

Aproximación a la explicación del fenómeno de oxidación en reacciones con metales*

Approach to Explaining the Phenomenon of Oxidation and Reduction: Relating Calorimetry of Reactions with Metals

María de los Ángeles Castillo -Castillo**

Cómo citar este artículo:

Castillo, M.A. (2023). Aproximación a la explicación del fenómeno de oxidación en reacciones con metales. *Pre-Impresos Estudiantes*, (24), 17-21.

Resumen

Presentamos los avances del trabajo de profundización en el aspecto disciplinar que inicialmente menciona la preocupación por la explicación del fenómeno de oxidación y reducción, para luego encontrar la forma de abordarlo desde las evidencias que este representa. Posteriormente, se mencionan algunos elementos relacionados con el desarrollo histórico del concepto de *oxidación* desde la experimentación de Lavoisier (1789), con el calorímetro que dicho autor elaboró y los avances en la búsqueda para darle una explicación a ese fenómeno. Por último, se plantean algunas observaciones en cuanto a los experimentos que se seguirán efectuando.

Palabras clave: oxidación; fenómeno; calor; experimentación; metales; perceptible

Abstract

We present the progress of our in-depth work on the disciplinary aspect, which initially addresses the concern of explaining the phenomenon of oxidation and reduction to find ways to approach it based on the evidence represented by the phenomenon. Following this, we discuss some elements related to the historical development of the concept of oxidation, starting with the experiments conducted by Lavoisier (1789), including the calorimeter he developed (Lavoisier, 1789), and the processes undertaken so far in the quest to explain the mentioned phenomenon. Finally, some observations are made regarding the experiments that will continue to be conducted.

Keywords: oxidation; phenomenon; heat; experimentation; metals; perceptible

* Este trabajo es construido en el marco del trabajo de grado de la Maestría en Docencia de la Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), titulado "Aproximación a la explicación del fenómeno de oxidación y reducción: relacionando la calorimetría de reacciones con metales".

** Estudiante de Maestría en Docencia de la Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Licenciada en Química, Universidad Pedagógica Nacional (UPN) mdcastillo@upn.edu.co

Introducción

El trabajo en curso aborda la explicación de la oxidación a través de las manifestaciones físicas, por medio de un calorímetro como herramienta principal. Se basa en los principios de Lavoisier (1789) para fundamentar y vincular las reacciones que ocurren con el fenómeno en el calorímetro. Las evidencias físicas consideradas incluyen cambios de color, pérdida de brillo y otros indicadores relevantes. El propósito principal es establecer la relación entre la cantidad de hielo que se derrite en el calorímetro y el proceso de oxidación en diferentes reacciones con metales. La necesidad de explorar esta relación surge de las revisiones teóricas de nuestro trabajo. Estas indagaciones revelan que, en la enseñanza escolar, el estudio de la oxidación se basa en ejemplos estándar de libros de texto, que a menudo carecen de ejemplos prácticos y cotidianos explícitos. Esto dificulta que los estudiantes comprendan y relacionen completamente los procesos enseñados en el aula con situaciones de la vida real. Por tanto, nuestra meta es enriquecer el tratamiento sobre este tema.

Referentes teóricos

La motivación para este estudio, influenciada por obras como la de Chang (2010), proviene de la tendencia en la enseñanza de química a centrarse en la oxidación, mientras que la reducción se trata de manera más abstracta. Nuestro trabajo busca ampliar la comprensión del proceso de oxidación y enfocarse en evidencias físicas (Chang, 2010). A partir del análisis de secciones del *Tratado elemental de química* de Lavoisier (1789), se encuentra el origen de la concepción de *oxidación* y se describen experimentos con el calorímetro de hielo. Esta lectura ha despertado nuestro interés por observar las reacciones entre metales y oxígeno, a través de un calorímetro de hielo para medir el calor liberado, al observar cómo diferentes metales interactúan

y registran cantidades específicas de calor en estas reacciones.

Este fenómeno se centra en el comportamiento de los metales, los cuales experimentan cambios en su color, masa, brillo y otras propiedades superficiales como resultado de procesos químicos. Estos cambios son indicativos del concepto de *oxidación*, y se destaca en el *Tratado elemental de química* (1789):

Las interacciones que ocurren entre metales y oxígeno pueden hacer referencia a transformaciones físicas de ellos, que podemos observar gracias a dichas interacciones. Cuando hay este tipo de procesos, los metales al entrar en contacto con el aire circundante a ellos, toman cierto grado de calor y producto de ese calor el oxígeno del aire aumenta su afinidad con ellos, permitiendo que su capacidad de reaccionar con el gas oxígeno aumente, así como aumenta el peso del metal en proporción al oxígeno que interviene en el proceso. (p. 58)

Según Lavoisier (1789) los metales al oxigenarse forman sustancias intermedias, que podemos relacionar con la presencia del óxido que se acerca a lo que es el estado salino, al que los antiguos dieron el nombre de *cal* y que particularmente hace referencia a sustancias que duran mucho tiempo en exposición al fuego sin llegarse a fundir; esta formación se debe al aumento de peso en el metal, luego del proceso. Pero como la naturaleza de los metales no apunta directamente a que sea algún tipo de piedra, se decide no usar la expresión de sales metálicas sino sustituirla por la palabra óxido, tomada del griego "οξυς". (Lavoisier, 1798, p. 59)

Diseño metodológico

Nuestro trabajo adopta un enfoque fenomenológico que se centra en ampliar el concepto de oxidación para entender las reacciones que involucran metales desde la perspectiva del docente para aplicarlas en el aula. Esta aproximación nos brinda una mejor comprensión de

los procesos redox y nos ayuda a construir explicaciones sólidas.

El objetivo del estudio es ampliar el concepto de oxidación mediante experimentos en un calorímetro y relacionarlos con la evolución del concepto. Para dirigirse hacia el objetivo se empezó por efectuar dos experimentos en los que se utilizaron cintas de magnesio, una sumergida en agua y otra sumergida en ácido acético. Durante las prácticas, se observaron cambios en el metal, burbujeo y turbidez en

el ácido, y se registró la liberación de calor, lo que indicó la afinidad química del metal con el ácido. Se esperaba que ambos ensayos derritieran igual cantidad de hielo, ya que la energía liberada en la oxidación del magnesio se refleja en la cantidad de calor y hielo derretido. Se controló el tiempo cuidadosamente para minimizar influencias ambientales en el calorímetro, que no era completamente adiabático. Los resultados de estos ensayos se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Observaciones de los experimentos entre una cinta de magnesio con agua y una cinta de magnesio con ácido acético.

$H_2O_{(l)} + Mg_{(s)} \rightarrow MgO_{(ac)} + H_{2(g)}$ agua + magnesio \rightarrow óxido de magnesio + hidrógeno	$2CH_3COOH_{(l)} + Mg_{(s)} \rightarrow Mg(CH_3COO)_{2(s)} + H_{2(g)}$ ácido acético + magnesio \rightarrow etanoato de magnesio + hidrógeno
El hielo derretido después de cinco minutos es poco, en relación con el ensayo del ácido acético. Antes de tapar el calorímetro, <i>no se evidencia burbujeo fuerte.</i>	El hielo derretido después de los cinco minutos es superior, en comparación con el ensayo en presencia de agua. Antes de tapar el calorímetro, se evidencia un burbujeo fuerte.

Fuente: elaboración propia.

La reacción entre el magnesio y el agua muestra signos de oxidación desde una perspectiva macroscópica. La cinta de magnesio, sin presencia de óxido previo, cambia de color debido a la formación de óxido de magnesio, un proceso oxidativo. Se observa burbujeo en el agua, causado por la reducción del hidrógeno, que pasa de estar en forma de una molécula compuesta a convertirse en átomos de hidrógeno gaseoso. Estos cambios en el brillo del metal, el color del agua y la liberación de burbujas reflejan los procesos de oxidación en la reacción.

El problema de investigación tiene como uno de los objetivos ampliar el concepto de oxidación, más allá de la simple transferencia de electrones, desde una perspectiva macroscópica. Esto se justifica al abordar el mundo visible, donde la predicción subatómica resulta impráctica. Las cantidades variables de hielo en las reacciones resaltan la influencia de las sustancias involucradas. La experimentación con un calorímetro permite medir valores como la

cantidad de agua derretida y observar cambios visibles, como el tiempo de burbujeo y los cambios de color, para establecer conexiones de esa oxidación con la liberación de calor en el proceso.

Del instrumento elaborado por Lavoisier

El calorímetro diseñado por Lavoisier, como se describe en su sección sobre “Los aparatos relativos a la medición del calórico”, consta de tres partes principales:

1. *Capacidad interior:* es una estructura de alambre sostenida por pies de hierro y se utiliza para contener el cuerpo que se somete a experimentos de calorimetría.
2. *Capacidad media:* se emplea para albergar hielo triturado que rodea la capacidad interior y se encarga de derretir el calor liberado por el cuerpo bajo estudio.

3. Capacidad exterior: funciona como un aislante térmico, e impide que el calor del exterior y de otros objetos afecte los resultados del experimento.

El uso del calorímetro implica llenar su capacidad media y tapas con hielo triturado. Luego, se introduce el cuerpo a estudiar en la capacidad interior, se cierra y se espera a que alcance cerca de 0 °C. Se registra el inicio del derretimiento del hielo y se pesa el agua derretida. Este proceso mide con precisión el calor liberado durante el enfriamiento. Es crucial destacar que

no debe haber comunicación entre las capacidades media y exterior del calorímetro para evitar alteraciones en los valores de calor (véase imagen 1).

En resumen, el calorímetro de Lavoisier se utiliza para medir el calor liberado por un cuerpo mientras se enfría; así, este calor se detiene y se mide de manera precisa mediante la fusión del hielo. El diseño del calorímetro garantiza que no haya interferencias de calor externo en el experimento (Lavoisier, 1789).

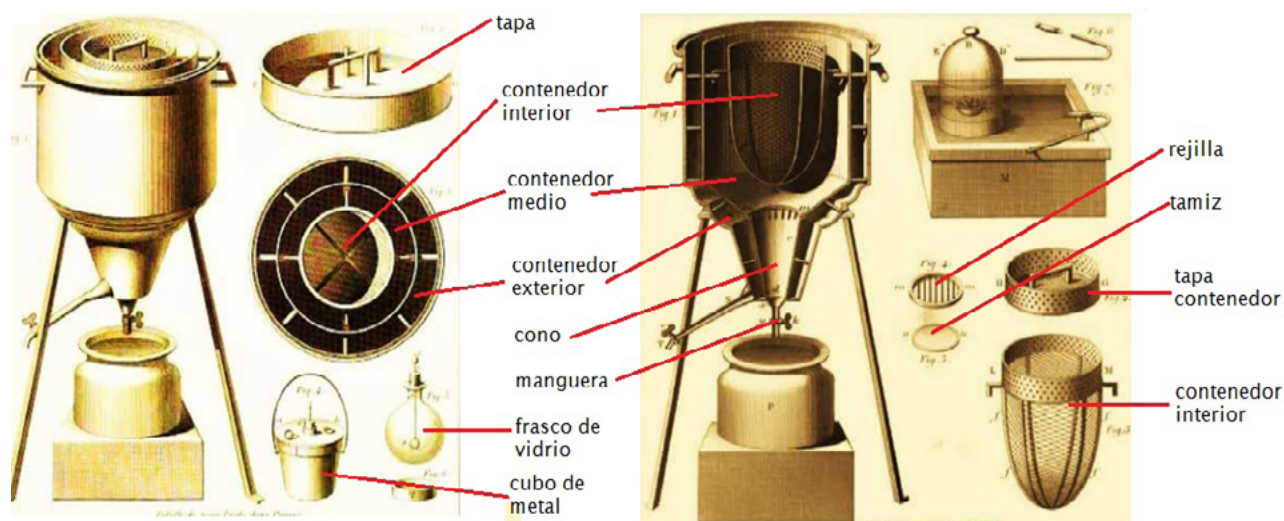


Figura 1. Calorímetro de Lavoisier

Fuente: Tomado y adaptado de Garzón, M. (2015).

Uno de los contenidos que se enseña en el aula de educación media es la oxidación. Esto es fundamental para explicar a los estudiantes cómo diferentes sustancias, ya sean elementos o compuestos, presentes en la naturaleza y el entorno, experimentan cambios en su estructura química y propiedades (Brown *et al.*, 1998). En el aula, se prioriza la enseñanza de cambios en sustancias a través, principalmente, de ecuaciones químicas para describir cómo ocurren las reacciones y cómo las cargas y masas se equilibran según la *ley de conservación de la materia*. Además, se integra el

concepto de oxidación en la enseñanza para explicar cómo interactúan las sustancias con el oxígeno del ambiente, el agua o los ácidos que alteran su estructura química.

Al reaccionar con el oxígeno, los metales sufren cambios notables en apariencia, color, brillo y masa, y evidencian procesos de oxidación. Estos cambios están relacionados con las transformaciones químicas que pueden suceder entre ellos. En el trabajo que se está desarrollando se requiere profundizar en la comprensión de estos procesos, para lo cual se

van a realizar experimentos con otros metales (solo se ha usado magnesio hasta ahora), con el fin de comparar los cambios que se registren y obtener inferencias que expliquen el fenómeno. Estas evidencias, como el comportamiento en el calorímetro y la cantidad de agua liberada, respaldarán la explicación del proceso.

Conclusiones

El trabajo que se ha presentado ha permitido observar aspectos de las reacciones de oxidación con magnesio en presencia de agua y ácido acético, a partir de las cuales se establece el punto de partida para continuar analizando reacciones de oxidación con el uso de metales diferentes al magnesio, para luego establecer comparaciones entre los resultados de los experimentos que permitan relacionar el calor de las reacciones con la oxidación. Se espera que después de analizar todos estos experimentos, que se harán dentro de un calorímetro, se amplíe el concepto

de oxidación para poder llevar al aula la forma de enseñarlo con las evidencias que se están desarrollando en el presente trabajo.

Referencias

- Brown, T., LeMay, E., Bursten, B., Escalona y García, H. J., Escalona, M. C. R. y Doria Serrano, M. d. C. (1998). *Química: la ciencia central*. (7.ª ed.). Prentice Hall.
- Chang, R. (2010). *Química*. (10.ª ed.). McGraw-Hill.
- Lavoisier, A. (1789). *Tratado elemental de química*. Imprenta Real.
- Garzón, M. (2015). Memoria sobre el calor por MM. Lavoisier y De Laplace. (Título original *Mémoire sur la Chaleur*. *Mémoires de l'Académie des sciences 1780*. Traducción de Marina Garzón) *Revista Física y cultura. Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, (9), p. 136-150.