

la distincion del calórico radiante que se trasmite en linea recta al través del aire ó del vacío, y del calórico propio, que penetra mas irregular y lentamente en la sustancia de los cuerpos, á la manera casi que penetra el agua en una materia esponjosa. Habia demostrado tambien que el calórico radiante, aun cuando oscuro, se refleja como la luz, cuando da en cuerpos pulimentados, pero que no atraviesa el vidrio.

Scheele ha demostrado mas recientemente el mismo órden de hechos (1); observando que si se ennegrecen las superficies que reflejan el calórico, ó si se las pone oscuras ó escabrosas, lo admiten prontamente y lo convierten en calórico latente ó propio.

Los experimentos de estos dos fisicos han sido confirmados por los de Pictet (2).

El conde de Rumford (3) ha hecho recientemente algunos que prueban que esas calidades de superficie que ausilian á los cuerpos á tomar calórico, les ayudan tambien á perder el que tienen, y que en general la facilidad de dar, como

(1) *Traité chimique de l'air et du feu*, traduccion francesa, 4 vol. en 12°.

(2) *Essai de physique*, por Mr. A. Pictet; Ginebra, 1790, 4 vol. en 8°.

(3) *Memoires sur la chaleur*; Paris, 1804, 4 vol. en 8°.

igualmente la de recibir, es inversa al poder de reflejar. Así debia suponerse que se verificaba, puesto que de otro modo no pudiera establecerse entre los cuerpos el equilibrio del calórico.

El Sr. de Rumford imaginó para esos experimentos un instrumento que llamó *termoscopio*, y que es á propósito para hacer percibir las menores diferencias de calor. Consiste en un tubo horizontal de vidrio, cuyas dos estremidades están enderezadas y terminadas por esferitas. Todo el aparato está lleno de aire, y el punto medio del tubo horizontal contiene una burbuja de liquido colorado. No puede calentarse el aire de una de las esferitas sin que la burbuja se dirija hácia la otra, siendo tan sensible que la aproximacion de la mano basta para hacerla correr.

Leslie obtuvo por su parte los mismos resultados en Inglaterra con un instrumento muy parecido, al cual denomina *termómetro diferencial*. Estos experimentos nos enseñan que muchos envoltorios y embarrados aceleran el enfriamiento, en vez de retardarlo.

Un cuerpo mas calentado que el aire en que se encuentra pierde, por la irradiacion, una parte determinada de calor en cada espacio de tiempo.

Segun la ley establecida por Newton, y confirmada por Lambert, verificase el enfriamiento en intervalos iguales en progresion geométrica.

Introducido el calor en un cuerpo diseminase en él mas ó menos fácilmente, y sale del mismo con mas ó menos prontitud, segun la naturaleza intima del cuerpo. Una barra de metal calentada por un extremo, lo está muy luego en el otro; y al contrario, puédesse aguantar impunemente en la mano la estremidad de un palo que arde por la estremidad opuesta. Esto es lo que ha dado lugar á la division de los cuerpos en buenos y malos conductores del calórico; distincion muy antigua, que estudió Richman; la misma que desenvolvieron Franklin é Ingenhouz, y segun la cual trataron de comparar los cuerpos entre sí con alguna exactitud.

Suponiendo una barra, buena conductriz, sumergida por un cabo en el foco de un calor constante y suspendida en el aire mas frio, el calor se distribuirá en su longitud, siguiendo cierta ley que Biot (1) ha calculado y comprobado con la esperiencia. Los termómetros cuyas distancias estaban en progresion aritmética, están montados siguiendo una progresion geométrica decreciente. Esta regla da un medio de calcular el calor del foco, por violento que sea, segun el de algun punto de la barra donde disminuya lo bastante

(1) *Bulletin des Sciences*, messidor, año 12, número 88.

para ser medido. Lambert se habia dedicado tambien al exámen de esta cuestion; pero la habia considerado bajo otros aspectos, y no habia acreditado la misma exactitud en sus esperimentos.

La distribucion del calórico en los líquidos y los flúidos no se verifica del mismo modo que en los sólidos.

Mr. de Rumford demostró con multiplicados esperimentos, que sus moléculas se transmiten entre sí muy dificilmente el calor que han adquirido, y que una masa líquida ó flúida no toma una temperatura uniforme sino en cuanto cada una de sus moléculas, despues de haberse calentado por el contacto inmediato del foco, se aparta para dar paso á otras que se calientan á su vez; y que ordinariamente su dilatacion las separa, poniéndolas mas ligeras y elevándolas.

Las consecuencias de este hecho en todas las artes que se sirven del calor, en la economía doméstica, en la arquitectura, en los vestidos etc., son muy trascendentales, y dignas por cierto de la paciencia y sagacidad con que las ha espuesto y analizado Rumford.

Nuestro propio cuerpo toma parte, como los demas, en esa distribucion general del calórico libre, al propio tiempo que desprende constantemente calórico nuevo; pero las impresiones que resultan á nuestros sentidos de los cambios que

esperimentamos sobre el particular son muy infieles. En general la sensacion que llamamos *calor* no siempre indica que recibamos calor de afuera, sino tan solo que perdemos menos en un instante dado que en el instante que acabó de pasar: la sensacion del *frio* indica lo contrario. De aquí las impresiones diferentes que nos dan los cuerpos de diversas capacidades, ó mas ó menos conductores, ó por último el aire libre comparado al aire en movimiento, aunque calentados todos á un mismo grado; de aquí tambien el influjo de las diversas especies de vestidos. Mr. Seguin fue el primero que desarrolló esta idea (1).

El efecto mas antiguamente conocido del calorico libre sobre los cuerpos que penetra es el dilatarlos por grados, acumulándose hasta que provoca en ellos un cambio de estado, y el dilatarlos indefinidamente luego que han alcanzado el estado elástico, con tal, se entiende, que no los descomponga. Efectivamente, aun cuando no tengamos los medios de hacer variar de estado á todos los cuerpos, esto depende probablemente de que no podemos aumentar ó disminuir el calor á nuestro antojo. Ya Buffon volatilizó por medio del espejo ardiente el oro y la plata, que se mantienen fijos á los fuegos ordinarios de

(1) *Annales de Chimie*, tom VIII, pág. 133.

nuestros hornos; y Foucroy asegura haber hecho cristalizar por un frio de 46° el amoniaco, el alcohol y el éter, que hasta ahora no se habian visto congelados.

No considerando mas que la simple dilatacion, falta todavía establecer leyes particulares, tanto mas importantes por quanto de ellas depende la exactitud de las medidas termométricas.

Efectivamente, pueden construirse termómetros sólidos, líquidos ó elásticos. Hase observado que los líquidos no se dilatan todos á proporcion de las cantidades de calorico que reciben. Quanto mas se acercan al instante de la vaporizacion, mas rápidamente crece su dilatacion. De aquí la preciosa calidad del mercurio. Deluc fue el primero (1) que la demostró con mezclas de agua de diferente calor. Gay-Lussac acaba de confirmarla comparando las dilataciones del mercurio con las del aire.

Los líquidos esperimentan tambien alguna irregularidad cuando se acercan á su congelacion. El agua, por ejemplo, á la cual dilata la congelacion, empieza á esperimentar esta dilatacion un poco antes del momento en que se hiela: así pues el agua está en su *máximo* de intensidad,

(1) *Recherches sur les modifications de l'atmosphère*, Paris, 1762, y segunda edicion, 1784, 4 vol. en 8^o.

no al o del termómetro, sino algunos grados sobre. La academia de Florencia lo había observado ya desde mucho tiempo. Leferre-Gineau ha demostrado, al tratarse de fijar el marco de los pesos, que dicho *máximo* ocurría á los cuatro grados cuatro décimas (centigrado), y Rumford lo ha confirmado despues con esperimentos de otro género.

Otros líquidos, y sobre todo el mercurio, experimentan un efecto contrario; se contraen fuertemente al acercarse á la congelacion, segun así lo ha demostrado Cavendish. Los que se congelan mas tarde, como el espíritu de vino, merecen la preferencia para la medida del frio.

Los termómetros sólidos toman el nombre de *pirómetros* cuando se emplean para medir muy altos grados de calor. La dificultad consiste en colocarlos en una escala que no se dilate; pues de otro modo no se podría saber lo que han variado. Esto es lo que se trata de hacer uniendo una barra de metal á una escala de arcilla cocida: los Sres. Guyton y Brongniart están estudiando este instrumento, que seria muy importante por las artes que se sirven del fuego. Esperando el éxito de sus esperimentos, síplese imperfectamente comparando, segun ha ideado Wadgwood, el encogimiento que experimentan unos pedazos de arcilla homogénea espuestos á diversos grados de fuego.

Ya hace mucho tiempo que se había ensayado la construccion de termómetros de aire: fue pues forzoso hacer investigaciones en orden á la dilatabilidad de este flúido, que por Amontons fue llevada antiguamente á un tercio de su volumen, en el intervalo del hielo al agua hirviendo. Hicieron despues esperimentos semejantes en los otros gases; pero las particulillas de humedad, cuya separacion se había descuidado, dieron lugar á errores trascendentales. Dalton, en Inglaterra (1), y Gay-Lussac, en Paris (2), acaban de repetirlos en todos los flúidos alásticos, impidiendo la introduccion de la humedad en los vasos; habiendo llegado ambos al imprevisto resultado, de que cualquiera que sea la naturaleza del flúido, dilátase una cantidad total, igual, mientras sube de la temperatura del hielo á la del agua hirviendo, y que adquiere poco mas del tercio, ó con mas exactitud 0,375 de su volumen primitivo. Gay-Lussac ha probado á demás que los vapores están sujetos á la misma ley.

Como la abundancia de calórico ó su privacion dilata los cuerpos ó los encoge, dilatándolos ó comprimiéndolos por medios mecánicos lograremos hacerles absorber ó restituir una can-

(1) *Bulletin des Sciences*, ventoso, año 11, núm. 72.

(2) *Ibid.* termidor, año 10, núm. 65.

tividad de calórico mas ó menos considerable.

Muy recientemente ha demostrado Berthollet que para los sólidos el calor producido es, por decirlo así, proporcional á la compresion. Muchos años antes, Cullen y Wilke habian probado que se produce frio promoviendo el vacío; Darwin, que otro tanto se observa si se deja dilatar aire comprimido: siendo de creer que sucederia lo contrario, si se comprimiese aire que no lo estuviese. Efectivamente, cuando la compresion es súbita lógrase producir luz. Un trabajador de San Estévan hizo esta observacion con un fusil de viento. Mollet, de Leon, se valió de este medio para encender yesca (1), y Biot logró por este medio la detonacion de una mezcla de hidrógeno y oxígeno (2). Este último experimento es interesante para la química, en cuanto opera la formacion de agua sin concurso de la electricidad.

Pero entre todos los fenómenos relativos al calórico, que la edad presente ha dado á conocer, ninguno mas interesante, ni que mas haya influido en todo el conjunto de las ciencias físicas, que el de esas apariciones y desapariciones súbitas de calor, que se observan cuando los cuerpos

(1) *Bulletin des Sciences*, prairial, año 12, núm. 87.

(2) *Ibid.* frimario año 13, núm. 93.

se derriten ó se vaporizan, ó cuando vuelven del estado de fusion ó de vapor al de su primitiva solidez.

Creíase en otro tiempo, con Boerhaave y todos los que se dedicaron á la medicion del calórico, que á igual volúmen y gravedad todos los cuerpos que marcan el mismo grado en el termómetro tienen igual cantidad de aquel.

Richman y Kraft, académicos de Petersburgo, empezaron á mediados del siglo XVIII á proponer los motivos que tenian para dudar de aquella opinion; y quizá debamos colocar en aquella época el primer origen del gran sistema de los nuevos descubrimientos sobre el calórico.

Black, que concibió ideas parecidas casi al mismo tiempo, en sus lecciones particulares que daba en Glasgow, demostró esa proposicion capital, que cada vez que un cuerpo se derrite ó se vaporiza, desaparece súbitamente una porcion considerable de calórico, que se vuelve *latente*, segun espresion del mismo, como si se ocultase, uniéndose mas íntimamente con las moléculas del cuerpo, en vez de permanecer entre ellas libre y activo.

Cuando el cuerpo recobra su estado primitivo reproducese aquel calor; y estos efectos ocurren cuando la fusion, la vaporizacion ó la fijacion se operan en virtud de afinidades químicas, lo

mismo que cuando son inmediatamente debidas á la acumulacion ó desprendimiento del calórico.

De este modo pudieron esplicarse, no solo la constancia del grado del hielo que se derrite y del agua en estado de ebullicion, sino tambien los frios artificiales y á veces excesivos que resultan de la disolucion de ciertas sales.

Fahrenheit habia ensayado mucho tiempo antes esas mezclas frigorificas.

Los Sres. Lowitz y Walker las han repetido nuevamente, observando que la mas refrigerante es la de muriato de cal con nieve.

Black, no contento con esos primeros descubrimientos, por mas brillantes que apareciesen, intentó otros nuevos: mezcló al efecto dos líquidos diferentes diversamente calentados, y sumergiendo un sólido en un líquido vió que el esceso del mas caliente no se reparte segun el volumen ni segun la masa, y que el grado definitivo ora es mas alto ora mas bajo de lo que debia esperarse, segun se observa en mezclas de la misma especie; ó en otros términos, que para elevar cuerpos diferentes á igual número de grados, se requieren cantidades de calórico mayores ó menores segun sus especies, propiedad que él llamó *capacidad* mayor ó menor para el calórico.

En efecto, resulta de sus experimentos que cada cuerpo retiene, segun su especie, cierta

proporeion de calórico que no obra sobre el termómetro; y por consiguiente, que en todos los estados los cuerpos de especie diferente que señalan el mismo grado pueden diferenciarse muchísimo por su calórico total.

Pero mientras los descubrimientos de Black estaban concentrados en su escuela, el sueco Wilke trabajaba con éxito sobre la materia, siguiendo un método algo diferente, y llamando *calóricos específicos* las cantidades respectivamente necesarias á los diversos cuerpos para elevarlos todos á igual número de grados (1).

Esplicando estas diferencias de capacidad ó de calórico específico, gran número de producciones ó de calor ó de frio que ocurren en las combinaciones químicas, y no siendo de suyo las que resultan de los cambios de estado mas que casos particulares de aquella ley general, conocióse muy luego cuan interesante seria tener una medida exacta para todos los cuerpos.

Black y su discípulo Irwine procedian á ello, segun hemos dicho, mezclando cuerpos diferentes, y calculando luego por el calor definitivo. Su método es embarazoso, y no puede servir para los cuerpos que accionan químicamente unos sobre otros.

(1) *Academia de ciencias de Estokolmo* 1781, cuarto trimestre; y *Diario de física*, 1785, t. xxvi, pág. 256.

Wilke se valia de un medio mas sencillo y mas general; consiste en medir la cantidad de nieve que derrite cada cuerpo enfriándose de un grado á otro; pero su aparato era inexacto é incómodo.

Delaplace (1) imaginó otro mas perfecto, en el cual el hielo, cuya fusion debe servir de medida, está cubierto por otro hielo que detiene el calórico esterno; y que bajo el nombre de *calorímetro*, es en el dia uno de los instrumentos mas esenciales de la-nueva química.

De este modo se han logrado tablas de mas á mas exactas de dichas capacidades, habiendo trabajado sucesivamente en ellas los Sres. Kirwan, Crawford, Bergman, Lavoisier, y Delaplace.

Se ha tratado tambien de determinar al cero real, es decir, á quantos grados bajaria un termómetro si no hubiese absolutamente calor; pero para tal cálculo, es fuerza suponer que un cuerpo conserva la misma capacidad proporcional, en quanto no mude de estado; y esta proposición, que afecta otras muchas teorías, y en particular toda la de los termómetros, no ha sido probada ni quizás puede serlo.

Estas investigaciones acerca de las capacidades han provocado el descubrimiento de un nuevo modo de combinacion del calórico. Su-

(1) *Memorias de la Academia de ciencias de Paris*, año 1780, pág. 355.

cede en algunos casos que un gas se combina y se fija casi con todo el calórico que lo mantenía en estado elástico, y sin soltar de mucho tanto cuanto se le debia suponer. Así pues, á primera vista parece defectuosa la teoría del calórico latente, porque ocurre un cambio de estado sin manifestacion proporcional de calórico; pero este que se halla oprimido se reproduce con violencia cuando se destruye la combinacion. El ácido nítrico es un ejemplo de este género de union del calórico, y la explosion de la pólvora es uno de sus efectos. Otros veremos en la historia de la química particular; debiendo á los mancomunados trabajos de los Sres. Lavoisier y Delaplace el conocimiento de esos importantes hechos.

Finalmente, la última de las propiedades del calórico, la que mas íntimamente une su historia á la de la química, y por la cual ejerce mayor poder en la naturaleza, es la facultad de modificar los efectos de las mútuas afinidades de los cuerpos. Así es como combina sustancias que sin ella quedarán para siempre estrañas una á otra, y separa otras que hubieran estado siempre unidas; por ella se engendra y multiplica el calórico á sí mismo de un modo continuado, desprendiéndose de las combinaciones en que entraba.

Es probable que estos cambios dependen de los que ocasiona en la densidad; pero esta idea general no puede aplicarse todavía á los fenómenos de un modo circunstanciado, aunque su es-
posicion forma quizás la mitad de la química.

Entre las circunstancias estrañas que modifi-
can las afinidades, hemos citado la presion, y como su influjo se ejerce principalmente en los efectos en los cuales toma parte el calórico, aquí es donde conviene hablar de ella.

Desde mucho tiempo se sabe que detiene la vaporizacion; y nadie ignora, por ejemplo, que el agua hierve en el vacío, cuando apenas llega á ser tibia, al paso que se la puede hacer enro-
jecer manteniéndola comprimida en la marmita de Papin.

Puédesse igualmente liquidar el vapor sin en-
friarlo, por medio de la simple compresion. Cada vez que se reduce un espacio lleno de vapor, cae una parte convertida en agua, segun los experi-
mentos de Watt; desprendiéndose entonces enorme cantidad de calórico.

Líquidos diferentes del agua hierven á veces sin ser calentados, por poco que disminuya la presion del aire.

Esto es lo que ha demostrado Lavoisier en cuanto al éter.

En general, segun Robison, el peso ordinario

de la atmósfera aumenta de 62°. centigrados el calor necesario para hacer hervir un líquido cualquiera; hierven pues todos en el vacío á 62°. bajo su punto de ebullicion en el aire.

Esta misma presion, cuando absoluta, detiene y modifica otros muchos efectos del calor. El caballero Jacobo Hall, de Edimburgo, sometió gran número de cuerpos á los fuegos mas violentos en vasos que no podian romperse. No pudiendo entonces separarse sus elementos, aquellos cuerpos tomaron formas y consistencias muy diferentes de aquellas bajo las cuales aparecen ordinariamente: la creta, en vez de calcinarse, soltando su ácido carbónico, entró en fusion y tomó la apariencia cristalina del mármol blanco; la madera y el asta, en vez de arder, se trasformaron en una especie de ulla, etc. En otra parte veremos la aplicacion que creyó poder hacer Hall de estos experimentos á la teoría de la tierra; pero debemos citarlos aquí como interesante confirmacion de las ideas de Mr. Berthollet.

No solo se vaporiza el agua á la temperatura que la hace hervir, pues todos sabemos que se disipa tambien aunque mas lentamente, á grados muy inferiores: los fisicos han averiguado que hasta el hielo se evapora. Algunos han creido, con el difunto Leroy, de Mompeller, que se verifica entonces una disolucion del agua por el

aire. Otros, como Deluc y de Saussure, no han visto en esto mas que una accion ordinaria del calor, que solo difiere de la ebullicion por su lentitud y la menor densidad del vapor producido. Efectivamente, Dalton acaba de probar que un espacio dado, en el cual se dejen formar vapores, admite siempre igual cantidad de estos, mientras el calor sea el mismo, esté vacío ó lleno de aire, y cualquiera que sea la especie de aire que lo ocupa. Ya lo habian demostrado Saussure y Volta, por lo que toca al aire atmosférico en particular, y los Sres. Deluc y Wat habian manifestado por su parte que esa evaporacion lenta absorbe á lo menos tanto calor como la ebullicion.

Dalton ha demostrado tambien el interesante hecho de que la presion ejercida por los vapores es igual, haya ó no aire en los espacios que ocupan. En el primer caso aquella presion se agrega simplemente á la del aire. A tension igual el vapor de agua es mas ligero que el aire en la razon de 10 á 14^o; por consiguiente, á presion y calor iguales, el aire es mas ligero cuando húmedo. Este es otro antiguo descubrimiento de Saussure. Por último, Dalton ha determinado la cantidad de vapor producida y la presion ejercida por cada grado de calor, habiendo logrado notable relacion entre el grado de ebullicion de cada flúido y la fuerza elástica de su vapor á una

temperatura dada: consiste en que, partiendo del término en que son iguales las fuerzas elásticas de los vapores (por ejemplo, el de la ebullicion bajo una presion determinada, como la de la atmósfera), los aumentos ó disminuciones de aquellas fuerzas elásticas son tambien las mismas para cada flúido, en variaciones iguales de temperatura (1).

La regla de Robison para el grado de ebullicion en el vacío es un caso particular de la de Dalton.

Toda esta teoría de los vapores constituirá un día, segun es de presumir, la base fundamental de la meteorología; pero no se limita aquí su utilidad, á la par que todo el gran cuerpo de doctrina que acabamos de esponer, y que pertenece casi enteramente á la época actual, es tan provechosa para la sociedad como honrosa para el espíritu humano.

Rumford la ha aplicado al arte de calentar, ya los aposentos, ya los líquidos, habiendo logrado mayor economía de la que en ciertos casos pudiera esperarse.

Sabida es la feliz aplicacion del vapor como fuerza motriz. Las delicadas investigaciones de

(1) *Biblioteca británica*, tom. xx, pág. 338; y *Boletín de ciencias*, ventoso año 11. véanse tambien los *Ensayos de higrometría* de Saussure.