

es poco más ó menos la de los dos tercios del radio del círculo de base. En el borde de este casquete se hace con un raspador una ranura inclinada hacia dentro, que corresponderá con la de la bóveda. Los productos de la combustión se escapan por la abertura que forman con su reunión, y asimismo se introducirá por ella el metal para fundirlo y colarlo. Finalmente, para impedir que el aparato se rompa durante la operación, la bóveda y el hornillo están rodeados de alambres de hierro muy juntos y apretados que mantendrán unidas las diferentes partes del aparato, si el fuego llegase á grietearlas.

„Para hacer una fusión, se empieza por ajustar la bóveda al hornillo de modo que las ranuras se correspondan, y en seguida, teniendo el soplete en la mano, se abre la llave H para dar entrada á una escasa cantidad de gas combustible al que se prende fuego: ábrese también la llave O de modo que penetre la cantidad de oxígeno necesaria

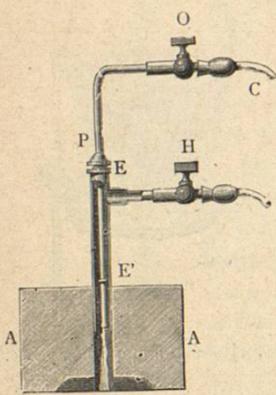


Fig. 661. — Soplete de gas oxihídrico

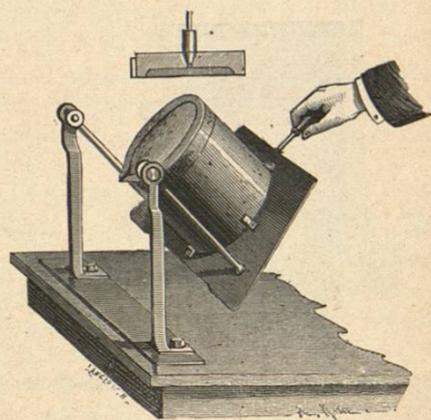


Fig. 662. — Procedimiento para colar el platino en fusión

para quemarlo. Entonces se hace que la llama entre en el agujero de la bóveda y se aplica allí la punta del soplete. Se calientan poco á poco las paredes del horno, aumentando gradualmente la velocidad del gas, hasta llegar al máximum de temperatura; con una hoja de platino que se introduce por la abertura lateral hasta el chorro de gas, se juzga muy pronto del punto en que el calor es más vivo ó en que la fusión se hace mejor. Bajando ó levantando según sea menester el orificio del tubo que da paso al oxígeno, se consigue calentar el fondo del hornillo lo bastante para que el platino se funda en él, dejando el máximum de calor un poco más arriba. Se sujeta entonces el tornillo y se introduce poco á poco el platino por la abertura lateral. Si el platino está en láminas delgadas de un milímetro de grueso, apenas hay tiempo de introducirlas, pues se las ve desaparecer no bien entran en el hornillo. El oxígeno debe llegar con cierta presión, unos 4 ó 5 centímetros de mercurio, y entonces puede imprimir al platino fundido un movimiento giratorio que regulariza la temperatura en toda su masa, y que facilita al propio tiempo su afinación.

Operando así, Debray y H. Sainte-Claire Deville empleaban 60 litros de oxígeno y 120 de hidrógeno para fundir un kilogramo de platino y mantenerlo en estado de fusión mientras duraba la afinación. „Así es que el precio de coste de semejante fusión es sumamente reducido, y según nuestros cálculos, no excedería, haciendo una operación diaria, de 20 ó 30 céntimos por kilogramo, es decir, la milésima parte de lo que

hoy cuesta la revivificación del metal por los procedimientos de la vía húmeda (1).

Cuando se trata de fundir masas algo considerables, se acopla en el mismo hornillo un número mayor ó menor de sopletes alimentados por el gas oxihídrico. La figura 664 representa un gran crisol como el que sirvió en 1874 para fundir 250 kilogramos de platino iridiado. Esta operación, la más importante de todas las de este género intentadas hasta entonces, tenía por objeto obtener de una misma fundición un lingote de una aleación de 90 por 100 de platino, y 10 por 100 de iridio, de modo que se diera una homogeneidad completa á toda la masa. De dicho lingote, compuesto de 225 kilogramos de platino y 25 de iridio, habían de salir todos los nuevos patrones métricos, metros y kilogramos, que la Comisión internacional del metro estaba encargada de construir para los diferentes países que adoptan el admirable sistema de medidas que la Convención nacional sustituyó, ha más de un siglo, á las antiguas medidas francesas. Efectuóse la operación en el Conservatorio de Artes y Oficios, habiéndola dirigido G. Tresca y Matthey de Londres, y comprobado Sainte-Claire Deville y Debray. Fundióse primeramente una serie de veinte lingotes pequeños, cada uno de 10 á 15 kilogramos, con un solo soplete. La cantidad conveniente de iridio pulverizado en gránulos se había introducido al mismo tiempo que el platino, cortado en placas delgadas y encorvadas á modo de canal. De la aleación así obtenida se hizo una segunda fusión en tres veces, en lingotes de unos 83 kilogramos cada uno, lo cual exigió el empleo simultáneo de tres sopletes. Como quiera que el análisis de la aleación, hecho por Debray, indicara un ligero exceso de iridio, se la redujo á las propiedades apetecidas agregándole 5 kilogramos de platino puro en la tercera y cuarta operaciones. En un crisol de grandes dimensiones, de piedra caliza tosca, se echaron los pedazos de platino iridiado procedentes de los tres lingotes de la segunda fusión, y empezó el caldeo, el cual se hizo con siete sopletes, que penetraban por otros tantos orificios al través de la tapadera del crisol. El gas oxígeno y el gas hidrógeno (gas del alumbrado) llegaban separadamente á dos esferas de cobre, cada una provista de siete llaves de las cuales partían los tubos de goma que alimentaban los sopletes. La primera carga de 110 kilogramos quedó fundida en 43 minutos: al cabo de otros 35 minutos, había terminado la fusión total de los 250 kilogramos, que consumió 31 metros cúbicos de oxígeno y 24 de gas del alumbrado, ó sean 124 litros del primero y 96 del segundo por kilogramo de platino iridiado fundido. Según lo hizo observar Tresca, este consumo está enteramente conforme con lo previsto por Deville y Debray.

El lingote obtenido en tan memorable operación formaba una barra de 1^m,140 de

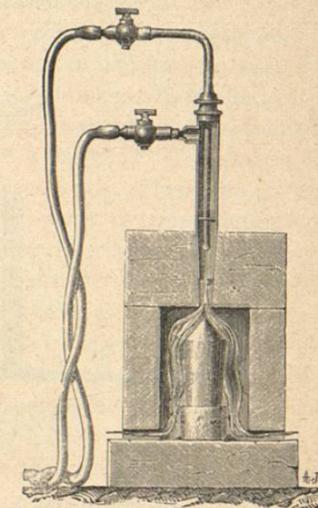


Fig. 663. — Fusión del platino: hornillo y soplete oxihídrico de H. Sainte-Claire Deville.

(1) Fácilmente se comprenderá la importancia de los nuevos procedimientos de fusión del platino, cuando se sepa que el procedente de las vasijas de química retiradas de todo servicio no tenía antes más valor que el mineral mismo. La depreciación que resultaba era tal que una de esas vasijas que sirven para la concentración del ácido sulfúrico, y cuyo precio asciende á 80,000 francos cuando nuevas, se vendía por 50 ó 60,000 al desecharlas, lo cual sucede con bastante frecuencia. Por desgracia el platino es bastante caro á causa de la escasez de su mineral. El precio del kilogramo es de 900 á 1,000 francos.

longitud, 178 milímetros de anchura y 80 de grueso. El metal, visto cuando se hallaba en plena fusión en el crisol, tenía un color blanco de plata deslumbrador, era fluido como mercurio y su superficie tan reflejante como la de este líquido.

Las altas temperaturas de que acabamos de hablar son resultado del desprendimiento de calor que ocurre en una combinación química, y en este caso particular es la del oxígeno con otro gas combustible, el hidrógeno. En la combustión al aire libre se da más energía á la acción y mayor intensidad al calor aumentando la velocidad con que las corrientes gaseosas se precipitan una sobre otra. Pero la presencia en el aire de un gas inerte, el nitrógeno ó ázoe, es un obstáculo para la energía de la combinación

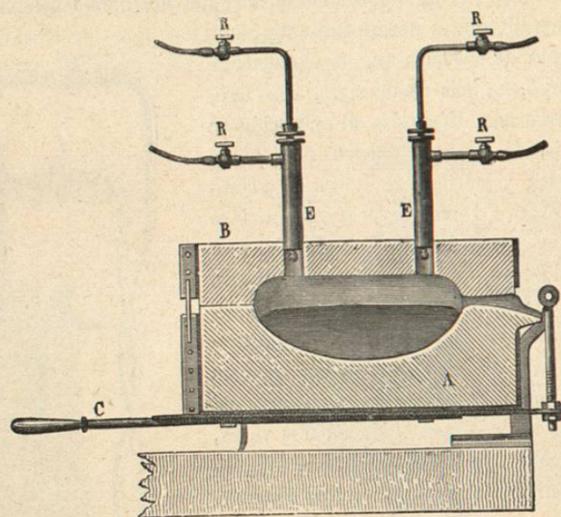


Fig. 664. —Crisol de sopletes acoplados para la fusión del platino

química y para el desarrollo del calor que es su consecuencia; obstáculo que no se puede evitar sino poniendo oxígeno puro en contacto directo con el hidrógeno, como en los aparatos de Enrique Sainte-Claire Deville.

Al describir el arco voltaico hemos hecho mención de los experimentos que prueban cuán poderoso es este manantial luminoso y calorífico; y en efecto, recordemos que las substancias más refractarias se funden y volatilizan en él. El célebre electricista Siemens de Londres ha utilizado dicho arco para fundir pedazos de acero puestos en un crisol de grafito, empalmado con el polo positivo de dos máquinas dinamoeléctricas asociadas *en cantidad*. La tapadera del crisol tenía un agujero por el cual pasaba un cilindro de carbón que formaba el polo negativo: otras disposiciones especiales mantenían en límites convenientes la resistencia eléctrica del crisol, y servían para regular la distancia de los polos entre los cuales se producía el arco. A los cuatro minutos y medio se pudo fundir un kilogramo de acero por este método, que es probablemente más costoso que la fusión directa. Si hacemos mérito de este medio de producir una temperatura elevada es tan sólo para demostrar que también son las combinaciones químicas las que determinan en él el calor necesario para la fusión. En efecto, la corriente eléctrica que engendra el arco voltaico es producto del movimiento de una máquina que saca á su vez su potencia del vapor, y éste se obtiene merced á la combustión de cierta cantidad de hulla, es decir, mediante una combinación química.

III

CALOR PRODUCIDO POR LOS SERES VIVIENTES. — CALOR ANIMAL

Los seres organizados, lo propio que los inorgánicos, están sujetos á las leyes que rigen los cambios de calor por radiación ó por conductibilidad, y no tendríamos nada que añadir á lo que hemos dicho acerca de este punto, si mientras dura toda su *vida*, no gozasen además de la facultad de *producir calor*, si no fuesen también manantiales de un calor que les es propio y que les permite mantenerse fuera del equilibrio de temperatura con el medio líquido ó gaseoso en cuyo seno moran. “En las condiciones *normales* de su desarrollo y de su existencia, dice M. Gavarret, los seres organizados tienen y conservan una temperatura superior á la del medio ambiente; la observación más vulgar lo demuestra así en cuanto á las aves y los mamíferos. Es necesario apelar á medios de investigación más delicados, y sobre todo preservarse con cuidado de la acción frigorífica de la *evaporación* para comprobar la exactitud de este aserto en el resto del reino animal y en toda la extensión del vegetal; pero el hecho no es menos general y hoy por hoy incontestable. Cuando, *por excepción*, la temperatura que rodea á los seres vivientes pasa de 40° á 45°, resisten este calor y se mantienen bajo la temperatura exterior, con tal sin embargo que la influencia no sea ni muy intensa ni muy prolongada para comprometer definitivamente su existencia.”

Para medir la temperatura de los seres vivientes en las diferentes partes de su organismo, así como para estudiar sus variaciones, los observadores se han valido de los aparatos termométricos más sensibles, como termómetros metastáticos de mercurio, pilas termoeléctricas, agujas y discos termoeléctricos. Ya dejamos descritos estos instrumentos; vamos ahora á decir los resultados obtenidos, empezando por los que se refieren á la temperatura de los animales.

Se les puede dividir por este concepto en dos grupos principales: el primero comprende las aves, que son los seres organizados de temperatura más elevada, y los mamíferos, en cuyo número hay que distinguir al hombre: en el segundo grupo se reúnen todos los demás animales, reptiles, peces, insectos, moluscos, etc., es decir, toda la parte inferior de la escala animal. Por espacio de mucho tiempo se ha distinguido entre sí á los seres de estos dos grandes grupos, dando á los primeros el nombre de *animales de sangre caliente* por oposición al de *animales de sangre fría* que caracterizaba á los otros, pues se creía que tan sólo los primeros poseían una temperatura propia, y que la de los otros se confundía con la del medio ambiente. Aún no se había logrado averiguar la diferencia, escasa en verdad, pero de ningún modo nula, que existe entre las dos temperaturas interior y exterior. Pero hoy no cabe dudar que entre los animales de los dos grupos sólo hay diferencia de grado, y por consiguiente se deben desechas las anteriores denominaciones.

Las investigaciones de un gran número de observadores, entre ellos Martine, Hünter y Davy en el siglo pasado, y Despretz, Prevost y Dumas en el presente, han probado que á la edad adulta y con una alimentación normal la temperatura de las aves medida en el recto, oscila entre 39°,5 y 44°. Despretz ha visto que era de 39°,8 en los gorriones, y de 42°,98 en las palomas; Pallas ha averiguado que era de 44°,03 en varias avecillas. De un cuadro que comprende la temperatura de un gran número de mamíferos resulta 35°,5 para el mono, 40° para el conejo, el carnero, la cabra y el

manatí. Pero en un mismo individuo la temperatura puede variar en más de un grado centígrado, según las circunstancias.

Naturalmente, la temperatura del cuerpo humano ha sido objeto de un gran número de observaciones: recordándolas M. Gavarret en su obra, deduce que, en estado fisiológico ó normal, la temperatura del hombre adulto, tomada en el sobaco, puede oscilar en nuestros climas templados entre 36°,5 y 37°,5.

Cuando se habla de la temperatura de un animal conviene precisar bien en qué sitio se ha tomado, por cuanto varía según cuál sea la parte del cuerpo explorada. M. Becquerel ha empleado para estas investigaciones las agujas termoelectricas, que tienen la ventaja de poderlas introducir en los tejidos sin desgarrarlos ni desorganizarlos, ó en los vasos sanguíneos sin producir ninguna perturbación apreciable en la circulación. De esta suerte ha reconocido que la temperatura de la sangre, arterial ó venosa, va creciendo á medida que se la examina más cerca del corazón. "Así es que en la carótida la temperatura de la sangre es 0°,15 mayor que la de la sangre de la arteria crural; la temperatura de la sangre de la vena yugular difiere en +0°,30 de la de la vena crural.", Pero "la temperatura de la sangre arterial es siempre muy superior á la de la sangre venosa cuando se hace el experimento en puntos correspondientes de los vasos colaterales. Así, en el nacimiento de la aorta, la sangre tiene 0°,84 más que la de la vena cava superior en el punto en que este vaso llega á la aurícula derecha; la temperatura de la sangre de la arteria crural es 0°,98 mayor que la de la vena del mismo nombre.", Por último, "la temperatura de los músculos predomina en gran manera sobre la del tejido celular que los rodea.",

Hay además muchas causas que hacen oscilar la temperatura media del cuerpo de los animales, aunque, á decir verdad, entre reducidos límites; la edad, el sexo, el estado de vigilia ó de sueño, de reposo ó de actividad, de salud ó de enfermedad, las estaciones, los climas, son otras tantas causas de variación que nos limitamos á indicar, porque el estudio detallado de estos elementos del calor animal es más bien de incumbencia de la fisiología que de la física. Hay sin embargo un rasgo característico que conviene tener presente, y es que la temperatura del cuerpo de los mamíferos y aves es sensiblemente independiente de las variaciones de la del medio ambiente. La influencia de la estación, del clima, no es bastante grande para contrarrestar este resultado general, puesto fuera de duda por numerosas observaciones. Los relatos de los viajeros á las regiones polares demuestran que el hombre puede vivir en una atmósfera á 70° bajo cero sin que la temperatura de su cuerpo sufra cambios notables. Por lo que atañe á los animales, Gavarret cita "los resultados obtenidos por los capitanes Parry y Back en sus viajes al polo Norte: el primero vió un raposo que conservaba una temperatura superior en 76°,7 á la del medio ambiente, y el segundo un lagópodo de los sauces cuya temperatura era 79°,1 mayor que la de la atmósfera. Estos casos son á no dudarlo suficientes para autorizarnos á considerar á los mamíferos y á las aves como animales de temperatura fisiológicamente constante.",

Otras y no menos numerosas observaciones prueban que los animales superiores pueden soportar impunemente temperaturas excesivas, es decir, que pasen con mucho de 40 á 45° centígrados. El cuerpo humano goza de la misma facultad. Desde el caso comunicado en 1763 por Tillet á la Academia de Ciencias, y relativo á tres muchachas que servían en el horno de Laroche Foucault, las cuales podían permanecer cinco y hasta diez minutos dentro de dicho horno por caliente que estuviese, soportando así sin consecuencia una temperatura de 132° centígrados lo menos, se han hecho continuos ex-

perimentos del mismo género con el hombre y con los animales. La facultad de resistir temperaturas muy altas sin que la propia del cuerpo se eleve de un modo sensible es, pues, incontestable. La resistencia al enfriamiento se hace posible por la sobreexcitación de las causas que producen el calor, al paso que la resistencia á las causas exteriores de caldeo procede de la transpiración abundante, de la evaporación y del frío que ésta origina en la superficie del cuerpo.

Hanse observado iguales fenómenos en los animales inferiores cuya temperatura, según vamos á ver, es mucho más baja que la de las aves y mamíferos. Se ha creído por espacio de largo tiempo que los animales llamados de *sangre fría* no tenían calor propio, ó que el de su cuerpo era la temperatura del medio en que viven habitualmente. Esto dimanaba de la escasa diferencia que efectivamente existe entre ambas temperaturas, de la insuficiencia de los medios de observación, y sobre todo de la acción frigorífica de la evaporación, que impedía apreciar el débil exceso de la temperatura del animal sobre la del medio ambiente. Merced á los instrumentos termoelectricos se han podido allanar estas dificultades, y algunos observadores, como Nobili y Melloni, Becquerel y Dutrochet, han conseguido medir dicho exceso con tal precisión que ha puesto fin á todas las dudas. Mencionemos solamente algunos resultados:

Nombres de los animales	Exceso de su temperatura sobre el medio ambiente
REPTILES:	
Rana	0°,50 á 0°,75
Sapo	0°,50 á 0°,75
Lagarto	0°,75 á 1°,25
Culebra	0°,75 á 1°,25
Boa	2°,50
Tortuga	1°,22 á 3°,90
Víbora	5°,56
PECES:	
Sollo	3°,88
Carpa	0°,86 á 0°,93
Anguila	0°,93
Trucha	1°,10
Tiburón	1°,30
ARTICULADOS, MOLUSCOS, ETC.	
Escarabajo	0°,25 á 0°,70
Grillo	5°,80
Avispa	0°,50
Saltón	0°,25 á 1°,77
Cetonia dorada	0°,25
Caracol	0°,90
Limaza	0°,25 á 1°,11
Holoturia turbulosa	0°,20 á 0°,60

En resumen, todos los animales, cuando vivos, producen calor. Los unos, los superiores, gozan de la facultad de mantener su temperatura constante, cualesquiera que sean las circunstancias exteriores. En cambio, los animales parecen sujetos á la influen-

cia decisiva del medio ambiente (1), sin dejar de poseer un exceso de temperatura que demuestra la producción del calor propio de sus órganos. Por lo demás, esta producción es tanto mayor en toda la extensión de la escala animal cuanto más compleja la organización y más desarrolladas las funciones.

Réstanos enunciar las causas á que se debe atribuir dicha producción, ó sea la naturaleza del origen del calor en los animales.

A la doctrina de los antiguos que suponían que el calor animal es *innato* y que reside en el corazón (en el ventrículo derecho según Aristóteles, y en el izquierdo según Galeno), siguieron, primero, las explicaciones de Van Helmont, y luego las de Hales. En concepto de aquél, había que atribuir á reacciones químicas la calorificación en el hombre y en los animales superiores; pero á la sazón la ciencia estaba muy poco adelantada para poder precisar la naturaleza de estas reacciones: Van Helmont suponía que en el corazón se mezclaban el azufre y la sal volátil de la sangre, y Silvio la veía en la efervescencia originada por el contacto de la linfa y del quilo. Los iatromecánicos como Hales atribuían el calor animal al frotamiento, diciendo que en el pulmón, en donde la velocidad de la sangre es mayor que en cualquiera otra parte, estaba el sitio principal de dicho desprendimiento, y que su elemento activo era el glóbulo.

Los trabajos de Priestley, y sobre todo los de Lavoisier en la época en que la química se constituía sobre bases positivas, facilitaron la verdadera solución del problema. Desde 1789, fecha de la publicación de la *Memoria sobre la respiración de los animales*, se han hecho muchas investigaciones relativas al mismo asunto y reunido datos mucho más exactos acerca del problema de las causas del calor animal, pero las conclusiones del gran químico francés continúan inalterables. Reproduzcámoslas.

“Partiendo de los conocimientos adquiridos, decía Lavoisier, y concretándonos á ideas sencillas para que cada cual pueda fácilmente comprenderlas, diremos desde luego y en general que la respiración no es otra cosa sino una combustión lenta de carbono y de hidrógeno, en un todo semejante á la que se efectúa en una lámpara ó en una bujía encendida, y que, desde este punto de vista, los animales que respiran son verdaderos cuerpos combustibles que arden y se consumen.

„El aire de la atmósfera es el que suministra el oxígeno y el calórico para la respiración lo propio que para la combustión; pero como en aquélla la substancia misma del animal ó sea la sangre es la que proporciona el combustible, si los animales no respiraran habitualmente con los alimentos la que pierden con la respiración, en breve faltaría aceite á la lámpara, y el animal perecería del propio modo que se apaga una lámpara cuando carece de alimento.

„Las pruebas de esta identidad de efectos entre la respiración y la combustión se deducen inmediatamente de la experiencia. Y en efecto, el aire que ha servido para la respiración no contiene al salir del pulmón la misma cantidad de oxígeno; no tan sólo

(1) „Influye tan profundamente en los animales inferiores el estado físico del medio que los rodea, que su modo de vivir depende completamente de las circunstancias exteriores. En la estación bonancible son ágiles, vivarachos, gozan de la plenitud de su vida; mas al acercarse el invierno empiezan á languidecer, y si el frío aumenta en su derredor, caen en tal estado de entorpecimiento, que todos los actos de su vida parecen momentáneamente suspendidos. Entonces es muy escasa la producción de calor, y sin bajar hasta ser inferior al de los cuerpos circundantes, su temperatura se aproxima tanto más á la de éstos cuanto más pronunciado es su entorpecimiento. Así pues, es necesario, so pena de exponerse á incurrir en graves errores, cuando se quiere estudiar la *temperatura propia* de estos animales, operar en circunstancias tales, que sus funciones estén en la plenitud de su ejercicio. Las observaciones suelen dar mejores resultados cuando el medio ambiente se mantiene entre 12° y 25°.” (Gavarret, *Del calor producido por los seres vivientes.*)

encierra gas ácido carbónico, sino también más agua de la que contenía antes de la inspiración. Pues bien, como el aire vital no puede convertirse en ácido carbónico sino en virtud de una adición de carbono, ni tampoco en agua sino añadiéndole hidrógeno, y no se puede efectuar esta doble combinación sin que el aire vital pierda una parte de su calórico específico, resulta de aquí que el efecto de la respiración es extraer de la sangre una porción de carbono y de hidrógeno, dejando en su lugar otra porción de su calórico específico que, durante la circulación, se distribuye con la sangre por todas las partes de la economía animal, y mantiene esa temperatura casi constante que se observa en todos los animales que respiran.

„Creeríase que esta analogía que existe entre la combustión y la respiración no había pasado inadvertida de los poetas, ó mejor dicho, de los filósofos de la antigüedad, cuyos intérpretes y órganos eran. Ese fuego robado al cielo, esa antorcha de Prometeo, no tan sólo es una idea ingeniosa, sino también la pintura fiel de las operaciones de la Naturaleza, á lo menos en cuanto á los animales que respiran: puede, pues, decirse con los antiguos que la antorcha de la vida se enciende en el momento en que el niño respira por vez primera, y que no se apaga sino á su muerte.”

Después de haber hecho observar que el hombre, más favorecido por la Naturaleza que los demás animales, tiene una constitución que le permite vivir á todas las temperaturas y en todos los climas, y de llevar, según su necesidad y su capricho, una vida activa ó tranquila, y la respiración y la nutrición activándose, aminorándose ó amoldándose á las circunstancias, Lavoisier añade: “Relacionando estas reflexiones con los resultados que las han precedido, se ve que la máquina animal está principalmente gobernada por tres reguladores: la respiración que consume hidrógeno y carbono y que suministra calórico; la transpiración, que aumenta ó disminuye, según que es necesario arrebatar más ó menos calórico; y por fin, la digestión, que devuelve á la sangre lo que pierde por la respiración y la transpiración.”

Hemos dicho que un gran número de sabios ha profundizado, con posterioridad á Lavoisier y á fuerza de observaciones y experimentos, la cuestión del origen del calor animal. Los fenómenos físico-químicos de la respiración y de la nutrición, la determinación numérica de las cantidades de carbono y de hidrógeno quemadas, la medición del calor producido mediante procedimientos calorimétricos, la influencia de la alimentación en la intensidad de las combustiones respiratorias y por consiguiente en la temperatura de los animales, según la naturaleza ó la cantidad de las materias alimenticias ingeridas, el estudio de los fenómenos que se observan cuando el animal, privado de alimento, pero sin dejar de absorber oxígeno, está reducido á quemar los materiales de sus propios órganos, como grasa, sangre, tejidos, todos estos problemas y otros muchos se han abordado y resuelto en gran parte; pero aún queda gran número de puntos oscuros cuya solución depende á la vez de la física y de la fisiología. No pudiendo entrar en los detalles que exigiría la más sucinta reseña de los descubrimientos hechos relativamente á estos diversos puntos de la ciencia, nos limitaremos á demostrar con un ejemplo cómo se ha procedido para averiguar la parte que corresponde á la respiración en la producción del calor animal.

El método consiste: 1.º, en medir la cantidad de calor perdida por un animal en un tiempo dado; 2.º, en calcular el calor producido, deduciendo de la cantidad de oxígeno absorbido y del análisis de los gases espirados la proporción de carbono y de hidrógeno transformados en ácido carbónico y en agua, y multiplicando el peso de cada uno de estos dos cuerpos quemados, por su calor de combustión.