

EL CONCEPTO DE REACCIÓN QUÍMICA: UNA EXPERIENCIA SIGNIFICATIVA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

The Concept of Chemical Reaction: a Significant Experience in University Students

FERNANDO FONTALVO ASPRILLA¹, MARÍA VICTORIA ALZATE CANO²

¹ Universidad de Burgos, España

² Universidad de Antioquia, Colombia

KEY WORDS

*Meaningful Learning
Language Chemical
Chemical Reaction*

ABSTRACT

This paper investigates how four students of First Level University of a Chemistry Program, learn a set of concepts and situations interrelated with Chemical Reaction. From the Ausubelian Educational Psychology, the previous concepts are investigated, and later, their modification when they interact with tasks and experimental chemical reactions. The students' answers are analyzed and classified into three categories: Argumentative, Language and Procedural. Initially assume the concept of chemical reaction as a mixture and union of substances, and do not represent with chemical equations. They advance to differentiate mixture and chemical reaction, represent it and conceptualize it as a combination of substances.

PALABRAS CLAVE

*Aprendizaje Significativo
Lenguaje Químico
Reacción Química*

RESUMEN

Este trabajo indaga cómo cuatro estudiantes de Primer Nivel universitario de un Programa de Química, aprenden un conjunto de conceptos y de situaciones interrelacionadas con Reacción Química. Desde la Psicología Educativa Ausubeliana se indaga los conceptos previos, y posteriormente, su modificación cuando interaccionan con tareas y reacciones químicas experimentales. Las respuestas de los estudiantes se analizan y clasifican en tres categorías: Argumentativa, Lenguaje y Procedimental. Inicialmente asumen el concepto de reacción química como mezcla y unión de sustancias, y no representan con ecuaciones químicas. Avanzan a diferenciar mezcla y reacción química, la representan y la conceptualizan como combinación de sustancias.

1. Introducción

La enseñanza y el aprendizaje significativo del concepto de Reacción Química es de interés en este estudio, dado que es central en el currículo de Química y en los procesos de transformación de los materiales, es un concepto esencial de la Química manifiesto en una amplia diversidad de situaciones de modificaciones químicas, que cual pone en acción variadas redes conceptuales que implican a los conceptos sustancia, mezcla, fórmula química, ecuación química y estequiometría entre otros, así como el asumir de modo consciente nombres y símbolos químicos para referirse a los cambios químicos de modo oral y escrito y a las representaciones de ellos en la perspectiva molecular.

El aprendizaje significativo del concepto reacción química mediado por el reconocimiento de diferentes transformaciones químicas tanto de modo conceptual como experimental, y organizadas en un material potencialmente significativo, aporta a la formación académica e intelectual de los estudiantes, les brinda herramientas para la comprensión y aporte en las actividades científicas de su campo de acción, y contribuye al desempeño como profesionales idóneos. Si desde los primeros semestres académicos se enseña en forma significativa y no mecánica y memorística los conceptos relacionados con reacción química, se espera en el transcurso del tiempo un avance conceptual y una estructura cognitiva con mayor grado de generalidad e inclusividad en lo que respecta a la complejidad del significado y los tipos de reacción química.

Resultados de investigaciones muestran que el aprendizaje del concepto de Reacción Química y de tipos de reacción es un proceso complejo, requiere de tiempo y se dificulta a los estudiantes asimilarlo de forma adecuada. La investigación de Stains y Talanquer (2007), da a entender que sólo el proceso de clasificación de reacciones químicas utilizando representaciones de fórmulas moleculares y espaciales por parte de estudiantes de diferentes niveles académicos (pregrado y postgrado en Química), no evidencia un gran avance en la manera como clasifican. De igual forma la investigación realizada por Salsona, Izquierdo y Jong (1998) analizan que el concepto de reacción química, no es fácil de conceptualizar y de asimilar por parte de los estudiantes, aunque tengan experiencias teóricas y prácticas en el aula de clase. De otra parte, experiencias personales y de algunos investigadores universitarios en educación (Alzate, 2006), (Medina de Rivas, 2007), indican que los estudiantes de últimos niveles de secundaria, del semillero de química y de primeros niveles universitarios, se les dificulta asimilar y conceptualizar los conceptos, las representaciones y

el lenguaje para resolver situaciones que involucran reacciones químicas.

La Investigación Conceptos de Reacción Química en estudiantes de Primer Nivel Universitario en una Perspectiva de Aprendizaje Significativo, indaga cómo 4 estudiantes matriculados en el primer semestre del programa de Química de la Universidad de Antioquia, en un curso teórico de Soluciones y Estequiometría, aprenden significativamente el concepto de Reacción Química y conceptos relacionados como sustancia y mezcla, y de esta manera dar un primer paso a estudiar, entender y racionalizar dificultades para el aprendizaje significativo. Mediante un análisis cualitativo descriptivo de un estudio de casos se estudia en un principio los conceptos previos y en segundo lugar, cómo se modifican y avanzan.

2. Marco Teórico

El Marco Teórico que soporta esta investigación cualitativa descriptiva es la Teoría de Aprendizaje Significativo, la cual expone las condiciones necesarias para potencializar un aprendizaje y, por otra parte, el enfoque epistémico molar y molecular de Reacción Química.

2.1. Teoría de Aprendizaje Significativo de David Ausubel

Según Rodríguez, Moreira y otros (2004), la Teoría de Aprendizaje Significativo, fue propuesta por primera vez en 1963 por el profesor David P. Ausubel, con el objetivo de introducir una teoría para el aula de clase enfocada a la manera de cómo la estructura cognitiva del aprendiz se modifica mediante la interacción de un material potencialmente significativo con ideas relevantes y pertinentes precedentes (subsumidores), interacción mediada por el profesor y el lenguaje natural y químico; el docente prepara y organiza el material educativo necesario para favorecer la interacción y provocar una transformación tanto de las ideas planteadas en el material de estudio como del aspecto de interés de la estructura cognitiva del aprendiz. En esta perspectiva es fundamental que el estudiante tenga disposición propositiva para el aprendizaje significativo y un material con significatividad lógica y psicológica que permita la asimilación de significados de modo sustantivo y no mecánico ni arbitrario.

Al ser el concepto de reacción química un concepto fundamental y complejo, se requiere para su aprendizaje que el estudiante articule en su estructura cognitiva los conceptos asimilados de manera significativa, que puede proceder de modo subordinado, superordinado y combinado; según Moreira (2000), en general los estudiantes transitan inicialmente por el aprendizaje mecánico y por el aprendizaje significativo subordinado, por las

relaciones subordinadas de nuevos conceptos a conceptos ya elaborados, los cuales se modifican en la interacción y se reestructuran posibilitando mayor grado de significatividad.

2.2. Concepto de Reacción Química

Los conceptos en química según Jensen (1998) se pueden organizar en tres grandes categorías: molar, molecular y eléctrica y en tres dimensiones: Composición-Estructura, Energía y Tiempo. En este trabajo son relevantes las categorías molar y molecular y la dimensión composición, en cuanto implican las sustancias y las mezclas, las reacciones químicas y la representación molecular en términos de fórmulas químicas y ecuaciones químicas.

Desde el punto de vista macroscópico o molar una reacción química, es un proceso mediante el cual una o más sustancias reactantes bajo ciertas condiciones de Presión, Temperatura y Concentración, cambian la relación cualitativa y cuantitativa entre los elementos que las constituyen, se modifican para ser otras sustancias diferentes, con propiedades tanto físicas y químicas distintas a la(s) sustancia(s) original(es). Las propiedades de las sustancias se modifican en el transcurso de la reacción química, las cuales a nivel experimental se pueden medir y verificar observando cambios en: la temperatura de fusión, ebullición, en la solubilidad, la conductividad, la densidad, la basicidad, la acidez, el índice de refracción, la viscosidad y la fase, esta última depende de las condiciones contextuales de la reacción.

La segunda categoría, la molecular, para interpretar una reacción química, asume que una sustancia son moléculas conformadas por elementos químicos que tienen la capacidad de combinarse con otros elementos por medio de la valencia química. Así, sí en una reacción química cambia la relación que tiene un elemento en una sustancia simple o compuesta y se relaciona con otro(s) elemento(s) para formar otra nueva molécula lo realiza en términos de cambio en la composición cualitativa y cuantitativa, lo cual es perceptible mediante el razonamiento de la valencia química traducido a las modificaciones en la fórmula molecular de cada uno de los reactivos y productos.

En esta investigación se opta por las categorías molar y molecular, al ser de interés observar la posibilidad de un cambio significativo en el concepto de reacción química desde el punto de vista molar y su asimilación cuando los estudiantes utilizan representaciones de la categoría molecular.

3. Metodología

3.1. Enfoque

El enfoque de la investigación está enmarcado en el paradigma cualitativo, el cual permite describir los

comportamientos, acciones y aptitudes de un grupo social de una manera descriptiva al percibir la realidad en donde está inmersa el objeto de estudio, con el fin de caracterizar lo más cercano posible el entorno social (Quintana, 2006). Para el caso de la investigación el grupo social son los cuatro estudiantes, el entorno social el aula de clase, y la realidad la descripción del concepto de reacción química y el lenguaje químico y natural que adquieren al representar cambios químicos durante el desarrollo del curso teórico de Soluciones y Estequiometría.

3.2. Conformación del caso: Participantes

Los participantes de la Investigación son estudiantes de la Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Química; matriculados en el programa de Química, inscritos en el grupo 04 de la asignatura Soluciones y Estequiometría en el Horario MJ 6:00-8:00 y en diferentes grupos del laboratorio del curso "Técnicas de Laboratorio Químico", las dos asignaturas son complementarios y la primera es correquisito de la segunda. El curso está dirigido por la asesora de la Investigación, profesora de tiempo completo y la aptitud del investigador en el aula es realizar registros, percibir en los estudiantes aptitudes durante el aprendizaje, y en los talleres posibilitar la consolidación de los conceptos vistos en los cursos teórico y práctico, mediante resolución de problemas de lápiz y papel, pruebas de evaluación sumativa y formativa, el desarrollo de reacciones químicas vía experimental y la elaboración de mapas conceptuales.

3.3. Criterios de selección de los estudiantes

Esta ponencia hace parte de una investigación estructurada de modo secuencial en tres fases: veintinueve, diez y cuatro estudiantes, los cuales fueron seleccionados teniendo en cuenta varios criterios, con el objetivo de describir el avance cognitivo de los estudiantes en el transcurso de la intervención en el curso teórico y en la participación de talleres formativos. Los criterios de selección se deciden con base a cinco registros completos desarrollados por los estudiantes, participación en los grupos de estudio en clase y en los talleres, expresar de modo escrito respuestas y procedimientos según las tres categorías establecidas (Argumental, Lenguaje y Procedimental). Además, en el paso a paso, el compromiso del alumno con el querer aprender de forma significativa y cumplir con el 100% de la asistencia a talleres y clases.

3.4. Categorías de análisis

Para organizar y detallar la descripción de los conceptos previos de reacción química y su posible modificación, se categorizan las respuestas en:

Argumentativa, Lenguaje y Procedimental, cada una estructurada en tres subcategorías o niveles, la primera en Básica, Literal y Conceptual; la segunda en Cotidiano, Científico y Propositiva; y la última, en Bajo, Intermedio y Alto. En la categoría argumentativa se indaga y describe cómo los participantes argumentan sus procedimientos, ya sea matemático, un esquema o el resultado final de una actividad. La segunda describe cómo los estudiantes utilizan el lenguaje natural y químico. La tercera categoría describe cómo los estudiantes

comprenden un enunciado, realizan un esquema y/o plantean un procedimiento matemático.

4. Discusión de Resultados

El análisis de las respuestas de los cuatro estudiantes bajo las tres categorías y subcategorías, y la comparación del avance en la conceptualización y la representación de reacciones químicas se expresa de modo sintético en la siguiente tabla:

Tabla 1. Resultados de los Estudiantes por Categorías y subcategorías de Análisis

Estudiantes	Categorías					
	Argumentativa		Lenguaje		Procedimental	
	Literal	Conceptual	Cotidiana	Propositiva	Baja	Alta
Siete		X		X		X
Diecisiete		X		X	X	
Veinte		X		X	X	
Veintiocho	X		X		X	

Algunas razones de este cuadro se fundamentan, por ejemplo, en las respuestas de dos estudiantes:

Figura 1. Participante Siete. Cuestionario I. Definición de Reacción Química.

Una reacción química en medio acuoso se refiere a la reacción de sustancias en medio de agua. Algunas sustancias son capaces de disociarse en este solvente de acuerdo a la naturaleza de estas:

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Figura 2. Participante Siete. Cuestionario II. Definición de Reacción Química.

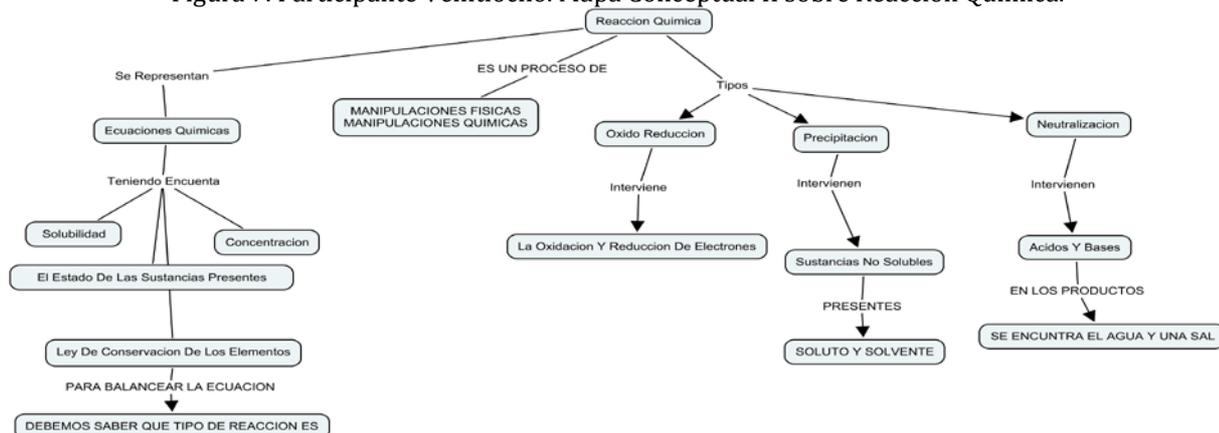
Esta interacción de una o más sustancias las cuales conllevan a la transformación de las mismas y produce una(s) sustancia(s) nueva(s). Estos procesos pueden ser reversibles o irreversibles.



El análisis de estas respuestas a dos cuestionarios (figura 1 y 2) del estudiante **Siete**, el primero al inicio de la investigación y el segundo al final, permite afirmar que las ideas previas sobre reacción química confunde mezcla y reacción química, al relacionarse una disolución acuosa, lo cual es consecuente con el ejemplo de la disolución acuosa del cloruro de hidrógeno, después de la intervención progresa en el concepto de reacción química, introduce y amplía en su nueva definición varios aspectos: incluye tipos de reacciones como reversible e irreversibles, descomposición y combinación al mencionar que se produce entre una o varias sustancias, las relaciones estequiométricas que se dan en un cambio químico expresadas en una ecuación química. Esta respuesta muestra el avance en la categoría Argumentativa y subcategoría Conceptual y en la categoría Lenguaje subcategoría Propositiva. Las respuestas de los tres participantes presentan similitudes al avance y conceptualización de cambio químico respecto al participante Siete.

Al indagar el concepto por medio de tres clases de reacciones químicas de neutralización, precipitación y óxido-reducción. Para el primer caso, reconocen en las disoluciones el carácter ácido y básico necesario para la neutralización, la concentración de las especies, al cambio de pH y la producción de una sal disuelta y agua líquida, pero resolver situaciones que involucran cambio químico de neutralización, solo un estudiante, en la del jugo gástrico la resuelve; para el segundo caso, su definición es en términos de "hay un producto insoluble en agua y este se obtuvo por medio de la interacción química de dos compuestos que estaban disociados en medio acuoso", este es el caso del estudiante Veinte mostrado en la figura 3, en el cual aparte de definirla ejemplifica con una ecuación química, y para el tercer caso, en la reacción redox, tres estudiantes plantean la ecuación química, reconocen el reactivo límite e identifica cual es el producto de reacción y la mezcla final por medio de una figura. El concepto de reacción química de los

Figura 7. Participante Veintiocho. Mapa Conceptual II sobre Reacción Química.



Para finalizar, al comparar los dos mapas conceptuales sobre reacción química realizados por el estudiante **Veintiocho** (ver figuras 6 y 7), uno al inicio y otro al final de la intervención en el aula, en el segundo mapa comparado con el primero: toma el concepto de reacción química como concepto central, diferencia y caracteriza tres clases de reacciones químicas y las caracteriza, incluye la representación del cambio químico por medio de ecuaciones químicas, reconoce las relaciones cualitativas y cuantitativas entre reactivos y productos, e incluye las fases de las sustancias. Lo anterior evidencia el avance en la categoría Argumental, al construir su propio concepto sobre reacción química de manera espontánea, debido a que no se le dieron los parámetros y conceptos para tener en cuenta en la realización del mapa conceptual.

5. Consideraciones Finales

El Concepto de Reacción Química manifiesto de forma significativa por los cuatro estudiantes al final de la intervención es: **“interacción o combinación de una o más sustancias para formar otras”**.

Los estudiantes **Siete** y **Veintiocho** hacen referencia a cambios en las propiedades físicas y químicas de reactivos a productos. Sin embargo, los participantes **Veinte** y **Veintiocho** al representar escriben ecuaciones químicas de mezclas acuosas para el ácido clorhídrico y sulfúrico. Respecto al significado sobre cambio químico manifiesto en el intermedio de la investigación, *transformación de sustancias y de su composición*, el cual solo lo expresa los estudiantes **Veinte** y **Veintiocho**, ha progresado: anotan en la definición el término interacción, hacen referencia a las clases de reacciones como descomposición, neutralización y precipitación, incluyen cambios de las sustancias respecto a sus propiedades físicas y químicas, y los ejemplos son coherentes con la respectiva definición de reacción química.

Con base en lo anterior y al relacionar las tres categorías, Argumentativa, Lenguaje y

Procedimental, se describe los cambios de los cuatro estudiantes:

- En la categoría Argumentativa, tres estudiantes avanzaron hasta la subcategoría Conceptual, es decir, construyen sus propias definiciones y conceptos, y argumentan sus respuestas sin la necesidad de preguntárselos; y un estudiante, cumple con todos los registros y queda en la subcategoría literal, usa definiciones literales vista en clase o en libros de texto para argumentar sus respuestas y procedimientos.
- En la categoría de Lenguaje, los tres estudiantes anteriores, avanzaron en la subcategoría Propositiva, usan terminología científica, propone relaciones entre el lenguaje cotidiano y científico. Además, escriben símbolos químicos sin la necesidad de preguntárselos; y un estudiante, en la subcategoría Cotidiana, usa terminología del lenguaje no científico de la química, se basa en el lenguaje natural y cotidiano, presenta dificultad en la representación de sustancias químicas, mezclas heterogéneas y homogéneas (saturadas, insaturadas y sobresaturadas) y reacciones químicas con símbolos químicos, fórmulas químicas y ecuaciones químicas.
- Por último, en la Categoría Procedimental, un estudiante, avanza en la subcategoría Alta, construyen procedimientos alternos para dar solución a situaciones química, construye mapas conceptuales completos, con relaciones entre conceptos variados; y tres estudiantes en la subcategoría Baja, presentan confusiones en plantear procedimientos matemáticos y esquemas de situaciones químicas.

Al hacer una lectura comparativa de las definiciones de los cuatro estudiantes, con el significado planteado por el investigador, en varios aspectos tienen similitudes, lo cual es de esperarse debido a que los talleres y clases se orientaron a expresar e impartir este significado, es decir, los estudiantes construyen su propio concepto retomando aspectos impartidos en el aula. Además, la forma como lo construyen y aprenden

de forma significativa lo hacen de forma Subordinado, al aprender de lo general a lo particular, a medida que se avanza en el conocimiento se vuelve más específico y más preciso. Esto se puede analizar al describir cómo en un principio tenían un concepto general de reacción química y luego fueron especificando en las clases de reacciones, definir las y representarlas.

Cabe mencionar, que las experiencias prácticas con reacciones químicas como material potencialmente significativo, en las cuales los estudiantes participan en los talleres formativos, posibilitan en ellos un mayor conocimiento tanto teórico como práctico de una reacción química, en especial de neutralización, esto se refleja en las respuestas dadas por los estudiantes en los cuestionarios y talleres.

Por último, los resultados de la investigación revelan la complejidad del aprendizaje significativo de conceptos científicos, en este caso de la red conceptual de Reacción Química: sustancias y clases de sustancias, mezclas y clases, homogéneo y heterogéneo, fase de las sustancias y su representación, durante el proceso tanto los estudiantes como los docentes se comprometen de manera consiente a querer aprender y posibilitar en el otro dicho aprendizaje respectivamente. Los estudiantes en algunas pruebas se percibe un progreso en las tres categorías y luego no se observa en nuevos instrumentos dichos avances, señal de la complejidad y no linealidad del aprendizaje, tal como lo mencionan los autores Stains y Talanquer (2007) y Salsona, Izquierdo y Jong (1998).

Referencias

- Alzate Cano, María Victoria (2006). Aprender significativamente y clasificar en química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11(3), 285-302.
- Ausubel, D.P. (1976). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Barcelona: Paidós.
- Furio, C. y Domínguez, M.C (2007). Usual teaching deficiencies when explaining the macroscopic concepts of substance and chemical change, *Journal of Science Education*, 4 (3), 84-92.
- Jacob, C. 2001, Analysis and Synthesis, Interdependent Operations in Chemical Language and Practice, *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, 7, 1, 31-50.
- Jensen, W. Logic, History, and the Chemistry Textbook I. Does Chemistry Have a Logical Structure? *Journal of Chemical Education*, 75 (6) 1998.
- Medina de Rivas, L. (2007). Significados previos de un grupo de estudiantes de grado décimo acerca de los conceptos sustancia, elemento y cambio químico y su posible progreso conceptual. Tesis de Maestría no publicada, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia.
- Moreira, Marco Antonio (2000). *Aprendizaje Significativo: Teoría y Práctica*. Editorial Aprendizaje Visor, España.
- Quintana, A. (1996). Un modelo de aproximación empírica a la investigación en psicología y ciencias humanas. *Revista Peruana de Psicología*. 1 (1), 7-25.
- Rodríguez, M. L., Moreira, M. A., Caballero, C., Greca, I. (2004), *Aprendizaje Significativo en la Perspectiva de la Psicología Cognitiva*, Barcelona, ediciones Octaedro, versión electrónica.
- Solsona, Izquierdo y Jong (2003). Explorando el desarrollo cognitivo de los estudiantes sobre cambio químico. *International Journal of Science Education*, 45 (1), 3-12.
- Stains, M. y Talanquer, V. (2008). Classification of chemical reactions: stages of expertise, *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (7), 771-793.
- Stavridou H. y Solomonidou C. (1998). Reorganización conceptual y la construcción del concepto de reacción química en educación secundaria. *International Journal of Science Education*, 20 (2), 205-221.
- Van Driel, Wobbe y otros (1998). Desarrollo de concepciones en estudiantes de secundaria de reacción química: introducción al equilibrio químico. *International Journal of Science Education*, 20 (4), 379-392.