

## EL CALOR DESDE LOS TEXTOS DE ENSEÑANZA: UNA PRECISIÓN INDISPENSABLE PARA EL ESTUDIO DE LA QUÍMICA<sup>3</sup>

Johanna Patricia Camacho González<sup>33</sup>

### INTRODUCCION

Los recursos didácticos utilizados en los procesos de enseñanza, son especialmente importantes para convertirlos en un legado cultural, base del conocimiento de presentes y futuras generaciones. Un contenido que ha sido designado como saber por enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativas que van a hacerlo idóneo para ocupar un lugar entre los objetos de enseñanza. Estos son seleccionados por los especialistas que producen los currícula. A su vez, los editores de libros y materiales didácticos, de acuerdo con el diseño curricular, hacen una selección en función de lo que creen conveniente para esos textos y esos materiales, reestructurando también los contenidos. Los docentes, por su parte, también aportan en estos procesos, a partir de los patrones institucionales y de los materiales didácticos, que eligen para hacer su trabajo en clases. En el caso particular del concepto calor se muestra aquí un estudio de tales transformaciones y su presentación en algunos textos escolares con las observaciones pertinentes que llevarán a una precisión para su enseñanza.

### LA CONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DEL CONCEPTO CALOR

Calor es un concepto que fundamenta muchas disciplinas. En el caso particular de la química, suele recurrirse a él, junto con otras propiedades factibles de medir, para dar explicación de los fenómenos propios de esta ciencia en las transformaciones que presentan las sustancias para la producción de otras nuevas.

<sup>3</sup> Ensayo presentado en el seminario de Pedagogía y Didáctica en Mayo de 2003

<sup>33</sup> Estudiante del Departamento de Química de la U.P.N.

Al calor, durante la época del Flogisto se le asignaba una naturaleza sustancial y por tal razón fue objeto de estudio por parte de los químicos; como lo demuestran los trabajos realizados por Joseph Black. (1760).

El estudio de la naturaleza del calor, originó muchas divergencias entre los pensadores griegos. Héraclito (576 - 480 a.C.) lo consideraba como la fuerza causa de todas las transformaciones; Demócrito (460 a.C. - 370 a.C.), como una materia que emanaba de los cuerpos calientes y estaba formado por átomos relacionados y móviles; Aristóteles (384-322 a.C.), lo asumía como una calidad oculta de la materia, capaz de reunir los elementos semejantes y de separar los elementos heterogéneos. Por su parte, Herón de Alejandría (20-62 d.C.), intuitivamente colgó un globo metálico lleno de agua, sobre una fuente de calor y lo puso a girar libremente alrededor de su eje vertical. En dos puntos diametralmente opuestos del globo instaló dos tubitos en forma de L, que comunicaban con el interior. Transcurrido el tiempo necesario para que el agua se calentase y empezase a hervir, observó cómo dos chorros de vapor, de intensidad creciente, comenzaban a salir de los dos segmentos del tubo, que previamente, había orientado en direcciones opuestas entre sí, provocando un movimiento de rotación del globo alrededor de sí mismo. Herón llamó a su aparato "eolípila" (válvula de viento). Con este artefacto se demostró por primera vez, que el calor constituía una fuente de energía y que podía, de hecho, ser empleado para generar un movimiento mecánico. En los comienzos de la Alquimia, la naturaleza del calor no fue objeto importante de estudio debido a que, en su momento, la ocupación giraba en torno a los fenómenos inherentes a los materiales, tratando de destacar la diferencia entre cuerpo y sustancia.

En el Siglo XVII, se producen nuevas concepciones sobre la naturaleza del calor. Bacon (1561 - 1626), Newton (1642-1727) y Boyle (1626 - 1691) sospechaban las relaciones entre los fenómenos caloríficos y mecánicos; Georg Ernst Stahl (1660-1734), creador de la teoría del flogisto afirmaba, de acuerdo con la reminiscencia del pensamiento alquimista, que el principio del fuego, el flogisto, se desprendía de un cuerpo en combustión, por lo que el flogisto también se denominó **calórico**.

Se enuncian entonces dos posiciones acerca de la naturaleza del calor; la primera, que la asumía como una sustancia indestructible y sin peso denominada calórico y la segunda, en la cual el calor es movimiento, fuese de las partículas más pequeñas del cuerpo o de algún fluido difundido por la materia.

A mediados del Siglo XVIII la teoría del calórico gana ascendencia, período este en el que no existía el concepto de energía para explotarse y para afirmar las experimentaciones evidenciadas en contra del calórico y realizadas por Benjamín Thompson (Conde de Rumford) (1753 - 1814), y Sir Humprey Davy (1778-1829). Se construyen instrumentos, como el barotermoscopio por Van Drebbel (1572 - 1634) y el primer termómetro hecho por Van Helmont (1580-1644), a partir de los cuales Amontons construye un termómetro que le permite observar que el agua hierve a un grado fijo, de acuerdo con lo descrito por él en la Real Academia de París; Fahrenheit desea observar este fenómeno con sus propios ojos y convencerse de los resultados del experimento.

Fahrenheit (1686 - 1736), Físico Alemán, que trabajaba como soplador de vidrio, fabricó un termómetro con mercurio (que describe como imperfecto). Utilizó este metal líquido porque había observado que la columna de mercurio en el barómetro era bastante sensible a las variaciones de la temperatura. Después de tres años, Fahrenheit realizó un experimento en el cual tomó varios líquidos diferentes al agua, como aceite de vitriolo, alcohol de vino, alcohol de nitro y agua de lluvia, para evidenciar que otros líquidos hervían en un grado fijo de calor o temperatura. Los tiempos no fueron tomados simultáneamente por tal razón ajustó la escala a 48°, valor medio entre el límite del calor más intenso (sangre de un hombre sano) y el límite del frío más intenso (mezcla artificial de agua y sal de mar o sal - amoniaco). Observó que los aceites volátiles comienzan a hervir en un grado fijo de calor, pero su calor se aumenta al hervir. Además, que los aceites son afectados tanto por el calor, que comenzaban a hervir al mismo tiempo que el mercurio. Finalmente, en su documento (Fahrenheit, D. 1724), deja la posibilidad de experimentar nuevamente para demostrar si el grado de calor o temperatura de otros líquidos aquí mencionados también varía si se encuentran en una cantidad más grande, y si hierven en

un mayor tiempo.

En lo descrito por Fahrenheit se muestra que él no hace ninguna diferenciación entre calor y temperatura y los menciona indistintamente. Además su aporte en la construcción del termómetro hace que se cambie la noción que se tenía de calor y la distribución del mismo entre diversos cuerpos.

Un avance en la teoría del calor se logró gracias a los trabajos de Joseph Black (1728 - 1799), químico británico. Estima Black, que sin el uso del termómetro se puede percibir una tendencia del calor a difundirse de un cuerpo más caliente a un cuerpo más frío y este se distribuye entre ellos de igual manera, considerándose un estado de equilibrio universal. Antes era una suposición común, que las cantidades requeridas para aumentar el calor de diversos cuerpos en el mismo número de grados, estaba directamente en proporción con la cantidad de materia en cada uno y, por lo tanto, cuando los cuerpos eran de igual tamaño, las cantidades de calor estaban en proporción con su densidad. Lo que se demostró, a través de la experimentación de Fahrenheit, que se trataba de un error. El calor se distribuía en los cuerpos de acuerdo con su naturaleza, así fueran del mismo tamaño, del mismo peso o cuando se reducen a la misma temperatura o el grado de calor, es decir, que la cantidad de calor necesaria para alcanzar el estado de equilibrio, es diferente para cada sustancia (Calor Específico).

En cuanto a los fenómenos de fluidez, Black no compartía la opinión generalizada, de que la causa de este fenómeno y del proceso inverso, era la adición o disminución de una pequeña cantidad de calor contenida en un cuerpo. El afirma que la cantidad de calor recibida es mucho mayor y que esta es la principal causa de la fluidez, pero parece ser absorbida y encubierta para no ser detectada por el termómetro. En cuanto el fenómeno de vaporización describe que la causa inmediata de la formación de vapor es una gran cantidad de calor, que presenta las mismas características de encubrimiento, por tal razón lo denomina calor latente.

Además, describe que la grandes adiciones de calor entran por el fondo del líquido y allí hay producción constante de vapor, que aunque no pesa nada, se levanta a través del agua circundante y parece ser lanzado hacia la superficie; donde se difunde a través del aire (Black, 1760).

tieron diferenciar inicialmente, calor de temperatura. Esta era vista como medida de la cantidad de calor o calórico en un cuerpo y la lectura termométrica se designaba como “números de grado de calor”.

De hecho la palabra temperatura aún tenía su arcaico significado de mezcla, es decir, una temperatura indicaba una cierta mezcla de calórico con la materia, aunque él no hacía referencia alguna a estas dos definiciones. Además, demostró experimentalmente que las diferentes sustancias de igual masa, difieren en su capacidad para absorber calor cuando se calientan dentro del mismo intervalo de temperatura.

Benjamín Thompson: Conde de Rumford (1753 - 1814), quién trabajaba en el Arsenal militar de Munich, Alemania, observó que al taladrar un cañón se producía, en corto tiempo, una gran cantidad de calor (mucho mayor que el del agua hirviendo). De acuerdo con las conjeturas de los filósofos griegos con respecto a la existencia o no de un líquido ígneo, Rumford se cuestionó acerca de la procedencia del calor en la operación mecánica antedicha.

Para descartar la producción de calor por las virutas metálicas que son separadas por el perforador, Rumford tomó las mismas cantidades de estas virutas y las producidas por una sierra y las colocó en agua fría y, observó que ambas producían la misma cantidad de calor. Después realizó varios experimentos con un tubo perforado en uno de sus extremos, fijado en posición horizontal, que giraba sobre su propio eje y que estaba amarrado a caballos. Este cilindro fue diseñado con el propósito de saber cuanto calor se producía por fricción. Este cañón fue bien cubierto, para prevenir en lo mas posible la pérdida de calor, luego tapó la boca del cañón con un pistón circular y fijó una barra de hierro a su extremo, el resultado fue asombroso. Después de dos horas y media se pudo observar que el agua donde se sumergió la barra de hierro comenzó a hervir a 210° (Calor del agua hirviendo, en Munich). Concluyó, entonces, Rumford, que existía distribución de calor hacia todas las direcciones y que el flujo continuo no presentaba interrupción ni agotamiento; por tal razón no era posible hablar de el como sustancia material, sino como movimiento (Thompson, 1798).

Julius Robert Mayer (1814 - 1878), físico y médico alemán, describe que la sustancia, a diferencia de la fuerza, posee características muy definidas (peso, extensión) y que, en cambio, la fuerza es, en mayor término, algo desconocido e hipotético. Afirma que las fuerzas son causas y que los efectos de estas no son iguales, (contradiendo el principio de la relación simple causa - efecto), es decir; que una parte de la causa se convierte en efecto, pero que existen otros efectos que corresponden a la parte sobrante.

Sin el reconocimiento de una conexión causal entre el movimiento y el calor, es difícil explicar la producción de calor y del movimiento que desaparecen, no obstante el calor no debe derivar de la disminución del volumen de las sustancias que se frota. Por lo que Mayer afirma, que la hipótesis vibratoria del calor es un acercamiento hacia la doctrina de este, como efecto del movimiento. Por último afirma “antes de que pueda convertirse en calor el movimiento debe dejar de existir como movimiento” (Mayer, 1894).

El trabajo realizado por Mayer permitió dar los primeros pasos del concepto de energía calorífica.

## TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA

Teniendo en cuenta lo anterior, se presentan a continuación los resultados preliminares acerca de transposición didáctica (Chevallard, 1991) del concepto de calor, en textos escolares. La revisión crítica del tratamiento que el concepto calor recibe en algunos de ellos, muestra la transformación que sufre éste concepto como objeto de saber al convertirse en objeto de enseñanza.

Se analizaron tres libros; “Química General e Inorgánica 10” de Manco Félix; “Química: Conceptos y Aplicaciones”, de Phillips, Stozak y Wistrom e “Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química” de Smith - Van Ness con el fin de caracterizar la aproximación o no de lo descrito por los últimos cuatro científicos mencionados y la relación que los autores de los libros hacen o no, del uso de la historia de las ciencias, como herramienta para la comprensión del concepto de calor; además de analizar la transposición didáctica de que es objeto el conocimiento de quien lo crea y el contenido que pre-

En la "Química General e Inorgánica 10" (2001); el autor describe en el prefacio del libro: las unidades se acomodan al programa oficial vigente del MEN; estas presentan una secuencia lógica metodológica en orden ascendente de complejidad; abarca los conocimientos fundamentales basando el enfoque e interpretación de los mismos en la metodología científica moderna.

El concepto de Calor lo presenta por primera vez en la Unidad 2: Materia y Energía; dentro de los objetivos específicos que el autor señala; se destaca lo siguiente, "Diferenciar entre propiedades generales y específicas de la materia, entendiendo a la vez el significado de algunas de estas propiedades".

Al inicio de la Unidad 2, se presentan las características de cada uno de los cuatro estados de la materia, posteriormente, señala los cambios de estados y afirma "La materia puede pasar de un estado físico a otro, por efecto de la temperatura, de la presión, o de ambos factores combinados"; luego, da información sobre cada uno de estos cambios (Fusión, Solidificación, Vaporización y Condensación) mencionando que el paso de uno a otro ocurre por pérdida o absorción de calor; también dice que el vapor (en los fenómenos de evaporación) se desprende de la superficie del líquido de manera generalmente invisible; a diferencia del vapor (en los fenómenos de ebullición) que se desprende no sólo de la superficie del líquido sino del interior de la masa líquida en forma de burbujas.

Estas descripciones se realizan sin tener en cuenta lo descrito por Joseph Black; quién hace la aclaración de que el calor absorbido no calienta cuerpos circundantes y atribuye al Calor Latente la causa de la fluidez o vaporización de las sustancias. En cuanto al fenómeno de vaporización, Black afirma que estas adiciones de calor entran por el fondo del líquido, lo que genera una producción constante de vapor elástico, el cual pasa a través del agua circundante y se difunde en el aire. Al mencionar las palabras pérdida o ganancia de calor le atribuye características materiales a éste, que según lo descrito por el Conde de Rumford no es posible porque es un flujo continuo e inagotable.

El texto vuelve a acudir al concepto de calor en la Unidad 6: Reacciones Químicas, para dar cuenta

de las reacciones exotérmicas y endotérmicas, señala que el calor es un factor importante en el transcurso de las reacciones. En la Unidad 8, define el calor de la siguiente forma "El calor es una forma de energía que se origina por el movimiento de las partículas que forman el cuerpo (energía cinética). Cuando se presenta una variación en la energía calorífica de un cuerpo, el fenómeno se manifiesta por un cambio de temperatura de éste". En esta definición acude al concepto de movimiento de partículas, como causa del calor, pero no hace referencia al trabajo sobre causa - efecto, que desarrolló Mayer.

En este libro de texto no se acude, en ningún momento, a los trabajos experimentales realizados por Joseph Black, los cuales permitieron tener claridad acerca de los cambios de estado. En general, no tiene en cuenta ningún desarrollo histórico de las ciencias y presenta indistintamente el concepto de calor a lo largo de todas sus páginas, sin hacer clara una idea a cerca de su concepción; es decir, sin cumplir el objetivo específico propuesto en la Unidad 2. Por tanto, este texto muestra una versión sobre el calor que se aleja de la concepción propuesta en su formulación inicial.

El segundo libro que se analizó fue, "La Química: Conceptos y Aplicaciones" (1999), de los autores John S. Phillips, Víctor Stozak y Cheryl Wistrom. Consideran estos autores, que el éxito que ha tenido el texto se debe al innovador método intuitivo - conceptual. Uno de los principales objetivos que se pretenden, es el de estudiar la Química, a partir de problemas cotidianos de los estudiantes. Incluye un programa con los temas mas actuales presentados de una manera clara, accesible y con bastantes ilustraciones. Desarrolla el contenido, además, en un contexto ecológico, social y económico y cada capítulo trae varias secciones como son: Química Cotidiana, Laboratorios, mini laboratorios, gente en la química; entre otras.

En el capítulo 10: La teoría Cinética de la Materia, describe la energía cinética y cambios de estado. En lo referido a la evaporación dice que "es el proceso mediante el cual las partículas de un líquido forman un gas al separarse de la superficie".

El área de la superficie, así como la temperatura y la humedad, afectan la velocidad de evaporación, como se muestra en la Fig. 10.17"; la gráfica representa lo descrito por Black en cuanto a la evaporación del agua y de la formación del vapor desde el fondo del líquido. Sin embargo, no hacen alusión a él.

En cuanto al fenómeno de condensación se afirma que "el vapor se usa para indicar el estado gaseoso de una sustancia que es líquida, a temperatura ambiente. La condensación es el proceso inverso de la evaporación". Acerca del calor de evaporación, da una explicación utilizando una gráfica, que describe una afirmación hecha por Black "El vapor, si está examinado con un termómetro, se encuentra que está exactamente a la misma temperatura que el agua hirviendo de la cual se presentó".

Aunque no señala la definición de calor latente, de acuerdo con los trabajos de Joseph Black, en el texto en análisis se afirma que existe una gran cantidad de calor en la transformación de líquido a vapor. "Tal vez sabes que las quemaduras causadas por el vapor son mas peligrosas que las quemaduras causadas por el agua caliente. Ello se debe a que el vapor, cuando se calienta, transfiere una gran cantidad de calor a la piel".

En el Capítulo 13: El agua y sus soluciones, describe un ejemplo cotidiano para contextualizar el concepto de calor específico: "A pesar de que la temperatura del aire es alta, la temperatura del agua no ha subido, por lo cual tiende a ser más fría. Por otro lado, si regresas por la tarde a la misma alberca, cuando la temperatura del aire ha bajado, el agua estará mas caliente que la del aire. De nuevo el agua esta retrasada con respecto a los cambios de temperatura del ambiente". En el Capítulo 20: Cambios de energía en las reacciones Químicas; se afirma que: "la energía que participa en las reacciones exotérmicas y endotérmicas es el calor, el cual se define como la energía transferida desde un objeto que se encuentra a mayor temperatura hacia otro a menor temperatura".

El contenido desarrollado acerca del calor, en este libro muestra los enunciados propuestos por Joseph Black y Julius Robert Mayer, a través de ejemplos, sin hacer referencia a sus trabajos, ni tampoco al desarrollo de las ciencias.

Sin embargo, tratar la temática sobre calor con base en el conocimiento del pasado de las ideas y su evolución a lo largo del tiempo, posibilitan una mejor comprensión del contenido en cuestión.

El tercer libro analizado fue Introducción a la "Termodinámica en Ingeniería Química" de los profesores J. M. Smith y H. C. Van Ness (1991). La finalidad que busca este texto es proporcionar un tratamiento fundamental de la termodinámica desde el punto de vista del ingeniero químico.

En la Introducción del Capítulo Uno, los autores afirman "Termodinámica significa potencia térmica o potencia obtenida a partir del calor, debido a sus orígenes en el análisis de la máquina de vapor... La aplicación de la termodinámica a cualquier problema real comienza con la identificación de un cuerpo material particular, al que se llama *sistema*."

El estado termodinámico de un sistema se define por unas cuantas propiedades macroscópicas factibles de ser medidas en función de las dimensiones científicas fundamentales: longitud, tiempo, masa, temperatura y cantidad de sustancia". Después de esta aclaración los autores abordan cada una de estas propiedades (fuerza, temperatura, cantidades derivadas; volumen, presión trabajo, energía y calor).

La concepción de calor no se hace en forma tan explícita como en los dos casos anteriores; simplemente se parte de pensar que algo se transfiere de un objeto caliente a otro frío, y ese algo se llama calor. A partir de allí se desarrollan todas las elaboraciones hechas a través de la historia de las ciencias, señalando los aportes de cada uno de los científicos, mencionados, sin precisar mucho las experimentaciones realizadas, pero dejando claro la importancia de su trabajo.

El contenido científico estudiado a través de su historia se acerca mas al universo cognoscitivo, no solamente del estudiante sino del propio hombre que, antes de conocer científicamente, construye históricamente lo que conoce (Pessoa de Carvalho, 1992).

## CONCLUSIONES

De los resultados, del análisis crítico realizado, se puede afirmar que:

1. Existen diferencias entre el conocimiento personal de quién lo crea y el contenido a enseñar.
2. La ciencia que se muestra en los textos utilizados en la enseñanza de la química, presenta distintas versiones sobre la misma.
3. El conocimiento de las propuestas iniciales de los científicos relacionados, propiciaría una mejor comprensión de este concepto, por tanto una mejor aproximación a las ciencias que hacen los científicos.

## BIBLIOGRAFÍA

BLACK, J. 1760. "Excerpters on specific heat and latent heat" from Lectures on the Elements of Chemistry delivered in the University of Edinburgh by the Late Joseph Black, M.D. ...publish from his manuscripts by John Robinson (1803) [as excerpted by William Francis Magie, *A Source Book in Physics* (New York: Mc Graw Hill, 1935)].

CHEVALLARD, Y. 1991 La transposición didáctica. Buenos Aires: Aique. . p11 - 56.

FAHRENHEIT, D. 1724 "Experimenta circa gradum caloris liquorum nonnullorum ebullientium instituta". *Phil. Trans.* 33, 1. [from William Francis Magie, *A Source Book in Physics* (New York: Mc Graw Hill, 1935)].

KANG, W. y KILPATRICK, J. 1992 Didactic Transposition in Mathematics Textbooks. For the Learning of Mathematics. Vol. 12, No 1 (February.); p.2- 7.

MANCO, F. 2001 Química General e Inorgánica 10. Bogotá: Ediciones Migema.

MARIN, D. y PONCE, M. 1994. "Propuesta Metodológica desde la nueva didáctica de las ciencias para la enseñanza de los conceptos científicos Calor y Temperatura. (Tesis de Grado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.

MAYER, J. 1842. "Remarks on the Forces of Inorganic Nature". *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 43, 233 (1842) as translated by G.C. Foster, *Phil. Mag.* (4) 24, 371 (1862) and reprinted in William Francis Magie, ed., *A Source Book in Physics* (New York: Mc Graw Hill, 1935)].

PESSOA DE CARVALHO, A.M. y CASTRO, R.S. 1992 La Historia de las Ciencias como herramienta didáctica para la enseñanza de la Física en secundaria: un ejemplo de calor y temperatura. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 10, No 3 ; p.289 - 294.

# Investigación P. P. D. 2

## ESTRATEGIAS DE LECTURA EN QUÍMICA EMPLEADAS POR ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA ~

Diana Marcela Rodríguez Silva ~



### ¿Cómo leemos?

ras una fijación durante la lectura, un patrón visual de rasgos gráficos es transmitido a la retina y después a través del nervio óptico, para que el cerebro lo interprete. Las etapas de este proceso no se conocen bien, y se han propuesto varias teorías para explicar qué ocurre cuando un lector lee con fluidez. Una de las razones de que éste sea un campo tan controvertido es que resulta enormemente difícil obtener información precisa sobre los acontecimientos que se producen cuando una persona lee. De hecho, parece que es muy poco lo que ocurre, exceptuando los movimientos de los ojos, que no explican cómo consigue el lector sacar un significado de los símbolos gráficos. De la misma manera, si ponemos a prueba a una persona después de que haya leído algo, puede que constatemos algo sobre qué ha leído, pero no cómo lo ha leído. Además las situaciones experimentales tampoco resultan convincentes, porque se pide a los lectores que hagan cosas anormales, y al analizar el comportamiento de personas con problemas de lectura se pueden obtener resultados que no son aplicables a los lectores sanos.

Considerando las dificultades, no parece que el campo de investigación de la lectura sea especialmente prometedor o atractivo. No obstante, es un área que ha atraído a muchos investigadores, en parte gracias a su misma complejidad, y en parte porque cualquier solución al problema

~ Proyecto de observación de la Práctica Pedagógica y Didáctica II/03

~~ Estudiante del Departamento de Química de la U. P. N.