

## DOS RELOJES Y UN DESCUBRIMIENTO

En 1665, el astrónomo, físico y matemático neerlandés, Christiaan Huygens (1629-1695), recordado por sus aportes a la Mecánica y la Óptica (elaboró la teoría ondulatoria de la luz) fue uno de los primeros en interesarse en el problema de la sincronización y abordarlo con las herramientas de la ciencia.

En una de las paredes de su dormitorio, Huygens tenía dos relojes de péndulo que él mismo había construido. En febrero de 1665, mientras convalecía en su cuarto de una gripe, notó que los péndulos encargados de impulsar a cada uno de los relojes estaban perfectamente sincronizados. La formación física de Huygens era lo suficientemente profunda como para haber construido él mismo los relojes, así que sabía que era prácticamente imposible que ambos péndulos oscilaran de esa manera “culpa” del azar. A pesar de la fiebre y de su estado gripal, este hecho llamó profundamente su atención. Por supuesto, aunque remota, cabía la posibilidad de que efectivamente fuese solo una casualidad, así que se dedicó a mirarlos durante horas. Sin embargo, ambos relojes seguían sincronizados. Si los paraba y volvía a poner en marcha, los péndulos iniciaban su balanceo de forma desacompasada, pero al cabo de algún tiempo volvían a sincronizarse.

Huygens llegó a la conclusión que, de alguna extraña forma, ambos relojes estaban conectados. El único vínculo que existía entre ambos era, obviamente, la pared en la que estaban colgados. Como cualquier buen científico hubiese hecho, diseñó un experimento destinado a comprobar su teoría: simplemente cambió uno de los relojes a otra pared, y volvió a la cama a ver si se sincronizaban o no. Cuando al cabo de varias horas los relojes seguían marchando cada uno a su propio ritmo, Huygens supo que tenía razón: era el acoplamiento de los relojes a través de la pared lo que generaba la sincronización entre ellos.

La convalecencia de Huygens en 1665 y sus relojes de péndulo sincronizados fueron la piedra fundamental sobre la que los científicos modernos edificaron toda una rama de la Matemática aplicada y la Física llamada Teoría de los Osciladores Acoplados. Detrás de ese nombre rimbombante se esconden las ecuaciones capaces de explicar por qué actualmente la Luna, orbitando la Tierra, nos muestra siempre la misma cara (o por qué su periodo de rotación coincide con su periodo de traslación alrededor de la Tierra). Cada uno de los relojes de Huygens es un oscilador. Lo rudimentario de sus mecanismos confería a cada uno una frecuencia de oscilación ligeramente diferente, ya que dependía -entre otros factores- de los parámetros constructivos del péndulo (su peso, longitud, etc.). Cada péndulo realizaba su recorrido de ida y vuelta en un tiempo ligeramente diferente y la pared -como notó Huygens- era el medio a través del cual los relojes-osciladores estaban acoplados. La oscilación de uno de los péndulos provoca una vibración que se transmite por la pared e influye en el movimiento del otro, y viceversa. Se trata de una influencia muy sutil y que depende -entre otras cosas- de la rigidez de la pared, pero basta para que en un tiempo relativamente corto

ambos osciladores se sincronicen. Cuando esto ocurre, ambos péndulos completan su recorrido de ida y vuelta en el mismo tiempo, con la misma frecuencia. Aún sin saberlo, Huygens es el responsable del láser, un artificio en el que trillones de átomos acoplados de una forma similar a sus dos relojes de péndulo oscilan acompasadamente para emitir fotones con la misma frecuencia y fase.

Fenómenos similares se dan todo el tiempo en la naturaleza, incluso en “dispositivos” tan complejos como los seres vivos. Este hecho, como es lógico, ha llamado la atención de los biólogos. Las luciérnagas macho poseen una especie de oscilador natural interno que les permite “encender y apagar” el proceso bioquímico que genera la luz en su abdomen. Su frecuencia depende de la interacción que se produce con los destellos de otros machos que -eventualmente- se encuentran a su alrededor. Cuando se juntan cientos o miles de estos insectos, todos logran sincronizar sus osciladores internos y emitir los pulsos de luz al mismo tiempo. Esto no es casualidad: la evolución ha “fomentado” este comportamiento porque el destello sincronizado les permite llamar la atención de las hembras a larga distancia. Simplemente, aquellos capaces de sincronizarse con el resto son los que más posibilidades tienen de enamorar a las hembras y dejar descendencia.

Animales mucho más avanzados e inteligentes, como el hombre, también se encuentran sujetos a este tipo de sincronización natural. El ciclo menstrual de las mujeres, por ejemplo, se sincroniza con el de sus compañeras si pasan mucho tiempo juntas. Lo mismo ocurre con el “nado sincronizado” de los espermatozoides que avanzan hacia el óvulo, nuestras ondas cerebrales o nuestro corazón. De hecho, el del corazón es un caso realmente notable. El tejido cardíaco está formado por ciento de miles de células musculares que tienen la capacidad de oscilar. Si cada una oscilase en su propia frecuencia, el resultado sería un músculo cardíaco inmóvil (las oscilaciones individuales se cancelarían entre sí). Pero, a pesar de que cada una oscila con su propia frecuencia, tal como ocurría con los relojes de Huygens, el acoplamiento “mecánico” que existe entre unas y otras les permite sincronizar sus oscilaciones de una manera tan precisa, que podemos escuchar su oscilación colectiva como un latido perfectamente definido.

Lo más impresionante de todo este fenómeno es que resulta -desde el punto de vista matemático-, de una complejidad tal que todavía no tenemos herramientas lo suficientemente potentes o elaboradas como para simular o predecir el funcionamiento de varios osciladores acoplados. En efecto, a pesar de que las ecuaciones encargadas de describir el comportamiento de un oscilador son sencillas, la interacción entre dos o más de ellos es de una complejidad extraordinaria. En los últimos años, sin embargo, se han producido algunos avances que permiten especular con que en un lapso de tiempo razonable -una década, por ejemplo- podremos comprender cabalmente la forma en que se acoplan estos osciladores individuales. Concretamente, el trabajo de investigadores como Charles S. Peskin, Arthur T. Winfree o Yoshiki Kuramoto y los modelos de simulación mediante superordenadores han hecho que la rama de la ciencia encargada de comprender el caos haya dado algunos pasos adelante.

Un grupo de científicos de Rumania, Hungría, Francia y EE.UU. encararon resueltamente el desafío de construir un modelo matemático de la forma en que se sincronizan los aplausos de

una multitud. A partir de una cacofonía inicial, los cientos de aplausos individuales de pronto se sincronizan. Ahora sabemos que el espectador actúa como un oscilador, y que está acoplado al resto de espectadores a través del oído. Como ocurre con las células cardíacas, no existe entre el público un líder que lleve la batuta, sino que la sincronización surge espontáneamente. El grupo de físicos, integrado por Z. Néda, E. Ravasz, Y. Brechet, T. Bishkek y A-L. Barabási, grabó las ovaciones de varios conciertos. Determinaron que al comienzo la mayoría de los aplausos son entusiastas, con frecuencias de palmadas altas -unas cuatro palmadas por segundo- y desincronizadas. Pasados unos pocos segundos la frecuencia de los aplausos se reduce a la mitad, y comienza la sincronización. Estudiando un fenómeno tan -en apariencia- pueril, los físicos han descubierto nuevos aspectos de la sincronización, como el citado doblamiento del periodo (o división de la frecuencia) que no se conocía anteriormente. Como siempre, la ciencia sabe con qué elementos iniciales cuenta y cuál es el rumbo que se quiere imprimir a una investigación, pero casi siempre se terminan descubriendo fenómenos insospechados. Cuando Huygens miró sus relojes en su cama de enfermo, nunca sospechó que terminaría sentando las bases que permitirían comprender la forma en que las luciérnagas emiten sus destellos. Ese es uno de los aspectos más interesantes de la ciencia.