

CAPÍTULO 6.

QUÍMICA ORGÁNICA: EXPERIENCIAS DE DOCENTES EN FORMACIÓN

Jeison Herley Rosero Toro
Ángela María Cerón Patío
Martha Yamile Lugo Rico

RESUMEN

La formación de docentes en ciencias naturales y educación ambiental se enfrenta a grandes retos: por un lado, construir conceptos y experiencias desde la biología, la química y la física, y en educación ambiental; por otro lado, que el conocimiento sea transversalizado y contextualizado desde las vivencias propias del docente en formación. De esta manera, el presente capítulo indagó las percepciones que se tienen frente al aprendizaje de la química orgánica desde la formación de secundaria y universitaria. Para ello, se contó con la participación de docentes en formación del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Dentro

los principales hallazgos está la desconexión entre la experiencia de cada estudiante y la teoría conceptualizada en el aula de clase. Además, al tener una percepción negativa de la química, se requieren diversas herramientas educativas para mejorar los procesos de enseñanza y pasar del aprendizaje memorístico y repetitivo a uno significativo, que integre la experimentación, las ideas previas y los contextos de los estudiantes. Finalmente, se resalta la importancia de continuar generando esfuerzos para transformar los escenarios de clase en espacios de construcción de vivencias, que respondan a los fenómenos químicos que suceden durante el diario vivir de una persona. El docente en formación y en ejercicio debe analizar la experiencia formativa y transformarla en una estrategia para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química.

Palabras clave: educación vivencial, ciencias naturales, enseñanza de la química, educación superior.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de las ciencias naturales supone grandes retos, en especial para la enseñanza de la química, la cual es percibida por los estudiantes como una ciencia difícil, con alto grado de memorización, monótona, aburrida, desconectada del análisis de situaciones cotidianas (López *et al.*, 2010; Nechypurenko *et al.*, 2016; Cevallos Sánchez, 2017). Sumado a lo anterior, Méndez Coca (2015) indica que la metodología tradicional no ha provocado ningún cambio motivacional, y sí ha generado desmotivación. Esto puede que se deba a que los estudiantes tienen un papel pasivo en el aula, hecho que aumenta el tedio en ellos y su desinterés por los contenidos de la materia. Además, se evidencian dificultades en el lenguaje utilizado; por un lado, un vocabulario específico, cuyo significado suele ser difícil para los estudiantes, y por el otro, las representaciones gráficas, simbólicas y el

lenguaje matemático utilizado en las fórmulas químicas llevan a una ruptura en la representación de la realidad no visible ante los ojos de los estudiantes, lo que hace aún más complejo el desarrollo de la asignatura (Galagovsky y Bekerman, 2009; Cañas Urrutia *et al.*, 2014).

Por lo tanto, la enseñanza es un proceso complejo, lo que conduce a interpretaciones más allá de causa y efecto. De esta manera, la educación en química debe proveer a los estudiantes las habilidades requeridas y útiles para enfrentar su vida diaria, ahora y en el futuro, así como contribuir al desarrollo de sus habilidades intelectuales, pero bajo una premisa: considerar su curiosidad y sus intereses (Ramos Mejía, 2020). Se hace hincapié en la importancia de la construcción de conceptos y su puesta en práctica, en los cuales el docente en formación pueda reconocer desde su entorno la aplicabilidad y la importancia de los fenómenos químicos que ocurren. Por lo cual, la enseñanza basada en contexto permite relacionar los conceptos químicos en argumentos para explicar la vida diaria de los estudiantes (Santos Bonilla, 2020).

La enseñanza y el aprendizaje de la química orgánica en el nivel superior no ha sido aún muy explorado (Bodner y Weaver, 2008), ya que caracterizar los procesos de enseñanza universitaria de la química en la formación inicial del profesorado implica revisar, analizar y cuestionar las formas como se están orientado los conceptos. Sin embargo, se ha encontrado que los estudiantes universitarios tienen bajas o regulares bases químicas, y la enseñanza se ha generado desde modelos inadecuados con actividades que no ofrecen la oportunidad de reconocer y valorar la importancia del contexto (Jiménez Narváez y Angulo Delgado, 2008; Gutiérrez, 2010). Así, se ha evidenciado una matriz tradicionalista en la enseñanza de los contenidos de química, que suele ser un modelo para replicar por parte del profesorado en la enseñanza media una vez finalizada la formación (Siso-Pavón, 2018). A su vez, las propuestas didácticas se han orientado a resolver problemas

a nivel teórico, y se han evidenciado los bajos casos de docentes que realizan una enseñanza de la química que integre los presupuestos teóricos y experimentales para ayudar a una mejor comprensión de la ciencia (Muñoz Albarracín, 2010).

De acuerdo con lo anterior, la enseñanza de la química está atravesando por diversos cambios con los cuales se busca una mayor interacción entre los profesores, los estudiantes y el conocimiento (Cabrera Castillo, 2015). De esta manera, se deben llevar a cabo alternativas para incentivar a los docentes a abandonar los aprendizajes imitativos, y que pasen a ser docentes autogestores de los conocimientos (Acuña y Sosa, 2017), con inclusión de herramientas que permitan un acercamiento más adecuado al desarrollo de habilidades y competencias educativas específicas en la enseñanza de las ciencias experimentales (Ruiz Cerrillo, 2020).

Por lo tanto, la enseñanza de las ciencias naturales, en especial de la química, se debe concebir como un proceso de aprendizaje significativo, en el cual se tengan en cuenta las ideas previas de los estudiantes (Bello Garcés, 2004), y que a partir de la discusión de los conceptos se puedan generar relaciones organizadas y sistematizadas del significado del concepto; con ello se amplía la noción científica de los fenómenos estudiados, así como su importancia para el estudiantado (Bruner, 2001; López *et al.*, 2010).

Finalmente, desde la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, se busca orientar la adquisición y la construcción del conocimiento a partir de un aprendizaje teórico-práctico, y así fortalecer competencias y habilidades que son fundamentales en el desarrollo del aprendizaje. De esta manera, el presente capítulo busca reconocer las percepciones que tienen los estudiantes sobre química orgánica, su importancia y la forma como esta se desarrolló previamente y cómo esperan desarrollarla desde su formación superior.

MÉTODO

Para la presente investigación, se trabajó con 37 estudiantes, de los cuales 17 son mujeres y 10 son hombres. Los estudiantes que participaron se encontraban cursando la asignatura de Química Orgánica de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, sede Neiva, Huila.

En esta investigación de tipo cualitativo, se aplicaron cuestionarios en el inicio y el final del curso. Para ello, se desarrollaron un grupo focal y experiencias prácticas, con lo cual se buscó conocer las percepciones que tienen los estudiantes sobre la importancia de la química orgánica. También se indagó la manera como se abordó la química en la educación secundaria y cómo esperan abordar la química orgánica desde su ejercicio docente. Se resalta la participación de los estudiantes, ya que se contó con espacios para la revisión de conceptos y discusión, y para la reflexión de estos a partir de las necesidades propias del estudiantado. La parte práctica fue a través de experiencias caseras y del uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para profundizar en las temáticas propias del estudio.

La información fue transcrita y organizada en el programa Past, y así establecer las categorías que puedan surgir desde los procesos metodológicos. Además, para la generación de datos porcentuales se organizó en Excel la información a partir de la transformación de los datos a un sistema binario.

Por último, se resalta que el programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (LCNA) tiene como misión formar estudiantes con competencias propositivas, argumentativas y analíticas, así como de indagación y exploración del entorno y sus dinámicas. Por ello, al finalizar la asignatura se hizo una socialización de los resultados respecto a cómo perciben la asignatura, las principales problemáticas evidenciadas y los aprendizajes generados durante el proceso de investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del cuestionario inicial, de los 37 estudiantes que participaron en el programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (LCNA), solo uno indicó que desconocía la importancia de estudiar la química orgánica y cómo esta permitía explicar los sucesos de la vida cotidiana. El resto de los estudiantes manifestaron que la importancia de la química orgánica tiene que ver con el hecho de que “todo en la naturaleza está compuesto por elementos químicos; entonces, si conocemos algo de química orgánica sabemos que puede afectar a nuestro organismo”, y con ello también podemos “entender fenómenos que suceden a diario”; estas fueron las afirmaciones más frecuentes por parte de los estudiantes. Además de esto, mencionaron que “la importancia de la química orgánica se debe a que a partir de los compuestos de carbono se puede sintetizar y realizar medicamentos”, y que en la “fabricación de los artículos de uso doméstico, como por ejemplo elementos para la limpieza como jabones y detergentes, e incluso para la elaboración de cremas”.

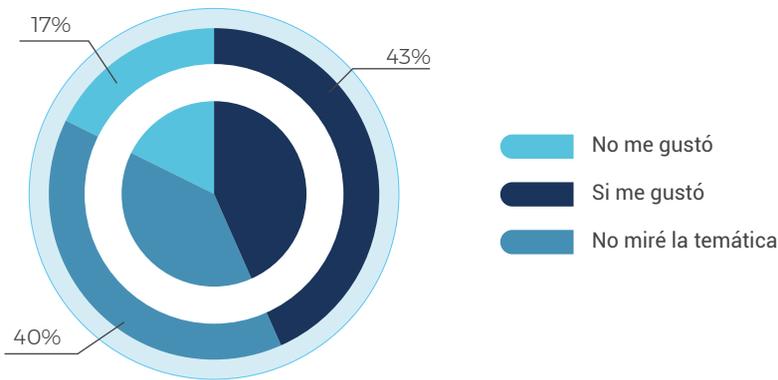
Lo anterior coincide con el estudio de Lorduy y Naranjo (2020), en el cual se emplean unos niveles representacionales y se clasifica cada uno según sus nociones. Para este caso, se trabajó desde el nivel macro, dado que suscitan las formas de percibir y observar los fenómenos. De esta manera, se evidencia de qué manera desde la educación química contextualizada se promueve aprendizajes profundos en los estudiantes, mediante la comprensión objetiva y la crítica de los fenómenos naturales (Meroni *et al.*, 2015). Sin embargo, para los estudiantes participantes se manifiesta la importancia de llevar esas posturas a la práctica. Se resaltó, además, que pese a conocer la importancia de la química orgánica en sus vidas no tienen claro cómo se lleva a cabo y cómo se puede corroborar desde el ejercicio docente.

En contraste, con el grupo focal se evidenciaron las dificultades y la complejidad que tienen los estudiantes para explicar la química orgánica. Se observó temor al definirla e, incluso, que no es fácil percibir la relación que existe de la química con la realidad. Lo anterior lo han expuesto autores como Rodríguez Chacón (2010) y Ruedas-Marrero (2015), para los cuales el estudiantado se ha visto confinado en el aula y en la repetición de extensos contenidos teóricos, lo que dificulta el aprendizaje significativo de la química. Asimismo, precisar la importancia de algo que no se conoce limita al docente en formación, y lleva a memorizar y repetir conceptos sin conocer la importancia real, lo cual fue manifestado por los participantes. Se describe la relevancia de la química a partir de lo contado por el/la docente, más no por la construcción práctica-vivencial del concepto. Esta situación lleva a replantear las innovaciones educativas, priorizando el uso de nuevas estrategias que sean llamativas y motiven al estudiante a cuestionar y construir un conocimiento significativo (Rosero-Toro *et al.*, 2019); este es uno de los retos que deben afrontar los docentes en la actualidad, debido a la importancia que tiene la asignatura para entender los fenómenos que ocurren en el entorno del estudiantado.

También se encontró que el 49% de los estudiantes no recuerda haber visto contenidos asociados a la química orgánica; el 32% manifiesta haber visto de manera general la estructura de algunos compuestos, nomenclatura y grupos funcionales, y el 19% de los afirma haber visto exclusivamente generalidades de compuestos químicos sin una mayor profundización. Adicionalmente, durante la formación secundaria el 43% de los estudiantes indicó que no les gustó el desarrollo de los contenidos propios de la química orgánica (figura 6-1), ya que para muchos de ellos fueron aprendizajes memorísticos y no realizaron ningún experimento o práctica. Esto concuerda con lo expuesto por Rodríguez Chacón (2010), pues el 47,7% de los estudiantes manifestó estar poco motivado para estudiar la asignatura. Sin embargo, el 40% mencionó que le gustó la temática y considera

que es importante para su formación, aunque reconoce que la metodología no fue la más adecuada, dado que se incentivaba a repetir la información. Finalmente, el 17% manifestó no haber visto ningún contenido relacionado con la temática de química orgánica (figura 6-1).

Figura 6-1. Percepción que tienen los docentes en formación sobre enseñanza de la química orgánica a nivel de secundaria



Fuente: elaboración propia.

En consenso, los estudiantes indicaron que durante su formación no tuvieron un acompañamiento desde la experiencia, del juego o del uso de herramientas didácticas; por el contrario, se hizo desde el ejercicio de un tablero y la repetición (figura 6-2). Respecto a la experiencia, es necesario decir que tanto para docentes en ejercicio como para aquellos en formación, esta tiene un gran valor en el momento de pensarla como un factor determinante en la constitución de conocimiento pedagógico (Loaiza-Zuluaga *et al.*, 2020).

Figura 6-2. Dificultades mencionadas por los estudiantes para el aprendizaje de la química orgánica



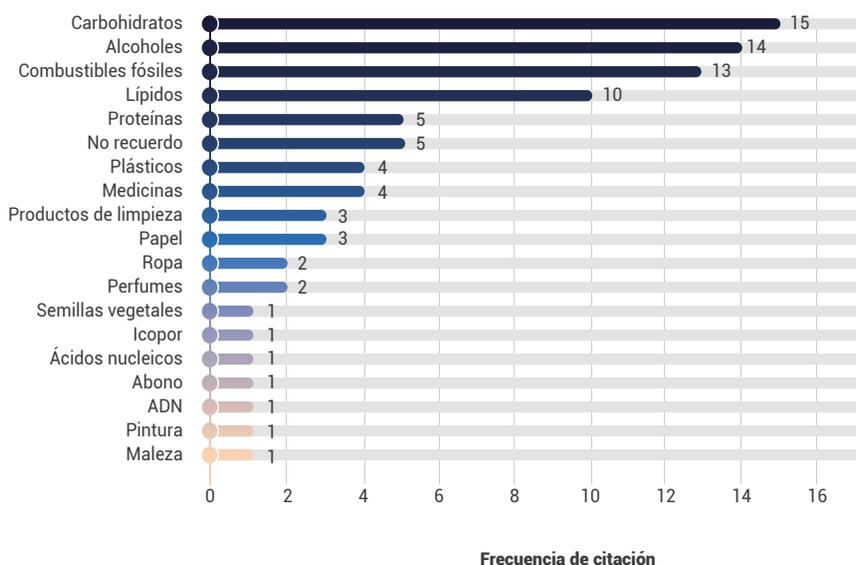
Fuente: elaboración propia.

Además de lo anterior, el lenguaje con el que se explicó la química orgánica fue confuso para los estudiantes (figura 6-2), y al no tener una relación con el entorno se generaba una saturación de información. Esto se convierte en una apuesta para las instituciones formadoras, en las cuales para el futuro docente aprehender la realidad representa una oportunidad otorgada por la experiencia didáctica, que permite desenvolverse en una situación real a partir de un conjunto de elementos interrelacionados entre sí (Ruedas-Marrero, 2015). A su vez, al transformar la manera de promover el aprendizaje desde herramientas innovadoras, este deja de ser mecánico e impuesto por el profesor, dado que es posible presentar materiales adaptados a los estilos de aprendizaje (visual, auditivo, kinético, lector-escritor) (Quintero Corzo *et al.*, 2009).

En el momento de indagar sobre ejemplos de compuestos orgánicos que se puedan encontrar en el entorno (figura 6-3), 15 estudiantes relacionaron los carbohidratos como el azúcar y solo uno mencionó la papa; luego se hizo alusión a los alcoholes (14 citaciones), como etanol, metanol y alcohol. Dentro de los combustibles

fósiles se reportó el petróleo y algunos derivados como metano y propano; mientras que el ADN, los ácidos nucleicos, las semillas vegetales y la maleza tuvieron una sola mención.

Figura 6-3. Ejemplos de compuestos orgánicos citados por los estudiantes de química orgánica de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (LCNA)



Fuente: elaboración propia.

Relacionar productos de consumo que están disponibles fácilmente y que hacen parte del diario vivir con ejemplos propios de compuestos químicos orgánicos no fue un ejercicio sencillo para los estudiantes. Por lo general se ha enseñado desde la repetición de ejercicios, la memorización de normas o el aprendizaje de estructuras alejadas de la realidad, y es ahí donde los docentes en formación deben generar una conexión entre la teoría con el entorno, pues esta es relevante para un aprendizaje significativo. Otro de los casos que se evidenciaron es que en los

procesos de aprendizaje no se vincula la estructura molecular de un compuesto con ejemplos cotidianos, ni la manera como varía la estructura entre compuestos; incluso, cómo el olor característico de algo es la respuesta a una estructura orgánica, por ejemplo, olor a mortecina, explicado por putrescina (1,4-butanodiamina) o a putrefacción con cadaverina (1,5-pentanodiamina).

A partir de lo anterior, los estudiantes lograron representar la estructura en 3D de putrescina y cadaverina en la plataforma Biomodel (<http://biomodel.uah.es/en/DIY/JSME/draw.es.htm>), y conectar esto a una experiencia vivida. De esta forma, se parte de un saber previo y se lleva a la formación de unos conceptos a partir de este (cambio conceptual).

En este ejercicio, también se cuestionó cómo se podría llegar a diferenciar una naranja de un limón, si desde la morfología de la flor y el fruto son similares, ya que son especies del mismo género (*Citrus* spp.), pero el sabor de ambos frutos es distinto. Entonces, ¿cómo químicamente se puede explicar esta diferencia? De ahí surge la importancia de la educación en química para darles a los estudiantes habilidades útiles para enfrentar su vida diaria, ahora y en el futuro, y para que, además, lo hagan desde la curiosidad y sus intereses (Ramos Mejía, 2020). Generar estos espacios de debate y de generación de nuevos interrogantes promovió el interés por el curso; comenzar con una situación como la presentada en el ejemplo permite reconocer lo que se tiene en el hogar y que químicamente desconocemos. Con lo anterior, los estudiantes en formación empezaron a revisar qué otros elementos que se encuentran en sus hogares puede aplicar desde la química orgánica.

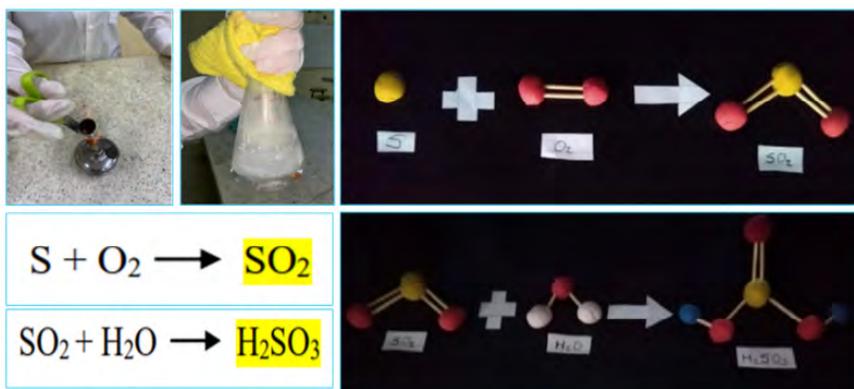
Otra de las contribuciones que se hizo fue transformar la manera de representar las moléculas. Los estudiantes participantes manifestaron en su totalidad que las moléculas siempre fueron realizadas en un tablero, de una manera plana; incluso,

Desde el trabajo práctico – vivencial, los docentes en formación desarrollaron laboratorios y en uno de estos se incluyó una reacción que no correspondía a un compuesto orgánico; la finalidad estaba en que los estudiantes participantes lograran identificar y justificar el porqué de la reacción y si se debía reconocer desde la química orgánica (figura 6-5). Se evidenció que, aunque se logró generar la reacción y se justificó desde la literatura lo evidenciado, más del 75 % de los estudiantes no se percató de que la reacción no correspondía a un compuesto orgánico.

Lo anterior se explicó durante la socialización de la experiencia, y los docentes en formación expusieron que muchas veces se confiaban en lo que está escrito en la guía de laboratorio; se seguía un procedimiento previamente indicado y se concluía lo expuesto en la práctica. De esta manera, las guías de laboratorio, si bien son un instrumento indispensable para abordar las prácticas, deben ser ajustadas para que los estudiantes cuestionen lo que se describe en la guía; de lo contrario, la experiencia terminará en un paso a paso, y esto debilitará la discusión durante la práctica.

Por último, los estudiantes explicaron que en el momento de la escritura del informe identificaron que la reacción generada no correspondía a un compuesto orgánico, pero al estar en la guía de laboratorio simplemente lo dejaban sin generar una discusión al respecto, no cuestionaban lo que indicaba el docente. En el diálogo de la experiencia se llegó a la conclusión de que es importante continuar incentivando este tipo de ejercicios en las experiencias, incluso poder generar prácticas de laboratorio sin necesidad de tener una guía. Se propone llevar materiales y equipos, y que cada estudiante construya una guía con base en lo que se le entrega, para que así ponga en práctica los conceptos abordados durante las tutorías.

Figura 6-5. Ejercicio práctico desarrollado por los docentes en formación en ciencias naturales y educación ambiental



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Gracias a esta investigación se puede concluir la importancia de continuar con los cambios en las metodologías que se aplican para el desarrollo de la asignatura de Química, no solo a nivel secundaria, sino también a nivel superior. Los estudiantes llegan al curso con una percepción negativa, con desconocimiento de la importancia que tiene estudiar la química orgánica y además no evidencian una relación entre lo que sucede en su entorno y cómo ese fenómeno puede estar explicado por la química orgánica.

De esta manera, la formación de docentes en ciencias naturales en la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO se basa en la calidad, el liderazgo y el trabajo social. Por lo tanto, el presente estudio se articula con los retos que tiene la institución, y se fundamenta en generar procesos en los cuales el docente en formación pueda tener insumos base para su ejercicio docente.

Se evidenció la importancia de las experiencias pedagógicas a través de laboratorios, experiencias caseras y ejercicios que partan de un contexto; en este contexto, la construcción teórica tendrá una validez ante la experiencia del docente. Asimismo, la experiencia será el eje fundamental para un aprendizaje significativo. Cuando no hay una transversalidad de la teoría con la práctica, el proceso de aprendizaje no es relevante para el estudiante y se dará una construcción memorística y repetitiva, lo cual es cuestionado desde la formación de docentes de ciencias naturales.

REFERENCIAS

- Acuña, M. G. y Sosa, N. M. (2017). Experimentando prácticas de enseñanza. El ABP, sus implicancias para el desempeño del rol del tutor. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (27), 63-68.
- Bello Garcés, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210-217. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Bodner, G. y Weaver, G. (2008). Research and practice in chemical education in advanced courses. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(2), 81-83. <https://doi.org/10.1039/B806596A>
- Brovelli Sepúlveda, F., Cañas Urrutia, F. y Bobadilla Gómez, C. (2018). Herramientas digitales para la enseñanza y aprendizaje de Química en escolares chilenos. *Educación química*, 29(3), 99-107. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.3.63734>
- Bruner, J. (2001). *El proceso mental en el aprendizaje*. Narcea.

- Cabrera Castillo, H. G. (2015). Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 565-580. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.13
- Cañas Urrutia, F. J., Cárcamo Díaz, C. M. y Lazo Santibáñez, L. D. C. (2014). Mapas conceptuales como herramienta pedagógica en la enseñanza de la química orgánica. *Química Nova*, 37(2), 355-360.
- Cevallos Sánchez, H. (2017). *Impacto de la aplicación del método científico con soporte informático en el aprendizaje de la química de los estudiantes del quinto semestre, Escuela de Química y Biología Universidad Técnica de Manabí-Ecuador, 2015* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Galagovsky, L. y Bekerman, D. (2009). La química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952-975.
- Gutiérrez, C. (2010). *Estudio comparativo sobre estilos de enseñanza de química general en la universidad del valle y su incidencia en el rendimiento académico de los estudiantes de la licenciatura en educación básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental* [Tesis de maestría, Universidad del Valle].
- Jiménez Narváez, M. M. y Angulo Delgado, F. (2008). Breve estado del arte sobre los/as profesores/as principiantes. *Revista Educación y Pedagogía*, XX(50), 207-218.
- Loaiza-Zuluaga, Y. E., Taborda-Chaurra, J. y Ruiz-Ortega, F. J. (2020). La pedagogía: Una mirada de estudiantes y profesores de programas de Licenciatura. *Revista Colombiana de Educación*, (79), 13-38. <https://doi.org/10.17227/rce.num79-8084>

- López, W., Escalona, J., Guillén, Y., Lema, Y. y Ponce, M. (2010). Nociones de reacción química en educación inicial mediante actividad experimental. *Revista Actualidad & Divulgación Científica*, 13(1), 157-162. <https://doi.org/10.31910/rudca.v13.n1.2010.721>
- Lorduy, D. J. y Naranjo, C. P. (2020). Percepciones de maestros y estudiantes sobre el uso del triplete químico en los procesos de enseñanza-aprendizaje. *Revista Científica*, 39(3), 324-340. <https://doi.org/10.14483/23448350.16427>
- Méndez Coca, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XXI*, 18(2), 215-235. <https://doi.org/10.5944/educxx1.14602>
- Meroni, G., Copello, M. I. y Paredes, J. (2015). Enseñar Química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educacion Quimica*, 26(4), 275-280. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.07.002>
- Molina, M. F. (2018). Uso de kits experimentales para mejorar las actitudes y bajar la repitencia en Química General. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(24), 89-95. <https://doi.org/10.31908/19098367.3817>
- Muñoz Albarracín, L. M. (2010). La formación inicial de profesores de química: experiencias de laboratorio para su enseñanza. *Góndola*, 5(2), 34-42.
- Nechypurenko, P., Semerikov, S., Selivanova, T. y Shenaya, T. (2016). Information and communication tools for pupil's research competence formation at chemistry profile learning. *Information Technologies and Learning Tools*, 56(6), 10-29. <https://doi.org/10.33407/itlt.v56i6.1522>
- Quintero Corzo, J., Munévar Quintero, F. I. y Álvarez Márquez, D. Y. (2009). Ambientes naturales y ambientes virtuales de aprendizaje. *Revista Colombiana de Educación*, (56), 12-37. <https://doi.org/10.17227/01203916.7579>

- Ramos Mejía, A. (2020). Enseñar química en un mundo complejo. *Educación Química*, 31(2), 91-101. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.2.70401>
- Rodríguez Chacón, J. (2010). Relación existente entre logro académico en química de los estudiantes de décimo y algunas características de los profesores. *Revista Educación*, 20(2), 91-99. <https://doi.org/10.15517/revedu.v20i2.7991>
- Rosero-Toro, J. H., Villarreal, L. K., Salgado, K. D. y Escobar, J. E. (2019). Uso del microscopio artesanal para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. *Bio-grafía: escritos sobre la biología y su enseñanza*, (número extra), 1830-1837.
- Ruedas-Marrero, M. J. (2015). Estrategia didáctica participativa e interactiva: Recurso para aprehender la trama real. *Revista Educación*, 39(1), 159-179. <https://doi.org/10.15517/revedu.v39i1.17863>
- Ruiz Cerrillo, S. (2020). Realidad aumentada y aprendizaje en la química orgánica. *Apertura*, 12(1), 106-117. <https://doi.org/10.32870/Ap.v12n1.1853>
- Santos Bonilla, M. A. (2020). *La enseñanza de la química basada en contexto como elemento motivador en el laboratorio de química general I: un estudio de caso a Nivel Universitario* [Tesis de doctorado, Universidad de Puerto Rico].
- Siso-Pavón, Z. (2018). La investigación en la enseñanza universitaria de química: un caso en la formación inicial docente. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(2), 256-275. <https://doi.org/10.19083/ridu.2018.609>