

nos, para reducirlos á la temperatura de su organismo,  $3^k,5 \times (37^\circ - 10^\circ) = 94$  calorías. Este gasto puede reducirse mucho con el uso de alimentos calientes.

**CALOR EMPLEADO POR EL TRABAJO MECÁNICO INTERNO.** Las observaciones y experimento relativos al trabajo hecho por las funciones de la vida, son poco numerosos. Hay aún mucha incertidumbre sobre este punto esencial, pero hay ya algunos datos, y se comprende cómo nuevos experimentos podrán dar los elementos del cálculo de los efectos del mecanismo animal.

Se tiene también evaluado el trabajo mecánico de los sacudimientos del corazón. Pero conviene advertir que en el hombre en reposo, el movimiento circulatorio no da lugar á cambio del centro de gravedad de la masa en movimiento, de suerte que las resistencias que la fuerza del corazón debe vencer para mover la sangre en los vasos, se traducen probablemente por un desprendimiento de calor cuasi equivalente al trabajo hecho por el órgano motor. Este calor se desprende por radiación, por el contacto del medio ambiente y por la producción de vapor arrastrado por la respiración cutánea ó pulmonar.

El movimiento de la envoltura del tórax da lugar á una observación análoga, así como los movimientos periódicos de los otros órganos internos. Una parte del calor producido en el organismo se transforma, pues, en trabajo mecánico, que asegura el juego del corazón, de los pulmones y de los otros órganos de la vida; pero este trabajo mecánico interno, debe dar lugar á una reproducción de calor cuasi equivalente y que se derrama afuera. Como primera observación, se puede, pues, hacer abstracción del trabajo mecánico de los órganos internos é igualar simplemente el calor producido en el organismo al trabajo mecánico exterior, determinando el cambio del centro de gravedad del animal ó de las masas que él pone en movimiento y al calor perdido por las vías ordinarias. El trabajo mecánico de los pulmones y del corazón es por lo demás poco considerable relativamente, como se ha visto antes. Si se quiere tener cuenta del trabajo mecánico necesario para los movimientos de los órganos internos en la igualdad que existe necesariamente entre el calor total producido en el organismo y el calor consumido, es necesario restar del calor total realmente producido la cantidad de calor correspondiente á este trabajo mecánico interno, sin lo cual la igualdad de los dos miembros de la ecuación sería imposible.

**CALOR CONSUMIDO POR EL TRABAJO MECÁNICO EXTERNO.** Se sabe que una unidad de calor, llamada caloría, produce, cuando se transforma en trabajo, 425 veces la unidad de trabajo mecánico llamado kilográmetro. Cuando se conoce el trabajo mecánico externo, producido por un animal, expresado en kilográmetros (1), basta dividirlo por 425 para obtener el número de calorías que le han dado origen. Se puede, pues, ahora hacer entrar en los cálculos las cantidades de calor correspondientes al trabajo, cuya medida no podían apreciar los antiguos observadores.

La introducción de este elemento esencial en los estudios de Fisiología, arroja mucha luz sobre las cuestiones de Mecánica animal.

Resulta ciertamente de las ideas teóricas de J. R. Mayer, que en los animales, como en nuestras máquinas de fuego, una parte del calor sensible desaparece por el trabajo mecánico externo; pero el honor de haber demostrado experimentalmente esta importante verdad, pertenece á M. Hirn.

(1) El kilográmetro es el trabajo necesario para levantar 1 kilogramo á 1 metro de altura vertical.

El método experimental empleado por éste, es sumamente sencillo en principio. Ponia un hombre en una garita de madera de 2<sup>m</sup>,50, en la que se hallaba una rueda de paletas que se ponía en movimiento á diversas velocidades por un motor exterior.

El hombre sometido al experimento podía quedar en reposo, de pié, ó sentado sobre un banco, ó bien efectuar un trabajo análogo al que se hace al subir una escalera, manteniéndose sobre las paletas de la rueda á cuasi la altura del eje cuando se la ponía en movimiento. Pequeños agitadores de paletas, puestos en movimiento desde el exterior, mezclaban constantemente las diversas capas de aire de la garita y mantenían la igualdad de la temperatura en todo el interior del aparato. Se medía desde luego el volumen de aire respirado y la cantidad de ácido carbónico producido durante la duración del experimento. Se determinaba de antemano, por un ensayo directo, la cantidad de calor perdido por el aparato para cada exceso de su temperatura interior, sobre la temperatura de la pieza donde estaba puesto. El trabajo exterior del hombre, cuando montaba sobre la rueda en movimiento, era desde luego igual al producto de su peso por la altura á que hubiese sido elevado, si la rueda no hubiese estado constantemente bajo sus piés: este trabajo era, pues, igual al producto de la circunferencia de esta rueda, multiplicada por el número de vueltas que hacía y por el peso del observador.

M. Hirn tenía así todos los elementos del cálculo. Podía comparar la cantidad de calor hecho sensible por la transformación de un mismo peso de oxígeno en ácido carbónico durante el reposo y durante el movimiento. En todos sus experimentos ha hallado que la cantidad de calor sensible producido por la formación de un mismo peso de ácido carbónico, era más considerable en el hombre en reposo que en el hombre produciendo un trabajo mecánico. Es, pues, indudable que una parte del calor producido por la combustión orgánica, cesa entonces de manifestarse como calor, para manifestarse como trabajo; en una palabra, hay transformación de una parte del calor en una cantidad equivalente de trabajo mecánico.

El trabajo mecánico hace desaparecer una cierta cantidad de calor sensible, y parece que el ejercicio muscular debía hacer sufrir un enfriamiento al animal que trabaja. La observación más vulgar hace ver lo contrario. El organismo, en efecto, parecido bajo este punto de vista á nuestras máquinas térmicas, no llega á transformar en trabajo la totalidad del calor producido por la combustión interna. Para producir una cierta cantidad de trabajo, es necesario gastar la cantidad de calor correspondiente á este trabajo, y además, otra cantidad de calor que queda sensible y de la que el animal se desembaraça por la aceleración de su respiración y aumento de su traspiración.

La transformación de una cierta cantidad de calor en trabajo mecánico ó recíprocamente, explica además los hechos de observación, un poco más delicados, que el precedente, pero no ménos vulgares. Si se considera un caballo aparejado, al paso, después de un cierto tiempo de su trabajo ordinario, siendo su respiración bien regular, es evidente que su combustión interna está regulada de manera que desprenda una cantidad de calor, precisamente igual á la suma de las cantidades de calor que pierde por traspiración, por radiación, etc., de una parte, y á la cantidad que él transforma en trabajo mecánico de otra parte: si se detiene este caballo, no puede instantáneamente reducir su combustión interna, y por consiguiente, el calor que desarrolla: la parte de este calor que se transformaba en trabajo, queda libre de golpe, y en efecto, se observa con bastante frecuencia que el animal se acalora un poco y hace algunas respiraciones más rápidas, para refrescarse por la expulsión de una

cierta cantidad de vapor de agua. Se puede hacer sobre sí mismo una observación análoga: en el momento que se suspende un trabajo moderado, regularmente entretenido durante algunas horas, se siente un calor general más elevado que durante la labor.

El trabajo mecánico, dado por un motor animado, no es, pues, sino una fracción del que se obtendría si la totalidad del calor que produce sobre él que necesitan en reposo las funciones de la vida, pudiera transformarse en trabajo. Esta fracción es tanto mayor, cuanto más fáciles sean para él los movimientos que hace, cuanto más conformes estén las condiciones en que obra con sus costumbres y naturaleza: no se recomendará, pues, nunca lo bastante para todas las aplicaciones del trabajo mecánico del hombre ó de los animales, el que se evite cuanto sea posible el cambiar las condiciones que un largo ejercicio ó una larga costumbre hayan hecho adquirir.

La fracción del calor total producido, ó lo que es lo mismo, la fracción de los alimentos consumidos, que se transforma en trabajo mecánico útil, varía necesariamente en enormes proporciones de un animal á otro, y para el mismo animal según las condiciones en que está puesto. No vamos á abordar este estudio especial en un capítulo destinado solamente á la exposición de los principios generales. Las indicaciones prácticas más indispensables para las aplicaciones agrícolas, están reunidas en los dos capítulos siguientes.

El conocimiento del equivalente mecánico del calor, permite fijar exactamente la igualdad que existe entre el calor producido por la combustión de los alimentos y la suma de consumos de calor hechos por el viviente, sea en trabajo mecánico, sea en calor sensible. Esta igualdad, debiendo subsistir en todas las condiciones de la existencia, se obtendrán tantas ecuaciones de condición, como observaciones hechas en diferentes circunstancias. Estas ecuaciones permitirán determinar el valor de igual número de cantidades tomadas por incógnitas. Multiplicando las observaciones relativas al trabajo mecánico de los animales, y pesando sus alimentos en cada caso particular, cada cual puede, pues, aplicar á la práctica indicaciones muy útiles, que la ciencia misma no dejará de aprovechar.

**RESÚMEN.** La combustión de los alimentos en el cuerpo de los seres vivos, es el origen del calor que desprenden y del que transforman en trabajos de toda especie. La teoría de la respiración y del calor animal, dada por Lavoisier, completada por investigaciones más recientes, relativas á la transformación de este calor en trabajo, permite darse cuenta de los hechos más esenciales de la vida animal, y llevan todos los días á la práctica de la alimentación los datos más interesantes y útiles.

Los químicos, comparando el animal al vegetal, han advertido hace mucho tiempo que la planta es un aparato de reducción, que fija el carbono y el hidrógeno y desprende el oxígeno, mientras que el animal es un aparato de oxidación que absorbe el oxígeno para reproducir el ácido carbónico, agua y otras materias más oxidadas que las que se hallan en los alimentos.

Los mecánicos han descubierto el sentido de esta observación fundamental, y sus trabajos sobre el equivalente mecánico del calor han dado la explicación de una de las más grandes leyes de la naturaleza. Han precisado lo que apenas se percibía hace algunos años; han podido mostrar cómo el movimiento y la vida se mantienen en la superficie de la tierra. Para ellos, los vegetales acumulan la fuerza y los animales la gastan.

Una planta que vegeta absorbe una parte de la radiación solar, reduciendo el ácido carbónico para acumular el carbono en sus tejidos. La radiación solar se transforma también en fuerza latente acumulada en el vegetal.

El animal consume este vegetal, le quema en su organismo, desprende el calor absorbido por la planta, y este calor se transforma en trabajo que el animal consume. Así se completa sobre nuestro globo el círculo de la vida. Cada respiración arroja en la atmósfera un poco de ácido carbónico, origen del calor y fuerza del animal; pero bien pronto este soplo de ácido carbónico encuentra una planta que le toma su carbono, fijando la fuerza y el calor de un rayo del sol, para dar más tarde esta fuerza y este calor á otro animal.

La radiación solar se introduce, por decirlo así, en el interior de las plantas, para convertirse en calor y en trabajo en los animales. Ligeras cantidades de materias alternativamente combinadas ó separadas, sirven, pues, indefinidamente para fijar la radiación solar y para dársela después bajo forma de vida animal. El sol es sobre todo en nuestro sistema; él da la vida á las plantas y la fuerza á los animales.