

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

TENSIONES Y TENDENCIAS DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN LA ESCUELA SECUNDARIA EN EL PERIODO 2019-2023

**TENSIONS AND TRENDS IN THE TEACHING OF CHEMISTRY
IN SECONDARY SCHOOLS IN THE PERIOD 2019-2023**

Daniel Enrique Sarmiento Barrero
Universidad de La Salle

Guillermo Londoño Orozco
Universidad de La Salle

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17991

Tensiones y tendencias de la enseñanza de la química en la escuela secundaria en el periodo 2019-2023

Daniel Enrique Sarmiento Barrero¹

debarrero80@unisalle.edu.co

<https://orcid.org/0009-0001-0989-806X>

Universidad de La Salle

Guillermo Londoño Orozco

gulondono@unisalle.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-0598-5390>

Universidad de La Salle

RESUMEN

El presente artículo tiene como finalidad aportar al lector una comprensión de las tensiones y tendencias en el campo de la enseñanza de la química en el periodo 2019-2023. Esta revisión sistemática se realizó en las bases de datos, Scopus, Web of Science, la revista *educación química* y el *Journal Chemical Education Research and Practice*. En las publicaciones analizadas, se evidenció que una de las principales problemáticas en este campo investigativo es el creciente desinterés y falta de apropiación del conocimiento científico por parte de los educandos. Adicional a estos elementos que tensionan este campo de discusión, existe una pluralidad de enfoques investigativos, que trasladan la praxis de la enseñanza de la química desde una visión exclusivamente disciplinar, hacia perspectivas más amplias que posibilitan comprender que los procesos educativos deben estar en sintonía con los cambios socioculturales que exigen una enseñanza no solo científica, sino contextualizada, reflexiva y crítica. Uno de los hallazgos de esta investigación se refleja en la identificación de cuatro categorías dentro del campo de los aspectos didácticos de la enseñanza de la química, en las que están concentradas las investigaciones, las cuales a su vez están integradas por unas subcategorías. El resultado de este ejercicio está plasmado en un sistema cartográfico que además de posibilitarle al lector una comprensión del proceso de análisis, también permite visualizar las principales tendencias del campo de investigación.

Palabras clave: enseñanza de la química, alfabetización química, contextualización, educación crítica y reflexiva y didáctica de las ciencias

¹ Autor principal

Correspondencia: debarrero80@unisalle.edu.co

Tensions and trends in the teaching of chemistry in secondary schools in the period 2019-2023

ABSTRACT

This article aims to provide the reader with an understanding of the tensions and trends in the field of chemistry education in the period 2019-2023. This systematic review was conducted in the databases Scopus, Web of Science, the journal Chemical Education Research and Practice and the Journal Chemical Education Research and Practice. In the analyzed publications, it became evident that one of the main problems in this research field is the growing disinterest and lack of appropriation of scientific knowledge by students. In addition to these elements that stress this field of discussion, there is a plurality of research approaches that move the praxis of chemistry teaching from an exclusively disciplinary vision to broader perspectives that make it possible to understand that educational processes must be in tune with the sociocultural changes that demand not only scientific, but also contextualized, reflective and critical teaching. One of the findings of this research is reflected in the identification of four categories within the field of didactic aspects of chemistry teaching, in which the investigations are concentrated, which in turn are integrated by subcategories. The result of this exercise is reflected in a cartographic system that not only allows the reader to understand the analysis process, but also to visualize the main tendencies of the research.

Keywords: chemistry education, chemical literacy, contextualization, critical and reflective education and nature of science



INTRODUCCIÓN

Aunque la química es una disciplina enfocada a la comprensión de los fenómenos naturales, su enseñanza a menudo ha seguido patrones enciclopédicos y transmisivos. Dando la impresión, de que esta ciencia es un conjunto estático de conocimientos, como lo indican Moreno-Martínez & Lykknes (2019) quienes expresan que, “A pesar de una mayor conciencia sobre la ciencia como proceso entre los educadores científicos desde la década de 1960, el énfasis en los planes de estudio escolares no ha cambiado radicalmente lejos de enseñar "hechos" establecidos o productos finales” (p.62). Este reduccionismo del saber aislado y aséptico tiene implicaciones en la manera en la que el estudiante percibe la ciencia, como un conocimiento abstracto desligado de lo humano y cotidiano. Kotul’áková (2020) adiciona que, “las creencias transmisivas, que están más conectadas con una forma de enseñanza deductiva, entienden la enseñanza como la simple transferencia de conocimiento a los estudiantes que lo aceptan pasivamente y se centran en los resultados” (p.2). Esto reduce el proceso de enseñanza de la química a la explicación de simples abstracciones y se distancia de la posibilidad de reflexionar sobre el papel de la ciencia en la sociedad.

Esta comprensión de la enseñanza de la química está ligada desde una perspectiva propedéutica, como lo analizan Furio et al., (2001), Meinardit & Adúriz-Bravo (2002) y Galagovsky (2007), quienes hacen un recorrido histórico y explican que, en algunos países europeos en el siglo XIX, existía un afán por formar unas elites científicas, que pudiesen impulsar el desarrollo tecnológico e investigativo de esos pueblos. Por su parte Galagovsky (2007) expresa que, “Los docentes de dicha asignatura eran investigadores; por lo tanto, la química escolar involucraba el máximo conocimiento profesional de la época” (p.5). Esta visión de ciencia progresista estaba acompañada por un interés no solo de quien la estudiaba, sino un interés por parte de los estados.

Destaca Galagovsky (2007), que, con el paso del tiempo, los conocimientos en ciencias tuvieron un crecimiento exponencial, que trajo consigo el desarrollo de técnicas vanguardistas, que fortalecieron la idea propuesta por Wobbe De Vos & Pilot (2002) citado en Galagovsky (2007) de que, “Debido a que se sostuvo durante todo ese lapso la idea de que la química en la escuela debía ser un panorama de lo que es la química como disciplina científica, se agregaron todos los temas en el currículo” (p.5). Estas ideas de una enseñanza centrada en los contenidos teóricos, daba respuesta a unas necesidades de una



época en particular, en la que esta ciencia emergente se avizoraba como un poderoso aparato para controlar y manipular el mundo natural.

Al respecto Habermas (1986), reflexiona sobre ese poder creciente de la ciencia y cómo el progreso “científico-técnico” modifica y regula la vida de los individuos, al punto de desprivatizarles su tiempo libre, para colocarlos en un complejo engranaje social, por ello este autor afirma que, “La técnica es en cada caso un proyecto histórico-social; en él se proyecta lo que una sociedad y los intereses en ella dominantes tienen el propósito de hacer con los hombres” (p.56). Ese poder oculto en ese complejo aparato científico, se instauró en la escuela, reduciéndola a un espacio propedéutico de la formación universitaria, que tiende a reproducir los intereses de las clases dominantes. Por ello Galagovsky (2007), sentencia con la frase “El triunfo de la disciplina científica Química se convirtió en la tragedia de la materia escolar Química” (p.6).

Estas dificultades impregnadas en las prácticas educativas, que permean y complejizan la enseñanza de esta ciencia, han sido el motor de diversas investigaciones, que pretenden dar respuesta a esta crisis de la enseñanza de la química. Por ello se decidió realizar un rastreo bibliométrico en 2 bases de datos y dos revistas especializadas, en la enseñanza de la química con el objetivo de adentrarnos en las propuestas investigativas y lograr un mejor ángulo para comprender las distintas apuestas pedagógico-didácticas, desde donde se asume la enseñanza de la química en la escuela secundaria.

METODOLOGÍA

La enseñanza de la química, sin lugar a duda es algo complejo, como lo expresa Da Silva et al. (2021) quienes afirman que, “El aprendizaje de la química ha sido objeto de constante reflexión y trae consigo un gran desafío el cual sería transformar esa materia en algo atractivo e interesante para los estudiantes” (p.812). Esa búsqueda por transformar la enseñanza de la química en algo más cercano al contexto y a la vida de los estudiantes es algo reiterativo a lo largo de las diversas investigaciones consultadas. Ahmad et al. (2023), reconocen que, “Sin embargo, la educación química (Chemistry Education CE) eficaz sigue siendo un desafío, ya que el aprendizaje de la química contiene muchas ideas abstractas, lo que dificulta que los estudiantes sean testigos de fenómenos como las estructuras moleculares y atómicas en entornos del mundo real” (p.1796). Lo anterior nos permite comprender que los procesos de enseñanza de esta ciencia presentan dificultades inherentes a este campo, tales como la semántica



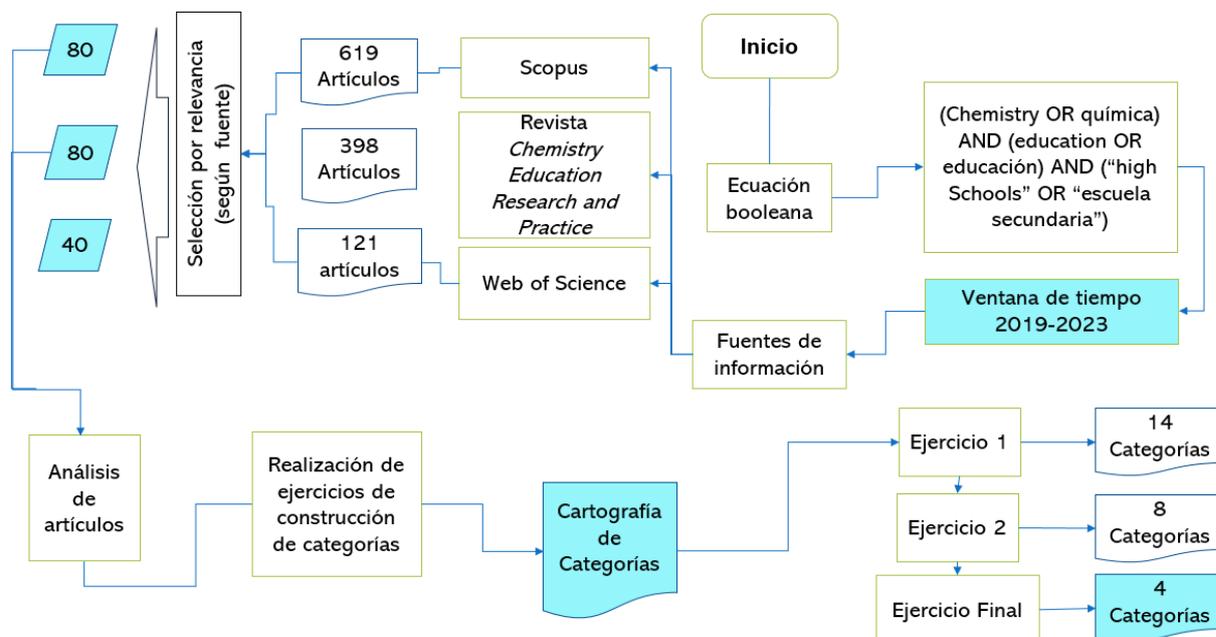
química y las abstracciones, las cuales terminan por incidir en la manera como los estudiantes perciben los procesos de enseñanza.

Con el fin de lograr una mejor comprensión de la dinámica del campo investigativo de la enseñanza de la química, se realizó un rastreo bibliométrico con el fin de encontrar algunos acercamientos a las discusiones que se construyeron en el lapso 2019-2023, desde el cual poder tener un marco de referencia para futuras investigaciones.

El rastreo bibliométrico de los artículos científicos se realizó en las bases de datos: Scopus, Web of Science y en las revistas, *Educación química* (revista adscrita a la Universidad Nacional Autónoma de México) y *Chemistry Education Research and Practice*. La ecuación booleana de búsqueda que se construyó fue: (Chemistry OR química) AND (education OR educación) AND (“high Schools” OR “escuela secundaria”). Inicialmente se realizó una primera fase de revisión de las publicaciones en las 2 bases de datos y en la revista especializada, *Chemistry Education Research and Practice*, en una ventana de tiempo del año 2019-2023 con el fin de obtener un panorama global en el campo de la enseñanza de la química.

Figura 1.

Diagrama de flujo del rastreo bibliométrico del campo enseñanza de la química. Ventana de tiempo 2019-2023. Fuente autor.



La descripción del proceso de rastreo aparece en la figura 1, en la que se detalla cómo se logra la selección de 200 artículos, con los cuales se realizó el proceso de identificación de las categorías o tendencias investigativas. A partir de estos artículos se identificaron los tópicos recurrentes en cada una de las publicaciones, los cuales permitieron una comprensión de las dinámicas del campo de la enseñanza de la química. En la revisión de los documentos se encontraron aproximadamente 36 tópicos, los cuales fueron el insumo para el ejercicio de construcción de categorías.

Para lograr este ejercicio de construcción de categorías se realizó un ejercicio cartográfico tomando algunos elementos discutidos por Pirela et al. (2020), quienes se refieren a este ejercicio en términos de cartografía conceptual, indicando que esta, “se construye para trazar las trayectorias implicadas en la configuración de un concepto, se la considera también como una herramienta de representación de información y conocimiento que se acopla al enfoque constructivista” (p.63). Los elementos proporcionados por estos autores aportaron pistas para la realización de los ejercicios que permitieron comprender las discusiones más relevantes en el campo de investigación de la enseñanza de la química. La ubicación de los tópicos en el plano cartográfico se realizó a partir del diálogo entre los distintos tópicos, sus interrelaciones y sus jerarquías.

Como se mencionó anteriormente se encontraron aproximadamente 36 tópicos, entre los que se encuentran, currículum, prácticas de laboratorio, STEAM, gamificación, multidisciplinariedad, metacognición, aprendizaje basado en problemas, educación inclusiva, sociología e inteligencia artificial entre otros.

Para lograr la construcción de un diagrama de categorías se realizaron 3 ejercicios cartográficos, que serán descritos a continuación.



Figura 2.
Ejercicio Cartográfico No. 1. Fuente autor.



En la figura 2 se puede evidenciar el resultado del ejercicio cartográfico 1, en el que se dispusieron los 33 tópicos recurrentes en el rastreo. Estos se colocaron de manera muy próxima, de acuerdo con la interrelación entre ellos. Posteriormente se agruparon estos tópicos en 14 protocategorías, que darían lugar a la identificación de las tendencias.

Figura 3.
Ejercicio Cartográfico No. 2. Fuente autor.



En la figura 3 los tópicos fueron agrupados, bajo criterios de inclusión, de esta forma se dejaron los tópicos más integradores y representativos. Esto resultó útil para sintetizar y tener una panorámica un poco más condensada. En este ejercicio 2, se redujeron de 14 a 8 protocategorías, donde ya se puede ver con más claridad la afinidad entre los distintos tópicos y su cercanía en el ejercicio cartográfico.

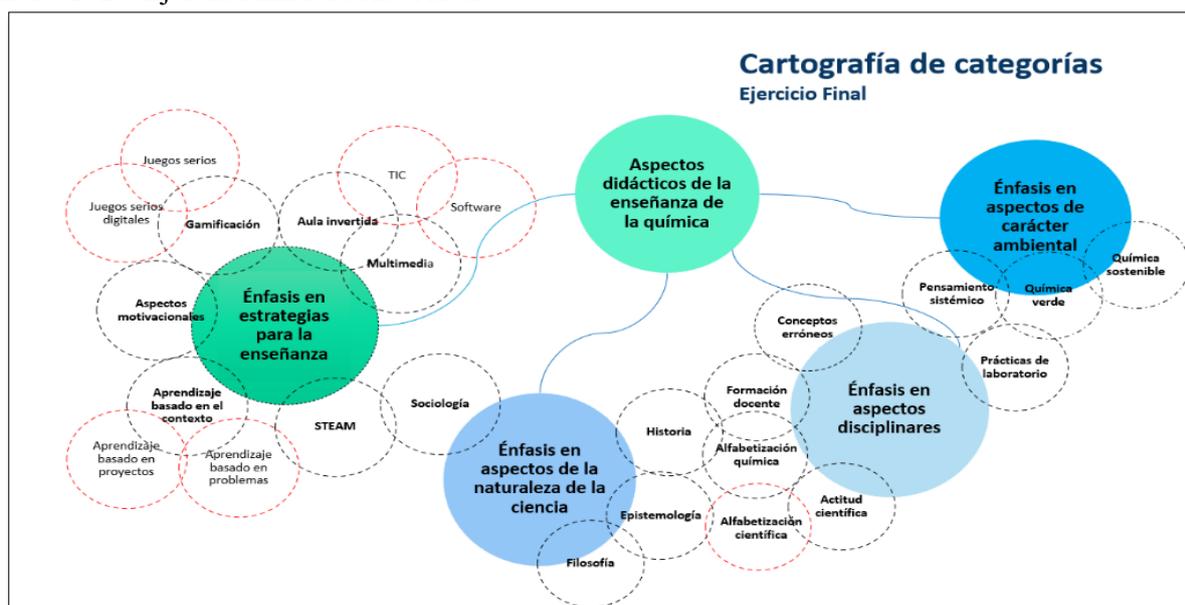
Finalmente, en el diagrama 3 de las 8 protocategorías se hace una síntesis a 4 y se les asigna un nombre para identificarlas como categorías, a las cuales siguen anidadas los diferentes tópicos que dieron lugar

a que éstas emergieran. El sentido de hablar de 4 grandes categorías está en línea con la propuesta de Talanquer (2013) en la que este autor propone diez facetas que moldean la enseñanza de la química y entre ellas menciona la importancia de hablar de grandes ideas, en donde expresa que, “el término “gran idea” tradicionalmente se refiere a una afirmación que resume el conocimiento básico de una disciplina que nos gustaría que los estudiantes comprendieran” (p.2).

De esta manera podríamos decir que las propuestas investigativas de la enseñanza de la química en este lapso se podrían comprender desde 4 grandes categorías o énfasis de los aspectos didácticos de la enseñanza de la química, los cuales serían, *énfasis en estrategias para la enseñanza, énfasis en aspectos de carácter ambiental, énfasis en aspectos disciplinares y énfasis en los aspectos de la naturaleza de la ciencia*, los cuales serán descritos a continuación.

Figura 4.

Cartografía de categorías de la enseñanza de la química bases de datos y la revista especializada. 2019-2023. Ejercicio final. Fuente Autor.



El anterior ejercicio evidencia, que la comunidad científica, reconoce que la enseñanza de la química es un campo de investigación problémico, en el cual se han construido nuevos acercamientos, los cuales pretenden proponer una enseñanza que les posibilite a los educadores lograr una educación que responda a los distintos contextos en los que se desarrollan las prácticas educativas. Adicional a ello este ejercicio aporta elementos desde dónde construir diálogos, con autores, conocer metodologías, convergencias y

apuestas investigativas emergentes que pretenden dar respuesta a las complejidades del mundo contemporáneo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se pretende ampliar la discusión, respecto a los hallazgos en el ejercicio de construcción de las categorías y de los tópicos más relevantes que están relacionados con cada una de ellas.

Énfasis en aspectos disciplinares de la enseñanza de la química.

En esta categoría se analiza la amplia tradición investigativa y conceptual de la química que condensa varios siglos de investigación, hecho que se traduce en la priorización de transmitir esa información a unos aprendices que “*requieren*” aprenderla en la escuela secundaria. Esta visión está ligada a la concepción del estudiante de la media secundaria como un, “científico en potencia”. Galagovsky (2007), menciona que la química escolar está concebida como propedéutica de la universitaria, lo cual complejiza el proceso educativo y abre la discusión de, ¿Qué es lo que realmente se debe enseñar? y ¿Cómo se debe enseñar?

Estas preguntas sencillas pero a su vez complejas, comprometen al docente a tomar decisiones de orden didáctico y pedagógico como lo menciona, Tejada et al. (2012), quienes a su vez se cuestionan por, “la ausencia de una manera sencilla, ordenada y segura para comprender y asimilar conceptos relevantes en esta área de las ciencias” (p145). Estos aspectos mencionados por Tejada et al. (2012), hacen referencia a que el educador requiere tener una visión amplia de la ciencia que le permita pensar en términos de esas grandes ideas de las que habla Talanquer (2013).

Estas ideas de Galagovsky (2007), Talanquer (2013) y Tejada et al (2012), aportan elementos interesantes en la construcción de una enseñanza más contextualizada, que incluso han influido en las perspectivas disciplinares de la enseñanza de la química. A continuación, se explorarán algunos tópicos relacionados con los aspectos disciplinares como la formación docente, conceptos erróneos, alfabetización científica, alfabetización química, prácticas de laboratorio y actitud científica.

Alfabetización química

En esta subcategoría se evidencia un interés por lograr un acercamiento de los estudiantes a los saberes propios de la disciplina que garantice un aprendizaje científico. Al respecto Eitemüller & Habig (2020), sostienen que, “Las persistentes altas tasas de deserción en los programas de química de educación



superior del 42% en Alemania Heublein et al. (2017) y sus causas muestran una necesidad urgente de acción” (p.567). Según estos investigadores este desinterés evidenciado por los estudiantes podría estar relacionado con la enorme brecha entre lo que se enseña en la escuela y la formación científica requerida de los individuos para desenvolverse en la sociedad.

Entonces; ¿Cómo lograr, planes de estudio de química pertinentes, que motiven a los estudiantes y que lo que se aprenda en el aula tenga un valor en el contexto social? En medio de esa complejidad Galagovsky (2007) acertadamente nombra su artículo; “Enseñar química vs. aprender química: Una ecuación que no está balanceada”. Lo anterior resalta la necesidad de un análisis profundo de las prácticas educativas y la manera como lo que se enseña trasciende el aula y es permeado por el contexto. Lograr esa compleja conexión entre el aula y el contexto requiere fomentar la alfabetización química en los educandos, lo cual está relacionado con el constructo, “alfabetización científica”.

De Jong (2012) citado por Kohen et al. (2020), señala que este término se refiere, “no solo al conocimiento de los conceptos y teorías de la ciencia, sino también al conocimiento de los procedimientos y prácticas comunes asociados con la investigación científica y cómo estos permiten que la ciencia funcione” (p.252). Esto se traduciría en que la alfabetización química es, una aculturación científica del individuo desde la escuela a través de una enseñanza reflexiva, soportada en procesos dialógicos en el aula, que permita lograr comprensiones científicas en el área de la química, y una interacción de manera argumentada en el contexto.

Conceptos erróneos

Adicional a lo anterior Morales y Tuzón (2021) discuten acerca de la importancia de la construcción de diálogos en el aula y analizan un tema controversial como es el del fenómeno de la radiactividad, sobre el cual se han construido pluralidad de opiniones, pero también de *conceptos erróneos*. Este constructo se refiere a esas ideas preconcebidas o explicaciones que poseen los estudiantes, que inciden en el aprendizaje adecuado, e implica que los ciudadanos puedan tomar posturas científicas informadas en temas socio-políticos.

Stott (2023), hace una reflexión interesante en su investigación sobre las concepciones erróneas de los docentes principiantes de química, en la que sostiene que es necesario dejar de considerar los *conceptos erróneos* como simples obstáculos. Al respecto analiza que, “el conocimiento de los principiantes está



fragmentado y depende del contexto y, aunque defectuoso en algunos contextos, es productivo en otros y, por lo tanto, debe verse como un recurso, más que una barrera para el aprendizaje” (p.2549). Este argumento permite comprender la importancia de involucrar estos aspectos en los procesos de enseñanza, prestando atención a los conceptos erróneos, no solo de los estudiantes, sino incluso de los mismos docentes en ejercicio.

Un caso particular de conceptos erróneos es el del concepto de enlace, el cual según, Vladusic et al. (2023), Tsaparlis et al. (2021) Mugitsah et al. (2020), presenta dificultades en la misma comprensión de este proceso a nivel intermolecular y a su vez afecta la comprensión de otras temáticas que requieren de este concepto como insumo.

Formación docente

Discutir acerca de los conceptos erróneos, traslada la mirada a los procesos de formación docente, en el sentido de considerar a esta práctica formativa como la piedra angular no solo del proceso de enseñanza sino también del aprendizaje. Al respecto de este tópico, es interesante retomar las ideas de Garritz (2010), dentro de su decálogo de la enseñanza de la química, en el que menciona algunos aspectos claves del docente como, la experticia de la ciencia que enseña, dominio de los conocimientos de frontera, ser consciente de la incertidumbre y la tentatividad del conocimiento científico.

Por ello algunos investigadores como He et al. (2021), sostienen que, “Numerosos estudios han demostrado que el conocimiento profesional docente afecta positivamente la calidad de la instrucción y el aprendizaje de los estudiantes (Hill et al., 2005; Baumert et al., 2010; Park et al., 2011; Heller et al., 2012; Keller et al., 2017)” (p.513). Esto sugiere que es necesario mejorar las estrategias de la formación docente lo cual resulta de interés para los investigadores, quienes reconocen la urgencia de fortalecer los procesos de los educadores en formación.

Al respecto de la necesidad de mejorar los procesos de formación docente, He et al. (2021), retoman el constructo, Conocimiento Pedagógico del Contenido (Pedagogical, content Knowledge PCK), propuesto por Shulman (1986), este constructo hace relación a que si bien es cierto el maestro de aula además de identificar, dominar y contextualizar los conceptos que pretende enseñar (conocimiento), debe tener la competencia para construir estrategias y metodologías que le permitan hacer una transposición del conocimiento (pedagógico). En ese sentido el docente debe articular estos dos



aspectos, para construir apuestas educativas no solo de transmisión de contenidos, sino que integren saberes desde estrategias pedagógico-didácticas que promuevan en el aula una enseñanza dialógica, un aprendizaje crítico y reflexivo.

Prácticas de laboratorio

Dentro de esa diversidad de miradas de la enseñanza de la química, algunos expertos consideran pertinente analizar las denominadas *prácticas de laboratorio*, las cuales están asociadas como un procedimiento que contribuye a un aprendizaje significativo y práctico de esta ciencia, que contrasta la teoría con lo experimental.

En ese sentido Rubenstein et al. (2020) y Altowaiji (2021) afirman que, las prácticas de laboratorio brindan la oportunidad a los estudiantes de desarrollarse a nivel cognitivo, sensorial y motor. Del mismo modo Rubenstein et al. (2020), sostiene que, “Los cursos introductorios de laboratorio de química son una parte importante de la educación en química general y, a menudo, se sincronizan con conferencias en clase para ayudar a los estudiantes a obtener una mejor comprensión de las teorías aprendidas en sus libros de texto” (p.4430). Estos puntos de vista de estos investigadores posicionan a las prácticas de laboratorio, como algo imprescindible en el proceso de enseñanza, que permite confrontar la teoría con la práctica. A pesar de lo interesante de este recurso, los investigadores se cuestionan acerca del uso mecanicista a manera de recetario que se les dan a las prácticas de laboratorio y en lugar de ello proponen un espacio que despierte la curiosidad, y le permita al estudiante ser más propositivo, incluso desde la misma planeación.

Actitud científica

Se podría decir que el interés de los investigadores va más allá de considerar la ciencia como un conocimiento estático, sin ninguna conexión con la vida real de los estudiantes. En su lugar proponen el desarrollo de una actitud científica que se logre extrapolar a la vida real de los individuos y que, a su vez, adquiera un sentido, coherencia y motivación de quienes la aprenden.

Rüschepöhler & Markic (2020) afirman que las epistemes de los futuros docentes deberían traducirse en la práctica, en el desarrollo de una *actitud científica* en los estudiantes, con el objetivo de comprender, adquirir y utilizar el conocimiento. Estos autores retoman una discusión interesante del constructo de capital científico propuesto por Archer et al. (2015), al respecto Rüschepöhler & Markic (2020),



definen a este como, “los recursos de los que una persona puede disponer y que tienen valor en el campo de la ciencia. Estos pueden ser conocimiento científico, contactos personales con científicos, participación en actividades relacionadas con la ciencia” (p.221).

Esta interesante reflexión nos traslada a comprender las posibles ventajas y la influencia de los ambientes familiares y sociales en el desarrollo académico y en la actitud de los estudiantes hacia la ciencia. En este sentido Rüschenpöhler & Markic (2020), afirman que, “Las familias utilizan su capital científico para la reproducción social. Esto significa que los padres que disponen de capital científico tienden a apoyar el éxito de sus hijos en el campo de la ciencia con los medios de los que disponen” (p.222). Según esto el conocimiento científico de los padres influye en la visión y en la actitud científica de los estudiantes y en la posibilidad no solo de tener una mejor comprensión de la ciencia, sino también poder percibirla como un derrotero en el modelamiento de la sociedad actual.

Finalmente lo expuesto en este apartado, resalta la necesidad de relacionar los conocimientos científicos aprendidos en el aula con los aspectos de la cotidianidad. Adicionalmente a partir de lo revisado en esta categoría, He et al. (2021) aseguran que es una prioridad, contar con maestros con un conocimiento disciplinar profundo, que estén en capacidad de enseñar con estándares de alta calidad. Kotul'áková (2020), Cybulskis et al. (2021) y Tal et al. (2021), explican que la educación científica, en algunos países está orientada más allá de la simple alfabetización científica y se concibe como una prioridad de las políticas estatales.

Énfasis en aspectos ambientales de la enseñanza de la química

La mirada desde lo disciplinar expone una multiplicidad de ideas y una de ellas es precisamente comprender que el contenido científico es importante, pero más allá de lograr la alfabetización química de la sociedad, se requiere que los ciudadanos asuman una postura política, ética, cívica y crítica en un mundo que avanza científica y tecnológicamente. En esta línea, Latour (2009) expresa que, “Uno de los resultados de la purificación de la modernidad es presentar el conocimiento científico como un producto terminado, del cual apenas se conoce lo que entra y lo que sale” (p.4). Al respecto se podrían analizar estas ideas de Latour, frente a esa vertiginosa y compleja producción científica que, para el ciudadano del común, es algo cada vez más distante y menos comprensible.



Por esta razón, la misión del docente de química no debería ser enfocada solo a explicar los productos terminados de la ciencia que enseña (contenidos), sino que también comprender los alcances de esta. Gür & Karagölge (2016) sostienen que, “Nuestro nivel de vida aumentó después de la revolución industrial. Desarrolló muchos productos que facilitan la vida, para prolongar la vida humana” (p.89). Ese bienestar derivado de la ciencia y la técnica en nuestras vidas, poco se cuestiona porque en últimas está relacionados con la *esperanza de una vida mejor*.

Lo cierto es que ese bienestar de la especie humana es inversamente proporcional al detrimento de la calidad de vida de otras especies y de los ecosistemas, lo cual genera un efecto bumerán sobre la misma especie humana. Cha et al. (2022) cita algunas de las ideas de Erhabor y Born (2016), en donde estos afirman que, “se deben incorporar temas de educación ambiental en las materias de las escuelas primarias y secundarias para que los niños desarrollen actitudes positivas hacia el medio ambiente” (p.248). En ese orden de ideas es importante reconocer el valor de estas discusiones en la escuela, y es precisamente allí de donde emerge el énfasis ambiental de la enseñanza de la química, en la que encontramos tópicos investigativos como, la *química sostenible*, *química verde* y *la química sistémica*, que se distancian de la enseñanza centrada en los contenidos y colocan en tensión el impacto antrópico en los ecosistemas.

Química sostenible

Esas crisis y la necesidad de replantearnos como especie trasladan la discusión al tópico de *química sostenible*, el cual se relaciona según De Oliveira et al., (2021) con la utilización de “metodologías o técnicas químicas que eliminan o reducen la generación de productos y subproductos nocivos para el medio ambiente” (p.654). Esto se traduce en pensar la química no como parte del problema ambiental, sino como una ciencia al servicio del sostenimiento de los recursos, y la conservación de la vida. Esta visión surge como una forma de encarar la imagen que se ha construido entorno a la química como ciencia.

En este sentido Constable et al. (2019) sostienen que, “La disciplina ha adoptado tradicionalmente enfoques reduccionistas para comprender y predecir las propiedades, los procesos y el comportamiento atómicos y moleculares, centrándose en el nivel del recipiente de reacción a escala de laboratorio” (p.2690). Estos planteamientos de Constable et al (2019), cuestionan el reduccionismo en la enseñanza



de la química, pensando este acto educativo en un proceso interdisciplinario que permita el diálogo de lo conceptual con los desafíos que plantea las sociedades contemporáneas en línea con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) adoptados por las Naciones Unidas.

Desarrollar estas discusiones en la escuela debe ser una de las prioridades, debido a que las problemáticas ambientales, a pesar de tener un origen antrópico, terminan por afectar a todas las formas de vida. En ese sentido Zuin et al., (2021), explican que “existe una demanda de una educación más contextualizada de los químicos, que integre también las ciencias humanas y la economía para proporcionar una comprensión más holística y crítica de la realidad” (p.1603). Esta premisa plantea que lo ambiental requiere de un análisis multifactorial y profundo, lo cual les permitiría a los estudiantes no solo identificar las consecuencias, sino reflexionar sobre la incidencia del hombre en las problemáticas y el carácter obligante en la mitigación del impacto ambiental. Al respecto Kotul'áková (2020) afirma que, “una persona con conocimientos científicos de este tipo puede asegurar la sostenibilidad del planeta, proporcionar y garantizar los derechos humanos a todas las personas” (p.731). Esto es una invitación a dejar de percibir los ecosistemas como fuentes de recursos naturales y en su lugar reconocerlos como lugares de preservación de la vida y del equilibrio ambiental.

Química verde

Pensando precisamente en la necesidad de gestionar un planeta sostenible, es pertinente analizar otro campo de estudio emergente que es la *química verde*, la cual invita a repensar muchas acciones de la vida cotidiana que hemos naturalizado, pero que constituyen factores de riesgo para los ecosistemas. Por ello la química verde problematiza los distintos escenarios de nuestras vidas, desde las grandes cadenas de producción industrial que arrojan materiales contaminantes, al aire, suelo y afluentes, hasta los laboratorios escolares en donde también se suelen generar residuos peligrosos, como lo reconocen Oliveira et al. (2021).

Estas reflexiones, no llegan al ciudadano del común, por ello la química verde escolar, se convierte en una poderosa herramienta para educar a las nuevas ciudadanía. Precisamente Zowada et al., (2020), han impulsado la propuesta de química verde en sus aulas, donde analizan que, “algunos medios de comunicación afirman que los pesticidas son responsables en tanto de la disminución del número de insectos polinizadores como del aumento de los casos de ciertos tipos de cáncer” (p.142). Dialogar sobre



estos aspectos en el aula hacen parte de procesos de análisis y reflexión, que le posibilitan a los educandos un acercamiento a este tipo de problemáticas, desde distintos ángulos, de manera que los estudiantes puedan construir un posicionamiento informado y científico, referente a un tema tan problemático y discutido como el uso de herbicidas como el glifosato. De acuerdo con lo anterior, pensar en una enseñanza de la química verde en el aula es colocar en el foco de la discusión problemáticas ambientales reales, analizadas bajo discernimientos científicos, éticos, políticos y sociales.

Química sistémica

Estas miradas desde la química sostenible y la química verde nos permiten comprender, que la enseñanza de la química en la escuela secundaria, no se contempla únicamente desde lo estrictamente conceptual, por ello es válido afirmar que esta ciencia está tomando elementos y discusiones más amplias de los problemas que involucran a todos los organismos vivos como parte de un sistema. Al respecto Celestino & Marchetti, (2020) expresan que, “las partes individuales de un sistema pueden verse de forma independiente, pero este enfoque reduccionista pasa por alto la forma en que estas partes operan como un todo, lo cual es necesario para comprender completamente la naturaleza del sistema” (p. 3575). En este contexto surge el constructo de química sistémica, el cual está en estrecha relación con los retos en materia ambiental, que comprometen a la ciudadanía a construir nuevas formas de concebir el mundo e interpretarlo. Esta tendencia emergente que se fundamenta en el pensamiento sistémico reconoce que muchos de los procesos están interconectados en sistemas, lo cual representa una complejidad y un dinamismo de las relaciones entre sus componentes.

En ese orden de ideas, la química no ha escapado de este llamado, y en su estructura conceptual ha encontrado un anclaje ideal, que ha permitido integrar ideas como las expuestas por Chiu et al. (2019) y Celestino & Marchetti, (2020), quienes analizan el comportamiento sistémico de las subpartículas, partículas y moléculas, que requieren una visión integral para comprender fenómenos como los enlaces químicos y las implicaciones de estos en los procesos vitales. Por ello los investigadores proponen la posibilidad de una integración del conocimiento de química, física y biología con otras áreas del conocimiento, en la que la química articule los contenidos de la escuela secundaria de forma sistémica, de forma que se puedan comprender de manera mucho más amplia los desafíos en materia ambiental



que enfrenta el planeta. Al respecto Chiu et al. (2019) sentencian que, “Los pensadores sistémicos son necesarios para prepararse para un futuro cada vez más complejo y globalizado” (p.2815).

Estas ideas inspiran la transformación de la enseñanza de la química en un espacio de diálogo desde los aspectos ambientales, lo cual resulta interesante, en la medida que permite comprender la forma como la presión antrópica, genera daños irreparables en los ecosistemas. Por ello las nuevas ciudadanía deben estar permeadas de los principios de la química verde y sostenible de los que habla Oliveira et al. (2021) y Zuin et al. (2021), permitiendo replantear una visión holística de la química permeada por políticas ambientales.

Énfasis en estrategias para la enseñanza de la química.

Este interesante recorrido, que se hizo desde los aspectos ambientales, evidencia que la enseñanza de esta ciencia se está trasladando a los escenarios reales, donde existen problemáticas que afectan a la comunidad en general y que requieren acciones desde la escuela, que garanticen una mejor relación de los individuos con el entorno. Por ello la enseñanza tradicional centrada en contenidos, debe fracturarse para dar paso a nuevas visiones, que acerquen a los jóvenes a una nueva forma de percibir la ciencia.

Por ello esta categoría dialoga acerca de investigaciones que involucran elementos centrales de la química presentados y discutidos en el aula desde diversas metodologías. Dentro de esas estrategias nos encontramos con la gamificación en la que autores como Easa & Blonder (2022), reconocen que, “muchos profesores siguen métodos de instrucción tradicionales” (p.71). Por tal razón desde la escuela están emergiendo espacios de innovación, en la que se vislumbran nuevas formas de acercar a los jóvenes al conocimiento, en donde estos adquieran un papel cada vez más protagónico. En esa búsqueda de otra mirada distinta a esas conferencias frontales de las que hablan Easa & Blonder (2022), se encontraron tendencias investigativas como los juegos serios, juegos serios digitales, enfoque STEM, metacognición y aula invertida.

Juegos serios

Pensar el aula como un proceso interactivo, y de disfrute, que irrumpa con los tradicionalismos en los que está enmarcada la enseñanza de la química, es la intención de un grupo de investigadores que están apostando por procesos gamificados. En ese sentido los *juegos serios* según Escudeiro & Campos Gouveia, (2023) proveen una valiosa intersección entre el juego, los procesos de enseñanza y sus



implicaciones en el aprendizaje. A su vez estos autores argumentan que, “mediante la investigación y la innovación continuas, los investigadores se comprometen a empoderar a estudiantes con diversas capacidades y a sentar las bases para un sistema educativo más inclusivo” (p.2). Es decir que integrar los juegos serios en el aula, va más allá del solo disfrute, se trata de despertar la motivación en los estudiantes por aprender química, pero también podrían llenar vacíos investigativos relacionados con aquellos educandos que poseen capacidades diversas y que no encuentran en la escuela tradicional una respuesta a sus demandas académicas.

Estos elementos lúdicos son el resultado de innovaciones de los equipos de investigación o incluso pueden ser adaptaciones de juegos ampliamente conocidos en el mercado. Según (Lu et al., 2023) los “juegos serios facilitan el aprendizaje de conceptos clave, como la comprensión de elementos, compuestos y mezclas, el análisis de estructuras atómicas y moleculares y el equilibrio de ecuaciones químicas” (p.124). Es decir que estos investigadores no proponen desligarse de los contenidos, sino que su búsqueda es como acercar a los jóvenes al conocimiento a través de procesos gamificados. Los hallazgos de estas investigaciones evidencian que existen una variedad de juegos de mesa que se han adaptado para hacer más comprensible la enseñanza de la química, consistentes en construir ambientes de aprendizaje que acerquen a los jóvenes a una acción poderosa de aprendizaje como lo es el juego.

Los juegos serios son pertinentes y representan un enorme potencial, para incentivar y promover el interés de los estudiantes en el aprendizaje de la química. Según Watson et al., (2021) la eficacia de los procesos de aprendizaje “requiere que la introducción de los conceptos clave se lleve a cabo de forma amena, atractiva, simplista y eficaz” (p. 669). Estos requerimientos son precisamente las condiciones que reúnen los procesos gamificados.

Juegos serios digitales

La oportunidad de pensar en procesos gamificados en la enseñanza de la química, lleva la discusión a una línea de investigación que se denomina los juegos serios digitales, los cuales emergen como una oportunidad de acercar a los jóvenes a temáticas que, en el aula explicadas por los docentes, pueden ser complejas y extensas. Por ello algunos investigadores han encontrado en el juego una oportunidad para crear ambientes con narrativas interesantes que acerquen a los estudiantes al lenguaje científico.



Ureña & Crespo, (2023) expresan que “los juegos serios o juegos aplicados, se definen como juegos interactivos que permiten a los jugadores realizar actividades, para practicar las habilidades y lograr aspectos que van más allá del simple disfrute de una actividad de ocio (p.5). Estas apuestas investigativas emplean el atractivo del juego y logran acoplarlo a temas claves en los procesos de enseñanza de la química. Por ello los juegos serios pueden representar una oportunidad para acercar a los jóvenes al conocimiento científico a través de entornos virtuales e interactivos.

Pero, pensar la enseñanza de la química desde procesos gamificados tienen un grado de complejidad según lo explica Lutfi et al., (2023) quienes expresan que “los juegos por ordenador pueden suponer un reto para los profesores a la hora de innovar al utilizar la gamificación en su aprendizaje (p.193). Esto significa que los docentes de química deben dialogar con otras áreas del conocimiento que les posibilite concebir la enseñanza como un proceso de construcción colectivo y transdisciplinar, en el que la sumativa de esfuerzos permita repensar la escuela como un laboratorio vivo de producción de conocimiento situado y científico.

Entonces, desarrollar procesos de aprendizaje a través del juego debe ser un proceso interdisciplinar que integre los distintos conocimientos de la comunidad educativa, en la que más allá de construir una herramienta de diversión, no se debe diluir el norte, el cual es el aprendizaje. Al respecto Traver et al., (2021) explican que, “hacer que los juegos sean divertidos puede ser aconsejable en general, pero no siempre debe ser un objetivo fácil, sobre todo en el caso de los juegos serios, cuyo objetivo principal no es simplemente el entretenimiento” (p.19). Estos investigadores están sentando unos precedentes muy importantes, que podrían ayudar a construir ambientes virtuales en los que los niños desde edades muy tempranas puedan explorar las distintas etapas de la química y detenerse en temáticas particulares o realizar pequeños experimentos en entornos simulados.

Respecto a lo anterior, se podría decir que, la enseñanza de la química a través de procesos gamificados está en un momento clave, que requiere de más investigadores que apuesten por una enseñanza mucho más atractiva y novedosa. Lutfi et al., (2023) expresa que “en el ámbito de la educación, se ha afirmado en que a través de la gamificación se puede motivar a los estudiantes para que aprendan de nuevas formas o disfruten de las tareas tediosas” (p.193). Por esta razón se requiere con urgencia replantear la



imagen del aprendizaje de tal forma, que se pueda pasar de una visión compleja y desgastante a una experiencia significativa y agradable.

STEM

En línea con los procesos de construcción colectiva en los procesos gamificados, existen otro tipo de apuestas que trasladan la enseñanza de la química a una visión interdisciplinar, como lo es el enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) el cual ha ido ganando terreno en la enseñanza de las ciencias naturales, tecnología, ingeniería, y matemáticas en la escuela secundaria. Esta visión de la enseñanza evita los reduccionismos en los procesos educativos (centrado en lo disciplinar) de los que habla Celestino & Marchetti (2020), y posibilita la comprensión de la enseñanza de esta asignatura en clave de sistemas interconectados.

En ese sentido Balta et al. (2023), analizan que, “Aunque todos los niños tienen las mismas oportunidades de recibir una educación de alta calidad, las discrepancias de género en los campos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) son una de las cuestiones clave del sistema escolar” (p. 2). Este es un tema álgido, puesto que históricamente el papel de la mujer en el campo científico ha sido restringido. Por ello este tipo de investigaciones aparte de plantear la integración de estas áreas del conocimiento, toca un tema crucial, el cual está relacionado con el literal número 5, de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), promulgado por las Naciones Unidas, el cual consiste en, “lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas”.

Por esta razón el trabajo de Balta et al. (2023), constituye una interesante apuesta, por reivindicar el papel de la mujer en el desarrollo de las sociedades contemporáneas, pero adicionalmente estos autores reconocen que el campo STEM, “es crucial para la prosperidad económica de todas las naciones... la competitividad económica, la prosperidad y el crecimiento científico de un país” (p.2). Estas ideas aportan elementos a la discusión, permiten estructurar los planes de estudio, facilitan la comprensión y transferencia del conocimiento a la vida de los individuos.

Metacognición en el aprendizaje de la química

Adicional a las propuestas STEM, existen apuestas innovadoras como las de Lavi et al. (2019), quienes realizaron una investigación sobre los procesos de *metacognición en el aprendizaje de la química*, en la que analizan la manera en la que los individuos construyen su propio conocimiento, lo cual les permite



a estos últimos ser más conscientes, de la manera en que desarrollan aprendizajes de la química. Esta revisión documental que hacen Lavi et al. (2019), aporta precisiones en relación con la forma como los individuos aprenden, y analizan que el proceso metacognitivo no es precisamente un proceso metodológico, sino un proceso mental, que daría luces a los procesos didácticos y metodológicos en el aula.

Afirman Lavi et al. (2019) que la metacognición es; “controlar de manera consciente el proceso de adquisición de conocimientos” (p.583). Es decir “pensar sobre el pensamiento”, lo cual es sin duda una de las claves en los procesos de aprendizaje, porque le implica al individuo reflexionar e identificar como llega a la cognición. Esta investigación, abre un camino interesante para comprender como ocurren los procesos de aprendizaje de la química.

Aula Invertida

Las investigaciones consultadas, evidencian la necesidad de consolidar estrategias de enseñanza que se adapten a las circunstancias, políticas y económicas de las comunidades educativas como lo analiza Sánchez et al. (2022). Por ello durante la pandemia del covid 19, los maestros reformularon sus prácticas de enseñanza. Prasanson et al., (2021) señalan que, “durante el semestre de 2020, la pandemia de COVID-19 ha obligado a las instituciones académicas de todo el mundo a adaptar rápidamente los cursos tradicionales a la plataforma en línea” (p. 207). En relación con esto último, se encontró en los distintos estudios revisados que ni las instituciones educativas ni, los docentes estaban preparados, para asumir la enseñanza de modo virtual.

Por esta razón los investigadores coincidieron en la necesidad de implementar el *aula invertida* (Flipped Classroom, en inglés), que consiste según Dogan et al. (2023) en un proceso de inversión del aula, permitiendo que el estudiante pueda consultar en espacios extraacadémicos los contenidos de clase de manera previa, con la ayuda de las TIC. Este tipo de apuestas investigativas permitió comprender lo valioso de posibilitar en los estudiantes la exploración de recursos previos, que les permitan llegar a clase con muchas inquietudes, de manera tal que la clase sea un espacio para dialogar y disentir, y no simplemente para asentir, posibilitando la formación de un posicionamiento crítico. Prasanson et al. (2021) indican que el aula invertida, les permitió desarrollar contenido de química orgánica, emplear herramientas de realidad aumentada, juegos interactivos en 3D, e interactuar en espacios distintos al



aula de clase. Esta estrategia según Dogan et al. (2023) y Boesdorfer et al. (2023), ha tenido una gran acogida en la formación universitaria, pero muy poco en la secundaria.

Aspectos multimedia en la educación

En medio de esa búsqueda por una enseñanza científica y de calidad, Iqbal & Sami (2020), reconocen que, “Los avances tecnológicos en la era moderna ayudan a los docentes a crear un entorno de aprendizaje colaborativo” (p.116). Sin lugar a duda la tecnología ha permeado el aula y ha generado vínculos muy fuertes con los procesos educativos. Según estos investigadores estas tecnologías, resultan ser muy eficaces, porque permiten visualizar una infinidad de objetos, relaciones y procesos, que serían muy complejos intentar recrearlos en la mente, a partir de descripciones.

En ese sentido es interesante comprender cómo los *aspectos multimedia en la educación* han ido ganando cada vez más fuerza, en la enseñanza de la química. Investigadores como Seibert et al. (2020), Dabke et al. (2021), Pulukuri & Abrams (2021) y Ali et al. (2022), han realizado estudios que emplean recursos multimedia, como respuesta a las necesidades de las poblaciones de estudiantes de la escuela secundaria. Estas soluciones van desde, el uso de códigos QR, para ayudar a los estudiantes con discapacidad visual, hasta la implementación de tablas periódicas 3D y libros multimedia interactivos.

Énfasis en la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de la química

En medio de esa multiplicidad de visiones de la enseñanza de la química se ha logrado identificar los aportes al proceso educativo desde la *naturaleza de la ciencia* (Nature of Science (NOS)), la cual es un área de investigación prolífica adscrito a la didáctica de las ciencias. Al respecto Adúriz-Bravo (2007), menciona que, “en la didáctica de las ciencias hablamos de “naturaleza de la ciencia” para referirnos a un conjunto de ideas metacientíficas con valor para la enseñanza de las ciencias naturales” (p.4). Lo anterior nos permite entender que la NOS, se relaciona con el campo de la didáctica de las ciencias y enriquece a su vez los procesos de enseñanza de la química.

Ampliando estas ideas Adúriz-Bravo (2007), expresa que “por ello, podemos decir que la naturaleza de la ciencia es un genuino intento de acercar las metaciencias a quienes no serán especialistas y de infundir una perspectiva metacientífica en el currículo de ciencias naturales” (p.4). Estas ideas tienen puntos de convergencia con lo expresado por Galagovsky (2007), respecto al carácter propedéutico de la enseñanza de la química en la secundaria. Según, Aduriz-Bravo (2007) la NOS, aporta una riqueza desde



las metaciencias al educando en relación con la forma como se ha construido la ciencia, lo cual contribuye a una visión pertinente para la alfabetización científica y química de los ciudadanos del siglo XXI.

Afirma Adúriz-Bravo (2007), respecto al papel de las metaciencias que, “desde nuestro punto de vista, la contribución principal a la naturaleza de la ciencia debería provenir de la epistemología, en tanto reflexión teórica por excelencia sobre la ciencia...” (p.4). Estos planteamientos nos permiten comprender el papel que juegan las metaciencias en especial, la epistemología, la cual permite analizar de manera crítica la forma como las comunidades científicas, construyen y validan el conocimiento, lo cual le permite comprender al educando que la ciencia no es un cúmulo de saberes, sino que es una construcción colectiva y consensuada.

Al respecto Adúriz-Bravo (2007), propone algunos elementos dinamizadores que están en relación con los aportes de las metaciencias en los procesos de enseñanza, en donde expresa que, el eje epistemológico apunta a determinar qué es la ciencia y cómo se elabora, El eje histórico intenta responder a la pregunta de cómo cambia la ciencia en el tiempo. El eje sociológico quiere caracterizar la cuestión de cómo se relaciona la ciencia con la sociedad y la cultura. (p.4)

Estos tres elementos, nos ayudan a comprender el direccionamiento que tienen estas tres metaciencias, las discusiones que ellas intentan plantear y como cada una de ellas alimentan los procesos de enseñanza de las ciencias. Esta mirada desde la naturaleza de la ciencia y las discusiones epistemológicas, históricas y sociológicas, nos permiten comprender, la riqueza no solo de esta área, sino del gran campo de discusión, sobre el cual se alojan estas miradas, que es el campo de la didáctica de las ciencias (DdC).

Al respecto Adúriz-Bravo & Merce Izquierdo, (2002) expresan unas comprensiones que identifican los momentos claves de la historicidad en el campo de la DdC. Estos autores ubican 5 etapas que van desde la adisciplinar, tecnológica, protodisciplinar, emergente, y consolidada, respecto al surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo de investigación. Según Aduriz- Bravo los inicios de este proceso de consolidación datan de esa etapa adisciplinar que tienen lugar a fines del siglo XIX y su proceso como ciencia consolidada data desde los años 80.

En ese sentido Godoy (2015) reconoce a la didáctica de las ciencias (DdC), “como una disciplina joven independiente de la pedagogía, que nace en Iberoamérica en los años ochenta del siglo pasado... la DdC



cumple con los requisitos epistemológicos para ser considerada una disciplina autónoma” (p.2). Al respecto Adúriz-Bravo & Merce Izquierdo (2002), reafirman este planteamiento de Godoy, argumentando que la didáctica de las ciencias no es deudora de la didáctica general, en la medida, que esta: “se ha se ha constituido a partir de las propias ciencias naturales, saliendo de su ámbito metatórico propio” (p.136).

Por lo tanto Adúriz-Bravo & Merce Izquierdo, (2002), expresan que, “nuestra visión de la didáctica de las ciencias es entonces la de una disciplina por el momento autónoma, centrada en los contenidos de las ciencias desde el punto de vista de su enseñanza y aprendizaje” (p.136). Esto significa que las discusiones de la DdC, se distancian de las de la didáctica general, en relación a que sus preocupaciones están orientadas a discutir la naturaleza del conocimiento científico, los procesos de construcción y validación del mismo, análisis de la transposición didáctica de esos conocimientos, al tiempo que evalúa las dificultades en los procesos de enseñanza de los contenidos disciplinares en los contextos escolares.

Historia de la química

Dentro de ese campo emergente de la DdC, se reconocen los aportes metadisciplinarios de las ciencias, como la *historia de la química*. Por ello antes de hacer el despliegue de los aspectos históricos es pertinente indicar que estos, al igual que los aspectos epistemológicos y sociológicos son nominados como contenidos metadisciplinarios de las ciencias, como lo enuncian Parga Lozano & Piñeros-Carranza (2018) o metacontenidos como lo expresan Leal y Morales (2021). Estas metadisciplinas hacen parte de líneas de investigación integradas a la didáctica de las ciencias según lo argumenta Leal y Morales (2021).

El contenido metadisciplinar, denominado historia de las ciencias, está inserto en la DdC, brindando la posibilidad a los docentes de química a una enseñanza amplia, crítica, contextualizada y reflexiva, soportada en el reconocimiento del árbol genealógico de la ciencia que se enseña, como lo expresa Mercè Izquierdo (2019). Al respecto, Bates (2021), propone unas reflexiones para discutir en los procesos de aprendizaje de la química, como el inicio de la química humana con el desarrollo del fuego, y las 5 revoluciones de la química en las que destaca los aportes de George Ernst Stahl en la génesis de dichas revoluciones.



Cabe notar que la inclusión de los aspectos históricos podría aportar elementos claves en la enseñanza de la química, como lo es la comprensión de la naturaleza humana y transitoria de la ciencia. Kortam et al. (2021), expresan que “el hecho de centrarnos en los relatos históricos hizo que los alumnos adquirieran una mayor afinidad y comprensión de la ciencia...De hecho, demostraron su capacidad para pensar y juzgar cada tema de forma crítica e independiente” (p.7). Es decir que el componente histórico, permite analizar en clase, de manera crítica los contenidos científicos dilucidando que la ciencia es un conocimiento humano, falible y tentativo, implicado en la transformación de la sociedad a lo largo de los tiempos.

Epistemología de la química

Además de las discusiones históricas, investigadores como Pazinato et al. (2021) y Celestino & Marchetti, (2020) abordan dificultades epistemológicas relacionadas con la visión sistémica para comprender la teoría de los enlaces químicos. Pazinato et al. (2021) sugieren que la *epistemología de la química* puede ayudar al estudiante a desarrollar razonamientos coherentes a la luz de las teorías científicas. Yli-Panula et al. (2021), mencionan que, “La epistemología se refiere a las investigaciones relacionadas con la naturaleza y origen del conocimiento y el conocimiento como tal” (p.2). Esta perspectiva respecto a cómo se construye el conocimiento es valiosa, porque en el aula de ciencias, el conocimiento se enseña como un producto terminado y descontextualizado, por tanto es necesario abrir la discusión para comprender que la ciencia, es un proceso de construcción concertada y colectiva, con diálogos abiertos a nuevas concepciones, que se aleja de visiones dogmáticas que impidan la construcción de comprensiones innovadoras.

Yli-Panula et al. (2021), expresan que,

conceptualmente, "epistémico" se refiere al análisis de los orígenes del conocimiento, mientras que la epistemología personal se refiere a percepciones y creencias individualizadas no sólo sobre la naturaleza del conocimiento sino también sobre las fuentes y factores que influyen tanto en el conocimiento como en el aprendizaje. (p.2)

Entonces, se podría decir que enseñar ciencias en la escuela, va más allá de la transmisión de conceptos, por el contrario, lo que se debe buscar en los procesos de enseñanza-aprendizaje es la apertura de espacios en el aula para que los educandos confronten sus preconcepciones sobre los fenómenos



químicos de la naturaleza, y puedan dialogarlos entre pares y con el maestro, de tal manera que los jóvenes construyan una comprensión científica del entorno natural. Esto les permitirá comprender que la ciencia no es un dogma que se deba asumir y aprender de manera acrítica, sino que es un proceso mediado y reflexionado en comunidad.

Filosofía de la química

A la par de estas apuestas epistemológicas, los *aspectos filosóficos*, son tópicos ampliamente discutidos en la didáctica de las ciencias como lo señalan Mellado & Carracedo (1993). Estos autores afirman que, “la imagen de la ciencia se ha visto a menudo simplificada y distorsionada al no considerarse los aspectos históricos y filosóficos de la misma” (p.331). En relación con lo anterior podríamos decir, que no son solo los aspectos históricos y filosóficos, los que están marginados de los procesos educativos, sino en general el campo de la DdC, el cual ha sido subvalorado y pese al análisis de Adúriz-Bravo y Mercè Izquierdo (2002), respecto a la amplitud de las discusiones en este campo, muchas veces estos avances, no suelen ser considerados por el docente de aula, quien termina por asumir su ciencia como un producto terminado e irreflexivo.

En ese sentido Dunlop et al. (2019) se cuestionan sobre las clases transmisivas, y proponen entrar en la discusión de los diálogos filosóficos de la química, en algo que ellos denominaron, “Hablando de química”, como una manera de generar apropiación de la ciencia que se enseña. Dunlop et al., (2020) analizan que, “la filosofía de la química ... es un campo emergente que se ocupa de preguntas sobre qué es la química; cómo se diferencia de otras formas de conocimiento; los métodos y estructuras centrales de la práctica química” (p.438). Este tipo de discusiones están ausentes en los espacios académicos, porque la ciencia en el aula es presentada como un conocimiento inobjetable, y adentrarse en estas discusiones, podría restar tiempo para explicaciones de carácter científico. Resaltan Dunlop et al., (2020) que existen investigaciones que rara vez incorporan el uso de la filosofía de las ciencias en los currículos, y a su vez, existen opiniones críticas que cuestionan su incorporación en la enseñanza.

Sociología de la química

Esta mirada desde la didáctica de las ciencias, de los aspectos históricos, epistemológicos y filosóficos adscritos a la naturaleza de la ciencia, nos traslada a otra discusión ausente en la escuela secundaria, que son los *aspectos sociológicos de la enseñanza de la química*, los cuales podrían representar un gran



valor en las discusiones acerca del impacto social de la ciencia en la vida de los individuos, en sus formas de relacionarse con el mundo, en sus estilos de vida y en los marcos conceptuales que construyen para comprender los contextos.

Al respecto Aduriz-Bravo (2007), se refiere a la sociología de la ciencia, como el análisis de la manera en la que la ciencia se inserta en los planos sociales, culturales, políticos e incluso en los aspectos ambientales. Respecto a estos últimos se podría expresar que muchas de las problemáticas que afronta la humanidad a nivel de contaminación ambiental, están derivadas, de la diversidad de procesos industriales que son impulsados por el desarrollo científico y tecnológico, como lo analizan Zuin et al., (2021). Estos últimos expresan que existe una “gestión inadecuada de los residuos y efluentes resultantes de la producción” (p.1594). Entonces pese a que la química es un sector fuerte de la industria y del desarrollo económico de las naciones, es necesario generar diálogos en el aula con los educandos, de manera que las nuevas generaciones puedan construir unas economías más sustentables y sostenibles ambientalmente.

De acuerdo con lo anterior se podría decir que la química no es neutral, como lo afirma Chamizo (2020), debido a que esta ciencia esta arraigada en las prácticas sociales que la moldean, incluyendo su identidad, discursos, valores en disputa, discrepancias, instrumentos e instituciones. Este autor afirma que los químicos crean un contexto político en sus prácticas y su producción científica, se impregna de elementos políticos en contextos específicos.

Estas discusiones desde la didáctica de las ciencias, que se han analizado y que estan rezagadas en los procesos de enseñanza, como lo manifiestan Chamizo, Aduriz-Bravo, Garritz, Galagovsky, Izquierdo-Aymerich, han ido ganando terreno, en los espacios académicos, como se evidenció en el rastreo del periodo 2019-2023. Por ello se podría decir que la integración de las discusiones metacientíficas, requiere de un esfuerzo adicional por parte del educador, en adentrarse y dialogar con los expertos del campo de la DdC. Sin embargo, como contrapartida, adentrarse en estas perspectivas históricas, epistemológicas, sociológicas y filosóficas presupone mirar la ciencia, comprenderla y enseñarla de una forma diferente, que trascienda más allá de la mera acumulación de contenidos.



CONCLUSIONES

La revisión bibliométrica realizada en las bases de datos permitió identificar que, aunque existen dificultades, en los procesos de enseñanza de la química, debido a la rigurosidad conceptual, transmisiva y propedéutica impregnada en los procesos de enseñanza, existe un universo de visiones que están emergiendo para dar respuestas que se adapten a las necesidades de las comunidades educativas. Lo interesante de los hallazgos de este ejercicio realizado son los puntos de vista divergentes que han iniciado por generar grietas en la visión transmisiva y acumulativa de conceptos, para dar paso a una aculturación científica de la población, en la que más allá de memorizar teorías, lo que se pretende es permitir que los conceptos que se aprenden en la escuela sobre la química cobren un sentido en la cotidianidad de los educandos.

Lo cierto es que una de las preocupaciones de los investigadores es la de poder lograr la alfabetización química de los educandos, y aunque se conoce ese anhelado punto de llegada, los caminos que deben transitar el binomio docente-estudiante, siguen y seguirán siendo un gran desafío, en el cual no se puede afirmar que existe una única ruta que asegure el éxito en este proceso situado y contextual. Lo anterior se evidencia en esta revisión que permitió identificar 4 tendencias generales de la enseñanza de esta ciencia, lo cual se traduce en una multiplicidad de visiones, que requieren de posteriores investigaciones, que determinen el impacto y la manera en que éstas contribuyen a dar un giro en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química.

Pensando precisamente en esos hallazgos es pertinente mencionar que la categoría disciplinar encontrada, dista mucho de la enseñanza del siglo XVIII, porque en las investigaciones, se reconoce que los conceptos son importantes, pero que ellos no pueden enseñarse como abstracciones o modelos para ser memorizados, sino que estos deben ofrecer respuesta a diferentes eventos del contexto. Esto se traduciría en que la ciencia, debe tener un sentido, en el entorno macro del individuo, de tal forma que pueda analizar, interpretar y anticipar, hechos y situaciones desde comprensiones del micro mundo.

De estas ideas podemos establecer, que los conceptos son importantes, pero deben estar vinculados con el entorno del educando. Por ello es interesante que el individuo en formación se reconozca como un agente que hace parte de un engranaje social, de manera que comprenda que cada una de sus acciones generan un impacto antrópico en los ecosistemas. En ese sentido, ampliar las discusiones de carácter



ambiental desde la química, le brinda al estudiante la posibilidad de comprender desde esta ciencia la alteración causada en los ecosistemas por el accionar humano. Por ello se reconoce la importancia de construir una visión sistémica de la química escolar que le permita a los docentes comprender que esta ciencia debe abrir sus fronteras para brindarle a las nuevas generaciones un conocimiento interdisciplinario, y la posibilidad de asumir una postura científica, en circunstancias desde su accionar como agentes sociales de cambio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A. (2007). Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales.
- Adúriz-Bravo, A., & Merce Izquierdo, A. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electronica de Enseñanza de Las Ciencias*, 1(3), 130–140.
- Ahmad, Z., Ammar, M., Sellami, A., & Al-Thani, N. J. (2023). Effective Pedagogical Approaches Used in High School Chemistry Education: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Chemical Education*, 100(5), 1796–1810. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00739>
- Celestino, T., & Marchetti, F. (2020a). Surveying Italian and International Baccalaureate Teachers to Compare Their Opinions on System Concept and Interdisciplinary Approaches in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 3575–3587. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00293>
- Celestino, T., & Marchetti, F. (2020b). Surveying Italian and International Baccalaureate Teachers to Compare Their Opinions on System Concept and Interdisciplinary Approaches in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 3575–3587. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00293>
- Cha, J., Ruslan, N. A. A., Rose, L. C., Chua, K. H., Alias, Z., Hashim, H., Rashid, N. R. M., Chani, N. A., Daud, U. S. Z. Z., & Chia, P. W. (2022). Air pollution-based socio-scientific issues situated in tetrahedral chemistry education framework for form four students learning about environmental education and sustainable development. *Journal of Sustainability Science and Management*, 17(4), 247–259. <https://doi.org/10.46754/jssm.2022.4.018>



- Chiu, M. H., Mamlok-Naman, R., & Apotheker, J. (2019). Identifying Systems Thinking Components in the School Science Curricular Standards of Four Countries. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2814–2824. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00298>
- Constable, D. J. C., Jiménez-González, C., & Matlin, S. A. (2019). Navigating Complexity Using Systems Thinking in Chemistry, with Implications for Chemistry Education. In *Journal of Chemical Education* (Vol. 96, Issue 12, pp. 2689–2699). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00368>
- Da Silva, E. L., Da Silva Ribeiro, S. P., De Souza, R. M., & Rezende, M. J. C. (2021). Problem based learning using the water quality evaluation to teach acid-base and solutions concepts. *Revista Virtual de Quimica*, 13(3). <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20210048>
- De Oliveira, D. B., Becker, R. W., Sirtori, C., & Passos, C. G. (2021). Development of environmental education concepts concerning chemical waste management and treatment: The training experience of undergraduate students. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(3), 653–661. <https://doi.org/10.1039/d0rp00170h>
- Dunlop, L., Hodgson, A., & Stubbs, J. E. (2020). Building capabilities in chemistry education: Happiness and discomfort through philosophical dialogue in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 438–451. <https://doi.org/10.1039/c9rp00141g>
- Easa, E., & Blonder, R. (2022). Development and validation of customized pedagogical kits for high-school chemistry teaching and learning: the redox reaction example. *Chemistry Teacher International*, 4(1), 71–95. <https://doi.org/10.1515/cti-2021-0022>
- Escudeiro, P., & Campos Gouveia, M. (2023). Elementals, a chemistry inclusive serious game. In *Computer Science for Game Development and Game Development for Computer Science*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1002185>
- Furio, C., Vilches, A., Guisasola, J., & Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de Las Ciencias*, 19(3), 365–376.
- Galagovsky, L. R. (2007). Enseñar química vs. aprender química: Una ecuación que no está balanceada. *Química Viva*, 6, 1–14. www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar



- Godoy, O. (2015). La didáctica de las ciencias y su relación con la historia y la filosofía de la ciencia.
- Gür, B., & Karagölge, Z. (2016). Sustainable Chemistry: Green Chemistry. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 6(2), 89–96. <https://doi.org/10.21597/jist.2016218851>
- Habermas, J. (1986). Ciencia y técnica como «ideología» (CEME,).
- Iqbal, Z., & Sami, A. (2020). Role of technology in science classrooms: an exploratory study of Pakistan. *Int. J. Technology Enhanced Learning*, 12(2), 115–126.
- Kotul'áková, K. (2020). Identifying beliefs held by preservice chemistry teachers in order to improve instruction during their teaching courses. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 730–748. <https://doi.org/10.1039/c9rp00190e>
- Latour, B. (2009). Ciencia en Acción. Memorias Del Grupo de Estudio CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) de FLACSO-Ecuador , 1–22.
- Lu, T., Lin, S.-Y., Zhou, Y.-X., & Jana, B. (2023). Serious games applied to the study of the “Substance Structure and Atom” units in chemistry. In 2023 12th International Conference on Awareness Science and Technology (ICAST), 124–128.
- Lutfi, A., Aftinia, F., & Permani, B. E. (2023). Gamification: game as a medium for learning chemistry to motivate and increase retention of students’ learning outcomes. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 193–207. <https://doi.org/10.3926/jotse.1842>
- Meinardit, E., & Adúriz-Bravo, A. (2002). Debates actuales en la didáctica de las ciencias naturales. *Revista de Educación En Biología*, 5, 41–48.
- Mellado, V., & Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. 3, 331–339.
- Moreno-Martínez, L., & Lykknes, A. (2019). The Periodic System and the Nature of Science: The History of the Periodic System in Spanish and Norwegian Secondary School Textbooks. *Substantia*, 3(2), 61–74. <https://doi.org/10.13128/Substantia-301>
- Parga Lozano, D. L., & Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación Química*, 29(1), 55. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>



- Pazinato, M. S., Bernardi, F. M., Miranda, A. C. G., & Braibante, M. E. F. (2021). Epistemological Profile of Chemical Bonding: Evaluation of Knowledge Construction in High School. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 307–318. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00353>
- Prasanson, P., Thanyaphongphat, J., & Pinthong, C. (2021). ISO-CHEM: Development of an Interactive 3D Game on the Web in Augmented Reality to Enhance Students' Learning of Isomers of Organic Chemistry. *Proceedings of the 29th International Conference on Computers in Education*. Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Rubenstein, D., Patterson, W., Peng, I., Schunk, F., Mendoza-Garcia, A., Lyu, M., & Wang, L. Q. (2020). Introductory Chemistry Laboratory: Quantum Mechanics and Color. *Journal of Chemical Education*, 97(12), 4430–4437. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00908>
- Rüschepöhler, L., & Markic, S. (2020). Secondary school students' acquisition of science capital in the field of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 220–236. <https://doi.org/10.1039/c9rp00127a>
- Stott, A. E. (2023). Epistemological Lessons from Inconsistencies in Teachers' Errors Related to Use of the Mole Ratio in Stoichiometry Calculations: A Cue for Professional Development. *Journal of Chemical Education*, 100(7), 2548–2557. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01252>
- Talanquer, V. (2013). Chemistry education: Ten facets to shape Us. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 832–838. <https://doi.org/10.1021/ed300881v>
- Tejada Tovar, C., Chicangana, C., & Villabona, A. (2012). Enseñanza de la química basada en la formación por etapas de acciones mentales (caso enseñanza del concepto de valencia). *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 143–159.
- Traver, V. J., Leiva, L. A., Martí-Centelles, V., & Rubio-Magnieto, J. (2021). An educational videogame to learn the periodic table: design rationale and lessons learned. *Journal of Chemical Education*, 1–30. <http://www.chemmend.uji.es/game>.
- Ureña, D., & Crespo, P. (2023). Análisis de los videojuegos serios en ciencias naturales en el ámbito de la botánica utilizando realidad aumentada. *Universidad del Azuay*.



- Watson, G. S., Green, D. W., & Watson, J. A. (2021). Introducing Students to the Periodic Table Using a Descriptive Approach of Superheroes, Meats, and Fruits and Nuts. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 669–672. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01143>
- Yli-Panula, E., Laakkonen, E., & Vauras, M. (2021). High-school students' topic-specific epistemic beliefs about climate change: An assessment-related study. *Education Sciences*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/educsci11080440>
- Zowada, C., Frerichs, N., Zuin, V. G., & Eilks, I. (2020). Developing a lesson plan on conventional and green pesticides in chemistry education-a project of participatory action research. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 141–153. <https://doi.org/10.1039/c9rp00128j>
- Zuin, V. G., Eilks, I., Elschami, M., & Kümmerer, K. (2021). Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability. *Green Chemistry*, 23(4), 1594–1608. <https://doi.org/10.1039/d0gc03313h>

