

¡aunque nunca en la vida s'esgaje  
ni un solo aguacero,  
aunque pierda las cargas de trigo  
y se mueran mis dos güeyes negros,  
que yo me conformo con tantos pesares  
si me dicen sus labios: te quero!

NICOLÁS BAYONA POSADA

Suba, 1917.

## CONFERENCIA

### SOBRE EL CALOR PRODUCIDO POR LA VIDA ORGANICA EN EL HOMBRE

El hombre, como todos los animales, tiene su calor propio, cualquiera que sea el lugar de su residencia, y cualquiera que sea la temperatura de aquel lugar. Desde las regiones polares en donde el termómetro marca 70° c. bajo cero, hasta en los parajes ecuatoriales, en los que marca próximamente 45° c. sobre cero, la temperatura del cuerpo humano es de 37,20 término medio.

Los animales tienen unos, también temperatura constante, como las aves y los cuadrúpedos, comprendida entre 39° y 43° c., cualquiera que sea la temperatura del clima y cualesquiera que sean sus variaciones accidentales; pero otros aunque tienen calor propio, éste oscila y varía según las variaciones del medio en que viven, sea el agua o el aire: así los peces tienen una temperatura un poco superior del agua; los reptiles y los insectos apenas unos grados más sobre los del aire que respiran. El hombre y los animales poseen, pues, en sí mismos la fuente de su calor. Cuál es esa fuente?

Veamos lo que dice la historia. «Los primeros filósofos o sacerdotes de la India, dos mil años antes de J. C., consideraban que, la vida y la existencia eran una emanación del calor, y que cuando este agente se extingue o se agota, se extingue también la vida. Ellos veían surgir la vida en toda la naturaleza, bajo la influencia de los rayos solares, en la tierra y en el agua; y la luz y el calor los consideraban como las fuentes de la vida» (1).

Esta opinión fue también la de Pitágoras; y los poetas griegos la consagraron en sus versos, vulgarizándola entre el pueblo; Homero y Píndaro dijeron que el calor es el símbolo de la vida y el frío el signo de la muerte. Hipócrates conceptuaba que el *calor animal* es una propiedad especial de los seres que viven, una función fisiológica esencial, característica de su existencia, opinión admitida por todos los antiguos filósofos de la época de este padre de la medicina. Aristóteles y Galeno fundaron el dogma del *calor innato* y radicaron su punto de partida en el corazón, creyendo que era su intensidad tal que si se llegase a coger este órgano con la mano se sentiría una impresión ardientísima. Esta hipótesis que se sostuvo en la edad media, llegó hasta el siglo XVIII, pues Barther dijo que la *calorificación* era una función esencial del hombre.

Al fin del siglo XVIII apareció Lavoisier, el sabio fundador de la química; el que para explicar la producción del calor animal propuso fundarla en la respiración, apoyado en el descubrimiento que había hecho: de que el oxígeno quemando los cuerpos combustibles provoca un gran desprendimiento de calor. En un calorímetro de hielo, es decir, en un recinto suficientemente capaz, colocó un animal pequeño, rodeado a cierta distancia de hielo, y durante una hora recogió el agua producto de su fusión, calculó por ella las *calorías* (uni-

(1) Figuier.

dades de calor) emitidas en ese tiempo. Por otra parte mantuvo el mismo animal en un recinto aéreo en el que el aire se renovaba proporcionalmente al que consumía el animal; y en esta renovación recogió el ácido carbónico producido por la respiración, y dedujo de él la cantidad de *carbón* quemado y el número de calorías producidas en esta combustión. Comparando el resultado del calor en ambos experimentos, encontró bastante aproximación en las cantidades calculadas, la diferencia la refirió teóricamente al hidrógeno quemado en la sangre, por no ser posible calcularlo prácticamente.

Aunque Lavoisier radicó la fuente del calor animal en el pulmón, sospechó que pudiera referirse a las acciones químicas de todo el organismo, pero no teniendo bases experimentales en qué apoyarse prescindió de ellas.

El matemático Lagrange objetó a la opinión de Lavoisier; que si el calor animal se produjera en el pulmón únicamente, éste se desorganizaría por el acúmulo de una grande temperatura, y formuló el concepto de que en el pulmón tiene lugar únicamente la entrada del aire en la respiración, y que el oxígeno absorbido se esparce en la sangre que circula en los vasos, y obra en ella sobre los principios que contiene, para producir el calor; y el ácido carbónico y el vapor del agua resultantes de las acciones químicas se desprenden por la misma vía por donde entra el aire.

Como el concepto de Lagrange era meramente teórico fue necesario que se corroborase por experimentos adecuados. Spallenzani, naturalista italiano, fue el primero que estableció el principio con experimentos: colocó madres de caracol en probetas que contenían gases inertes (ázoe o hidrógeno) y comprobó que estos animales dejaban desprender gas ácido carbónico, lo que probaba que este gas se hallaba en la sangre, puesto que no había absorbido oxígeno.

El profesor Edwards repitió el experimento anterior con algunas variaciones: exprimió los pulmones de una rana para expulsar por comprensión el aire que podían contener; la sumergió en una probeta llena de hidrógeno; después de algún tiempo de respirar el animal, encontró que había eliminado dos y media veces el volumen de su cuerpo de ácido carbónico, proveniente de la sangre del animal, puesto que los pulmones no tenían oxígeno para formarlos allí.

Es fácil comprender que el procedimiento empleado por Lavoisier, adolecía de algunas causas de error, a pesar de estar bien fundado. La Academia de Ciencias de París abrió entonces un concurso para el estudio y perfeccionamiento de este interesante problema; y a este fin se presentaron dos memorias de los físicos Dulong y Despretz. Una y otra tuvieron el propósito de confirmar la verdad de la teoría de Lavoisier empleando mejores aparatos, muy semejantes entre sí, y fundados en la *calorimetría*, es decir, recogiendo en un calorímetro de agua el calor emitido por un animal, en un tiempo suficiente para el experimento, y recogiendo al mismo tiempo en el mismo aparato el ácido carbónico producido en la respiración, para comparar la cantidad del calor recogido en el calorímetro, con la que produciría la combustión del carbón deducido del ácido carbónico recogido. Tanto Dulong como Despretz concluyeron que el oxígeno absorbido por la respiración desarrolla casi todo el calor propio del animal, es decir, 92 centésimos del calor total.

El mismo problema fue acometido en 1850 por los químicos Regnault y Reiset, en un aparato mejor combinado y propio para corregir errores inherentes a la disposición adoptada por los experimentadores anteriores; y dedujeron que la combustión respiratoria no representa más que el 70 por 100 del calor animal.

Estos experimentos, aunque deficientes en sus resultados, son siempre muy interesantes para la ciencia, porque han abierto la vía para una resolución más acertada. A Lavoisier le corresponde el mérito de haber iniciado estos estudios, dando la base de las acciones químicas como causa de la calorificación animal. La continuación de estas investigaciones científicas, ha enseñado que la respiración no da sino una parte del calor que es propio del cuerpo del hombre; pero que las reacciones químicas que tienen lugar en todo el organismo da el resto en mayor cantidad.

En el avance de la ciencia fisiológica, se ha encontrado que los tejidos en toda la economía absorben el oxígeno de la sangre y se cargan de ácido carbónico, lo que demuestra que hay en ellos una combustión. La irrigación sanguínea que llevan los vasos capilares a todas las partes del organismo, lleva también consigo las sustancias alimenticias elaboradas en la digestión, y el oxígeno absorbido en la respiración, los que en su contacto con los tejidos desarrollan acciones químicas con desprendimiento de calor; este es el fenómeno misterioso que dirige la fuerza vital y que se llama asimilación o nutrición, que engendra células que acrecen el cuerpo en la época de su desarrollo, y regenera las que languidecen o han terminado sus funciones, y que es el medio de la conservación de la forma y de las energías corporales.

Estas funciones de nutrición son precedidas, naturalmente, por las funciones de la digestión, de la absorción intestinal, de la respiración, de la circulación de la sangre, de las secreciones de todas las glándulas, funciones todas que producen calor. La contracción muscular también es fuente de calor. Pero todos estos fenómenos vitales se verifican bajo la dependencia y acción del sistema nervioso, que es a la manera de un *chauffer* que gobierna un automóvil viviente, maravillo-

samente construido, dirigido sin precipitación, armonizando todos sus movimientos en dirección determinada y con defensas sabiamente previstas para evitar su descomposición.

No todo el calor producido en la labor orgánica del cuerpo humano sale al exterior, para poder calcularlo con exactitud; hay causas que lo destruyen: la respiración introduce aire frío que produce algún enfriamiento de la sangre que va a los pulmones; los alimentos y las bebidas introducidas en el estómago, según su baja temperatura, pueden producir enfriamiento; la asimilación es causa de calor, pero se pierde por la radiación; así es que la temperatura de 37 grados, término medio, que el termómetro señala en nuestro organismo, no es un fenómeno simple, es la indicación de una compensación entre diversas causas de producción y de gasto de calor, es una *resultante* de acciones contrarias.

Cualesquiera que sean los climas y sus diversas temperaturas, desde las regiones ardientes de los trópicos hasta las glaciales de las zonas polares, los hombres, según John Davy ha observado, conservan su temperatura, la que no varía sino muy poco, entre 35°5 c. y 38° c.; esta resistencia está en relación con el régimen y la cantidad de alimentos. En los climas fríos se consumen alimentos de mayor potencia calorífica (grasas, azúcar, almidón, contenidos en diferentes sustancias animales y vegetales) y en mayores cantidades que en los climas ardientes. El régimen contra el frío debe ser excitante para producir calor. Los músculos son los órganos que por su actividad nutritiva producen mayor cantidad de calor de utilidad mecánica externa. Este calor se convierte en movimiento como el que produce cualquiera otra fuerza, tal como la expansión del vapor del agua que impulsa el émbolo de una locomotora. Según el estado de reposo o de movimiento de los

músculos es diferente la cantidad de calor sensible que acusa el termómetro. Cuando el músculo se contrae, su temperatura es mayor que cuando está en reposo, porque en el primer caso son más activas las combustiones de nutrición de sus fibras. Se ha comprobado también que la temperatura de los músculos acrece menos cuando la contracción se emplea en producir un trabajo mecánico; y que su aumento es mayor cuando no produce trabajo mecánico útil. Hé aquí comprobado el principio de la equivalencia entre la desaparición del calor proporcionalmente al trabajo útil producido.

«El sistema muscular es, pues, un aparato de conversión del calor en movimiento muy superior a las mejores máquinas de vapor. Según M. Hirn (*Teoría mecánica del calor*) las máquinas de vapor no utilizan más que un 12 por 100 del calor comunicado a la caldera; mientras que el cuerpo humano utiliza, según Helmholtz, el 25 por 100 del calor desarrollado en el organismo para producir trabajo exterior.» Es decir que la máquina de vapor pierde inútilmente un 88 por 100 de su calor, en tanto que el cuerpo humano no pierde sino un 75 por 100, pero no enteramente perdido, porque se emplea en calentar su propio organismo.

¿Cuál es la mayor temperatura que naturalmente puede soportar el hombre? Por largo tiempo predominó la opinión de Boerhaave, médico del siglo XVIII, quien dijo que la vida no era posible sino en tanto que la temperatura del medio ambiente fuera la misma que la del cuerpo del hombre. Sin embargo muchas observaciones de viajeros contradijeron aquella opinión, pues en diversos lugares de temperaturas muy diferentes de las del hombre, éste vive normalmente. Pero en la naturaleza hay un límite de temperatura elevada que es muy peligroso afrontar: se ha calculado por repetidas observaciones que es de 45° c. Se citan muchas circuns-

tancias en las que en diversos climas el hombre puede sucumbir por el calor, a pesar de las defensas de que goza naturalmente. «En la travesía del Mar Rojo, que es reputado el paraje más caliente del globo, muchos pasajeros sucumben por esta causa. El viento caliente del desierto africano, el *simoun*, cuya temperatura puede elevarse a 50° c., produce la muerte del hombre y de los camellos.» «En Nueva York los estíos son muy ardientes, cada año sucumben al exceso de calor muchos habitantes de la ciudad y de los campos.» Por este género de muerte, según se ha referido, murieron de insolación en Pekín, en 1743, más de once mil personas, cuando el termómetro marcaba apenas 43° c. Aun en casos extremos, la Providencia ha dado al hombre medios para preservarse de la muerte, permitiéndole soportar temperaturas artificiales, pero no de una manera prolongada.

Los obreros de los altos hornos de fundición de hierro, en donde la temperatura sube a 1,600° c. y los que confeccionan vasos de vidrio fundido en crisoles de una alta temperatura, reciben en la puerta del horno un intenso calor que resisten bañados en sudor.

Un caso semejante a los anteriores, dio origen a un estudio detenido sobre la resistencia para soportar el calor aunque transitoriamente. Mr. Tillet, miembro de la Academia de Ciencias de París, que ocasionalmente desempeñando una comisión, llegó a la ciudad de Larocheucauld, vio allí que tres muchachas adscritas al servicio de un horno público, tan caliente que podían cocinarse carne y papas, resistían diez minutos, sin sufrir la menor incomodidad, una temperatura de 132° c., y durante cinco minutos una de 138° c. (1)

Tillet se dedicó en París a estudiar en animales y en el hombre lo que había observado en las tres

(1) Figuier.

muchachas; y en 1763 presentó a la Academia de Ciencias una *Memoria sobre los grados de calor extraordinario que los animales y el hombre pueden resistir*. En consecuencia muchos sabios se dedicaron a continuar tan interesante estudio. Entre ellos se cuenta Fordyex quien en sus primeros experimentos se colocó en una estufa de vapor de agua en ebullición y soportó sucesivamente, durante diez minutos, una temperatura de 43° c.; durante veinte minutos una de 49° c., y durante un cuarto de hora otra que subió gradualmente de 48° c. a 54°. Durante este tiempo un termómetro colocado debajo de la lengua marcó 37° c., es decir, la temperatura normal. Posteriormente en una estufa de aire seco soportó un calor de 92° c. y durante el experimento el termómetro marcó 37° c. debajo de la lengua. Mr. Banks colocado en una estufa de aire seco resistió ocho minutos un calor de 128° c., y doce minutos uno de 110° c.

M. Figuiet dice que el primero que dio la explicación de este fenómeno vital fue Benjamín Franklin, en 1758; y lo atribuyó al frío producido por la evaporación del sudor que baña la superficie del cuerpo, evaporación que defiende al organismo de la penetración del exceso de calor sobre el que le es propio. Refiere este sabio americano que los segadores de Pensylvania, que trabajan bajo la influencia del sol ardiente, no sufren incomodidad alguna cuando sudan continuamente, pero mueren si el sudor se suspende; y para mantener esta función protectora beben en abundancia una mezcla de ron y agua. Mr. Blagden, que se introdujo en una estufa seca calentada a 110° c., sufrió un malestar muy notable, el que se disipó rápidamente por un sudor abundante. El mismo Blagden colocó en una estufa a 113° c. dos vasos que contenían agua, pero el uno cubierto de una capa de aceite; y observó que el agua descubierta se calentó a 60° c., mientras que el agua cubierta de aceite hervía.

El Profesor William Edwards experimentó con una rana, cuyo calor animal es apenas unos grados superior de la temperatura del medio en que vive, y colocada en una estufa de aire seco resistió un calor de 60° c., y sumergida en agua de 40° c., pereció. El fenómeno tiene la misma explicación anterior, la evaporación sustrae calor e impide su acumulación que causa la muerte.

En sentido contrario de la resistencia al calor, el hombre y los animales resisten a temperaturas sumamente bajas respecto de las de sus cuerpos. En estos casos la defensa del organismo contra el enfriamiento está en el estímulo que el sistema nervioso produce, haciendo aumentar la energía de las fuentes de las acciones químicas productoras de calor, y se establece una lucha entre la pérdida del calor por el enfriamiento y el aumento de su producción interior; lucha que se reduce a una compensación y tendencia al equilibrio.

Delisle, viajero en Siberia en 1738, vio en Korengo que el hombre y los animales soportan un frío de 70° c. bajo cero del termómetro. En Jenissei descendió el termómetro a 71°5 bajo cero, en 1760. En estos casos los animales conservaban sus temperaturas normales, y la del hombre era de 37° c.

La defensa más poderosa en la función del organismo es la contracción muscular, que es una fuente enérgica de calor contra el frío; por esto el movimiento del cuerpo es absolutamente necesario en aquellas regiones glaciales, para evitar la congelación parcial o general del cuerpo; y también para combatir la tendencia al sueño que precede a la muerte. Es necesario tener en cuenta que son necesarias como indispensables otras precauciones de todo género, sin las cuales serían ineficaces las resistencias y defensas naturales que el organismo desarrolla contra el frío; estas precauciones consisten en la alimentación apropiada en cantidad y calidad, y en vestidos y abrigos que impidan la pérdida del calor por radiación.

El gobierno austriaco envió en 1874 una comisión para descubrimientos en una latitud de 80 a 83 grados al Norte, dirigida por los Lugartenientes Payes y Weyprecht en el buque *Tegetthoff*; y en el informe que presentaron se encuentran las observaciones siguientes: «En aquellos grados de frío se paraliza la voluntad, la marcha es vacilante. Se tartamudea queriendo hablar; las ideas se hacen pesadas y difíciles, y se siente una especie de embriaguez. La evaporación que se verifica en la superficie de la piel ocasiona una sed ardiente. Cuando se traga nieve, se sufre una sensación como de un cuerpo caliente; pero es dañoso calmarla con la nieve porque determina inflamaciones violentas de la garganta, del paladar y de la lengua.»

«Se puede percibir los sonidos a grandes distancias. A ochenta metros se oye una conversación que se tenga en voz ordinaria. La debilitación del gusto y del olfato son notables; se disminuyen las fuerzas; se cierran los ojos involuntariamente. Si se detiene en el andar se insensibiliza la planta de los pies. Cuando el enfriamiento de los órganos ha alcanzado el límite al cual se solidifican sus elementos líquidos, se efectúa casi instantáneamente esta congelación, lo que se conoce por el cambio instantáneo del color de las partes que se congelan.»

Lo expuesto en la corta conferencia anterior, es suficiente para demostrar que el organismo del hombre está maravillosamente constituido; y que aun considerado únicamente como máquina, no hay otra, ni la habrá de la invención humana que le sea equivalente en el trabajo que ejecuta. Si a esta cualidad se agregan las funciones variadísimas de sus órganos, armonizadas con la tendencia a conservar la vida, y desarrollando defensas cuando está amenazada, ¿quién, aun dominado por marcada estulticia, podrá negar que debe su existencia a un autor infinitamente poderoso y sabio sobre todos los poderosos y sabios del mundo?