



Enseñanza de la estequiometria mediante analogías propias del contexto sociocultural de los estudiantes

Teaching of stoichiometry through analogies of the sociocultural context of students

Juan Carlos Palencia Pérez¹ y Mary Trujillo González²

Recepción: 29/08/2022

Aceptación: 29/10/2022

Resumen

En la enseñanza de la química, las relaciones cuantitativas generan problemas para la comprensión y resolución de cálculos estequiométricos, debido a la dificultad en la aplicación de conceptos de razón y proporción, especialmente, y también a las representaciones abstractas y modelos mentales que se deben realizar. En el presente trabajo se implementó una estrategia didáctica basada en el uso de analogías propias del contexto sociocultural de los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Nacional Loperena (Valledupar, Colombia), para facilitar la comprensión y la visualización de conceptos abstractos como los que hacen parte del aprendizaje de la estequiometría. La estrategia inicia con la identificación de conceptos previos; luego continúa, con una etapa de estructuración de las analogías propias de la vida cotidiana de los estudiantes; después, con una fase de desarrollo y aplicación de guías de clase para establecer nexos con el tópico tratado y, por último, emplea un instrumento de evaluación para valorar los alcances de la aplicación de la estrategia. Los resultados revelaron una mejora significativa, no sólo en los procesos de interpretación y resolución de situaciones hipotéticas asociadas a la estequiometria, sino también, en la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de la química.

Palabras clave

Estequiometria, analogías, enseñanza de las ciencias, química, educación secundaria.

Abstract

In chemistry teaching, quantitative relationships provoke understanding and resolution issues of stoichiometric calculations. It happens, expressly, due to the difficulty of applying the concepts of ratio and proportion, as well as the abstract representations and mental models that must be made. The present study applied a didactic strategy based on the use of typical analogies from the sociocultural context of tenth graders of Loperena National Educational Institution (Valledupar, Colombia). This strategy helps to facilitate the understanding and visualization of abstract concepts such as those that are part of stoichiometry learning. The strategy begins with a stage of previous concepts identification. Then, it considers analogies structuring, with analogies taken from students' daily life. Later, a development and application stage that includes the use of worksheets to establish a link with the topic of the class. Finally, it applies an evaluation instrument to assess the strategy's scope of application. The results revealed a significant improvement, not only in the interpretation and resolution processes of hypothetical situations associated with stoichiometry, but also in the motivation of students towards the learning of chemistry.

Keywords

Stoichiometry, analogies, science education, chemistry, secondary education.

¹ Colegio Nacional Loperena, Colombia.

² Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Introducción

En el proceso de enseñanza de la química se presentan varias dificultades, por un lado, las relacionadas con los altos índices de reprobación estudiantil, escasa motivación para su aprendizaje, deficiencias asociadas a la comprensión de textos y operaciones matemáticas, así como el desconocimiento de la simbología característica. Por otro lado, algunas metodologías utilizadas por los docentes no contribuyen al logro de un verdadero aprendizaje significativo. El desarrollo del mundo conceptual en el que se mueve la química hace cada vez más necesario que los conceptos estén adecuadamente enlazados a una vivencia o proceso experimental previo. Por consiguiente, se necesita del diseño y ejecución de estrategias originales que contribuyan a generar nuevas estructuras mentales en los estudiantes para el conocimiento real de los procesos. La teoría del constructivismo concibe el aprendizaje como un proceso interno que, con la interacción del ambiente, permite obtener nuevas estructuras cognitivas o cambiar las existentes, ajustándose a las etapas del desarrollo intelectual. De acuerdo con esta teoría, los preconcepciones son los cimientos sobre los que se construyen los nuevos conocimientos, de manera que las nuevas concepciones se aprenderán y se retendrán sólo si se ajustan o acomodan a los preconcepciones (Serrano y Pons, 2011, Díaz y Hernández, 2015). Esto encaja directamente con el uso de las analogías en el aprendizaje, ya que se aprovecha la capacidad de los estudiantes para realizar asociaciones con situaciones de la vida cotidiana que conozcan muy bien (Felipe, et al. 2005, González, 2005, Sánchez y Millán, 2009).

En el presente trabajo se diseñó una unidad didáctica que involucra una serie de actividades en las que se usaron las analogías como herramienta para acercar a los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Nacional Loperena de Valledupar, Colombia, a conceptos desconocidos y complejos a partir del establecimiento de nexos con otros que ya se poseen o que se han adquirido en la cotidianidad. La metodología empleada parte de una etapa diagnóstica, en la que se identifican los saberes previos y las deficiencias conceptuales que los jóvenes poseen acerca de la estequiometría; seguida de una etapa en la que se presentan las analogías como herramienta para conocer conceptos desconocidos (tópicos) a partir de otros bien conocidos (análogos). La tercera etapa trabaja la conceptualización promoviendo la formación de nuevas estructuras mentales, en un orden secuencial y con aumento gradual de la complejidad. Por último, se aplica un instrumento de evaluación para valorar los alcances de la estrategia.

La población objeto de estudio fue constituida por 30 estudiantes, los cuales tenían en común bajos resultados históricos en asignaturas tales como ciencias naturales y matemáticas. La intencionalidad del trabajo radicó en brindar estrategias que beneficien a estudiantes con deficiencias en su proceso de aprendizaje y, además, que pueda extrapolarse a otras áreas del conocimiento y a otras instituciones. Dentro de las limitaciones del estudio hay que señalar el extremo cuidado que debe tener el docente al aplicar la analogía, de tal forma que el estudiante no la tome como el centro de lo que se debe aprender o que cimiente el conocimiento sobre observaciones del análogo sin transferirlas al tópico (Cabrera, et al, 2016).

Descripción del problema

El currículo del área de ciencias naturales en Colombia se ha construido teniendo en cuenta los Estándares Básicos de Competencias establecidos por el Ministerio de Educación Nacional, los cuales buscan que los estudiantes desarrollen y construyan los conocimientos y herramientas para entender su entorno y dar ideas para su transformación. Tales competencias son evaluadas a través de las pruebas de estado SABER 11, por el Instituto Colombiano para la Educación Superior, ICFES. Los resultados del periodo 2014-2017 (ICFES, 2018), ubican al departamento del Cesar y a su capital Valledupar por debajo de la media nacional, señalando que los estudiantes presentan los mayores desaciertos (50-61%) en competencias como, explicar la ocurrencia de fenómenos naturales basado en observaciones, modelar dichos fenómenos basado en el análisis de variables, asociar estos fenómenos con conceptos propios del conocimiento científico, relacionar entre dos o más conceptos, entre otros.

Paralelamente, al analizar los registros y diarios de clases y consolidados de evaluación de los últimos años, de los estudiantes del grado 10, de la Institución Educativa Nacional Loperena de la ciudad de Valledupar, se observa una disminución considerable en los promedios académicos de la asignatura química, específicamente en la unidad de estequiometría. El manejo de conceptos abstractos genera en los estudiantes dificultades en la comprensión y asimilación de esta temática, situación que está perfectamente alineada con las competencias que presentaron mayores desaciertos en las pruebas SABER 11.

En la búsqueda de estrategias didácticas para mejorar la enseñanza de la estequiometría, se encontró que autores como Galagovsky & Adúriz-Bravo, (2001), señalan que el uso de analogías puede jugar un papel crucial en la reestructuración del marco conceptual de los alumnos, además, puede facilitar la comprensión y visualización de conceptos abstractos. Otros autores afirman que las analogías ocupan un lugar importante en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, porque se pueden abordar a través de diversos medios como juegos, experimentos, modelos, etc. (Oliva et al., 2001, Fernández et al., 2005, Raviolo, 2009, Aragón et al., 2010, Aragón et al., 2014, Raviolo, y Lerzo, 2014, Galagovsky y Di Giacomo, 2015). Otros autores que han aplicado las analogías a la enseñanza específica de diferentes conceptos de la estequiometría concluyen que se logra un mejoramiento en los procesos lógicos del aprendizaje y entendimiento de los conceptos (Moreno, 2011), se eleva la capacidad de resolver situaciones problemas a partir de situaciones divertidas (Haim, 2003), se facilita la elaboración de modelos y la comprensión de razones y proporciones; de igual manera, se plantea lo positivo que resultan las analogías para pasar del nivel macroscópico al nanoscópico (Sánchez & Millán, (2009). Guisado, (2014), por su parte concluye que, si se parte de situaciones que son cercanas al estudiante, las cuales tienen una representación real en su imaginario para luego compararlas y establecer relaciones con los tópicos del tema, se facilita el aprendizaje, haciendo que este se incorpore a su estructura conceptual y tenga un carácter significativo.

En este sentido, el presente trabajo plantea el desarrollo y aplicación de una unidad didáctica basada en el uso de analogías, construidas con elementos propios del contexto social y cultural de los estudiantes, con el fin de lograr la reestructuración del marco conceptual de los alumnos y facilitar la comprensión y visualización de conceptos abstractos como los que hacen parte de la estequiometría.

Metodología

Los estudiantes para este estudio, pertenecientes al mismo grado escolar, fueron seleccionados de manera intencionada, teniendo en cuenta que presentaran un bajo rendimiento académico, baja concentración durante el desarrollo de las clases y dificultades para la comprensión de temas relacionados con operaciones matemáticas. El grupo estuvo constituido por 17 mujeres y 13 hombres para un total de 30 estudiantes.

La unidad didáctica desarrollada como estrategia, se diseñó para llevarla a cabo en cuatro etapas (Tabla 1).

La primera etapa “*Diagnóstica*” corresponde a la aplicación de un instrumento de evaluación a través del cual, se pretende conocer los conceptos previos que el estudiante posee respecto al tema de la estequiometría, y también, las dificultades relacionadas con el manejo de operaciones matemáticas.

La segunda etapa “*Introductoria y de reconocimiento de la estrategia*” tiene dos intenciones primordiales. La primera es identificar el manejo que los estudiantes tienen sobre temas relacionados con la estequiometría (Guía de trabajo 1) y la segunda es presentar a los estudiantes el concepto de “analogías”, su definición, estructura externa e interna y la forma como estas pueden usarse para comprender conceptos nuevos (Guía de trabajo 2).

Etapa	Descripción	Actividad
I- Diagnóstica.	a.-Aplicación de un instrumento para identificar conceptos previos	Test Inicial
II.- Introdutoria y de reconocimiento de la estrategia.	a.-Exploración de conceptos asociados a la estequiometría	Guía de trabajo 1
	b.-Presentación de los elementos esenciales en el uso de analogías	Guía de trabajo 2
III.- Conceptualización	a.- Análisis de las razones y las proporciones, Aplicación de la Ley de la conservación de la materia y de las proporciones definidas	Guía de trabajo 3
	b.- Determinación de Reactivo limitante y reactivo en exceso	Guía de trabajo 4
	c.- Análisis de Pureza de reactivos y productos	Guía de trabajo 5
	d.- Determinación de la eficiencia y/o rendimiento de una reacción	Guía de trabajo 6
IV.- Evaluativa	a.- Aplicación de un instrumento para identificar aprehensión de los conceptos.	Test Final

TABLA 1. Etapas del diseño metodológico.

La tercera etapa “*Conceptualización*” es la más amplia y corresponde al desarrollo de cuatro guías de clases diseñadas en orden secuencial, empezando por los conceptos esenciales de razón y proporción y las leyes ponderales (Guía de trabajo 3); siguiendo con los cálculos estequiométricos sencillos de mol – masa y volumen (Guía de trabajo 4); luego, con los reactivos límite y en exceso (Guía de trabajo 5) y por último, la pureza de reactivos y el porcentaje de rendimiento o eficiencia (Guía de trabajo 6). En estas guías, inicialmente, se presentan actividades de la cotidianidad y del folclor regional, como son

la albañilería, la preparación de arepas de queso, almojábanas, y mermelada de mango, la confección de vestidos de piloneras y de mochilas Arhuacas, entre otras. Posteriormente, se presentan situaciones aplicadas al contexto químico, con las cuales se puedan establecer las pretendidas redes analógicas.

La cuarta y última etapa "*Evaluativa*" corresponde a la aplicación del instrumento de evaluación, a los estudiantes foco de este trabajo, para verificar el efecto de la aplicación de la estrategia sobre la aprehensión de conocimientos relacionados con la estequiometría. La ganancia en el aprendizaje se evaluó calculando el porcentaje de respuestas correctas en la prueba inicial y la prueba final y determinando el índice de Hake (g) mediante la ecuación $g = \text{Test inicial (\%)} - \text{Test final (\%)} / 100 - \text{Test final (\%)}$. Esta ganancia se establece según los siguientes rangos: Baja ($g \leq 0,3$), Media ($0,3 < g \leq 0,7$) y Alta ($g > 0,7$) (Hake, R.R.,1996).

Resultados y discusión

El desarrollo del presente trabajo inició con la etapa "*Diagnóstica*", en la cual se aplicó un instrumento que tenía como objetivo identificar los saberes previos y los errores conceptuales en los que pudieran estar inmersos los estudiantes. La prueba estuvo compuesta por nueve preguntas, de selección múltiple con única respuesta, que se organizaron en orden jerárquico desde el punto de vista conceptual, iniciando por el conocimiento que los estudiantes poseen de los conceptos de átomos y moléculas; luego si tienen clara la Ley de la conservación de la materia y las relaciones de razón y proporción, y posteriormente, si están en capacidad de resolver situaciones en las que es necesario realizar cálculos sencillos de relación mol-mol, mol-masa, masa-masa, reactivo límite, pureza de reactivos y porcentaje de rendimiento o eficiencia de una reacción. En términos generales, el porcentaje de acierto fue muy bajo, siendo las preguntas relacionadas con los conceptos de pureza de reactivos y eficiencia o rendimiento de una reacción, las menos acertadas. Por otra parte, las preguntas relacionadas con variación de las proporciones en mol y masa entre reactivos y productos y con el reactivo límite, fueron las más acertadas. Los resultados hacen notar, la evidente confusión que tienen los estudiantes entre los conceptos de átomo y molécula, la definición equivocada de la Ley de la conservación de la materia, la escasa interpretación de las razones y proporciones en que se relacionan reactivos y productos, la dificultad para calcular las cantidades de reactivos necesarios de acuerdo con la estequiometría de una reacción, así como, para distinguir entre reactivo limitante y en exceso.

En la etapa "*Introductoria y de reconocimiento de la estrategia*", la guía de trabajo 1, introdujo a los estudiantes al tema de la estequiometría a partir de una situación cotidiana como lo es la contaminación ambiental en las ciudades. La mayoría de los estudiantes afirmaron que los ejercicios propuestos sobre el cálculo de la cantidad de contaminantes y la relación de éstos con el consumo por galón de gasolina fueron un aporte valioso para entender el problema de la estequiometría.

La guía de trabajo 2, tuvo como objetivo establecer las relaciones analógicas entre una situación cotidiana y una reacción química. Se plantearon actividades de aplicación usando fichas de lego para ejemplarizar las moléculas de reactivos y de productos. Para estudiar los conceptos de mol, número de Avogadro y masa atómica se trabajaron analogías con frascos llenos de arroz y arvejas. Es importante señalar que, en el trabajo previo y de conclusión de

esta guía, se hizo un énfasis especial en dejar claro el papel de las analogías en la explicación de un concepto y establecer la importancia de identificar y conocer la estructura del tópico a partir del análogo. Esta etapa fue de gran relevancia porque permitió que el estudiante reconociera los elementos de una analogía y su importancia en el momento de establecer atributos, nexos y la malla analógica entre el análogo y el tópico.

En la tercera etapa "*Conceptualización*", la guía de trabajo 3, tuvo como propósito analizar las razones y proporciones en que se combinan los reactivos químicos para generar productos, de acuerdo con una determinada reacción química. Los estudiantes establecieron con facilidad y eficacia las relaciones de proporcionalidad directa e inversa propuestas con helados y dulces, al igual que las diversas situaciones planteadas para comprender las razones entre asientos y estudiantes en el bus escolar. Los estudiantes tardaron un poco más en resolver las situaciones problemas planteadas cuando se les propuso trabajar con el análogo "arepas de queso", una comida tradicional de la región, seguramente porque implicaba analizar una tabla con cierto número de invitados y con diversas proporciones de los ingredientes, harina de maíz y queso, necesarios para la preparación de las arepas. De igual forma, usando el análogo basado en la elaboración de vestidos de piloneras (bailarinas folclóricas) para la comparsa que participaría en el Festival Vallenato, un evento cultural de gran importancia regional y nacional, los estudiantes resolvieron en su totalidad la situación problema planteada respecto a las cantidades de materiales necesarios para la elaboración de los vestidos, afianzando el reconocimiento de las razones y proporciones, fundamentales para el entendimiento de los cálculos estequiométricos. Esta guía propone al final una serie de ejercicios de aplicación, los cuales fueron desarrollados por los estudiantes con facilidad. Es de notar, que se presentó dificultad con uno de los ejercicios donde se involucraba adicionalmente el concepto de densidad. La guía de trabajo 4, se orientó a la comprensión del reactivo limitante y reactivo en exceso, usando el armado de bicicletas como el elemento análogo. De igual manera, se propusieron como análogos, el recubrimiento de una pared con una mezcla de cemento, arena y agua, la producción de "almojábanas" merienda muy popular en la región, preparada con harina de maíz, huevos y queso, y la producción de mochilas Arhuacas, bolsos tradicionales de indígenas de la Sierra Nevada de Santa Marta, fabricados con lana virgen clara y oscura. Durante el desarrollo de esta guía se notó que los estudiantes identificaron con mayor facilidad los elementos del análogo y el tópico. Respecto al desarrollo de los ejercicios de aplicación propuestos, cerca del 80% de los estudiantes los resolvieron correctamente, en el tiempo estipulado e identificando con exactitud el reactivo límite y en exceso. Las fallas que se presentaron en el 13 % de los estudiantes tienen que ver con errores a la hora de determinar la cantidad de producto generado en el proceso, por elegir inadecuadamente el reactivo límite o por errores en operaciones aritméticas. De igual forma, es importante notar que el 7 % de los estudiantes no pudieron resolver los ejercicios de aplicación.

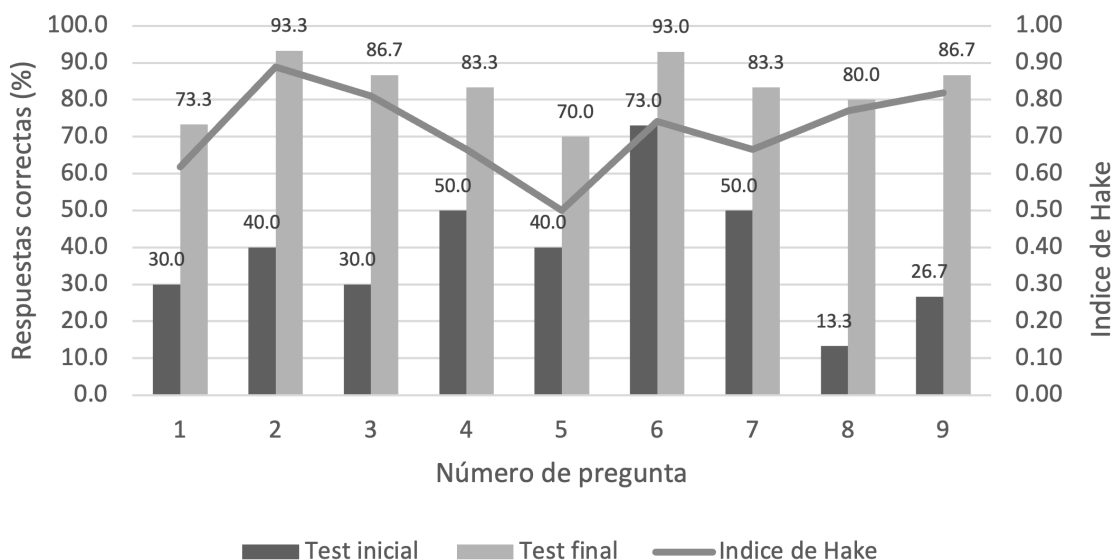
Para la enseñanza del cálculo del rendimiento de una reacción se siguió la guía de trabajo 6, en la cual se propuso como análogo la producción de mermelada de mango. Los resultados permitieron deducir que los estudiantes fueron capaces de entender el concepto de rendimiento o eficiencia cuando analizaron la situación propuesta, ya que todos desarrollaron el procedimiento de manera correcta. Es importante notar que cada guía de trabajo se desarrolló en una sesión semanal de clase correspondiente a tres horas.

Adicionalmente, se planteó una actividad experimental en la cual los estudiantes fabricaron un gel antibacterial, la cual generó una mayor motivación y entusiasmo que

el observado en las sesiones teóricas. En esta práctica, ninguno de los grupos obtuvo la misma cantidad de gel; por lo tanto, el rendimiento fue diferente, fluctuando entre el 71 y el 82 % de lo esperado, esta situación permitió generar una discusión constructiva respecto a la diferencia en dichos porcentajes. En cuanto al desarrollo de los ejercicios de aplicación propuestos en esta fase, los estudiantes resolvieron los ejercicios sencillos con una eficacia del 85 %, los de mediana complejidad con una eficacia del 67 % y en los de mayor complejidad donde había que aplicar todos los conceptos manejados hasta el momento como reactivo límite, pureza de reactivos y rendimiento o eficiencia de la reacción, el 66 % de los estudiantes los resolvieron de manera correcta.

En la última etapa “*Evaluativa*”, se aplicó nuevamente el cuestionario manteniendo el mismo orden de complejidad de la prueba inicial y del desarrollo de las guías aplicadas, partiendo de conceptos básicos, pasando por relaciones mol–mol y mol–gramo, hasta llegar a aplicar los conceptos de reactivo límite, pureza de reactivos y rendimiento o eficiencia de la reacción. Los resultados que se presentan en la gráfica 1, muestran un aumento significativo en el porcentaje de aciertos de cada una de las preguntas establecidas en la prueba, evidenciando en los estudiantes, una mejora en los procesos de interpretación y resolución de problemas hipotéticos asociados a los conceptos estudiados.

El índice de Hake (g) por su parte confirma dichos hallazgos, puesto que en 5 de las 9 preguntas se obtuvieron índices que oscilaron entre 0.74 y 0.87, correspondiendo a una ganancia de aprendizaje alto; y en los 4 restantes, los índices oscilaron entre 0.50 y 0.67 indicando una ganancia media (Gráfica 1). La ganancia más baja (0.5) se presentó en la pregunta 5, que buscaba determinar si los estudiantes podían construir ecuaciones químicas y establecer razones estequiométricas a partir de datos experimentales. Al observar con detalle las respuestas, se encontró que los estudiantes tuvieron en cuenta las masas de los reactivos, al igual que sus masas molares, pero no la del producto que se genera, ya que la situación problema planteaba la formación de dos moles de producto en lugar de una sola.



GRÁFICA 1. Ganancia de aprendizaje.

Finalmente, las respuestas obtenidas con el instrumento de evaluación usado para valorar los alcances de la estrategia permiten inferir que el uso de analogías constituye una estrategia efectiva para que los estudiantes elaboren nuevas estructuras mentales sobre aspectos primordiales de la estequiometría química y mejoren su desempeño aumentando las posibilidades de éxito escolar en una temática que tradicionalmente ha arrojado bajos resultados.

De igual manera, el uso de las analogías propuestas fue determinante para aumentar la motivación y el entusiasmo de los estudiantes para el desarrollo de las clases, así como para la mejora en la capacidad de interpretar y resolver situaciones en el ámbito de la estequiometría.

En este trabajo, fue fundamental la escogencia de analogías relacionadas con aspectos de la vida cotidiana de la comunidad estudiantil y de las actividades económicas regionales y autóctonas, permitiendo que los jóvenes desarrollaran cada una de las guías de trabajo con gran entusiasmo, induciendo en ellos un cambio de actitud positivo durante el desarrollo de las clases, dado que las analogías propuestas los conducían por senderos reconocidos como propios de su contexto social y cultural, estimulando en ellos la confianza y seguridad en sus saberes y llevándolos al éxito en la aplicación de los conceptos relacionados con cálculos estequiométricos.

Es importante señalar que para la elección de las analogías es primordial identificar el entorno y la realidad en la que está inmersa la población estudiantil objeto de estudio, así como también, la incorporación gradual de la temática en orden de complejidad y dificultad (Rodríguez-Mena, 2000, Raviolo y Lerzo, 2014). De igual manera, es indispensable señalar que el docente juega un papel primordial en hacer que el estudiante dirija más su atención hacia el tópico y no al análogo, el cual es en última instancia el objeto de aprendizaje (Cabrera, et al, 2016).

Referencias

- Aragón, M., Oliva, J. M., y Navarrete, A. (2010). Analogías y modelización en la enseñanza del cambio químico. *Investigación en la Escuela*, (71), 93-114.
- Aragón, M., Oliva, J. M., y Navarrete, A. (2014). Contributions of Learning Through Analogies to the Construction of Secondary Education Pupils' Verbal Discourse about Chemical Change, *International Journal of Science Education*, 36:12, 1960-1984.
- Cabrera Ahumada, D. C., Rivera González, H. S., y Olarte Cedeño, M. T. *La analogía como estrategia creativa para la enseñanza de la estructura y expresión del material genético con grado noveno de la I.E.D Porfirio Barba Jacob*, 2016, Consultada en agosto 12, 2022. https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_docencia/52
- Díaz, A.F, y Hernández, R.G. (2015). Constructivismo y aprendizaje significativo, en: *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*, (pp.13-33), México, Segunda edición, Mc Graw Hill.
- Felipe, A., Gallarreta, S. C., y Merino, G. (2005). Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias: Ejemplos en biología del desarrollo. *Revista iberoamericana de educación*, 37(6), 2.
- Fernández G., González, B. M., Moreno, T. (2005) La modelización con analogías en los textos de las ciencias de secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, (3), 430-439.

- Galagovsky, L. R., y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: el concepto de " modelo didáctico analógico". *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(2), 231-242.
- Galagovsky, L. R., Di Giacomo, M. A., (2015). Estequiometría y ley de conservación de la masa: lo que puede ocultar la simplificación del discurso experto. *Ciênc. Educ., Bauru*, 21(2), 351-360.
- González González, B. M. (2005). El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales, *Revista Iberoamericana de Educación*, 37(2),1-4.
- Guisado, A. F. A. (2014) Diseño de una estrategia didáctica basada en analogías para motivar el aprendizaje de la estequiometría. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia.
- Haim, L., Cortón, E., Kocmur, S. y Galagovsky, L. (2003). Learning stoichiometry with hamburger sandwiches. *Journal of Chemical Education*, 80(9), 1021-1022.
- Hake, R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, 1996, consultado en Agosto 12, 2022, en URL <http://web.mit.edu/jbelcher/www/TEALref/hake.pdf>.
- ICFES, Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, *INFORME NACIONAL – resultados nacionales 2014 II – 2017 II Saber 11*, 2018, Consultado en agosto 15, 2022. <https://bit.ly/3vhHQyX>
- Moreno, J. A. (2011) Las analogías : una estrategia didáctica para el aprendizaje de la estequiometría. Tesis de Maestría, Manizales, Universidad Nacional de Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/5976/>
- Oliva, J. M. (2004), El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de Ciencias. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 3(3), 363-384.
- Raviolo, A. (2009). Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química. *Educación química*, 20(1), 55-60.
- Raviolo, A. y Lerzo, G., *Analogías en la enseñanza de la estequiometría: revisión de páginas web*, 2014, Revista electrónica de investigación en educación en ciencias, 9(2), 28-41. Consultado en agosto 24, 2022. <https://bit.ly/3G1wkJb>
- Rodríguez-Mena, M., *La analogía en la ciencia, el arte, la educación y la vida cotidiana: un universo entre la lógica y la intuición*, 2000, Voces, Revista de la Asociación de Educadores de Latinoamérica y el Caribe, Uruguay, Año III, No. 6, Consultado en agosto 24, 2022. <https://bit.ly/3FQ6I5u>
- Sánchez, M. O. C., y Millán, G. H., *Estrategia didáctica para apoyar la comprensión de la estequiometría a partir del uso de analogías*, 2009, X Congreso Nacional de Investigación Educativa, México, Consultado en agosto 24, 2022. <https://bit.ly/3I5tgSF>
- Serrano González-Tejero, J. M. y Pons Parra, R. M. *El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación*. Revista electrónica de investigación educativa, 2011, 13(1), 1-27. Consultado en agosto 24, 2022. <https://bit.ly/3WuhfL1>