
FISIOLOGIA

BREVES OBSERVACIONES SOBRE

EL CALORICO ORGANICO

POR EL SEÑOR EZEQUIEL CEVALLOS ZAMBRANO

PROFESOR DE ESTA UNIVERSIDAD



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

I

El presente artículo no va encaminado á refutar ni á sostener teoría alguna que se haya emitido acerca del *calor animal*; sólo lleva por objeto exponer someramente varios asuntos relativos á la materia, para que se juzgue y aprecie debidamente el valor real de la doctrina de cada una de las teorías que se ha esforzado en explicarlo.

Pues toda teoría para formularse debe ser precedida de una exposición metódica de los conocimientos suministrados por las ciencias auxiliares y de los adquiridos mediante la observación y la experiencia. Después de satisfacer estas premisas solamente podemos apelar á las hipótesis ó á las conjeturas más ó menos razonables.

Prescindimos de la frase *calor animal* y empleamos la de *calórico orgánico* ó *vital* porque siendo el *calórico*—en el asunto que nos ocupa—como *fuerza*, una manifestación universal de

todos los seres vivos de ambos reinos, animal y vegetal, mejor dicho, de toda materia organizada; y constituyéndose á la vez en *condición esencial* y elemental de la *vida*, de la existencia de los seres, pertenece de hecho al dominio de la *Biología general*. Y para su inteligencia nos acogemos á uno de los grandes y fundamentales principios de la Física moderna y adoptado por la Biología, cual es el de la *transformación y correlación de las fuerzas*.

Principiaremos por hacer alguna memoria del *calórico como fuerza física* de la Naturaleza, para de su conocimiento partir al estudio del *calórico vital* ú *orgánico*.

La acción del calórico se manifiesta en nosotros por una sensación particular que llamamos *calor*, para diferenciarla del principio mismo. Pero, además de esta acción de carácter vital, en los cuerpos no organizados produce otra caracterizada por un cambio de volumen, cambio que consiste en una dilatación ó en una contracción, según que haya aumento ó sustracción de calórico, y que ninguna relación tiene con la primera. La fuerza calorífica se mide sólo por los fenómenos de dilatación.

LEYES DEL CALÓRICO:—1.^a *El calórico en todos los cuerpos tiende al equilibrio*; mejor dicho, tiene lugar un cambio continuo entre todos los cuerpos puestos en contacto ó á la distancia, hasta que todos estén á igual temperatura. Este cambio se verifica por la conductibilidad en los cuerpos que están en contacto, y por la irradiación en los que se hallan á distancia (*).

Pero dos cuerpos que marcan la misma temperatura encierran, con frecuencia, cantidades diferentes de calórico, de aquí una segunda ley:

SEGUNDA LEY.—*Las cantidades de calórico necesarias para elevar pesos iguales de diversos cuerpos á la misma temperatura, no son iguales*. Así la cantidad de calórico que eleva á 1° un kilogramo de agua, eleva á 9° un kilogramo de hierro. Y si ponemos en contacto dos masas iguales, una de agua á 10° con otra de hierro á 0°, veremos luego que ambas se encuentran á 9°; luego le ha bastado al agua perder un grado para calentar el hierro á 9°. Las cantidades relativas de calórico necesarias para elevar dos cuerpos del mismo peso á igual temperatura, se han llamado *calores específicos* y se dice que esos cuerpos tienen diferente *capacidad* para el calórico. Para esto se ha convenido en elegir el agua y optar por unidad de medida *la cantidad de calórico necesario para elevar de 0° á 1° un kilogramo de agua destilada*. Esta unidad, determinada, se llama *caloría*.

(*) Calórico estático y calórico radiante.

TERCERA LEY.—*El estado físico de los cuerpos, estado sólido, líquido ó gaseoso depende de la cantidad de calórico que encierran, y todos los cuerpos pueden pasar por estos estados si se les proporciona el calórico necesario. Por lo general, á estos tres estados corresponden volúmenes diferentes y diferente movilidad de sus moléculas.*

CUARTA LEY.—*En todo cambio de estado de un cuerpo, cierta cantidad de calórico se convierte, como se dice, en calórico latente, si el cuerpo pasa de un estado en el cual sus moléculas son menos libres á otro en el que lo son más; por el contrario, se desarrolla calórico, cuando el cambio es en sentido inverso.* Esta ley es de importancia capital. Si, por ejemplo, se mezcla un kilogramo de hielo á 0° con otro de agua á 79°, la mezcla resulta á 0° cuando todo el hielo se ha fundido; luego este cuerpo para licuarse ha absorbido todo el calórico que contenía el agua, esto es 79 calorías; como este calórico no ha producido ningún efecto sensible en el termómetro, se lo llama *latente*; pero ha producido otro efecto: ha roto los lazos que mantenían reunidas las moléculas del hielo y les ha dotado de la movilidad propia de los líquidos.

Asimismo, cuando un cuerpo pasa del estado líquido al de gas, cierta cantidad de calórico se *hace latente*, esta cantidad es de 606,5 calorías para el agua. Recíprocamente, haciendo volver el vapor al estado líquido, se dejaran en libertad las 606,5 calorías absorbidas en el fenómeno inverso.

Estas son las leyes más principales y generales del calórico. En lugar oportuno veremos la aplicación que ellas tienen al *calórico orgánico*, que, como hoy lo sabemos, no reconoce ni tiene por fundamento otra física ni otras leyes que las universales y comunes.

Continuaremos haciendo presente algunas propiedades y fenómenos inherentes al calórico.

En el primer tercio de este siglo todavía se consideraba al calórico como una sustancia material *sui generis*, que sustrayéndose á la gravedad se interponía entre los poros de los cuerpos y aumentaba su volumen. Y, como, según esta teoría, se prestaban á la explicación varios hechos de los más importantes, tales como la invariabilidad de los calores específicos y el calor latente, se admitía sin escrúpulo que el calórico podía alojarse en los poros de los cuerpos, de manera de no ser sensible al termómetro, y que las diversas sustancias tenían capacidad calórica diferente.

Pero otros físicos como Newton, Rumford, etc., estudiando la relación que existe entre el movimiento y el calórico, emprendieron en una nueva era de investigaciones y concluyeron que el calórico era *un movimiento* que tiene lugar en el interior de los cuerpos, en cuya virtud las distancias intermoleculares varían

cuando estas moléculas entran en colisión bajo la influencia de los agentes mecánicos ó químicos. Quedando, en definitiva, establecida la teoría *mecánica del calórico*, la única aceptada hoy por todo el mundo científico, y sobre la que no debemos detenernos.

TRANSFORMACION DEL MOVIMIENTO EN CALORICO

Es cosa por demás conocida que el movimiento se transforma en calórico, ó, mejor dicho, que el movimiento engendra calórico. Siendo esto una verdad, es natural y racional que entre las potencias mecánicas ordinarias y las cantidades de calórico desarrollado debe existir una relación íntima é invariable, relación que es conocida con el nombre de *equivalente mecánico del calórico*, ó, á la inversa, *equivalente térmico* de la potencia mecánica (*). Tal es la idea general que se presenta para el estudio de estas dos relaciones. Y como la fuerza no puede crearse ni extinguirse, la fuerza viva deberá encontrarse igual en los dos términos extremos, entre los cuales tenga lugar la transformación del movimiento. En consecuencia, la medida natural de la cantidad de calórico es la fuerza viva comunicada al cuerpo; de suerte que á una misma fuerza viva corresponderá siempre una misma cantidad de calórico producido. En otros términos: el equivalente mecánico del calórico será constante para todos los cuerpos (**).

Esto no quiere decir que los fenómenos físicos producidos serán siempre los mismos en todos los cuerpos; al contrario, serán diferentes según los trabajos que deben tener lugar en el interior de estos cuerpos, según las resistencias que deben ser superadas. Así, las dilataciones y las elevaciones de temperatura mismas no son iguales en todos los cuerpos para una misma fuerza viva comunicada; ellas difieren según los lazos moleculares que la fuerza tenga que vencer. Y bien puede suceder que todo el trabajo exterior sea empleado en vencer esos lazos interiores. Así se explica cómo, para obtener la misma elevación de temperatura en los diversos cuerpos, son necesarias diferentes cantidades de calórico, es decir, por qué las capacidades caloríficas no son iguales (ley 2.^a) Se explica también por qué la temperatura no varía durante todo el tiempo que una masa pasa de un estado á otro (ley 4.^a) Debe suceder aquí lo que se ob-

(*) El ilustre médico Mayer fué el primero que comprendió esta relación y usó la frase *equivalente mecánico del calórico*.

(**) El P. Secchi—L'Unité des forces physiques.

serva en las campanas, á saber, que el mismo golpe de martillo no produce la misma oscilación en todas, aunque ellas reciban la misma fuerza viva. Será, pues, necesario distinguir la fuerza viva comunicada á toda la masa de la que es trasmitida á cada molécula. Puede suceder que ó á causa de la masa que se debe poner en movimiento, ó en razón del trabajo que hay que llevar á cabo, gran parte de la fuerza viva que actúa sobre el cuerpo no comunique á cada molécula sino una fuerza viva débil.

Si á Mayer le cupo la gloria de haber concebido la idea del equivalente mecánico del calórico, Joule es el primero que se ha consagrado á determinar rigurosamente á cuántos *kilográmetros de trabajo corresponde una caloría*, mejor dicho, á cuánto de *fuerza* medible por la altura á que se debe elevar cierto número de kilogramos corresponde la fuerza que, engendrada por las acciones mecánicas, puede elevar en el mismo tiempo de 0° á 1° centígrado un kilogramo de agua. Joule determinó experimentalmente esta relación por medio de una máquina en la cual una rueda sumergida en una masa de agua es puesta en movimiento por la caída de un peso. Al contrario de la opinión admitida, observó que los líquidos se calentaban por el frotamiento, y, apesar de la débil cantidad de calórico desarrollado, gracias á la sensibilidad de sus instrumentos, demostró que para producir una caloría era necesario gastar 428 kilográmetros de fuerza.

Esta fuerza es enorme, equivalente á seis caballos de vapor. Una máquina que tuviera en caballos de vapor dicha fuerza, empleando toda su acción en calentar un kilogramo de agua, elevaría la temperatura de esta masa á un sólo grado por cada segundo de tiempo; y, de una manera general, la fuerza que elevaría 428 kilogramos de agua á un metro de altura en un tiempo cualquiera, si fuera empleada en elevar la temperatura de la misma masa de agua no produjera sino una variación termométrica de 1° centígrado en el mismo espacio de tiempo.

Según la opinión de los antiguos físicos era preciso un frotamiento muy considerable y una superficie rugosa muy marcada de los cuerpos para que tuviera lugar el desprendimiento de calórico por acción mecánica. En efecto, en las máquinas de la industria las asperezidades aumentan el gasto de fuerza motriz y producen frotamientos en vez de un efecto útil, mientras que desarrollan mayor cantidad de calórico en las partes donde faltan las sustancias lubricantes; sin embargo estas asperezidades no son necesarias, y una máquina desarrolla calórico apesar de los cuerpos grasos empleados para evitar su pronto deterioro. Así Joule y después Foucault han demostrado que la fuerza mecánica puede convertirse en calórico por medio de una resistencia ejercida sin contacto de ningún género, haciendo tornar un disco

de cobre entre los dos polos de un poderoso electro-imán muy aproximado á la superficie del disco. El disco se calienta de tal modo que se hace imposible aplicar la mano á su superficie; pero, asimismo, se necesita desarrollar una enorme fuerza mecánica para ponerlo en movimiento. Y esta fuerza avaluada en kilogramos reproduce el número indicado más arriba como representando el equivalente mecánico del calórico. Lo propio tiene lugar por medio del choque de los cuerpos.

CONVERSION DEL CALORICO EN MOVIMIENTO

La transformación del movimiento en calórico, ó, de una manera más general, la producción del calórico por el movimiento cuando este cesa de manifestarse bajo su forma ordinaria, es una noción con la cual nos familiarizamos sin dificultad; pero, no concebimos tan fácilmente el fenómeno inverso, esto es, una absorción de calorías correlativa de toda producción de movimiento.

Según la antigua teoría, siendo el calórico una sustancia, no puede desaparecer; era pues, de importancia establecer la verdad del hecho por medio de la experiencia. La solución de este problema ha presentado dificultades.

No es raro ver el calórico dando origen al movimiento. Todas las expansiones y dilataciones producidas por el fuego son movimientos mecánicos que tienen por causa determinante el calórico. Las dilataciones del aire y de los cuerpos sólidos, la enorme fuerza de los explosivos y la gigantesca potencia de las máquinas de vapor son efectos del calórico. El calórico desaparece y se convierte en fuerza mecánica. La dificultad del problema está en demostrar que en estos fenómenos una *parte del calórico desaparece produciendo trabajo y dando movimiento á una masa.*

Esta demostración se ha hecho, primero por medio de los razonamientos teóricos, luego después la experiencia ha llegado á confirmarlo.

Según, primeramente, y después Hirn y Regnault han demostrado que realmente hay una pérdida de calórico en el caso que nos ocupa. Hirn, con una máquina de vapor de 150 caballos en la cual el trabajo se mantenía uniforme ha encontrado una pérdida de 38 calorías, hecha abstracción de las diferencias observadas en las diversas experiencias. En otra serie de investigaciones, con un motor de 116 caballos ha encontrado la pérdida de 29 calorías. En fin, con una máquina

de 90 caballos encontró la disminución de 20 á 21 calorías.

El hecho, pues, de una pérdida de calórico producida por el trabajo ó efecto mecánico de una máquina es cosa irrecusable. Es difícil, en verdad, de estas experiencias deducir el número que represente el equivalente mecánico, pero la causa está en la dificultad de avaluar la totalidad del trabajo verificado por la máquina. Pero se ha llegado á reconocer que es independiente de la cantidad de vapor en circulación y solamente varía con el trabajo producido. Una máquina utiliza, pues, solamente una pequeña parte del calórico comunicado; pero la parte perdida ó absorbida del calórico por el trabajo es demasiado grande para que se le pudiese imputar á simples pérdidas por irradiación.

“Los animales son verdaderas máquinas de fuego; en consecuencia, bajo ciertas relaciones, están sujetos á las mismas leyes. Las experiencias hechas por Hirn en sí mismo y en otros, prueban que en todo caso en que se produce trabajo dinámico la respiración se activa y se consume mayor cantidad de oxígeno; en consecuencia, el calórico es desprendido en mayor abundancia. Sin embargo, midiendo la cantidad de calórico efectivo contenido en el cuerpo humano, se le encuentra notablemente menor que el producido por la combustión más intensa. Hirn, en una experiencia ha demostrado una diferencia de 436 calorías, 330 en otra, y calculando según los resultados de la primera el trabajo efectivo de la segunda, encontró haber un acuerdo entre el cálculo y la observación. Recíprocamente, si un hombre desciende una escalera, la cantidad de calórico contenido en su cuerpo aumenta, porque al trabajo orgánico se añade el de la pesantez” (*).

(Continuará)

(*) El P. Secchi—L' Unité des forces physiques.