo, 1831-1879*) y de “Las Maravillosas Ecuaciones de Maxwell”, fue en el semestre de Electromagnetismo durante el segundo año de mi carrera en la Universidad. Desgraciadamente no recuerdo el nombre de aquel entusiasta profesor que nos hizo admirar a ese grande de las ciencias, de quien Einstein dijo que su trabajo era “*el más profundo y más fructífero que había tenido la Física desde los tiempos de Newton*”. Y al morir de cáncer, Maxwell tenía apenas 48 años. Su legado fue enorme: desde las leyes básicas de la electricidad y el magnetismo, hasta la teoría cinética de los gases, pasando por la óptica y la visión en colores. Pero no es nuestro objetivo entrar en detalles al respecto, sino comentar un experimento imaginario, que Maxwell dejó para la posteridad y que ha puesto a pensar a varias generaciones de Físicos.

El Demonio de Maxwell

En su experimento imaginario (1867), Maxwell consideró dos recipientes contiguos, A y B, llenos con el mismo gas y a idénticas temperaturas. Un “demonio” observa las moléculas del gas en ambos recipientes y sirve de guardián de una escotilla en la división entre estos. Cada vez que una molécula en A, con una velocidad de desplazamiento mayor que el promedio*, se acerca a la escotilla, el demonio la abre y la deja pasar al lado B. De igual forma, cada vez que una molécula en B, con una velocidad de desplazamiento menor que el promedio, se acerca a la escotilla, el demonio la abre y la deja pasar al lado A. Así, sin la realización de trabajo por el sistema, la temperatura aumentará en B y disminuirá en A, en franca contradicción con la Segunda Ley de la Termodinámica. Una de las aseveraciones de la Segunda Ley de la Termodinámica expresa que cuando dos cuerpos de igual temperatura y aislados del resto del Universo se ponen en contacto, no es posible que evolucionen hacia un estado en el cual uno de los dos tenga mayor temperatura que el otro. Una forma equivalente de expresar esta Ley es que, en un sistema aislado la entropía (una medida del desorden) nunca disminuye; es decir, en un sistema, las transformaciones espontáneas hacia el estado de equilibrio, ocurren con un aumento de entropía (desorden), mientras que la energía libre (“capacidad de hacer trabajo”) disminuye hasta un mínimo.

Los Físicos se dedicaron a hacer cálculos y demostraron que en el experimento imaginario de Maxwell, realmente en momento alguno se viola la Segunda Ley de la Termodinámica. La solución del problema radica en incluir al demonio dentro del análisis. De hecho, el demonio y el gas estarían interactuando, por lo que hay que considerar la entropía total del sistema (gas y demonio

combinados). Los Físicos argumentaron con razón que, independientemente de cómo y con qué lo haga, al observar las moléculas, obtener información de éstas y abrir la escotilla en el tiempo preciso, el demonio realiza trabajo, con su correspondiente costo energético y por tanto “genera” entropía en una cantidad mucho mayor que la disminución en entropía que logra el demonio en el gas. Más aun, algunos Físicos han indicado que el demonio tiene que almacenar información del estado de cada molécula para ejercer su función y que en un momento dado, éste tendría que borrar información (la capacidad de almacenaje no es infinita), lo cual es un proceso termodinámicamente irreversible que aumenta la entropía del sistema.

Pero los Físicos y los Químicos son insistentes y la Nanotecnología ha sido capaz de crear diminutas “nanomáquinas” capaces de emular con el demonio de Maxwell. Recientemente, investigadores de la Escuela de Química de la Universidad de Edimburgo (*Serrelli y cols., Nature, vol 445 pág 523-527, 2007*) crearon un nuevo complejo molecular de los denominados en Inglés “*rotaxane*” (quizás en Español pudiera denominarse “*ruedaeje*”). Este nombre se deriva del Latín (*rota*: rueda; *axis*: eje). El microscópico artefacto consiste en una macromolécula cíclica “enhebrada” por otra molécula que sirve de eje central. En esta pequeña máquina, la información sobre la localización del anillo molecular, es utilizada para mover el sistema lejos del equilibrio, de manera similar al comportamiento del demonio de Maxwell. Pero, como los propios investigadores señalan, recoger la información e implementarla tiene un costo energético apreciable y los requisitos para que se cumpla la Segunda Ley de la Termodinámica quedan plenamente satisfechos.

Como pequeños demonios de Maxwell, existen proteínas en la membrana celular que se empeñan en contradecir la Segunda Ley de la Termodinámica ordenando los iones a ambos lados de la membrana citoplasmática, para así garantizar las respuestas celulares que permiten el orden de la vida. Pero el costo energético que hay que “pagar” para esto, en este sistema termodinámico abierto, es grande por lo que la Segunda Ley de la Termodinámica tampoco falla aquí, y como dijera otro grande, Erwin Schrödinger, la célula se alimenta de entropía negativa. No hay fallo alguno. Hacia donde quiera que desviemos nuestro análisis, ni la Segunda y mucho menos la Primera Ley de la Termodinámica se incumplen, como tampoco ocurre con ninguna otra ley de la Física.

Los otros “demonios”

Existen otros demonios, que si bien no hacen temblar a los científicos, vapulean el concepto de energía, minando y obstaculizando el camino de la buena ciencia. Son los creadores de energías vitales, aquellas que no son mensurables, energías realmente inexistentes. Estos demonios son altamente eficientes: “sacan energía de donde no hay”, como se diría en buen cubano. Y para ello no solo utilizan un lenguaje engañoso, pseudocientífico, sino que cuando deciden hacer algún experimento lo hacen violando francamente el Método Científico. Por mucho que la Física haya demostrado que el campo magnético terrestre es estático, conservativo, este demonio crea energía y hasta logra encapsularla en tarjetas metálicas (“Sistemas Compactos”) para facilitar su utilización. Aunque se conozca que el tiempo de relajación de la difusión rotativa de las moléculas de agua es del orden de 10 microsegundos (0.00001 segundo), el demonio es capaz de darle una “memoria” al agua o “energizarla”. Son capaces hasta de “acelerar la frecuencia” de vibración de sus moléculas para que ésta responda a las intenciones del usuario y lo cure, es el agua “*Diamantina*”. Resultan ser demonios virtuosos y muy efectivos, pues además todo lo curan, desde una escabiosis hasta la artrosis ...

No obstante, de cualquier manera, estos demonios no logran conmovier las sólidas bases de la Termodinámica y sus leyes. Con lo inexistente es imposible lograrlo.

** En un gas, a una temperatura y presión dadas, sus moléculas se mueven con velocidades que no son uniformes. Se habla entonces de velocidad media o promedio. La velocidad molecular promedio equivale a la temperatura.*