



**ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA EL USO DE LOS LABORATORIOS
VIRTUALES DE QUÍMICA EN LA EDUCACIÓN MEDIA EN COLOMBIA. UN
ESTADO DE LA CUESTIÓN**

Yessica Paola Rojas Patiño

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Educación

Directora

Isabel Cristina Ángel Uribe

Doctora en Educación

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Educación y Pedagogía

Maestría en Educación

Medellín, Antioquia

2024

El contenido de este documento no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad.

Dedicatoria

A Dios, ¡muchas gracias!

Agradecimientos

A Dios, por su amor y fidelidad, por ser motivación y fortaleza en todo este proceso de crecimiento profesional y personal.

A mi familia, a mi papá Elibardo Rojas, quién me dio la oportunidad, apoyo incondicional y me motivó constantemente. A mi hermana Erika Rojas, por su compañía, escucha, y apoyo continuo. Y, a mis perritos Ian y Rocky, y gatitos Mia y Cleo, que estuvieron en las noches y madrugadas dándome el apoyo emocional para seguir adelante a pesar de las adversidades.

A la Doctora Isabel Cristina Ángel Uribe, por su gran apoyo en todo este proceso, por su dedicación, dirección, ayuda y comprensión, y por hacer de este proyecto algo más ameno e interesante.

Y, a mi ángel, mi mamá María de los Ángeles Patiño, que, desde el cielo me inspiró y motivó; es quién me guía y ayuda en las diferentes fases de mi vida.

¡Muchas gracias!

Tabla de Contenido

Introducción	11
Planteamiento del problema	12
Objetivos	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
Contexto	16
Justificación	18
Antecedentes Investigativos del Problema.....	21
Asuntos conceptuales y temáticos	21
Aproximaciones metodológicas de los estudios	23
Laboratorios virtuales como alternativa para el aprendizaje	23
Marco Conceptual.....	27
Estrategias didácticas en Ciencias Naturales Química	27
Enseñanza por transmisión-recepción.....	28
Enseñanza por descubrimiento	29
Enseñanza por cambio conceptual	29
Enseñanza por investigación.....	30
Lineamientos y estándares	31
Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (Química)	31
Derechos Básicos de Aprendizaje.....	33
Lineamientos curriculares de Ciencias Naturales Química	33
Laboratorios virtuales de química.....	34
Entornos virtuales	35
Simuladores.....	36

Realidad virtual	36
Realidad aumentada	37
Retos del uso de las tecnologías en la enseñanza de la química	37
Metodología	41
Población y muestra	42
Categorías	43
<i>Estrategias didácticas implementadas en los laboratorios virtuales de química</i>	43
<i>Herramientas tecnológicas</i>	43
<i>Simuladores virtuales de química</i>	44
<i>Retos en la implementación de laboratorio virtuales de química</i>	44
Instrumento y técnica de investigación.....	45
Técnica de análisis	46
Resultados	48
Estrategias didácticas empleadas en la implementación de laboratorios virtuales de química	48
Las tecnologías utilizadas en la implementación de laboratorios virtuales de química	52
Los retos que resultan de la implementación de laboratorios virtuales de química en el área	61
Conclusiones	66
Recomendaciones	69
Referencias.....	71

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Matriz documental del proyecto</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 2. Estrategias didácticas empleadas</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 3. Tecnologías mencionadas en los estudios revisados.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 4. Aplicativos mencionados en los estudios.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 5. Frecuencia de mención de los simuladores en los estudios</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 6. Simuladores LVQ.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 7. Retos para la implementación de LVQ mencionados en los estudios</i>	<i>62</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i>	<i>Frecuencia de la mención de las estrategias didácticas en los estudios.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 2.</i>	<i>Frecuencia de mención de los dispositivos en los estudios.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 3.</i>	<i>Dispositivos según su tipo.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 4.</i>	<i>Frecuencia de tipo de aplicativos mencionados en los estudios.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 5.</i>	<i>Tipo de tecnología.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 6.</i>	<i>Accesibilidad a la tecnología implementada en LVQ.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 7.</i>	<i>Frecuencia de mención de los Simuladores LVQ en los estudios.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 8.</i>	<i>Frecuencia de los tipos de Retos mencionados en los estudios.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 9.</i>	<i>Retos en la implementación de LVQ.....</i>	<i>65</i>

Resumen

La química, como ciencia experimental, requiere del componente práctico para la comprensión de la teoría; sin embargo, instituciones educativas en zonas vulnerables, carecen de la infraestructura necesaria, lo que ha llevado a investigar alternativas como los laboratorios virtuales de química (LVQ). Estudios previos (20 como referencia), evidencian que las TIC y los LVQ no solo facilitan el acceso, sino que, también mejoran la comprensión, motivan a los estudiantes, reducen la ansiedad, aumentan su rendimiento y la retención de información. Adicionalmente, la comprensión de conceptos claves como estrategias didácticas en Ciencias Naturales, Química, lineamientos y estándares, LVQ y retos del uso de tecnologías en la enseñanza de la Química, son necesarios para el desarrollo este proyecto.

Por ello, este trabajo tiene como objetivo, realizar un estado de la cuestión sobre el uso de los LVQ, basado en una revisión de la literatura científica sobre las estrategias didácticas empleadas, las tecnologías utilizadas y los retos que enfrenta la implementación de estos laboratorios en el ámbito educativo, los cuales se evidencian en el análisis de las fuentes consultadas. Para ello, se ha seleccionado una muestra de 50 fuentes, mediante una técnica de observación sistemática no participante por categorías. El análisis de contenido, con un enfoque descriptivo y basado en la categorización temática, se emplea como técnica principal para estudiar la información recopilada. A través de este análisis, se espera proporcionar una visión comprensiva de las prácticas actuales, y los desafíos asociados con el uso de LVQ, ofreciendo así una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en esta área.

Los resultados indican que las estrategias más utilizadas son: el aprendizaje basado en tecnología (32%), el aprendizaje basado en juegos (25%), y el aprendizaje activo (21%). Las tecnologías más mencionadas son los computadores (62%) y teléfonos inteligentes (14%). Además, la implementación de LVQ, presenta retos técnicos y pedagógicos, como la falta de infraestructura tecnológica y la necesidad de capacitación docente en TIC (18,2% de los estudios c/u). Estos hallazgos, subrayan la importancia de los educadores, la infraestructura y los requisitos técnicos para el éxito de estos ambientes virtuales.

Palabras clave: Estrategias didácticas, laboratorios virtuales de química, retos, uso de TIC en química.

Abstract

Chemistry, as an experimental science, requires a practical component for understanding the theory. However, educational institutions in vulnerable areas lack the necessary infrastructure, leading to the exploration of alternatives such as virtual chemistry laboratories (VCL). Previous studies (20 as references) show that ICT and VCL not only facilitate access but also improve comprehension, motivate students, reduce anxiety, and increase their performance and information retention. Additionally, understanding key concepts such as didactic strategies in natural sciences Chemistry, guidelines, and standards, VCL, and the challenges of using technologies in Chemistry teaching is essential for the development of this project.

This work aims to provide a state of the art on the use of VCL, based on a review of scientific literature on the didactic strategies employed, the technologies used, and the challenges faced in implementing these laboratories in the educational field as evidenced in the analysis of the consulted sources. For this purpose, a sample of 50 sources was selected using a systematic non-participant observation technique by categories. Content analysis, with a descriptive approach and based on thematic categorization, is used as the main technique to study the collected information. Through this analysis, it is expected to provide a comprehensive view of current practices and challenges associated with the use of VCL, thus offering a solid foundation for future research and developments in this area.

The results indicate that the most used strategies are technology-based learning (32%), game-based learning (25%), and active learning (21%). The most mentioned technologies are computers (62%) and smartphones (14%). Furthermore, the implementation of VCL presents technical and pedagogical challenges, such as the lack of technological infrastructure and the need for teacher training in ICT (18.2% of the studies each). These findings underline the importance of educators, infrastructure, and technical requirements for the success of these virtual environments.

Keywords: Didactic strategies, virtual chemistry laboratories, challenges, use of ICT in chemistry.

Introducción

En la era digital, la educación se enfrenta a la necesidad constante de integrar nuevas tecnologías para mejorar los métodos de enseñanza y aprendizaje, por tanto, uno de los avances más significativos en este contexto es el uso de laboratorios virtuales de química (LVQ), dentro del área de las ciencias naturales. Estos laboratorios ofrecen una plataforma innovadora, que permite a los estudiantes aprender y experimentar de manera interactiva, superando las limitaciones de los laboratorios tradicionales y presenciales, o, la ausencia de estos en los entornos escolares.

En respuesta a estos desafíos, se realizan esfuerzos significativos para mejorar la conectividad en las escuelas, así como, los proyectos de fortalecimiento de capacidades en la estructuración de proyectos y la implementación de zonas digitales de acceso público gratuito en Colombia (MEN, 2022a). Sin embargo, que los colegios presenten condiciones deficientes de infraestructura, afecta a una población estudiantil significativa, incluyendo a aquellos en situación de vulnerabilidad (OECD, 2019).

Por otro lado, los gobiernos, debido a la pandemia y el creciente interés de hacer frente a la educación de calidad, mediada por TIC ((UNESCO, 2022b), ha enfocado esfuerzos en la conectividad a internet en las escuelas y en los hogares (MEN, 2022b), lo cual, es un factor crucial para la implementación exitosa de laboratorios virtuales. Lo anterior, tiene en cuenta que en áreas urbanas es mayor el acceso a internet y la tenencia de dispositivos adecuados para el aprendizaje virtual, pero, en las zonas vulnerables, la situación es mucho más precaria (MEN, 2022b; 2022c). Esto, subraya la importancia de no solo proyectos que buscan mejorar tanto la infraestructura tecnológica como la accesibilidad en todas las áreas del país, sino, en estudios de alternativas para el aprendizaje de la Química en ambientes virtuales y su componente experimental.

Este contexto evidencia la necesidad de un análisis detallado sobre la implementación y los retos de los laboratorios virtuales en la educación de la Química; por lo cual, el proyecto se enfoca en los LVQ como alternativa para las instituciones con carencias en infraestructura de laboratorios físicos, pero, con buenas condiciones de conectividad y acceso a dispositivos móviles o computadoras, que hagan posible su implementación.

Planteamiento del problema

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) son herramientas que ofrecen diferentes ventajas. Una de ellas es, la posibilidad de interacción entre personas en diferentes espacios, dando un mayor acceso en ámbitos como la ciencia, comercio, y educación, entre otros (Cedeño & Zambrano, 2023). Debido a los beneficios que brindan (Cedeño & Zambrano, 2023; Cobo, 2009), estas tecnologías son objeto de interés, a causa de su gran potencial.

La tecnología, impacta gran parte de la vida diaria de las personas, y, de igual manera, se observa que la tecnología y la educación se articulan para generar avances importantes (Bernate & Fonseca, 2022) en la docencia, investigación y gestión, los modelos de comunicación y enseñanza, por lo que, “la digitalización ha dado lugar a nuevas realidades y propuestas, como las redes sociales, los videojuegos o las aplicaciones de realidad aumentada” (De Pablos, 2018, p. 83).

El uso de las TIC en la educación se convierte en una herramienta clave para mejorar la calidad educativa, y preparar a los estudiantes en las capacidades necesarias de los diferentes niveles académicos, para enfrentar los retos emergentes en la sociedad. Según Aguilar et al., (2022), Paladines (2023) y Soriano & Jiménez (2023), los docentes de diferentes países de Latinoamérica consideran que el uso de las TIC mejora el aprendizaje y la motivación en los estudiantes.

Por otra parte, en el ámbito internacional, Ali et al., (2022), Eljack et al., (2020) y Xiaopan & Zhiyi (2020) encuentran que, las TIC en el área de la Química (como es el caso de los laboratorios virtuales), generan que los estudiantes mejoren su desempeño académico, y, también presenten un aumento en su interés y motivación educativa. Sin embargo, los docentes de los estudios también señalaron el déficit de recursos y la falta de infraestructura como los principales desafíos a los que se enfrentan, para la implementación efectiva y adecuada de las TIC en la educación, así mismo, la disposición de los estudiantes y docentes al uso de la tecnología como herramienta o recurso para el aprendizaje (Arias, 2022; Kolil & Achuthan, 2023; Manyilizu, 2023).

En el caso de Colombia, se tiene claro que, las TIC, son herramientas potenciales para acelerar el desarrollo social, económico y la sostenibilidad ambiental del país (OAS, 2017); por

lo que, se apunta al diseño e implementación de políticas públicas que promueven el uso de las TIC, que maximicen el impacto económico y social de la tecnología, para alcanzar las metas de la Agenda 2030 en Desarrollo Sostenible (ONU, 2019), como foco de priorización en instituciones educativas, debido a que, las TIC impactan la educación mediante prácticas innovadoras, y, contribuyen al acceso a la educación, la igualdad en la instrucción, el ejercicio de la enseñanza y el aprendizaje de calidad, y el desarrollo profesional de los docentes, así como, a la gestión, dirección y administración más eficientes del sistema educativo (UNESCO, 2022b), ayudando a responder a las necesidades de las zonas desfavorecidas del país (OAS, 2017).

Debido a lo anterior, y con el fin de atender la necesidad de espacios que permitan aplicar los conocimientos adquiridos en asignaturas que requieran del componente experimental para la comprensión de los conceptos vistos (como es el caso del área de Química (Díaz, 2018)), se utilizan alternativas que buscan obtener buenos resultados académicos, y la solución a los requerimientos de las zonas vulnerables que no tienen los espacios con materiales adecuados, o que no tienen la infraestructura necesaria para este componente tan importante en la Química (Amiati & Ikhsan, 2019; Francia, 2023; Vilorio & Díaz, 2022). Asimismo, algunas investigaciones, surgen por la necesidad de alternativas a los espacios físicos, por la emergencia sanitaria en pandemia, en la cual las instituciones educativas tuvieron que enfrentar retos de conectividad virtual, dando como resultado la concientización en la importancia de tener espacios virtuales y una infraestructura de laboratorio físico (Ortega et al, 2022; Santa & Vargas, 2023).

Adicionalmente, para hacer frente a las condiciones académicas de Colombia, en cuanto a las pruebas nacionales e internacionales, se prioriza la calidad educativa en el país en el plan de desarrollo de Colombia (MEN, 2021b); esto, debido al bajo rendimiento en pruebas de índole internacional, tales como, las pruebas PISA. En éstas, en el año 2018, un informe publicado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Colombia quedó en el penúltimo puesto entre los países participantes de la prueba, presentando una reducción de su desempeño con respecto a 2015, y una diferencia entre 80 y 100 puntos con respecto al promedio de la OCDE (OECD, 2019), para lo cual, la OECD indica que, el panorama de los estudiantes colombianos refiere a una población con deficiencias en las tres áreas evaluadas (Lectura, Matemáticas y Ciencias), debido a que, de manera general, el rendimiento del país es menor que

la media de la OCDE, con un puntaje de 412 puntos en lectura, 391 en matemáticas y 413 en ciencias (OECD, 2019). Además, es importante resaltar que, estos resultados fueron menores a los obtenidos en 2015, año donde, para el área de ciencias, se obtuvieron 416 puntos (ICFES, 2016).

En cuanto al nivel educativo, en Colombia, cerca del 50% de los estudiantes alcanzaron el nivel 2 (conocimiento básico) de competencia en Lectura y Ciencias, 35% alcanzaron el mismo nivel de competencia en Matemáticas, y casi el 40% tuvieron un bajo nivel de logro en las tres materias. Solo un porcentaje insignificante de los estudiantes se ubicó entre los de mejor rendimiento en ciencias. (OECD, 2019).

Para la OCDE, la condición socioeconómica fue un factor fuerte para predecir el rendimiento en Matemáticas y Ciencias en todos los países participantes en prueba PISA, , ésta afecta al rendimiento obtenido entre los estudiantes participantes, donde se observó que, aquellos con ventaja socioeconómica superaron a los estudiantes desfavorecidos en este mismo rango (OECD, 2019). En este sentido, la infraestructura de Colombia ha sido uno de los impedimentos de la calidad para la educación en diferentes instituciones, entre ellos, está el déficit de laboratorios y aulas equipadas adecuadamente (MEN, 2015a; 2017), especialmente en zonas vulnerables, marginadas y olvidadas. Según el Censo de Infraestructura Educativa Regional del 2015, Colombia cuenta con un déficit de 51.134 aulas sobre la infraestructura existente para ese periodo, por lo cual, se idearon proyectos de inversión, con el fin de atender algunas zonas priorizadas (MEN, 2015a; MEN, 2022b). Sin embargo, a pesar de que se establecieron 543 proyectos en el territorio nacional (MEN, 2021b), estos proyectos van enfocados a ambientes priorizados (área de aulas, área de sanitarios, y circulaciones), por lo que, se busca la renovación de aulas, comedores, baños y sistemas eléctricos (MEN, 2021a), ya que los laboratorios son catalogados como ambientes complementarios (ambientes de formación pedagógica, laboratorios y salas de cómputo) estos no han tenido prioridad en inversión (MEN, 2015a).

Por otra parte, el rendimiento en pruebas nacionales (según el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES)), en las pruebas realizadas en 2021, en el área de Ciencias Naturales, se obtuvo que, 75 de cada 100 estudiantes se ubican en los niveles de desempeño 1 y 2 (niveles más bajos), cifra que ha incrementado desde 2017 (ICFES, 2022); en el área, el resultado de los niveles de desempeño es estable, no obstante, se deben buscar estrategias

para mejorarlo. En el informe del ICFES en Ciencias, se presentan problemas a la hora de comprender los conceptos que vienen estrechamente relacionados a las estrategias de enseñanza y aprendizaje (ICFES, 2022), como el aprendizaje activo, que involucra a los estudiantes en actividades prácticas y debates; el aprendizaje basado en proyectos, que permite a los estudiantes investigar y desarrollar proyectos de interés académico y social; y el aprendizaje basado en tecnología, que utiliza herramientas digitales como simuladores y plataformas en línea para mejorar la comprensión de los conceptos (Amiati & Ikhsan, 2019; Eljack et al., 2022; Kolil et al., 2020; Wolski & Jagodziński, 2019)

Entonces, con el fin de mejorar la calidad educativa y el requerimiento de las TIC en la educación en Colombia, se han creado proyectos nacionales con el propósito de cubrir las necesidades de conexión y redes en las instituciones educativas, como son: el programa de conectividad escolar del Ministerio de Educación Nacional (MEN), que está orientado a las instituciones y a los estudiantes del sector oficial, con el fin de disminuir la brecha entre las zonas rurales y las urbanas que tienen acceso a internet. Adicionalmente, se cuenta con proyectos tales como el Departamento Nacional de Planeación (DNP), que forman parte del Programa de Fortalecimiento de Capacidades en Estructuración de Proyectos, y que está dirigido a las Entidades Territoriales (departamentos, distritos y municipios), el cual, consiste en un proyecto para la implementación de tecnologías digitales para aprender en las sedes educativas públicas, y que, busca “[...] contar con el servicio de conectividad para dar un uso adecuado a terminales (portátiles y tabletas) y a otras tecnologías digitales” (MEN, 2022a, p. 14). También, se encuentra el proyecto de implementación de zonas digitales de acceso público gratuito, el cual busca “[...] habilitar puntos de conexión gratuitos a internet de forma inalámbrica, a través de celulares, tabletas o computadores portátiles, en el que se realizan actividades de apropiación y promoción” (MEN, 2022a, p. 14).

Si bien, aunque los proyectos nombrados atienden las necesidades de infraestructura priorizada y de conexión, los laboratorios de Química quedan en un segundo plano, a pesar de que son espacios con los que muchas instituciones educativas no cuentan. Debido a esto, y con el fin de mejorar el rendimiento en Química, se estudian y desarrollan alternativas, como en el caso de los laboratorios virtuales, siendo un medio de aprendizaje (Kolil et al., 2020; Xiaopan & Zhiyi, 2020), a fin de que los estudiantes tengan un espacio práctico y les permita comprender de

mejor forma los conocimientos teóricos adquiridos. Adicionalmente, en estos estudios, se brinda la claridad de que este tipo de estrategias requiere la capacidad de los docentes para orientar el uso de estas herramientas y proponer materiales, para enriquecer las temáticas vistas (Largo et al, 2022); es decir, los docentes desempeñan un papel fundamental en la capacitación, interés y motivación de los estudiantes en su formación científica, mediada por TIC (Kolil & Achuthan, 2023).

Por tanto, al considerar las necesidades del país, surgidas en el sector educativo, y las problemáticas presentadas en cuanto a los laboratorios de Química, surge la pregunta para el estado de la cuestión: ¿Cuál es el uso de los laboratorios virtuales de química en el área de Ciencias Naturales?

Objetivos

Objetivo general

Describir el uso de los laboratorios virtuales de química en el área de Ciencias Naturales a partir de la revisión de la literatura científica.

Objetivos específicos

- Identificar las estrategias didácticas empleadas en la implementación de laboratorios virtuales de química.
- Identificar las tecnologías utilizadas en la implementación de laboratorios virtuales de química.
- Reconocer los retos en la implementación de laboratorios virtuales de química en el área de Ciencias Naturales.

Contexto

El estudio sobre la implementación de laboratorios virtuales es de interés nacional e internacional, y, se presenta con mayor necesidad en las zonas con déficit en la infraestructura o materiales para la práctica con laboratorios de Química. A su vez, faltan instituciones en las cuales se cuente con la conectividad necesaria para llevar a cabo los laboratorios virtuales, sin embargo, se realizan inversiones en conexión, como es el caso de Colombia, que ha desarrollado proyectos, incluido el Programa de Fortalecimiento de Capacidades en Estructuración de

Proyectos, dirigido a las Entidades Territoriales, y el proyecto de implementación de zonas digitales de acceso público gratuito, con el fin de aumentar el acceso a la conexión en las instituciones educativas (MEN, 2022a).

Según datos abiertos, suministrados en el 2017 por el MEN, Colombia cuenta con 9.800 instituciones educativas oficiales, que corresponden a un total de 41.736 sedes, con alrededor de 7.600.000 alumnos en total, en las que, a partir de una muestra de 101.892 edificaciones, se encontró que, 41% están en un estado regular o malo (Uniandes, 2017; MEN, 2017).

Las poblaciones vulnerables de Colombia representan un 39,3% (DANE, 2022b) de la población total, y el 16% hace parte de vulnerabilidad multidimensional (DANE, 2022c). Estas, se encuentran por toda Colombia, aun cuando, en la convocatoria realizada por el MEN en el 2021, de los 988 municipios de los 32 departamentos, se postularon 14.759 sedes, de las cuales, 8.348 sedes fueron priorizadas para los proyectos de mejoramiento de la infraestructura del país (MEN, 2022b). Esto, evidencia a un gran número de establecimientos educativos con déficit en sus instalaciones, donde, los estudiantes se encuentran entre los estratos 1-3, con alumnos de zonas urbanas y zonas rurales. Es importante mencionar que, esta convocatoria se enfocó en cuatro líneas de trabajo: “[...] mejoramiento general-zona rural, mejoramiento general-zonas urbanas en municipios de alta demanda rural, mejoramiento de comedores y mejoramiento de residencias escolares” (MEN, 2022b, p. 45), los cuales son los ambientes priorizados.

La conectividad en las instituciones educativas es uno de los factores en los que se desarrollan proyectos, con el fin de atender estas necesidades. Según la Encuesta de Tecnologías de Información y Comunicación en Hogares, realizada por el DANE, en Colombia, “la proporción de hogares con conexión a internet en 2021 en el total nacional fue de 60,5%, en cabeceras 70,0%, y en los centros poblados y rurales dispersos, un 28,8%” (DANE, 2022a, p. 1), siendo la cifra de más de la mitad de los hogares colombianos; para los cuales, según las características de la conexión a internet en hogares, en el total nacional, “[...] 78,8% tenía servicio fijo, 43,3% móvil y 22,0% ambas (fijo y móvil), con tenencia de computador (escritorio, portátil o tableta) de 37,9%: 16,6% para computador de escritorio, 27,5% para computador portátil y 5,9% para tableta” (DANE, 2022a, p. 2).

Adicionalmente, en cuanto a la calidad de conexión según la encuesta, un 68,4% de los hogares manifestaron que la calidad de internet es buena, 25,5% que es mala, 3,2% que es muy mala y 2,9% que es muy buena. Bogotá tiene un porcentaje de conexión del 81,5% (mayor conectividad), Norte se Santander 63,4%, Magdalena 48,8%, Arauca 43,2%, La Guajira 28,2%, y Vichada 4,6% (menor conectividad), entre otros (DANE, 2022a).

Por lo tanto, el interés para la selección de los estudios a analizar surge a partir de las instituciones con déficit de infraestructuras de laboratorios de Ciencias (Química) o que usen los laboratorios virtuales como complemento a sus prácticas de laboratorio presencial.

Adicionalmente, son instituciones que cuentan con condiciones de conectividad buena, y acceso a dispositivos móviles o computadores.

Justificación

Las necesidades de una mejor infraestructura técnica y tecnológica, de integrar las TIC en la educación, y de brindar espacios adecuados, han llevado a los docentes e instituciones educativas a utilizar los laboratorios virtuales en química. En los últimos cinco años (desde 2019 a 2024), se realizan diferentes investigaciones en educación, con el fin de implementar los laboratorios virtuales, y, conocer sí estos influyen de forma positiva en la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, teniendo en cuenta los contextos en los que son aplicados los estudios.

Por lo tanto, Colombia, como país miembro de la ONU, hace frente a lo dispuesto por la Agenda 2030, que consiste en 17 objetivos de desarrollo sostenible, entre ellos, se encuentra la educación de calidad. Éste, un compromiso común y universal, para el cual el uso de la tecnología es una herramienta que tiene el potencial para aumentar el acceso, la innovación y disminuir las desigualdades. En el 2024, la virtualidad ha permitido a diferentes comunidades alrededor del mundo acceder a la educación, a partir de proyectos, con el fin de atender las necesidades educativas (UNESCO, 2022b).

Por otra parte, la Química es experimental y abstracta, y es considerada una de las asignaturas complejas y difíciles de comprender; por esta razón, es primordial vincular los procesos de innovación dentro de las aulas de clase en la enseñanza de la Química, y, es necesario del componente experimental con el fin de entender correctamente las temáticas

tratadas dentro del plan de cada institución educativa (Largo et al, 2022), para lo cual, se realizan estudios que confirman que, el uso de laboratorios virtuales mejora el entendimiento de los conceptos en instituciones que no cuentan con laboratorios físicos, o con los materiales adecuados (OAS, 2017). Adicionalmente, el uso de los laboratorios virtuales disminuye la ansiedad, el estrés, y mejora la motivación e interés por el aprendizaje de la Química (Paladines, 2023).

Adicionalmente, debido a la pandemia del COVID 19, aumentó la necesidad de crear y desarrollar ambientes que permitan el acceso a la educación, de forma virtual, ya sea por medio de simulaciones, realidad aumentada, ambientes interactivos o diferentes herramientas TIC (Cedeño & Zambrano, 2023; Cipagauta, 2023; Manyilizu, 2023; MEN, 2014; Ortega et al, 2022). Durante la pandemia, debido al cierre temporal de las instalaciones educativas, 87,9% de los estudiantes de todo el mundo fueron afectados, y provocó un aumento en la preferencia de la educación en línea (Dietrich et al., 2020).

Por otro lado, los laboratorios virtuales brindan flexibilidad y seguridad al realizar experimentos, ya que, en la asignatura de Química se trabaja con instrumentos y reactivos que pueden ser peligrosos y de especial cuidado, aun así, la virtualidad permite que los estudiantes puedan aprender los nuevos conceptos y prácticas, sin tener la presión al cometer algún error (Manyilizu, 2023). Entre tanto, según un estudio realizado por Amiati & Ikhsan (2019), los laboratorios virtuales pueden ser una buena alternativa y complemento a los presenciales, ya que les permite ambientarse antes de la experimentación física.

A su vez, la enseñanza de las ciencias en el laboratorio presencial requiere de gastos elevados, donde los docentes deben limitarse, en ocasiones, en el desarrollo del aprendizaje experimental, ya sea por los costes de los equipos, el tiempo, y/o al acceso a entornos de laboratorio físicos, para lo cual, los laboratorios virtuales ofrecen la oportunidad de acceder al aprendizaje experimental.

Las simulaciones científicas y el apoyo en las herramientas TIC, amplían el acceso a los entornos virtuales interactivos, donde los estudiantes pueden experimentar en ambientes dinámicos. De este modo, entre algunos de los beneficios, se encuentran que, el acceder a laboratorios virtuales es de menor costo, y pueden permitir un mayor rango de equipos y

materiales con respecto a las que pueden darse en las instituciones educativas (El Kharki et al., 2021; Manyilizu, 2023).

En cuanto a las instituciones que tienen acceso a laboratorios físicos, los virtuales pueden ser una herramienta útil para los docentes, ya que les permiten preparar y entrenar a los estudiantes antes de las prácticas, con el fin de evitar daños en equipos y desperdicios de material; y en las instituciones que no los tienen, estas son herramientas que ayudan a atender las necesidades de acceso a los alumnos, y apoyo en la enseñanza de los docentes (Amiati & Ikhsan, 2019; Paladines, 2023). Por tal motivo, al usar laboratorios virtuales en el aprendizaje de la Química, con el fin de que los estudiantes puedan desarrollar la teoría y la práctica, se pueden reducir los altos costos de implementación de los laboratorios presenciales, y, además, evitar y reducir el uso incorrecto de los equipos (Kharki et al., 2021; Manyilizu, 2023).

Por lo anterior, con el fin de conocer el uso de los laboratorios virtuales de química en el área de Ciencias Naturales y las experiencias de aprendizaje virtuales, que ayuden a la comprensión de los conceptos vistos en la asignatura de Química, se realiza una revisión bibliográfica de las estrategias, las tecnologías utilizadas, y los retos en la implementación de los laboratorios virtuales en las instituciones educativas.

Antecedentes Investigativos del Problema

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) son ampliamente utilizadas en contextos sociales, económicos y educativos. En la educación, permiten la interacción entre estudiantes, profesores y comunidad educativa, y, a su vez, acceder a información académica. Debido a su potencial, se realizan estudios para incluirlas en los procesos educativos de diversas asignaturas para innovar, hacer las clases más dinámicas y generar experiencias de aprendizaje con mediación tecnológica. Al respecto, se analizaron 20 artículos de investigación, de los cuales el 70% corresponden a bases de datos como Scopus, Springer Link, Science Direct, IEEE Xplore, y el 30% corresponde a repositorios de universidades como la Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad del Ecuador, Pontificia Universidad Javeriana (estos artículos fueron publicados entre los años 2019-2024), y, en estos se encuentran diferentes conceptos, metodologías, resultados y conclusiones.

Asuntos conceptuales y temáticos

El uso de los laboratorios virtuales y las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje en el área de la química, es un tema de interés, debido a que es una alternativa para la no presencialidad y una necesidad visibilizada, en mayor parte, por la pandemia. Adicionalmente, estos brindan el espacio virtual para la práctica de los conceptos, y se pueden encontrar temáticas de las diversas ramas de la química: la orgánica, inorgánica, general, y bioquímica (Ortega et al, 2022).

Los conceptos claves, encontrados en las investigaciones revisadas, se clasifican, por una parte, en los relacionados con la tecnología educacional o tecnologías para la educación. En estos se encuentran nociones como: recursos tecnológicos dinámicos (Francia, 2023; Tsirulnikov et al., 2023), innovación pedagógica (Carrión-Paredes et al., 2020; Largo Taborda et al., 2022), y estrategias educativas mediante recursos digitales (Carrión-Paredes et al., 2020; Rivas, 2023; Santa & Vargas, 2023). De otro modo, se identifican los relativos a los ambientes virtuales de aprendizaje en química, que abarcan, los simuladores virtuales (Revelo et al., 2023), la realidad virtual (Carrión-Paredes, 2020; Xiaopan & Zhiyi, 2020), la realidad aumentada (Soriano & Pérez, 2023), los entornos digitales (Viitaharju & Karttunen, 2023)., entre otros (Maila, 2023; Soriano & Pérez, 2023).

En relación con los laboratorios virtuales, se evidencia que son una alternativa para la enseñanza del área de las ciencias experimentales, y para este caso, en específico en el área de la Química, como una herramienta que hace frente a la falta de recursos o espacios físicos de laboratorio, dada la importancia de los experimentos en esta área (Amiati & Ikhsan, 2019; Avci, 2022; Kolil et al., 2020; Le et al, 2022; Santana, 2023; Viitaharju et al., 2023).

Por consiguiente, los autores más mencionados en las fuentes analizadas, sobre los hallazgos conceptuales mencionados que están relacionados con la alfabetización tecnológica y la búsqueda del desarrollo de las habilidades cognitivas, son: Makransky, Guido (da Silva et al., 2022; Kolil et al., 2020; Tsirolnikov, et al., 2023); Nedungadi, Prema (da Silva et al., 2023; Kolil et al, 2020; Mera & Benarroch, 2024; Poo et al., 2023); Achuthan, Krishnashree (Chan et al, 2021; da Silva et al., 2022; Kartimi et al., 2022); Zoller, Uri (Kolil et al, 2020).

Adicionalmente, se estudia el uso de los laboratorios virtuales con el fin de disminuir la ansiedad de los estudiantes en los laboratorios presenciales, producida por la falta de comprensión y la experimentación inadecuada (Kolil et al., 2020), esto, debido a que los ambientes virtuales brindan la oportunidad de experimentar la ciencia, sin la presión de no poder cometer errores, y, permiten aprender mediante la práctica (Vizcaíno & Pérez, 2022). Luego, otro de los hallazgos está relacionado al concepto de la autoeficacia experimental, que se refiere a las creencias de los estudiantes sobre sus habilidades experimentales (Chalela-Alvarez, 2021; Kolil et al, 2020).

A pesar de ello, se encuentran algunos vacíos investigativos, si bien, que las TIC, en los procesos educativos, son mencionadas como herramientas interactivas, laboratorios virtuales y tecnologías educativas, en las investigaciones no ahondan o mencionan las diferentes herramientas, solo se nombra o profundiza en una herramienta específica. En cambio, en conceptos como alfabetización tecnológica/digital, que son necesarios para la apropiación de las tecnologías, no se evidencian estrategias para fomentar y desarrollar los conocimientos y habilidades digitales en los estudiantes. En artículos de varios autores (Largo et al, 2022; Xiaopan & Zhiyi, 2020), aunque se nombra la aplicación en química de herramientas tecnológicas, no se ahonda en temáticas específicas tratadas.

Aproximaciones metodológicas de los estudios

En cuanto a los asuntos metodológicos, se encuentra que, en los estudios relacionan las investigaciones de aplicadas, diseños experimentales y revisiones bibliográficas para abordar la implementación de las TIC como herramienta para el apoyo al aprendizaje en química, a saber:

Aplicada. Se toma una muestra de los estudiantes o población de estudio, a los cuales inicialmente se les realiza una encuesta o test sobre los conocimientos previos y/o posición respecto a las TIC en el proceso de formación y conocer la disposición de los estudiantes a nuevas metodologías y alternativas de aprendizaje, luego, se realiza la experimentación de la herramienta, y, finalmente se realiza otra encuesta o test final (Chalela-Alvarez, 2021; Kolil et al, 2020; Le et al, 2022; Ruiz, 2020; Viitaharju et al., 2023).

Experimental. Se toma el efecto/uso de los laboratorios virtuales en el aprendizaje como variable de estudio, para el cual se tiene en cuenta el uso y el no uso de esta herramienta, se encuentran investigaciones que ejecutan un programa ya existente de laboratorio virtual, o en otros casos, se ocupa un enfoque propositivo para el cual se realiza el diseño del entorno digital (Amiati & Ikhsan, 2019; Viitaharju et al., 2023; Wolski & Jagodziński, 2019; Manyilizu, 2023).

Bibliográfica. Se establecen los criterios de búsqueda y selección de la información, a partir de descriptores de búsqueda en bases de datos científicas confiables, para realizar el análisis y la discusión de los resultados del estudio sistemático (Maila, 2023; Soriano & Jiménez, 2023; Ortega et al., 2022; Xiaopan & Zhiyi, 2020; Eljack et al., 2020).

Laboratorios virtuales como alternativa para el aprendizaje

En cuanto a los principales hallazgos se encuentra la mejora del aprendizaje, con el apoyo de las TIC. Esto genera buenos resultados en el desempeño académico de los estudiantes (Ali et al., 2022; Eljack et al., 2020; Xiaopan & Zhiyi, 2020), ya que favorece su aprendizaje e incrementa los niveles de adquisición y retención del conocimiento (Wolski & Jagodziński, 2019), y, además despierta y promueve mayor interés y atención de los estudiantes (Largo et al., 2022; Tsurulnikov et al., 2023).

Entre las herramientas utilizadas se encuentran diferentes tecnologías educativas, como los simuladores de química, entre los más nombrados: PhET, Chemisim, Vlabq, Chemlab,

Crocodile Chemistry, EducaPlus y Mozaik Education; también el uso de Realidad virtual 3D, un sistema de gestos, y realidad aumentada (Martínez et al., 2019; Ruiz, 2020; Maila, 2023). A su vez, se encuentran laboratorios virtuales diseñados y desarrollados por los investigadores en algunos de estos artículos, en los cuales, una parte de sus objetivos es realizar una propuesta mediante un equipo multidisciplinar (Eljack et al., 2020; Kolil et al., 2020; Xiaopan & Zhiyi, 2020).

Adicionalmente, para el uso de los laboratorios virtuales, los estudios mencionan diferentes estrategias para el aprendizaje de los estudiantes, donde algunos son experiencias de laboratorio virtual basados en juegos, con base en problemas, experiencia de inmersión mediante la realidad virtual (Martínez et al., 2019; Ruiz, 2020; Viitaharju et al., 2023), y realidad aumentada (Makransky et al., 2019; Soriano & Jiménez, 2023), con actividades orientadas a un aprendizaje activo y experimental (Eljack et al., 2020; Kolil et al., 2020; Reeves y Crippen, 2021; Xiaopan & Zhiyi, 2020).

A su vez, se encuentran los estudios relacionados con la disminución en la ansiedad de los estudiantes, como es el caso del estudio de Gungor et al., (2022) y Kolil et al., (2020), que analizan los niveles de ansiedad presentados por los alumnos durante las prácticas experimentales en el laboratorio. Estos hallan una disminución de la ansiedad y una mejora en la autoeficacia por parte de la población de estudio, al hacer uso de laboratorio virtual, específicamente se tomaron datos con la práctica de laboratorio presencial (*control group*, CG), y, cuando se realiza primeramente el laboratorio virtual y posteriormente el presencial (*experimental group*, EG), se obtuvo para el grupo CG un aumento de tan solo el 31,97%, en comparación del grupo EG que presentó un aumento de alta autoeficacia de 68,03% (Kolil et al., 2020).

Por lo tanto, entre los hallazgos se encuentra que, basado en el análisis estadístico, exponer a los estudiantes a laboratorios virtuales y ayudarlos a mejorar su comprensión a través del aprendizaje práctico activo, aumenta significativamente su autoeficacia experimental (Kolil et al., 2020). Adicional a esto, según Amiati & Ikhsan (2019), se evidencia que una clase con laboratorios virtuales como complemento a laboratorios presenciales tiene una diferencia significativa con la clase que no lo usa (solo laboratorio presencial); mientras que, por otro lado, en las clases que usan los laboratorios virtuales solo como experimento, no hay una diferencia

significativa con respecto a las que lo usan como complemento. Entonces, se puede decir que la práctica mediante estas tecnologías es una alternativa potencial, que puede utilizarse como sustituto y/o complemento de la práctica ordinaria (Amiati & Ikhsan, 2019).

Para finalizar, se presentan los hallazgos en los estudios relativos con la mejora en el rendimiento, para da Silva & de Vasconcelos (2022) y Soriano & Jiménez (2023), los simuladores, las plataformas interactivas, la realidad virtual y diferentes medios TIC, no solo facilitan el acceso y la comprensión del aprendizaje, sino que también motivan y mejoran el rendimiento y la retención de información en los procesos formativos, en las que se integran y se desarrollan habilidades informáticas y cognitivas.

Las evaluaciones realizadas en el estudio de Ali et al., (2022), revelaron que el PbVCL (simulador) propuesto con ayudas textuales de flechas, mejora el desempeño de los estudiantes, y también el tiempo y los errores al realizar el experimento, la simplicidad y la comprensión del entorno; la búsqueda y selección de los equipos con menos esfuerzo y agotamiento mental. La tecnología permite que los estudiantes participen en experimentos de química de forma virtual, con seguridad, y mejora la pasión por el aprendizaje (Xiaopan & Zhiyi, 2020).

No obstante, a pesar de que Avci (2022), Carrión-Paredes et al (2020), y Le et al (2022), mencionan el uso de simuladores como práctica virtual, tan solo Amiati & Ikhsan (2019) realizó la comparación entre el aprendizaje y el rendimiento en un laboratorio presencial y uno virtual. Este factor es importante, debido a que permite conocer la influencia de estas modalidades en el componente práctico de la asignatura y el impacto que genera en el aprendizaje de los estudiantes. Conocer no solo el resultado del uso del laboratorio virtual, sino, a su vez éste como complemento en las prácticas presenciales, y la necesidad del uso del experimento para la comprensión de los temas.

Según lo anteriormente descrito, hay diferentes tecnologías y estrategias didácticas que brindan oportunidades, beneficios en el aprendizaje de la química y la posibilidad de realizar laboratorios virtuales donde los estudiantes aprenden de forma dinámica e interactiva; sin embargo, es importante mencionar que la mayoría de los estudios son de carácter internacional. En Colombia, estas tecnologías son escasamente aplicadas, y, por consiguiente, también son pocas las investigaciones en el país acerca de estas plataformas y herramientas en química,

encontradas en la literatura con respecto a las internacionales (Garzon & Perez, 2021; Santa & Vargas, 2023).

Marco Conceptual

Con el fin de comprender este proyecto de investigación, se requiere abarcar conceptualmente tres áreas de conocimiento que parten de la enseñanza de la química: las estrategias didácticas, los laboratorios virtuales en química, y el uso de tecnología en química y retos.

La enseñanza de las ciencias naturales según el MEN, consiste en “[...] la exposición clara, ordenada y lógica de los resultados teóricos y experimentales del área de conocimiento” (MEN, 1998, p. 44). Este proceso busca la participación de los estudiantes mediante las orientaciones del docente. En las ciencias, existe un lenguaje formal (fórmulas y símbolos) y un lenguaje naturalizado (sencillo, cotidiano), por lo que es indispensable, primero hacer un acercamiento a partir del lenguaje natural para la comprensión de los conceptos, y, en el proceso, introducir el lenguaje formal. Al respecto, “el maestro debe propiciar estrategias que favorezcan en el alumno el paso entre el uso del lenguaje blando del conocimiento común y la apropiación del lenguaje de la ciencia y la tecnología” (MEN, 1998, p. 49).

Lo anterior, con el propósito de generar un puente entre el lenguaje cotidiano y el uso especializado de una simbología abstracta (MEN, 1998). Sin embargo, el fin de la enseñanza no es que los estudiantes aprendan el lenguaje formal, sino que desarrollen el pensamiento científico (MEN, 1998). Por consiguiente, se trata de lograr acercar a los estudiantes a los conceptos abstractos, que puedan observar, analizar, relacionar y experimentar.

Estrategias didácticas en Ciencias Naturales Química

Las estrategias didácticas son un conjunto de métodos y técnicas que los docentes y los estudiantes organizan de manera consciente para construir y lograr metas en el proceso de enseñanza y aprendizaje, para desarrollar el pensamiento crítico y creativo de los estudiantes, mientras aprenden los contenidos y temas de cada asignatura (Feo, 2009; 2010).

Por tanto, según Díaz (2017), las estrategias didácticas permiten al educador orientar el recorrido pedagógico, debido a que establecen procedimientos que deben seguir los educandos para construir sus aprendizajes. Esto permite, en tiempos prolongados responder a los

conocimientos y procedimientos establecidos dentro de un plan de estudio, para poder responder, y así, ser desarrollados adecuadamente, por parte del estudiante.

La didáctica, comprende un proceso de reflexión y comprensión de las temáticas para lograr nuevos aprendizajes (Medina & Mata, 2009; Colorado & Gutiérrez, 2016). En el área de interés, Ciencias Naturales Química, algunas estrategias o modelos de enseñanza pueden ser por transmisión-recepción, por descubrimiento, por cambio conceptual, y por investigación (Ruíz, 2007; Jiménez & Oliva, 2015; Israel et al., 2020; Caicedo et al., 2017; Sandoval et al, 2013). Las estrategias de aprendizaje más utilizadas son: el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en la representación de la información (como mapas mentales, mapas conceptuales, entre otros), el aprendizaje basado en el estudio de casos, entre otros (Colorado & Gutiérrez, 2016). El uso de las diferentes estrategias busca “[...]el aprendizaje de nuevos conceptos y como resultado generen construcción de nuevos conocimientos, permitiendo que estas experiencias de aprendizaje faciliten el desarrollo de procesos de transferencia de saberes disciplinares en diferentes áreas” (Gutiérrez, 2016, p. 150).

A continuación, se presentan algunas de estas estrategias:

Enseñanza por transmisión-recepción

Esta estrategia consiste en enseñar de forma inductiva los conceptos sin tener en cuenta los conocimientos previos y el contexto de los educandos, sino que, considera al estudiante como un papel en blanco, y el docente es el que transmite los conceptos (generalmente de forma oral) por medio de una explicación rigurosa, clara y precisa (Ruiz, 2007; Pozo, 1999). Como lo expresa Pozo (1999), los docentes son los poseedores del conocimiento y los estudiantes son los receptores ignorantes del mismo.

Sin embargo, este es un modelo tradicional, por lo cual, aunque aún se encuentre en el contexto educativo, se requiere de nuevas propuestas didácticas, ya que “[...] la juventud del siglo XXI tiene características diferentes como el manejo innato de las herramientas TIC, el espíritu investigador, inquieto, la creatividad, y algunas que se consideren” (Gutiérrez, 2018, p. 103).

Enseñanza por descubrimiento

Esta estrategia consiste en brindar las bases para inducir los nuevos conocimientos al estudiante, y, ésta toma un papel activo en las experiencias formativas, que, para este caso, los conceptos no son lo más importante, sino el componente empírico con el fin de que el estudiante se estudie y redescubra lo que es considerado, las verdades absolutas (Jiménez & Oliva, 2015). Esta se divide en el descubrimiento guiado y el descubrimiento autónomo, donde, la primera consiste en que el docente guía al estudiante en el proceso, brindándole las herramientas necesarias para que encuentren la solución o respuesta de la situación o problema planteado; el segundo, consiste en que el estudiante sea el que integre la información y cree sus propias conclusiones (Ruiz, 2007). Este modelo busca entender la ciencia mediante el acercamiento a la realidad y relación con la vida cotidiana, acercar al estudiante a su desarrollo del (pensamiento) científico. El docente busca enseñar destrezas de investigación que consisten en la observación, planteamiento de hipótesis, y experimentación, para guiar al estudiante y que este pueda descubrir los conocimientos, con una mayor importancia al método científico (Ruiz, 2007).

Esta metodología, permite el uso de las herramientas digitales en la elaboración de prácticas para que los estudiantes descubran los conceptos. Además, esto facilita el observar y poder relacionar a aquellos que son abstractos, mediante el uso de la realidad aumentada o simulaciones de estos temas, que permiten mayor acceso a información, contenido digital, espacios asincrónicos y sincrónicos para debates, trabajo colaborativo, etc. Por consiguiente, “[...] las estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje por descubrimiento son frecuentemente utilizadas en propuestas de enseñanza mediadas por las TIC” (Joven & Acosta, 2020, p. 50).

Enseñanza por cambio conceptual

Esta estrategia tiene en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes, puesto que, los presaberes son parte fundamental para lograr los aprendizajes; sin embargo, se enfoca en el cambio conceptual mediante el conflicto cognitivo. Esta se diferencia en que considera que, “[...] el conocimiento científico es incompatible con el conocimiento cotidiano que tiene el educando” (Ruiz, 2007, p. 49); por tanto, se busca que el estudiante sea consciente de las limitaciones de estos y busque cambiarlos por conceptos más convincentes.

Para esto, se requiere de un proceso de concientización, contrastación, y consolidación de nuevas teorías o conceptos que sean más explicativas e inteligibles, que permitan al estudiante entender y realizar nuevas aplicaciones de estas (Ruiz, 2007).

El uso de las tecnologías, en Química, permite desarrollar esta estrategia didáctica mediante las herramientas digitales, ya que conceden el acceso a más información, a comparar y observar los cambios, al desarrollo conceptual, y, a simular fenómenos y experimentos (Calderón et al., 2016).

Enseñanza por investigación

En esta estrategia, se identifican problemas de orden científico, los cuales son la base para los contenidos a enseñar (Ruiz, 2007; Jiménez & Oliva, 2015). Esta, aunque tiene similitudes con la anterior, se diferencia en “[...] su postura constructivista en la construcción del conocimiento y la aplicación de problemas para la enseñanza de las ciencias” (Ruiz, 2007, p. 51). Por tanto, el docente plantea problemas con el fin de evidenciar que la ciencia escolar está relacionada con los saberes previos, considerando que, los conocimientos son susceptibles de la experiencia y vivencia de ellos, entonces, esta estrategia permite “[...] un tratamiento flexible del conocimiento, un entorno adecuado para el educando, un reconocimiento de factores multimodales (motivacionales, comunicativos, cognitivos y sociales) en el aula de clase, indispensables a la hora de analizar las actitudes del estudiante frente a la ciencia” (Ruiz, 2007, p. 52).

Estos problemas, entendidos como “[...] una situación incierta que provoca en quien la padece, una conducta (resolución del problema) tendiente a hallar la solución (resultado) y reducir de esta forma la tensión inherente a dicha incertidumbre” (Perales, 1990, p. 120); permiten diagnosticar, construir nuevos conocimientos, adquirir habilidades cognitivas, promover actitud positiva hacia la ciencia (una actitud científica), y evaluar el conocimiento científico (Ruiz, 2007).

Esta estrategia “[...] adopta como referente las distintas fases del trabajo científico, pero, entendido ahora desde perspectivas más acordes con las ideas actuales sobre la naturaleza de la ciencia: necesidad de un problema, existencia de un conocimiento teórico previo, el papel de las hipótesis y los procesos de diseño de investigación, etc.” (Jiménez & Oliva, 2015, p. 124), el

estudiante puede tomar postura frente a la información, que va a construir a partir de procesos investigativos con el fin de dar solución a los problemas planteados (Ruiz, 2007).

Lineamientos y estándares

Los lineamientos y estándares varían conforme al nivel académico en que se realice el estudio, y en el contexto en que se encuentre, es decir, entre ellos, las condiciones de la institución, del programa, del país, el nivel educativo, etc. Por esta razón, se definen primero unos estándares generales en ciencias naturales, y, posteriormente se definirán los estándares de educación secundaria en Colombia, según lo establecido por el Ministerio de Educación.

En el ámbito universitario, se cuenta con diferentes programas de pregrado que incluyen a la química como parte del plan de estudios, entre algunos, la enseñanza de la química pura, ingeniería química, ingeniería ambiental, farmacia, química farmacéutica, bioquímica, química industrial, química de alimentos. Además, la educación superior se centra en el desarrollo de habilidades investigativas, útiles para el avance científico y tecnológico del país, en búsqueda del desarrollo sostenible (UNESCO, 2008; 2021), como también del desarrollo del pensamiento crítico y científico, con compromiso social, y el desarrollo de habilidades prácticas, la innovación, investigaciones y proyectos, “[...] alejándonos de los modelos tradicionales, aislados y competitivos, debemos priorizar la generación de conocimientos prácticos que conduzcan a resultados prácticos” (International Science Council, 2023, p. 8). Esto, evidencia la necesidad del componente práctico mediante infraestructuras virtuales y físicas (UNESCO, 2022a).

Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (Química)

Los Estándares Básicos de Competencias (EBC) hacen parte de los parámetros de lo que el estudiante debe saber, y saber hacer para lograr la calidad que se espera, al formar parte de un proceso en el sistema educativo. Esto se determina a partir de evaluaciones externas e internas, que, tienen como finalidad conocer el alcance de lo aprendido, e indicar el cumplimiento de estos y lo que se debe mejorar (MEN, 2006). Por consiguiente, estos son lineamientos que sirven como guía en:

[...] el diseño del currículo, el plan de estudios, los proyectos escolares e incluso el trabajo de enseñanza en el aula; la producción de los textos escolares, materiales y demás apoyos educativos, así como la toma de decisión por parte de instituciones y

docentes respecto a cuáles utilizar; el diseño de las prácticas evaluativas adelantadas dentro de la institución; la formulación de programas y proyectos, tanto de la formación inicial del profesorado, como de la cualificación de docentes en ejercicio (MEN, 2006, p. 11).

Los EBC en las diferentes áreas del conocimiento, son lineamientos establecidos por un trabajo en conjunto entre el Ministerio de Educación Nacional y las facultades de educación superior del país, agrupadas en la Asociación Colombiana de Facultades de Educación (Ascofade), en la que participan docentes de distintas instituciones, investigadores, redes de maestros, asociaciones y organizaciones académicas, científicas y profesionales de varias secretarías de Educación (MEN, 2006). Estos, se dividen por áreas, y, para este caso, la de interés del proyecto son las ciencias naturales, enfocada en el área de Química.

Con los estándares en ciencias se busca contribuir a la formación del pensamiento científico y pensamiento crítico en los estudiantes colombianos, con procesos de indagación, que buscan “[...] desarrollar las habilidades y actitudes científicas necesarias para explorar fenómenos y eventos y resolver problemas propios de las mismas” (MEN, 2006, p. 112).

Por ende, tienen el objetivo de alcanzar unas metas de formación en educación básica y media, entre las que se encuentran favorecer el desarrollo del pensamiento científico, desarrollar la capacidad de aprender constantemente y la capacidad de valorar críticamente la ciencia, aportando a la formación de hombres y mujeres, miembros activos de una sociedad, con posturas críticas y reflexivas, conocimientos científicos y búsqueda de soluciones (MEN, 2006).

Así, los contenidos de las ciencias parten de tres componentes: conceptos científicos, metodologías y maneras de proceder científicamente, y, compromiso social y personal (MEN, 2006).

La necesidad de la comprensión de los estudiantes ante los conceptos, hace indispensable la participación activa de los estudiantes en la construcción de sus conocimientos, y no solo de lo que dice un libro o el docente. Esto evidencia el componente práctico y fundamental en la química.

Algunos de los estándares establecidos para la educación media en Química son: observar y formular preguntas sobre teorías científicas, formular hipótesis, identificar variables para

predecir resultados de experimentos y simulaciones, realizar mediciones, observar, registrar, analizar y relacionar resultados, relacionar información recopilada con los datos de los experimentos realizados según el conocimiento científico, interpretación de resultados, concluir, entre otros (MEN, 2006). En estos se evidencia la importancia del componente experimental en el desarrollo del pensamiento crítico y científico, para la comprensión de la temática abarcada en el área.

Derechos Básicos de Aprendizaje

Los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), son un conjunto de aprendizajes estructurados para un grado y un área particular en cada uno de los grados de educación escolar, que abarcan unos conocimientos y habilidades, y expresan las unidades básicas y fundamentales para el aprendizaje y el desarrollo futuro del estudiante (MEN, 2016). Es importante mencionar que, estos guardan coherencia con los otros Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos de Competencias (EBC).

En los DBA, se evidencia la importancia de las actividades experimentales que es fundamental en el área de Química, para la educación media, indicándose que el estudiante “[...] realiza actividades experimentales para analizar los factores que influyen en la formación de compuestos inorgánicos [...]; realiza actividades prácticas individuales o en equipo en las que busca clasificar compuestos orgánicos utilizando diferentes reactivos químicos” (MEN, 2016, pp. 35-38). Evidencia, por lo tanto, la necesidad del componente práctico para la análisis y comprensión de la química.

Lineamientos curriculares de Ciencias Naturales Química

Los lineamientos curriculares de ciencias naturales establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) están conformados por dos ejes fundamentales para el desarrollo de las competencias en esta área, los cuales son: procesos de pensamiento y acción; y conocimiento científico básico que se desarrolla a partir de relaciones biológicas, relaciones físicas, relaciones químicas, todas ellas abordadas en el proceso educativo desde la básica primaria (MEN, 1998). Algunos de los objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales consisten en, que el estudiante construya teorías, formule hipótesis, diseñe experimentos, argumente, tome una posición crítica ante supuestos y conclusiones de diseños experimentales, imagine alternativas y posibilidades de solución de problemas, entre otros (MEN, 1998).

Para esto, cada institución educativa, de acuerdo con su PEI, determina una postura para la enseñanza de Química (MEN, 1998). Entonces, entre los conceptos a considerar están la estructura atómica y propiedades de la materia, explicaciones acerca de las propiedades de la materia, cambios químicos, la tierra y su atmósfera, entre los cuales se encuentran las reacciones químicas, procesos fisicoquímicos y biológicos, el pH, y algunas equivalencias (MEN, 1998). Estos, a su vez, requieren del respaldo empírico, lo cual es necesario el laboratorio, que da lugar a generar actividades experimentales tendientes al desarrollo de competencias científicas, donde se busca “[...] interrogar la naturaleza para confirmar o rechazar hipótesis creadas a partir de los conocimientos previos a la experimentación” (MEN, 1998, p. 52).

Además, las TIC son fundamentales para el cambio en las formas de aprender, enseñar, comunicar y relacionarse en el campo educativo (González, 2017), por lo que las estrategias didácticas utilizadas en la enseñanza de la química requieren de ajustes, conforme a los requerimientos tecnológicos con el objetivo de implementarlas al proceso de enseñanza y aprendizaje.

Por consiguiente, las TIC se utilizan como herramientas de apoyo en los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación (González, 2020); tanto que, el componente experimental es necesario en química, y, para instituciones educativas se utiliza la tecnología para acceder a laboratorios de forma virtual, en casos de no acceso a laboratorios presenciales o los materiales necesarios (Arroba & Acurio, 2021; Cedeño & Lescay, 2023; González, 2020; Rivas, 2023;), con el fin de, que los estudiantes sean autodidactas y apliquen el método científico en un entorno con el tecnológico, se promueva la creatividad, la imaginación, se desarrolle el pensamiento crítico, y los estudiantes sean personajes activos y se involucren en su proceso educativo en esta asignatura (Zaragoza et al., 2016).

Laboratorios virtuales de química

El laboratorio de química se define como el entorno donde se comprueba empíricamente la validez de los principios o conceptos químicos que se ven en clase, mediante la aplicación del método científico y experimentos orientados por el docente, los estudiantes observan y participan de forma activa de estos ensayos químicos, para, posteriormente analizar las teorías o hipótesis planteadas según los conocimientos de la ciencia, con el fin de confirmarlas o rechazarlas, y/o

realizar nuevos descubrimientos (MEN, 2015b). El aprendizaje de la química está relacionado con la formulación de inquietudes y/o problemas, y posterior búsqueda de la solución a estas, busca que el estudiante pueda acercarse al conocimiento y actividad científica a partir de la experimentación, de indagar, de cuestionarse, realizar hipótesis, así lograr alcanzar una mayor comprensión mediante el hacer (MEN, 2015b). Por lo tanto, como indica el MEN (2015b) la actividad práctica o experimental,

[...] brinda a los estudiantes la posibilidad de: comprender cómo se construye el conocimiento en una comunidad científica; comprender la manera como trabajan los científicos y llegan a acuerdos; analizar que es posible acceder a la ciencia y, además, que la ciencia no es infalible y depende de diversos factores o intereses (sociales, políticos, económicos y culturales); favorecer y promover el aprendizaje de las ciencias, pues, le permite al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad; orientar al estudiante a poner en juego sus conocimientos previos y verificar mediante la experimentación; favorecer la construcción de aprendizajes de naturaleza conceptual, procedimental y actitudinal. (p. 16)

Los laboratorios virtuales son herramientas digitales que permiten a los estudiantes acceder a este componente práctico, desarrollándose de diferentes formas, como son: entornos virtuales; simuladores; realidad virtual; y realidad aumentada. A continuación, se exponen algunos laboratorios según su tipo.

Entornos virtuales

Los entornos virtuales o laboratorios en línea son aquellos espacios en los que se puede acceder a material de laboratorios de ciencias naturales, videos, guías, actividades interactivas, e incluso algunos contienen simuladores gratuitos sencillos en los que los estudiantes pueden tener acercamiento al componente práctico a través de sus dispositivos tecnológicos (Raman et al., 2021). Este tipo de laboratorios ofrece flexibilidad para el ritmo de aprendizaje de cada estudiante, y, adicionalmente es accesible en el tiempo y espacio para acceder a ellos.

Simuladores

Los simuladores son programas, que:

[...] representan un modelo o entorno dinámico, y que, a través de gráficos o animaciones, facilitan al estudiante la visión de lo que ocurre en el entorno que se está simulando, de forma que, modificando de manera interactiva las características del entorno, puede comprender mejor lo que sucede en el entorno que está intentando conocer. (Pinzón, 2016, p.113)

Estos, permiten recrear los experimentos de forma digital, desde los más fáciles y sencillos, hasta los más complejos y completos. Estos simuladores pueden ser de acceso gratuito o de pago, y otros llegan a ser diseñados por investigadores con proyectos multidisciplinarios, que buscan facilitar la interpretación de fenómenos de la química (Carrión-Paredes et al., 2020; Muñoz-Narvaez & Muñoz-Naravez, 2021).

Realidad virtual

La Realidad Virtual (RV), se define como tecnología que permite interactuar con entornos 3D generados por ordenador, mediante el uso de dispositivos como cascos, guantes y otros sensores, lo que proporciona una experiencia inmersiva que simula la presencia física en dichos entornos. También existe la realidad sin inmersión, en donde los estudiantes solo requieren del computador y no de dispositivos adicionales (Sousa-Ferreira et al., 2021).

Esta, permite que los estudiantes se sumerjan en un entorno de laboratorio, practicando así en un ambiente sin riesgos y sin presiones de llegar a cometer errores, lo cual aumenta la motivación y les ofrece oportunidades de aprendizaje más flexibles. Esta, suele necesitar el uso de cascos de realidad virtual y espacios inmersivos modelados en 3D, sin embargo, en ocasiones se suele considerar también como realidad virtual a las imágenes de 360 grados (Makransky et al., 2019), aunque, lo que define a estas tecnologías es que cumplen con la función de replicar equipos o espacios físicos (reales) de laboratorios, mediante un entorno ya sea modelado en 3D o imágenes que permitan la inmersión en 360 grados, para que puedan experimentar la sensación de estar en el laboratorio de química, es decir, que permitan escenas de enseñanza realistas (Makransky et al., 2019; Reeves y Crippen, 2021; Viitaharju et al., 2023; Xiaopan & Zhiyi, 2020).

Entonces, la realidad virtual “[...] se basa en la tecnología informática y la tecnología de internet, como núcleo para construir una gama específica de entornos virtuales para los usuarios, de modo que puedan obtener una experiencia similar de la vida” (Xiaopan & Zhiyi, 2020, p. 1). Aunque, esta metodología requiere de una mayor capacidad tecnológica (a diferencia del laboratorio químico tradicional), el costo de construir un laboratorio químico virtual, basado en la web es bajo, ya que este no necesita estar equipado con instrumentos químicos reales, que es un ahorro en equipos, como también, al realizar experimentos, no hay que preocuparse por el daño o pérdida de estos.

Desde otro concepto, los laboratorios virtuales ofrecen ventajas en términos de seguridad, y posibilidades de práctica que otros laboratorios tradicionales no. Los estudiantes pueden tener suficientes materiales, pueden cambiar las condiciones de los experimentos en cualquier momento y observar lo que ocurre sin riesgos para su integridad física (Le et al., 2022; Xiaopan & Zhiyi, 2020).

Realidad aumentada

La Realidad Aumentada (RA) es definida por Merino et al. (2015) como:

[...] la combinación de ambientes reales, a los cuales se incorpora información en formato digital con el fin de ampliar lo que nuestros sentidos captan sobre situaciones de la realidad. Esto se puede visualizar en una pantalla donde se mezclan la realidad captada por una cámara (en tiempo real) y la información virtual creada previamente, y sincronizada a través de marcas (p. ej., tarjetas con dibujos o diagrama) (p. 95).

Dicho de otra forma, son ambientes reales con información digital que se pueden visualizar por medio de una pantalla en tiempo real, a través de un dispositivo electrónico con cámara, que muestra determinados elementos en 2D o 3D, imágenes estáticas o en movimiento, y que, a su vez se vinculan con otros recursos digitales remotos como páginas web, animaciones, audios, videos, entre otros (Merino et al., 2015; Ruiz Cerrillo, 2020).

Retos del uso de las tecnologías en la enseñanza de la química

En la enseñanza de la química, aunado a la tecnología, se encuentran retos, situaciones o dificultades al integrar las tecnologías digitales en el proceso educativo, siendo estos, desafíos de

diversa índole y surgiendo en diferentes etapas del proceso; entre ellos, se encuentran los de carácter técnico y los pedagógicos.

Los primeros, implican nuevas tecnologías, la adaptación a los cambios, dificultades y necesidad de capacitación, barreras de acceso o infraestructura, competencias y habilidades de corte técnico. Los segundos, hacen referencia al papel de los docentes, estudiantes, y el plan de área.

Por lo tanto, se pueden encontrar diferentes retos en la implementación, al tener en cuenta que:

[...] Las TIC en su versión digital constituyen un signo de este tiempo, que plantea retos importantes a la educación: nuevos roles y funciones sociales de los actores educativos, resignificación de los modos de conocer y por tanto de los modos de aprender.

Particularmente, las TIC exigen una nueva mirada sobre los saberes (Giraldo-Ramírez, 2015, p. 298).

Así que, los retos técnicos, entendiéndolos como las dificultades o problemas específicos que deben superarse para implementar con éxito una solución tecnológica, pueden presentarse de diferentes formas, entre ellas, la falta de infraestructura tecnológica, los requerimientos técnicos, y las condiciones de las instituciones educativas, como es el caso de la falta de conexión a internet, ya que el uso de los LVQ lo requieren en su mayoría, como también, la necesidad de computadores o teléfonos inteligentes (Barrientos-Oradini, 2022). Además, según Giraldo-Ramírez (2015), “[...] el tema de la inversión en infraestructura trae aparejado otro tema inevitable, el de la alfabetización tecnológica, que, en la literatura, tipifica Rebeca Cox (2005) como un mito institucional, asociado a la productividad y a la competitividad” (p. 277).

Adicionalmente, retos de diseño, función y uso de las tecnologías, como la falta de contacto humano y la necesidad de la interacción con los estudiantes (Giraldo-Ramírez, 2015; Barrientos-Oradini, 2022), definidas por el dinamismo y cambio de estas, que conlleva al compromiso, la participación y el esfuerzo por parte del docente y del estudiante en el proceso educativo mediado por TIC (Barrientos-Oradini, 2022).

Visto de otro modo, se encuentran otros retos, como la resistencia al cambio por parte de los docentes, la autodisciplina y la autoexigencia, necesaria por parte de los estudiantes en el

proceso educativo, mediados por TIC, que conllevan flexibilidad y participación. Así mismo, la necesidad de capacitación no solo de los docentes, sino, también, de los estudiantes, que en ocasiones son considerados nativos digitales (Aguilar y Chamba, 2019). Entonces, cómo indica Giraldo-Ramírez (2015), la división existente entre capacitar sobre las herramientas (en ellas y para ellas) y capacitar para la enseñanza en ambientes virtuales, generan retos de interdependencia entre el saber y lo pedagógico en la práctica, ya que, “[...] un modelo situado en el saber y el docente parece limitar el uso de los AVA a tecnologías de entrega y recepción de contenidos, con lo cual, se reduce el uso de las TIC al instrumento, [...] se trivializa” (p. 292).

Por tanto, al capacitar enfocándose solo en la tecnología como tal, “[...] deja por fuera los asuntos pedagógicos, comunicativos y tecnológicos, inherentes a cualquier práctica de enseñanza, y, particularmente, a la que acontece en los ambientes virtuales” (Giraldo-Ramírez, 2015, p. 292).

Para el uso de las TIC en el proceso educativo, que supone retos pedagógicos, como el incorporar nuevos programas, currículos y prácticas pedagógicas (Quintero, 2024), entendiendo estos como los desafíos que enfrentan los educadores al integrar el conocimiento del contenido con las habilidades pedagógicas necesarias, para así mejorar el aprendizaje de los estudiantes, dificultades propias de la enseñanza efectiva y la necesidad de estrategias específicas, superando estos obstáculos y mejorando el rendimiento académico de los estudiantes (Jacob et al., 2020).

La carencia del correcto uso de dichas herramientas para su aplicación genera que no se logren los objetivos de la práctica educativa, ya que, en palabras de Quintero (2024), “es necesario adaptar, articular y promover la praxis pedagógica a través de estrategias en el uso de las nuevas tecnologías de la información, que conlleven al logro exitoso del aprendizaje” (p. 421).

Asimismo, retos como el diseño de contenido, entendido como el desarrollo de materiales didácticos que aprovechen las TIC y, que sean atractivos para los estudiantes, además de todas las estrategias necesarias en los procesos pedagógicos que se verán condicionados a estas tecnologías (Quintero, 2024). Estos se definen a partir de lo denominado; el conocimiento pedagógico del docente, que indica:

[...] tres componentes principales superpuestos: (i) proceso de instrucción (métodos de enseñanza, didáctica, estructuración de una lección y gestión del aula). (ii) Aprendizaje de los estudiantes (disposiciones cognitivas, motivacionales y emocionales de los estudiantes individuales; sus procesos de aprendizaje y desarrollo; heterogeneidad de los estudiantes y estrategias de enseñanza adaptativas). (iii) Evaluación (diagnóstico, principios y procedimientos de evaluación) (Jacob et al., 2020, p. 18).

Los retos del uso de las TIC se definen a partir de las tecnologías utilizadas y de la práctica docente en la enseñanza de la química (Barrientos-Oradini, 2022; Jacob et al., 2020; Quintero, 2024).

Metodología

En este capítulo, se describe inicialmente el tipo de estudio, las fuentes que se analizan, los descriptores y bases de datos utilizados, y el intervalo de tiempo de estas fuentes. Adicionalmente, se describen las categorías e instrumentos con los que se realizaron la sistematización y análisis de la información.

El proyecto tiene un enfoque cualitativo. Según Sandoval (1996), la investigación cualitativa es holística, reconoce que la realidad es una construcción social que emerge del contexto cultural y las relaciones sociales particulares de los individuos, por lo tanto, “obedece a una lógica propia de organización, de funcionamiento y de significación” (Sandoval, 1996, p.41). Esta, es inductiva, interactiva, reflexiva, naturalista, abierta a todas las perspectivas, humanista, y rigurosa: “[...] los investigadores, aunque cualitativos buscan resolver los problemas de validez y de confiabilidad por las vías de la exhaustividad (análisis detallado y profundo) y del consenso intersubjetivo. (Interpretación y sentidos compartidos)” (Sandoval, 1996, p. 42).

Además, dado que este tipo de investigación es multiciclo, “esto es, que varias veces se pasa por la etapa de formulación, otras tantas por las de diseño o propiamente de rediseño, varias veces se gestiona o ejecutan los procesos de recolección de información y análisis” (Sandoval, 1996, p. 113), esta consiste en un estudio detallado de fuentes documentales. Se caracteriza por una comprensión profunda y contextualizada de los fenómenos estudiados, para ello, se describe inicialmente el tipo de estudio, las fuentes analizadas, los descriptores y bases de datos utilizados, el intervalo de tiempo de estas fuentes, se identifican patrones, hallazgos y relaciones, además de que se detallan las categorías e instrumentos cualitativos empleados para la sistematización y análisis de la información (Sandoval, 1996).

Igualmente, el método con el que se aborda el objetivo del estudio es la investigación documental, que, según Martínez-Corona et al. (2023):

Tancara (1993) la reconoce como una serie de técnicas y métodos que tienen como objetivo localizar, procesar y almacenar información en documentos, como primera etapa; para su posterior presentación, bajo las características de ser sistemática, coherente y argumentada en un nuevo documento, esto como segunda etapa. Cuando el proceso tiene la función de responder preguntas sobre un tema en específico se le

denomina análisis documental y consiste no sólo en localizar y seleccionar, sino que se amplía el proceso en organizar y analizar los materiales para lograr encontrar esas respuestas. (p. 69).

Población y muestra

La población del estudio son todas las fuentes documentales que se encuentran en las bases de datos relacionadas con el problema de investigación, de estas, se elige mediante un proceso de muestreo no probabilístico, y que, para realizarlo se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- I. El nivel educativo de los estudios (trabajos de grado de maestría, tesis de doctorado o artículos de investigación).
- II. Que los estudios hayan sido publicados entre los años 2019 y 2024.
- III. Que presenten información pertinente y relevante sobre las categorías a analizar conformes a los objetivos del proyecto (estrategias didácticas, tecnologías, y retos);
- IV. Que provengan de fuentes confiables (bases de datos).
- V. La referencia de la normativa de revistas de alto impacto que permiten la publicación de artículos de revisión.

A partir de lo anterior, se determina que la población es igual a la muestra, la cual se compone de 50 fuentes, donde, el 94% son artículos de investigación y 6% corresponde a trabajos de grado de maestría, publicados desde el año 2019 hasta el 2024, sobre el uso de las TIC, específicamente de los laboratorios virtuales en el área de química como alternativa educativa a los laboratorios presenciales.

La búsqueda de las fuentes a analizar se realiza en las siguientes bases de datos: Scopus, ScienceDirect, Scielo, IEEE, SpringerLink y Web Of Science; en el DANE y en los repositorios de la Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Pontificia Javeriana, y Universidad del Ecuador. Para ello se usan descriptores de búsqueda en inglés como *chemistry virtual laboratory*, *Virtual Laboratories for Learning Chemistry*, *didactic strategy in virtual chemistry*; y, en español, como laboratorios virtuales en química, laboratorios virtuales bachillerato, estrategias didácticas en química y estrategias didácticas en laboratorio virtual de química.

De los estudios seleccionados, el 28% de estos corresponden a investigaciones realizadas en América, (el 26% en Latinoamérica), un 40% en Asia, 16% de estos en Europa, 2% de las fuentes África y Oceanía, respectivamente, y el 12% restante son estudios internacionales.

Categorías

Se plantean cuatro categorías, según los objetivos de este proyecto: I. Estrategias didácticas implementadas en los laboratorios virtuales de química, II. Herramientas tecnológicas (dispositivos y aplicativos), III. Simuladores virtuales de química, IV Retos en la implementación de laboratorio virtuales de química.

Estrategias didácticas implementadas en los laboratorios virtuales de química

La primera categoría plantea las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las acciones o métodos que el docente usa para la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes? ¿Qué metodología usa para implementar los laboratorios virtuales? ¿Qué estrategias se implementan para la enseñanza de la química mediada por TIC?

Esta categoría se refiere al conjunto de métodos y técnicas que los docentes organizan de manera consciente para construir y lograr metas en el proceso enseñanza y aprendizaje de conceptos y habilidades, relacionadas con la química (Feo, 2010; 2009), siendo de interés, aquellos que integran el uso de herramientas tecnológicas para la implementación de laboratorios virtuales y las estrategias como el aprendizaje basado en juegos (Amiati & Ikhsan, 2019), el aprendizaje basado en problemas (Santana Giler et al., 2024), la enseñanza por transmisión-recepción (Pozo, 1999), por descubrimiento (Ruiz, 2007), por investigación (Ruiz, 2007), y las técnicas, entre las que se encuentran las simulaciones interactivas (González, 2020), la inmersión mediante realidad virtual (Sousa-Ferreira et al., 2021), la retroalimentación personalizada (Pinzón, 2016), el diseño de escenarios de experimentos (Amiati & Ikhsan, 2019), y la integración de multimedia (Raman et al., 2021).

Herramientas tecnológicas

En la segunda categoría se plantea la pregunta: ¿Cuáles son las plataformas y dispositivos que se usan para la enseñanza de la química? Pues, en esta se abarcan los dispositivos y aplicativos utilizados en la enseñanza de la química, en los que se accede a material de las ciencias naturales; química, videos, guías, actividades interactivas para tener acercamiento al

componente práctico (Raman et al., 2021). Al respecto, se encuentran aplicativos como: Padlet, Word Wall, Google Drive, texto en línea, PowerPoint, Edarch App (realidad aumentada), Moodle, EduCAT 2.0, EVALOE-SSD, Educaplus; y dispositivos digitales tales como: Tablet, celulares, computadoras, gafas y casco de realidad virtual.

Simuladores virtuales de química

La tercera categoría plantea las preguntas: ¿Cuáles son los simuladores que se usan para implementar laboratorios virtuales en química? ¿Cuáles son los softwares usados?

En esta, se hace referencia a los programas que representan un modelo o entorno interactivo, que brindan flexibilidad e incentivan la autonomía del estudiante, además, permite el acceso remoto, ofrece mayor seguridad, repetición y práctica, retroalimentación inmediata, y que a través de gráficos o animaciones facilitan al estudiante, la visión de lo que ocurre en el entorno que se está simulando (Maila, 2023; Pinzón 2016). Es el entorno mediado por la tecnología, el que comprueba empíricamente la validez de los principios o conceptos químicos que se ven en clase, mediante la aplicación del método científico y experimentos orientados por el docente. Los estudiantes observan o participan de forma activa de estos ensayos químicos, para, posteriormente analizar las teorías o hipótesis planteadas, según los conocimientos de la ciencia, buscando confirmar o rechazarlas, y/o realizar nuevos descubrimientos (MEN, 2015b).

Existe variedad de simuladores de laboratorios virtuales de química, entre los cuales se encuentra: PhET, LabLife3D, Laboratorios de Realidad Virtual, Gamified 3D, VirtuaLabQ, Crocodile, Chemistry605, Yenka, Labovirtual, UNAM, CK.12, UNED, ChemCollective, Educaplus, Chemisim, ChemLab, The Oculus Rift virtual, HTC Vive VR headset, PraxiLabs.

Retos en la implementación de laboratorio virtuales de química

La cuarta categoría plantea la pregunta: ¿Cuáles son los retos técnicos y pedagógicos para la implementación de laboratorios virtuales en Química? Aquí, se encuentran los desafíos que se presentan a la hora de implementar los laboratorios virtuales en Química, los cuales, son de carácter técnico y pedagógico.

Desde la perspectiva técnica, se hallan retos como el acceso a las tecnologías para el uso de estos laboratorios, la disponibilidad tecnológica, conexión a internet, la infraestructura física, limitaciones en las plataformas o simuladores, costos de desarrollo y mantenimiento debido a

que algunas de las tecnologías usadas en laboratorios virtuales requieren de esto en mayor parte para aquellas que requieren de un software y dispositivos especializados, como son las gafas 3D para la inmersión, adicionalmente (aunque no es común), los usuarios pueden presentar mareos en laboratorios de realidad virtual, debido a desajustes en la visión y sensación de movimiento durante la inmersión, que generan incomodidad durante la interacción con el dispositivo. Por otra parte, en los retos pedagógicos se encuentran, el desempeño, las actitudes, el compromiso y la motivación, el desarrollo de habilidades tecnológicas, el conocimiento y la capacitación docente, la experiencia del laboratorio, la interacción física.

Instrumento y técnica de investigación

La técnica que se utiliza es la observación sistemática, no participante, la cual busca clasificar la información recopilada a partir de las categorías definidas. Este, se desarrolla en tres grandes fases: descriptiva, relacional y selectiva.

La primera fase es descriptiva, allí:

[...] aparece un primer tipo de categorías eminentemente descriptivas. Estas emergen o surgen de un primer contacto con los datos recolectados y con su ayuda se pretende englobar, de una manera lógica y coherente, la información recogida, reduciendo el número de unidades de análisis (Sandoval, 1996, p. 159)

La segunda fase, se da en la medida que se avanza en la recolección y el análisis, por lo cual;

[...] se va generando un segundo tipo de categorías que irá a aglutinar las inicialmente formuladas, así, las categorías descriptivas que vinculan entre sí dos o más observaciones darán paso a las categorías relacionales, que son de orden más teórico y vinculan entre sí dos o más categorías descriptivas o teóricas de orden inferior (Sandoval, 1996, p. 159).

La tercera fase, consiste en la depuración, esto para lograr una categorización selectiva conforme a los objetivos del proyecto, que;

[...] arrojará como resultado la identificación o el desarrollo de una o varias categorías núcleo, que articularán todo el sistema categorial construido a lo largo de la investigación. Una de las estrategias que podrá facilitar esta última etapa del proceso es el desarrollo de matrices de análisis (Sandoval, 1996, p. 159).

El instrumento de investigación es una matriz bibliográfica, donde se sistematizan las fuentes seleccionadas para el análisis. Se realiza en el programa estadístico de Excel Tabla 1.

Tabla 1.

Matriz documental del proyecto

Referencia	Descriptores	Base de datos o repositorio	Idioma	Tipo de fuente	Año de publicación	País del estudio	Ámbito del estudio	Palabras clave	Categorías				Tecnologías utilizadas	Notas del investigador
									Estrategias didácticas	Herramientas tecnológicas	Retos técnicos y pedagógicos	Objeto de estudio		

Técnica de análisis

Una vez realizada la recolección de datos, se procede a utilizar el análisis de contenido, de corte descriptivo por categorización temática (Sandoval, 1996), como técnica de estudio de la información. Este proceso tiene en cuenta los objetivos planteados en la investigación, para que, una vez realizado el análisis, se proceda a describir los resultados. El análisis consiste en las siguientes fases:

Primera fase: Búsqueda y selección de fuentes. Se parte de la búsqueda en las bases de datos mediante los descriptores de la investigación, y se realiza una aproximación a cada artículo, donde se eligen las fuentes que cumplen con los criterios de selección.

Segunda fase. Lectura y sistematización. Se realiza un primer nivel de análisis de la información seleccionada, con el fin de relacionar los datos, de acuerdo con los objetivos de la

investigación. Para ello, inicialmente se realiza la lectura general mediante una categorización de la información de los estudios.

Tercera fase: Comparación de la información. Una vez realizada la sistematización, se realiza un segundo nivel de análisis con la información de los estudios en la matriz, para reconocer las similitudes y diferencias.

Cuarta fase: Análisis, interpretación y síntesis de la información. Por último, se realiza un análisis profundo de los datos sistematizados.

Resultados

En el presente capítulo, se presentan los resultados de un análisis documental a partir de las categorías establecidas: estrategias didácticas implementadas en los laboratorios virtuales de química, tecnología utilizada entre las cuales se encuentra tanto herramientas tecnológicas como los simuladores virtuales de química, y, finalmente los retos en la implementación de estos laboratorios.

Estrategias didácticas empleadas en la implementación de laboratorios virtuales de química

En relación con las estrategias didácticas utilizadas durante la implementación de laboratorios virtuales en química, se encuentra que el 56% de los estudios analizados especifican su uso, de estos, en el 57% se encuentran estrategias que brindan un ambiente y momentos para la participación activa y consciente del estudiante, mediante estudio de casos, juegos, y problemas. Estas son: aprendizaje activo, aprendizaje basado en juegos, aprendizaje basado en problemas, y el aprendizaje basado en redes. En el otro 43% de los estudios, se hallan estrategias que se enfocan en el uso de las tecnologías y el proceso de enseñanza y aprendizaje, donde existen el aprendizaje experimental basado en tecnología y el aprendizaje experimental por inmersión (Tabla 2).

Ahora, en cuanto a las estrategias en general, la más mencionada en los estudios es el aprendizaje basado en tecnología o *technology-based learning media*, por el 32% de estos (ver la Tabla 2). Seguidamente, se encuentra el aprendizaje basado en juegos, que se reconoce en el 25% de los estudios, estrategia que utiliza elementos lúdicos y juegos para fomentar la motivación y la participación del estudiante. Los juegos no solo hacen que el proceso de aprendizaje sea más atractivo, sino que también facilitan la retención y aplicación de conceptos teóricos en situaciones prácticas mediadas por las TIC, donde el laboratorio virtual se convierte en un ambiente interactivo y entretenido, que interesa al estudiante por los conceptos vistos (Amiri et al., 2023; Santana Giler et al., 2024).

Posteriormente, se define el aprendizaje activo, el cual se halla en el 21% de los estudios (Figura 1), citas que se pueden observar en la Tabla 2. Esta estrategia se centra en la

participación constante del estudiante en su propio proceso de aprendizaje, en lugar de ser un receptor pasivo de información, el alumno se involucra activamente en actividades como debates, resolución de problemas y proyectos referentes a las prácticas mediante el laboratorio virtual y los temas tratados en estos (Tatenov et al., 2024; Viitharaju et al, 2023).

Luego, también se encuentra el Aprendizaje Basado en Recursos, en el 7% de los estudios. Esta estrategia se basa en el uso de tecnologías como dispositivos móviles e internet, para ofrecer experiencias educativas personalizadas e interactivas. Los recursos digitales, y, por tal razón, el laboratorio virtual, se adapta a las necesidades individuales de los estudiantes y de las prácticas a desarrollar (Ahmed et al., 2022; Xiaopan & Zhiyi, 2020).

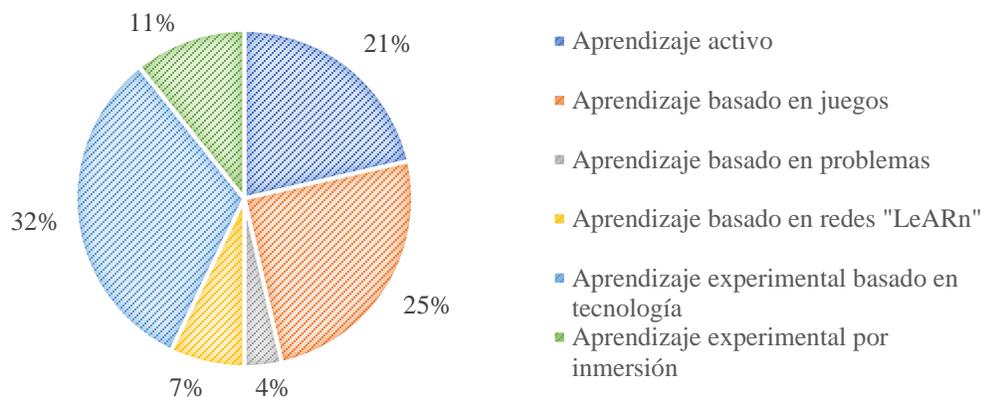
Finalmente, se encuentra el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), en donde, esta estrategia, se halla en la minoría de los estudios, en el 4% de estos, la cual impulsa a los estudiantes a enfrentar problemas del mundo real. Se fomenta el pensamiento crítico y científico, la colaboración y la resolución de problemas prácticos, mediante la implementación de los laboratorios virtuales. Los estudiantes trabajan en soluciones conjuntas y reflexionan sobre sus procesos, acorde a las temáticas trabajadas (Santana Giler et al., 2024).

Tabla 2.
Estrategias didácticas empleadas

Estrategias	Tipo	Descripción	Autores
Aprendizaje activo	Se basa en brindar un ambiente donde los estudiantes participen activamente de su aprendizaje, donde se involucren y puedan aplicar los conceptos de clases mediante ya sea	Se centra en la participación de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje. El maestro trata de implicar a los estudiantes de manera directa en su propio proceso de adquisición del conocimiento. En este enfoque, los alumnos no solo escuchan de forma pasiva, sino que también realizan acciones concretas para aprender.	Viitaharju et al. (2023); Tatenov et al. (2023); Peralta (2024); Amiati & Ikhsan (2019); Dinc et al. (2021); Zhang et al. (2021).

Estrategias	Tipo	Descripción	Autores
Aprendizaje basado en juegos	casos, solución de problemas, actividades que les permiten relacionar la teoría y la práctica con la vida y la sociedad.	Utiliza elementos de juego para fomentar el aprendizaje en entornos educativos. A través de la integración de juegos en el proceso de enseñanza, se busca no solo mejorar la retención de conocimientos, sino también promover la participación activa de los estudiantes y aumentar su motivación para aprender	Santana Giler, et al. (2024); Kartimi et al. (2022); Amiati & Ikhsan (2019); Eljack et al. (2020); Hu-Au & Okita (2021); Ali et al. (2024); Broyer, et al. (2021).
Aprendizaje basado en problemas		Utiliza problemas del mundo real como base para el aprendizaje, promoviendo la investigación, el trabajo en equipo y la reflexión. Fomenta el pensamiento crítico, la aplicación práctica del conocimiento y la resolución de problemas reales	Santana Giler et al. (2024).
Aprendizaje basado en redes	Se enfocan en el uso de las tecnologías y el internet como herramientas de apoyo en el aprendizaje del estudiante, donde	Es una estrategia educativa que utiliza las redes sociales y plataformas en línea para fomentar la colaboración, el intercambio de conocimientos y la construcción conjunta de aprendizaje entre estudiantes y expertos.	Xiaopan & Zhiyi (2020); Ahmed et al. (2021).
Aprendizaje experimental basado en tecnología	donde se utilizan las redes, los dispositivos, aplicativos, y programas para lograr un aprendizaje donde los estudiantes puedan sumergirse en un laboratorio,	Se centra en la experiencia directa del estudiante. En lugar de simplemente recibir información pasivamente, los alumnos participan activamente en la exploración, el descubrimiento y la resolución de problemas. La tecnología desempeña un papel importante al proporcionar herramientas y recursos para facilitar este proceso.	Ramírez & Bueno (2020); Jingcheng et al. (2020); Tatenov (2023); Urquizo et al. (2020); Hernández, et al. (2020); da Silva et al. (2022); Ali et al. (2024); Zandler, & Greiner (2020); Alhashem & Alfaiakawi (2023).
Aprendizaje experimental por inmersión	donde sea colaborativo, interactivo, y les permita explorar, descubrir y construir el conocimiento científico.	Implica sumergirse en un entorno interactivo donde los estudiantes adquieren conocimientos y aplican habilidades en la práctica. Se utiliza tecnología como la realidad virtual y aumentada para crear un entorno artificial que facilita la asimilación de nueva información.	Ramírez & Bueno (2020); Jingcheng et al. (2020); Costa Coelho et al. (2020).

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios citados en la tabla.

Figura 1.*Frecuencia de la mención de las estrategias didácticas en los estudios*

En resumen, estas estrategias didácticas tienen como objeto, crear y propiciar un ambiente de aprendizaje interesante para los estudiantes, interactivo y participativo, donde los mismos se sientan comprometidos y desarrollen habilidades valiosas de vida, y de índole científico, donde involucran la experiencia de la experimentación y la tecnología para desarrollar el pensamiento crítico y científico, dando paso a la práctica de los conceptos y teoría de la química, conforme a los diferentes niveles académicos de los estudios.

Además, las estrategias como el aprendizaje basado en juegos hacen que los estudiantes se motiven e interesen por su proceso formativo, debido a que, brinda un entorno interactivo, “[...] en forma de patio de juegos para experimentos en el mundo virtual, es un factor de apoyo para enriquecer la experiencia y motivar a los estudiantes a realizar experimentos de forma interactiva y desarrollar actividades de habilidades experimentales” (Amiati & Ikhsan, 2019, p. 363). Siendo así, al integrar elementos lúdicos en el proceso educativo, se logra una mayor retención y aplicación de los conceptos teóricos en situaciones prácticas (Amiati & Ikhsan, 2019). Según Santana Giler et al. (2024), los laboratorios virtuales se convierten en espacios interactivos y atractivos, que captan el interés de los estudiantes, facilitando un aprendizaje más efectivo y placentero.

En igual forma, estrategias como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y el Aprendizaje Basado en Recursos (aunque menos mencionadas por los estudios), complementan este enfoque pedagógico al impulsar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la

personalización del aprendizaje. Diferenciando, es importante mencionar que con estrategias como el aprendizaje experimental basado en tecnología;

[...] los alumnos comprenden el concepto, participan en el aprendizaje, construyen conocimientos y se convierten en aprendices de por vida, mediante un enfoque que enfatice la independencia de los alumnos para gestionar su progreso de aprendizaje, el trabajo en equipo y la integración de la teoría y las prácticas en un marco tecnológico. (Nsabayezu et al., 2022, p. 12253)

Teniendo en cuenta, las diferentes estrategias didácticas mencionadas en los estudios, como el aprendizaje activo, se centran en la participación constante del estudiante en su propio proceso de formación, mediante los laboratorios virtuales de química. Los estudios de Tatenovet al. (2024) y Viitharaju et al., (2023), indican que no solo incrementa la comprensión de conceptos científicos, sino que, también desarrollan habilidades críticas y colaborativas, esenciales para la formación integral del estudiante, lo que ocasiona un entorno educativo en donde los alumnos no cumplen con un papel sólo de receptores de información, sino que, son agentes activos que construyen su conocimiento a través de la interacción y la experimentación en la química.

En consecuencia, estas estrategias didácticas no solo enriquecen la experiencia educativa en la implementación de los laboratorios, sino que, también buscan que los estudiantes se preparen para enfrentar los desafíos del mundo real con un enfoque científico y tecnológico integral.

Las tecnologías utilizadas en la implementación de laboratorios virtuales de química

Este apartado se divide en los resultados relacionados con el uso de 1) dispositivos tecnológicos, 2) aplicaciones y 3) simuladores de laboratorios virtuales de química (LVQ). Primero, en cuanto a los dispositivos utilizados para la implementación de los laboratorios virtuales de química, en la Tabla 3 se presentan: el teléfono inteligente, el computador, la tableta, las gafas de realidad virtual, y las cámaras. Estos, a su vez se diferencian según su tipo, ya sea porque almacenan y procesan la información, o porque sirven de complemento para la experiencia del LVQ.

Tabla 3.
Tecnologías mencionadas en los estudios revisados

Tipo	Descripción	autores
Teléfono inteligente	Sistema operativo Android o IOS, mayormente usado en laboratorios de realidad aumentada	Viitaharju, (2023); Peralta, et al. (2024); Soriano & Jiménez (2023); Dinc et al. (2021); Costa Coelho et al. (2022); Ahmed et al. (2021); Istiqomah et al. (2022)
Computador	Se requieren para el uso de la mayoría de los simuladores de laboratorios de química	Viitaharju (2023); Suno & Ohno (2023); Jingcheng et al. (2020); Rodríguez de Brito et al. (2023); (Santana Giler et al. (2023); Aguinda (2023); Riol (2023); Peralta et al. (2024); Kartimi, et al. (2022); Urquizo et al. (2022); Hernández et al. (2021); Manyilizu (2023); Santana (2023); Vizcaíno & Pérez (2022); Ali et al. (2022); da Silva & de Vasconcelos (2022); Le et al. (2022); Eljack et al. (2020); Xiaopan & Zhiyi (2020); Zhang & Sureephong (2021); Sánchez-López et al. (2022); Ramírez & Bueno (2020); Pan et al. (2022); Sabando et al. (2021); Kolil et al. (2020); Zandler & Greiner (2020); Alhashem & Alfaiakawi (2023); Austria-Melo, et al. (2022); Ali et al. (2023); Liesatyadharma et al. (2023)
Tableta	Se usan para la realidad aumentada, en estas se requiere de la cámara de la tableta	Viitaharju (2023); Soriano & Jiménez (2023); Ahmed et al. (2021);
Gafas realidad virtual	Se usan en laboratorios de realidad virtual, se encuentran diferentes modelos: VR-Labs gafas 3D; HTC Vive VR headset; Oculus Rift. Viewfinder; oculus quest 2; Oculus Quests CPU; Oculus Quest™; Virtual Reality glasses (VR-Box)	Amiati & Ikhsan (2019); Hu-Au & Okita (2021); Ramírez & Bueno (2020); Ali et al. (2024); Broyer et al. (2021); Gungor et al. (2022)
Cámaras	Cámaras RGB, Cámara Depth o de profundidad, cámaras de los teléfonos inteligentes y tabletas	Viitaharju (2023); Ahmed et al. (2021); Pan et al. (2022)

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios citados en la tabla.

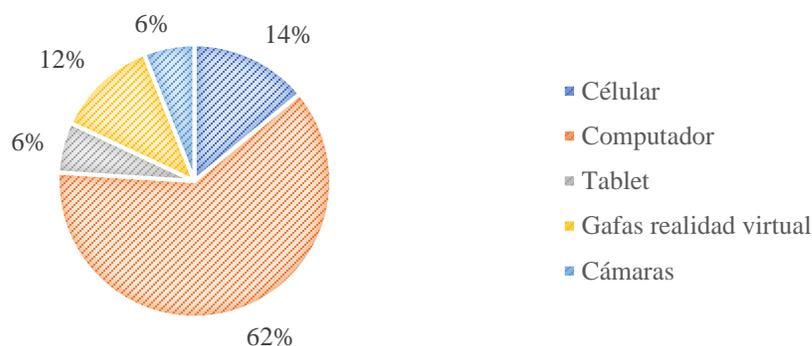
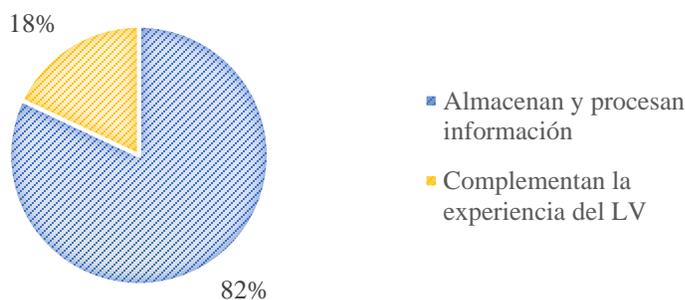
En la Figura 2, se observa que, entre los diferentes dispositivos electrónicos, en su mayoría los encontrados son los computadores y teléfonos inteligentes, en el 62% y 14% de los estudios respectivamente, debido a que suelen ser de mayor facilidad, y accesibilidad, además de tener la capacidad para albergar programas y aplicaciones, y procesar información recolectada.

Por otra parte, los dispositivos que se hallan en la minoría de los estudios, en el 6% de estos respectivamente, corresponden por un lado a las cámaras, de las cuales se encuentran del tipo RGB y de cámaras de profundidad, y, en conjunto permiten el desarrollo del laboratorio por realidad virtual (Pan et al., 2022), como también las cámaras que vienen incorporadas en los teléfonos inteligentes y tabletas, y son requeridas en la realidad aumentada (Ahmed et al., 2021; Viitaharju, 2023). En otra índole, a las tabletas que, aunque es un dispositivo completo, no suele ser de fácil acceso, ya que muchas de las instituciones y/o estudiantes no cuentan con estos recursos (Zhang et al., 2021).

Adicionalmente, en el 82% de los estudios se menciona el uso de componentes electrónicos de estos dispositivos, como procesadores, memoria RAM, que les permiten procesar y almacenar la información, ya sea en el almacenamiento local o en la nube, y otorgan el desarrollo del laboratorio virtual (Figura 3). Estos componentes conceden el funcionamiento y realización de tareas específicas.

Así mismo, utilizan sistemas operativos para administrar sus funciones. Los sistemas iOS y Android, son comunes en teléfonos inteligentes, mientras que Windows, MacOS y Linux se utilizan en computadoras. En el caso de las tabletas, su sistema operativo puede variar según sus especificaciones (Android, IOS, Windows). Los requerimientos mínimos del software, como la compatibilidad con un sistema operativo específico y la capacidad de la memoria RAM, deben cumplirse para que el software funcione correctamente en estos dispositivos. Además, los usuarios pueden instalar aplicaciones y software adicionales para ampliar las capacidades y herramientas de trabajo de sus dispositivos, que permiten acceder a sitios web, redes virtuales, realizar videollamadas, etc., a través de la conexión a Internet.

Así también, en el 18% de los estudios se encuentran dispositivos que complementan o mejoran la experiencia del LVQ. Por un lado, se hallan las gafas de realidad virtual, que permiten una experiencia inmersiva en la que los estudiantes interactúan con un ambiente 3D, brinda un acercamiento a un ambiente similar a un laboratorio físico (Ali et al., 2024; Amiati & Ikhsan, 2019, Hu-Au & Okita, 2021; Ramírez & Bueno, 2020). Por otro lado, las cámaras complementan el laboratorio virtual en realidad aumentada o realidad virtual, estos dispositivos junto con el uso de sensores permiten acompañar el proceso y apoya la experiencia de LVQ (Ahmed et al., 2021; Pan et al., 2022; Viitaharju, 2023).

Figura 2.*Frecuencia de mención de los dispositivos en los estudios***Figura 3.***Dispositivos según su tipo*

Ahora, por otro lado, el 12% de los estudios indican que se requieren aplicativos (Tabla 4) para desarrollar la experiencia práctica en el LVQ.

Los aplicativos del tipo ambientes virtuales, son parte esencial de la enseñanza mediada por las TIC; plataformas como Google Site y Google Drive, Moodle, EVALOE-SSD, EduCAT 2.0, permiten a los educadores crear espacios colaborativos en línea. Estas aplicaciones, que se hallan en el 33% de los estudios (Figura 4), brindan a los docentes el espacio para compartir recursos, asignaciones y materiales de estudio con los estudiantes de manera eficiente (Peralta, et al., 2024; Rodríguez de Brito, et al., 2024). La accesibilidad en línea de estas herramientas facilita la comunicación y la colaboración, incluso cuando los estudiantes y docentes están en diferentes ubicaciones geográficas como es el caso de la educación en línea o remota (Peralta, et al., 2024; Rodríguez de Brito, et al., 2024).

En relación con los aplicativos para crear/diseñar, destaca WordWall y Padlet, estos se encuentran en el 16.7% de los estudios. Estos permiten a los educadores diseñar tableros interactivos con actividades personalizadas. Los estudiantes pueden participar en juegos, resolver acertijos y colaborar en tiempo real, brindan el espacio para la creatividad y la interacción se combinan para hacer que el aprendizaje sea más atractivo y participativo, además, de que son accesibles desde dispositivos móviles, lo que facilita la adaptación a diferentes contextos de aprendizaje (Rodríguez de Brito et al., 2024).

En otra vía, se encuentra la realidad aumentada (RA) que se menciona en el 50% de los estudios mencionados, la cual transforma la manera en que los estudiantes interactúan con las temáticas de clase. Aplicaciones como QuimicaAR y Edarch App hacen uso de la cámara de los dispositivos para superponer información digital en el entorno físico, permite, por ejemplo, que los estudiantes puedan explorar moléculas en 3D o realizar experimentos virtuales. Estas aplicaciones ofrecen experiencias inmersivas que estimulan la curiosidad y mejoran la comprensión de los conceptos en química (Costa Coelho et al., 2022; Dinc et al., 2021; Hernández et al., 2021).

Tabla 4.

Aplicativos mencionados en los estudios

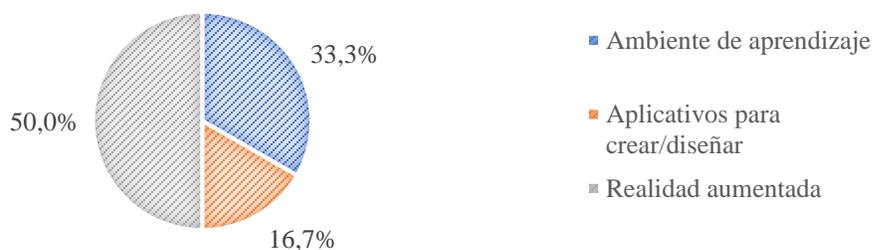
Tipo	Aplicativo	Descripción	Accesibilidad	Costo
Ambiente de aprendizaje	Google Site y Google Drive (Rodríguez de Brito, et al., 2024); Moodle, EVALOE-SSD, EduCAT 2.0 (Peralta, et al., 2024)	Aplicaciones que se utilizan en el ámbito educativo para facilitar la enseñanza y el aprendizaje, brindan el ambiente de trabajo realizan actividades y se evalúan los procesos.	En línea	Son herramientas gratuitas
Aplicativos para crear/diseñar	WordWall (Rodríguez de Brito et al., 2024) Padlet (Rodríguez de Brito et al., 2024)	Aplicativos que permiten crear tableros, presentaciones, murales y el trabajo colaborativo	De escritorio/ smartphone/ En línea	

Tipo	Aplicativo	Descripción	Accesibilidad	Costo
Realidad aumentada	QuimicAR (Hernández, et al., 2021); Edarch App (Costa Coelho, et al., 2022); ARChem (Dinc, et al., 2021)	Aplicaciones que requieren de un sistema operativo Android o IOS y de una tableta o smartphone con cámara, porque son de realidad aumentada.	De smartphone/tableta	

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios citados en la tabla.

Figura 4.

Frecuencia de tipo de aplicativos mencionados en los estudios



Finalmente, en cuanto a los simuladores de LVQ, en los estudios se encuentran una variedad conforme a las necesidades del proyecto y el contexto donde se desarrollan las prácticas, en la Tabla 5 se pueden observar los diferentes tipos.

Los simuladores en línea, mencionados en las investigaciones, requieren de acceso a dispositivos electrónicos, electricidad y conexión a internet. Este tipo de simuladores son más ligeros en comparación con los fabricados para escritorio, pues requieren de software y procesadores más robustos. Entonces, como lo indica la Figura 5, en el 78% de los estudios se encuentran simuladores en línea y el 22% de estos aluden a programas para computadores, lo que se deberá tener en cuenta en caso de desear la implementación de los LQV en zonas rurales o vulnerables, ya que requieren del acceso a una buena conexión de internet o en su lugar, equipos que permitan el correcto funcionamiento de los programas para escritorio.

Adicionalmente, en cuanto a la gratuidad o costo de los simuladores implementados, en la mayoría, el 81% de los estudios indican que son de acceso libre (Figura 6), el otro 11% de las investigaciones señalan que se requiere de pago para la versión completa, y un 8% de las fuentes no lo especifican teniendo en cuenta que son investigaciones donde parte de su proceso es el diseño y desarrollo del simulador. El hecho de que la mayoría de estos simuladores sean

gratuitos, representa un factor favorable, ya que, precisamente se buscan alternativas que sean flexibles y accesibles, que no acarreen un costo mayor a lo que sería adecuar o invertir en la infraestructura física de la institución, pues, se busca que sean accesibles, con el fin de sean las instituciones que no tienen los recursos adicionales para invertir en este campo buscando nuevas alternativas que ayuden a abarcar el componente experimental primordial en la química.

Tabla 5.

Frecuencia de mención de los simuladores en los estudios

Tipo	Nombre	autores	Vínculo al simulador	Descripción	Costo
En línea	PhET	Rodríguez de Brito, et al. (2023); Aguinda (2023); Peralta et al. (2024); Kartimi et al. (2022); Urquizo et al. (2022); Vizcaíno & Pérez (2022); da Silva & de Vasconcelos (2022)	https://phet.colorado.edu/es/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html	Simuladores web donde se encuentran diferentes temáticas de laboratorio a desarrollar de química, para estos son necesarios tener acceso a internet y computador	Gratis
	Chemistry605	Urquizo et al. (2022)	https://www.gpb.org/chemistry-study-of-matter/episodes/605		
	Labovirtual	Vizcaíno & Pérez (2022)	https://labovirtual.blogspot.com/p/quimica.html		
	UNAM	Vizcaíno & Pérez (2022)	http://www.objetos.unam.mx/		
	CK.12	Vizcaíno & Pérez (2022)	https://interactives.ck12.org/simulations/chemistry.html		
	UNED	Vizcaíno & Pérez (2022)	https://multimedia.uned.ac.cr/pem/laboratorio_quimica/pag/inicio.html		
	ChemCollective	Vizcaíno & Pérez (2022)	https://chemcollective.org/sims		
	Educaplus	Vizcaíno & Pérez (2022)	https://www.educaplus.org/games/quimica		
Chemisim	Le, et al. (2022)	Diseñado por investigadores, sin vínculo web.		No se especifica	

	Praxilab	Alhashem & Alfailakawi (2023)	https://praxilabs.com/		Tiene versión demo/ y de pago
	Chccchem Collective	Hernández (2024)	https://chemcollective.org/vlabs		Gratis
	Olabs	Hernández (2024)	http://www.olabs.edu.in/?pg=topMenu&id=41&		
	ClaudLabs	Hernández (2024)	https://my.cloudlabs.us/areas		
	Vlab Amrita	Hernández (2024)	https://vlab.amrita.edu/index.php?sub=2		
	LV Salvador Hurtado	Hernández (2024)	https://po4h36.wixsite.com/laboratoriovirtual/quimica		
Para escritorio	Yenka	Urquizo et al. (2022); Zandler & Greiner (2020)	Aplicación de escritorio	Simuladores de realidad virtual, se requiere de computador, estos simuladores pueden ser de realidad virtual 2D y 3D, depende de los recursos que contenga y los alcances de los experimentos, puede ser gratuito o de pago	Gratis
	Crocodile	Urquizo et al. (2022)	Aplicación de escritorio		
	Chemlab	Eljack et al. (2020)	Aplicación de escritorio		De pago
	ChemVA	Sabando et al. (2021)	Diseñado por investigadores		No se especifica
	Nobook SLS	Pan, et al. (2022)	Aplicación de escritorio		De pago

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios citados en la tabla.

Figura 5.
Tipo de tecnología

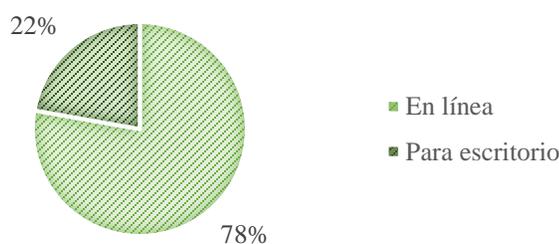
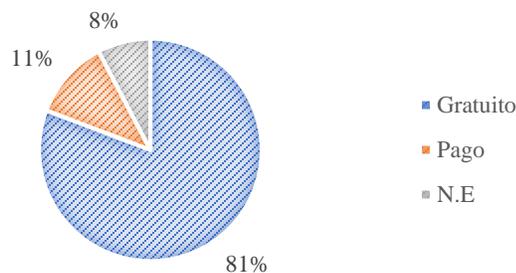


Figura 6.
Accesibilidad a la tecnología implementada en LVQ



Adicionalmente, entre los diferentes simuladores virtuales listados en la Tabla 6, el simulador PhET es el mayormente implementado, este es mencionado en el 26% de los estudios debido a su variedad de temas, experimentos, gratuidad y facilidad de acceso; y en el resto de los estudios, el 74%, se encuentran otros simuladores, como lo muestra la Figura 7.

Tabla 6.
Simuladores LVQ

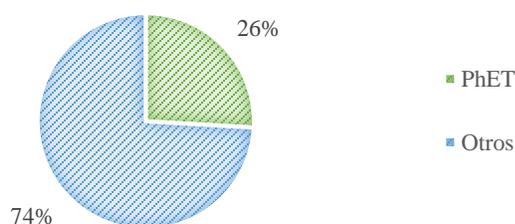
Nombre	Frecuencia mencionados
PhET	25,93%
Yenka	7,41%
Chemistry605	3,70%
Labovirtual	3,70%
UNAM	3,70%
CK.12	3,70%
UNED	3,70%
ChemCollective	3,70%
Educaplus	3,70%
Chemisim	3,70%
Praxilab	3,70%
ChccchemCollective	3,70%
Olabs	3,70%
ClaudLabs	3,70%
Vlab Amrita	3,70%
LV Salvador Hurtado	3,70%

Nombre	Frecuencia mencionados
Crocodile	3,70%
Chemlab	3,70%
ChemVA	3,70%
Nobook SLS	3,70%

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios citados en la tabla.

Figura 7.

Frecuencia de mención de los Simuladores LVQ en los estudios



Los retos que resultan de la implementación de laboratorios virtuales de química en el área

La implementación de alternativas como los laboratorios virtuales, supone a su vez una variedad de retos, entre estos se encuentran los técnicos y los pedagógicos encontrados en el 66% de los estudios (Tabla 7).

Entre los retos técnicos están: la falta de acceso a internet para aplicaciones como Google Site, Google Drive, WordWall, Moodle, EVALOE-SSD, EduCAT 2.0 (Peralta et al., 2024; Rodríguez de Brito et al., 2024, Santana, 2023); los laboratorios virtuales como ambientes poco estimulantes cuando se realizan por medio de presentaciones de PowerPoint y videos (Montoya et al., 2023); la pérdida parcial de la realidad presentada en tecnologías como los simuladores de realidad virtual (Riol, 2023); la necesidad de mayor nivel de interactividad en el laboratorio (Viitaharju et al., 2023; Vizcaíno & Pérez, 2022) y la interacción con el docente y estudiantes (Ahmed et al., 2021; Yang et al., 2023); las tecnologías 3D pueden causar mareos (Ali et al., 2024; Broyer et al., 2021; Zhang et al., 2021); y la falta de conexión a internet (Santana, 2023; Yazici & Nakıboğlu, 2023) o los requerimientos de tecnología e infraestructura que son

indispensables para llevar a cabo los laboratorios virtuales (Amiati & Ikhsan, 2019; Kartimi et al., 2022; Manyilizu, 2023; Muhaimin et al., 2020; Peralta et al., 2024; Zhang et al., 2021).

Por otra parte, en cuanto a los retos pedagógicos mencionados en los estudios se encuentran la capacitación docente/conocimiento y habilidades TIC (Kolil & Achuthan, 2023; Manyilizu, 2023; Muhaimin et al., 2020; Peralta et al., 2024; Santana, 2023; Yazici & Nakıboğlu, 2023); la adaptación curricular para implementar laboratorios virtuales (Peralta et al., 2024); y aspectos actitudinales por parte de los estudiantes referentes a la disposición y atención prestada para la implementación y desarrollo de las prácticas a partir de los laboratorios virtuales (Hu-Au & Okita, 2021).

Tabla 7.

Retos para la implementación de LVQ mencionados en los estudios

Tipo	Reto	Tecnologías		Autor
Técnico	Falta de acceso a internet	Aplicaciones	Google Site, Google Drive, WordWall; Moodle, EVALOE-SSD, EduCAT 2.0	Santana (2023); Peralta et al. (2024); Rodríguez de Brito et al. (2024)
	Poco estimulante	Presentaciones multimedia	PowerPoint, videos	Montoya et al. (2023)
	Perdida parcial de la realidad	Realidad virtual	Simulador escritorio/en línea	Riol, (2023)
	Necesidad de mayor nivel de interactividad en el laboratorio			Vizcaíno & Pérez (2022); Viitaharjue et al. (2023)
	Que el simulador permita mayor interacción entre docente-estudiante, estudiante-estudiante			Yang et al. (2023); Ahmed et al. (2021)
	No todos los simuladores son gratuitos, o limitaciones			Eljack et al. (2020); Sabando et al. (2021)

Tipo	Retos	Tecnologías	Autor
	Conexión a internet		Santana (2023); Yazici & Nakıbođlu (2023)
	Requerimiento de tecnología avanzada	Gafas 3D	Zhang et al. (2021).
	Pueden experimentar mareos		Zhang et al. (2021); Ali et al. (2024); Broyer et al. (2021)
	Falta de infraestructura tecnológica/acceso	En general	Peralta et al. (2024); Kartimi et al. (2022); Manyilizu (2023); Amiati & Ikhsan (2019); Zhang et al. (2021); Muhaimin et al. (2020)
	Falta de financiación del gobierno		Manyilizu (2023); Muhaimin et al. (2020);
	Problemas de acceso a electricidad		Manyilizu (2023)
Pedagógica	Capacitación docente/conocimiento y habilidades TIC		Peralta et al. (2024); Kolil & Achuthan (2023); Yazici & Nakıbođlu (2023); Muhaimin et al. (2020); Manyilizu (2023); Santana (2023)
	Adaptación curricular		Peralta et al. (2024)
	Actitudinales por parte de los estudiantes (disposición y atención)		Hu-Au & Okita (2021)

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios citados en la tabla.

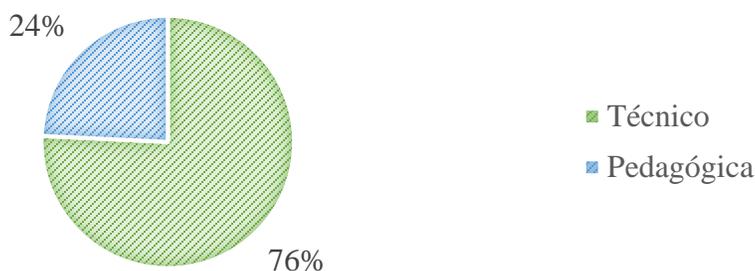
Según lo anterior, y lo indicado en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**, la mayoría de los retos que se hallan en los estudios, en el 76% de estos, son del tipo técnico, como se mencionaba anteriormente, aquellos que hacen referencia a las tecnologías y necesidades tecnológicas (Tabla 7). Específicamente, se encuentran retos frente a la electricidad, financiación, acceso a la infraestructura de TIC, y el no acceso a internet, lo que limita la fluidez y el alcance de los LVQ o los imposibilita según los requerimientos técnicos. Un caso, es el estudio de Manyilizu (2023), donde se evidencia que, en instituciones tales como las escuelas en Tanzania, no tienen en su mayoría la infraestructura de TIC ni electricidad, lo que limita el uso de LVQ.

Asimismo, se encuentra como dificultad el costo de algunos de los simuladores, como el caso de ChemLab, que requiere de un pago por colegio para tener acceso a diferentes herramientas, algunas de ellas; juegos, y el uso completo de este simulador, lo que representaría un punto a consideración en instituciones con bajos recursos.

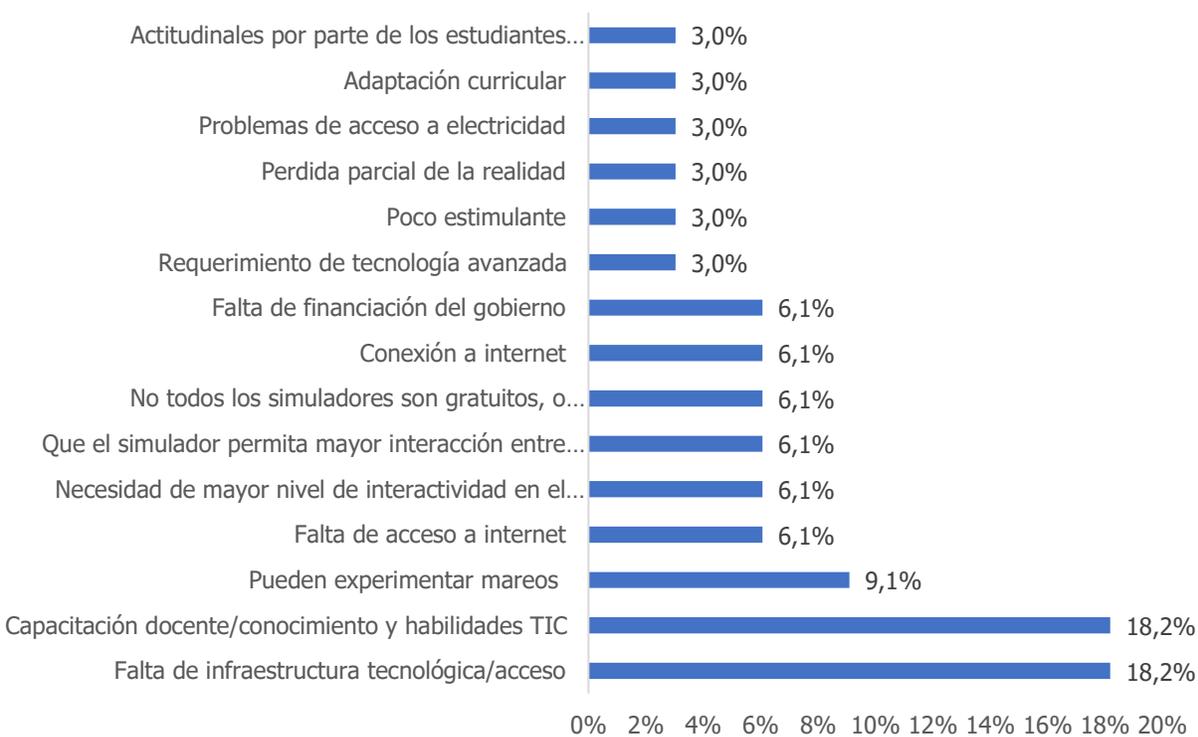
Sumado a lo anterior, se encuentra que algunas de estas tecnologías pueden causar efectos adversos tales como mareos o pérdida parcial de la realidad, esto, ocasionado por largas horas expuestos a dispositivos como las gafas de realidad virtual (Ali et al., 2024; Broyer et al., 2021; Zhang et al., 2021).

Entre tanto, se encuentran en minoría los retos pedagógicos, en el 24% de las fuentes, aspectos que dificultan el desarrollo adecuado de los laboratorios virtuales, desde el papel del docente, del estudiante y de la adaptación curricular, lo cual evidencia los desafíos desde diferentes actores y ámbitos de las instituciones educativas. Entre estos, se encuentra la alfabetización digital enfocada en las habilidades y conocimientos de los docentes necesarios para brindar el uso óptimo de los LVQ. Sin embargo, según Manyilizu (2023), es necesario considerar que los países con economías en desarrollo no le dan prioridad a la formación adecuada de los docentes en TIC ni a la mejora de sus habilidades en TIC, lo que, conlleva a una mala ejecución de estas prácticas mediadas por tecnologías, y por tanto, a generar el efecto contrario al deseado; es decir, buenas prácticas y mejora del aprendizaje (Kolil & Achuthan, 2023).

Por último, se encuentran desafíos en cuanto a aspectos actitudinales de los estudiantes ante alternativas de aprendizaje, la disposición y atención a las prácticas mediante LVQ, las cuales requerirán de las estrategias didácticas y ajustes necesarios para el desarrollo de las experiencias educativas; así como también, conllevan a retos en ajustes requeridos en los planes curriculares del área, ya que se deben adaptar a estas alternativas mediadas por TIC.

Figura 8.*Frecuencia de los tipos de Retos mencionados en los estudios*

Finalmente, de todos los retos mencionados, los que priman entre los técnicos y pedagógicos son la falta de infraestructura tecnológica en el 18,2% de los estudios, y la capacitación docente en TIC en el 18,2% de estos, como se evidencia en la Figura 9, lo que da cuenta del importante papel que desempeñan los educadores, la infraestructura y los requerimientos técnicos para la implementación de estos LVQ.

Figura 9.*Retos en la implementación de LVQ*

Conclusiones

De acuerdo con el uso de estrategias, la que más se utiliza es el aprendizaje basado en tecnología. Esta, se centra en la utilización de herramientas digitales y recursos en línea, facilitando la enseñanza de conceptos complejos de química, a través de la tecnología, y por medio de simulaciones, videos interactivos y plataformas de aprendizaje digital. Las estrategias didácticas en la implementación de laboratorios virtuales de química se destacan por la integración de tecnologías y métodos pedagógicos innovadores.

La segunda estrategia que más se menciona en los estudios, es el aprendizaje basado en juegos. Esta busca, por medio de la utilización de juegos, hacer el aprendizaje más atractivo y motivador para los estudiantes, al incorporar juegos educativos, retos y recompensas. Con esta estrategia, los estudiantes se sienten más comprometidos y encuentran a la química más accesible y divertida.

La tercera estrategia que se menciona en la mayoría de los estudios es el aprendizaje activo. Enfatiza en la participación directa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, y busca promover actividades que requieren análisis, evaluación y aplicación práctica de los conocimientos adquiridos, ya sea por medio de debates de los experimentos realizados, proyectos colaborativos y experimentos virtuales en tiempo real.

Todas estas estrategias mencionadas en los estudios brindan un ambiente que fomenta la participación, colaboración e interacción en el proceso de aprendizaje de la química como ciencia experimental. Al hacer uso de la tecnología y métodos pedagógicos innovadores, se busca no solo mejorar la comprensión de los conceptos químicos, sino también desarrollar habilidades críticas como el pensamiento analítico, la resolución de problemas y el trabajo en equipo. Por tanto, los laboratorios virtuales no solo son una alternativa que replica las experiencias prácticas de los laboratorios tradicionales, sino que también ofrecen oportunidades para enriquecer el proceso de aprendizaje de manera significativa en instituciones que no cuentan con los materiales o infraestructura para la realización de laboratorios presenciales.

Por otro lado, las tecnologías mencionadas con mayor frecuencia son los dispositivos como computadores y teléfonos inteligentes, son los más accesibles para la mayoría de los estudiantes y docentes, además de que tienen la capacidad de almacenar y procesar información

de manera eficiente. Los computadores y teléfonos inteligentes permiten conectar y ejecutar una variedad de simuladores, ya sea en línea o, en el caso de los computadores, simuladores para escritorio que no requieren conexión a internet. Un aspecto destacado es que la mayoría de estos simuladores son de acceso libre, lo que representa un factor a favor de esta alternativa educativa. La accesibilidad económica y la facilidad de acceso a estos recursos gratuitos eliminan barreras financieras, permitiendo a una mayor cantidad de estudiantes y educadores aprovechar estas herramientas educativas.

Así mismo, entre la variedad de simuladores utilizados en los estudios, el que se implementa más frecuentemente es el PhET, esto debido a que ofrece simulaciones interactivas en diversas áreas de la ciencia, incluyendo la química, mediante una interfaz sencilla, con simulaciones variadas y disponibilidad en diferentes idiomas, lo que facilita su integración en diferentes contextos educativos internacionalmente.

Por consiguiente, estas tecnologías educativas no solo facilitan la enseñanza de la práctica química, ya que permiten a los estudiantes realizar experimentos virtuales que replican los procesos y reacciones químicas reales, sino que también promueven el aprendizaje activo y experimental. Los estudiantes pueden interactuar con los simuladores, modificar variables y observar los resultados en tiempo real, lo que fomenta una comprensión más profunda de los conceptos químicos, un aprendizaje más interactivo, dinámico y centrado en el estudiante.

Como se ha evidenciado, la implementación de LVQ trae retos de carácter técnico y pedagógico, entre los que priman la falta de infraestructura tecnológica y la capacitación docente en TIC respectivamente, lo que indica el papel fundamental que desempeñan los educadores y los recursos tecnológicos para la implementación de los laboratorios virtuales. Aunque se presentan retos de carácter pedagógico, los que limitan con mayor frecuencia el desarrollo de las prácticas en LVQ son los retos de carácter técnico.

Esto debido a que, aunque los educadores y estudiantes desempeñan un papel fundamental en la implementación exitosa de LVQ, mediante sus habilidades tecnológicas y actitudes frente a los LVQ, los desafíos técnicos pueden afectar gravemente la implementación de LVQ, ya que, sin la infraestructura adecuada y los requerimientos técnicos, estos no pueden ser implementados o su implementación sería ineficaz. Por lo tanto, los retos pedagógicos,

aunque son importantes, se pueden manejar una vez que se superan las barreras técnicas. Los docentes pueden recibir capacitación en TIC y desarrollar estrategias pedagógicas para incorporar los LVQ en sus clases, pero esto solo es posible si se cuenta con los recursos tecnológicos necesarios.

Por lo tanto, para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrecen los laboratorios virtuales de química, es esencial abordar tanto los retos técnicos como los pedagógicos. La inversión en infraestructura tecnológica y la capacitación continua de los docentes en habilidades TIC son fundamentales para garantizar que estos recursos sean accesibles y efectivos. De esta forma, se puede lograr un entorno de aprendizaje dinámico y enriquecedor que facilite el aprendizaje activo y experimental en la química, superando las limitaciones de los laboratorios tradicionales y preparando mejor a los estudiantes para el futuro mediante la experimentación.

Adicionalmente, es importante indicar que en los estudios no se mencionaron algunas de las estrategias definidas en el marco conceptual, tales como la enseñanza por transmisión-recepción, la enseñanza por descubrimiento, y la enseñanza por cambio conceptual. Esto representa una oportunidad significativa para la exploración y el desarrollo de estas metodologías en contextos educativos para la enseñanza y aprendizaje de la química mediada por las TIC. La integración de estas estrategias podría ofrecer nuevos enfoques pedagógicos que enriquezcan el proceso educativo y mejoren los resultados académicos.

Recomendaciones

Para los docentes, es importante integrar tecnología en el aula utilizando herramientas digitales y recursos en línea como simulaciones, videos interactivos y plataformas de aprendizaje, lo que facilita la enseñanza de conceptos complejos de química. Además, es importante implementar juegos educativos que incluyan retos y recompensas para hacer el aprendizaje más atractivo y motivador, incrementando el compromiso de los estudiantes y haciendo la química más accesible y divertida.

Promover el aprendizaje activo mediante actividades que requieran análisis, evaluación y aplicación práctica de conocimientos, como debates, proyectos colaborativos y experimentos virtuales en tiempo real, es otra estrategia esencial. Los docentes deben buscar su formación continua en TIC para mejorar sus habilidades en el uso de herramientas digitales y laboratorios virtuales, aprovechando simuladores de acceso libre como PhET, que ofrecen simulaciones interactivas en diversas áreas de la ciencia.

Las instituciones educativas requieren de infraestructura tecnológica y hacer uso de ella, proporcionando los recursos necesarios como computadores y teléfonos inteligentes que faciliten la implementación de laboratorios virtuales y otras estrategias de aprendizaje basadas en tecnología. También es crucial ofrecer programas de formación continua en TIC para docentes, enfocados en el uso y manejo de laboratorios virtuales y otras herramientas educativas digitales en química. Además, es importante fomentar un ambiente colaborativo en el que docentes y estudiantes puedan compartir experiencias sobre el uso de tecnologías en el aprendizaje de la química, brindar espacios donde los estudiantes y docentes se apropien de estas herramientas y motiven a su implementación. Además, en caso de utilizar LVQ, es necesario desarrollar mecanismos de evaluación para identificar y superar desafíos técnicos y pedagógicos relacionados con el uso de laboratorios virtuales y tecnologías educativas contribuirá a la mejora continua del proceso educativo.

Desde una perspectiva de política pública, es necesario fomentar la equidad en el acceso a la tecnología mediante políticas que garanticen los recursos tecnológicos y requerimientos técnicos para todas las instituciones educativas, especialmente las menos favorecidas. Financiar programas de capacitación en TIC para docentes es crucial para asegurar que estén preparados

para integrar tecnologías educativas en sus prácticas de enseñanza. Promover el desarrollo y la difusión de recursos educativos abiertos, como simuladores gratuitos, facilitará el acceso a herramientas de aprendizaje de calidad. Asimismo, establecer incentivos y programas de apoyo a proyectos para la implementación de metodologías innovadoras en la enseñanza de la química.

Finalmente, para los futuros investigadores, es importante explorar nuevas estrategias pedagógicas como la enseñanza por transmisión-recepción, la enseñanza por descubrimiento y la enseñanza por cambio conceptual aplicadas al aprendizaje mediado por TIC en química. Además de, realizar estudios que midan el impacto de diferentes tecnologías y estrategias de enseñanza en el aprendizaje y comprensión de los estudiantes. También, es importante investigar las barreras técnicas y pedagógicas que enfrentan las instituciones al implementar laboratorios virtuales y proponer soluciones efectivas. Por último, es necesario desarrollar y evaluar nuevos recursos y herramientas digitales que puedan integrarse en el aprendizaje de la química y que sean de fácil acceso, para enriquecer los ambientes virtuales educativos, y mejorar los resultados académicos.

Referencias

- Agámez, S., Lozano, K., Orejuela, Y., & Ortiz, K. (2023). *El OVA como herramienta didáctica basada en retos para el aprendizaje de las reacciones químicas con estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa Rural Villa Nelly del municipio de Carepa, Antioquia*. [Tesis de Maestría, Universidad de Cartagena]. Repositorio Institucional Universidad de Cartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/16718>
- Aguilar, F. D. R., y Chamba, A. P. (2019). Reflexiones sobre la Filosofía de la Tecnología en los procesos educativos. *Revista Conrado*, 15(70), 109-119. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000500109
- Aguilar, M., Aguaded, I., & Vázquez-Cano, E. (2022). Implementación de tecnologías educativas en América Latina. Estudio bibliométrico y análisis de casos. *Revista Española de Pedagogía*, 80(295), 253-276.
- Aguinda, A. A. (2023). *Aprendizaje de Química a través del uso de laboratorios virtuales en estudiantes de Bachillerato*. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/71d1a66e-0306-4271-b146-ffed48fcf208>
- Ahmed, N., Lataifeh, M., Alhamarna, A., Alnahdi, M., & Almansori, S. (2021). LeARn: A Collaborative Learning Environment using Augmented Reality. *2021 IEEE 2nd International Conference on Human-Machine Systems (ICHMS)*, Magdeburg, Germany. <https://doi.org/10.1109/ICHMS53169.2021.9582643>
- Alhashem, F., & Alfaiakawi, A. (2023). Technology-enhanced learning through virtual laboratories in chemistry education. *Contemporary Educational Technology*, 15(4), ep474. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13739>
- Ali, N., Ullah, S., Alam, A., Raeis Farshid, S., Saba, S., & Rafique, J. (2023). A subjective study on the effects of dynamic virtual chemistry laboratory in a secondary school education. *Orbital - The Electronic Journal of Chemistry*, 15(1), 57-62. <https://doi.org/10.17807/orbital.v15i1.18138>

- Ali, N., Ullah, S., & Khan, D. (2022). Minimization of students' cognitive load in a virtual chemistry laboratory via contents optimization and arrow-textual aids. *Education and Information Technologies*, 27(6), 7629-7652. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10936-6>
- Ali, N., Ullah, S., Khan, D., Rahman, H., & Alam, A. (2024). The effect of adaptive aids on different levels of students' performance in a virtual reality chemistry laboratory. *Education and Information Technologies*, 29, 3113–3132. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11897-0>
- Amiati, A., & Ikhsan, J. (2019). The Effect of Virtual Reality Laboratory on Conceptual Understanding in Electrolytes and Non-Electrolytes. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 13(3), 362-369. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v13i3.13572>
- Aparicio, O.Y., & Ostos, O.L. (2018). Las TIC como herramientas cognitivas para la investigación. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía, RIIEP*, 11(1), 81–86. <https://doi.org/10.15332/s1657-107X.2018.0001.08>
- Arias, P. (2022). Implementación de las tecnologías digitales, paradojas y riesgos en los sistemas educativos de América Latina. *Revista Pensamiento Actual*, 22(39), 159-168. DOI 10.15517/PA.V22I39.53358
- Arroba, M., & Acurio, S. (2021). Laboratorios virtuales en entorno de aprendizaje de química. *Revista Científica UISRAEL*, 8(3), 73-93. <https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/rcui/article/view/456/402>
- Austria-Melo, L., Cuellar-Castillo, J., Hernández, A., Montiel, M., Fabila-Bustos, D., & Hernández-Chávez, M. (2022). Comparison of development and characteristics of several educational tools in augmented reality for visualization of 3D models difficult to understand. Chemistry application case. *2022 IEEE Mexican International Conference on Computer Science (ENC)*, Xalapa, Veracruz, Mexico. <https://doi.org/10.1109/ENC56672.2022.9882948>
- Avci, F. (2022). Teaching the “acid–base” subject in biochemistry via virtual laboratory during the COVID-19 pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 50(3), 312-318. <https://doi.org/10.1002/BMB.21625>

- Barrientos-Oradini, N., Yáñez-Jara, V., Pennanen-Arias, C., & Aparicio-Puentes, C. (2022). Análisis sobre la educación virtual, impactos en el proceso formativo y principales tendencias. *Revista De Ciencias Sociales*, 28(4), 496-511. <https://www.redalyc.org/journal/280/28073811035/28073811035.pdf>
- Bernate, J. A., y Fonseca, I. P. (2022). Impacto de las Tecnologías de Información y Comunicación en la educación del siglo XXI: Revisión bibliométrica. *Revista de Ciencias Sociales*, 29(1), 227-242.
- Broyer, R. M., Miller, K., Ramachandran, S., Fu, S., Howell, K., & Cutchin, S. (2021). Using virtual reality to demonstrate glove hygiene in introductory chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 98(1), 224–229. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00137>
- Caicedo, L., Valverde, L., & Estupiñán, I. (2017). Estrategias didácticas para la enseñanza de biología y química en la enseñanza media. *Polo de Conocimiento*, 2(7), 1175-1186. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/205/pdf>
- Calderón, E., et al. (2016). Laboratorios de ciencias en el bachillerato: tecnologías digitales y adaptación docente. *Apertura*, 8(1), 1-17. <https://www.redalyc.org/pdf/688/68845366004.pdf>
- Carrión-Paredes, F. A., García-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, C. A., & Erazo-Álvarez, J. C. (2020). Simulador virtual PhET como estrategia metodológica para el aprendizaje de Química. *CIENCIAMATRIA*, 6(3), 193-216. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i3.396>
- Cedeño, F., & Zambrano, J. (2023). Integración de las Tecnologías de Información y Comunicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Cognosis*. 8(EE1), 73–96. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v8iEE1.5615>
- Cedeño, Y., & Lescay, D. (2023). Estrategia didáctica para el aprendizaje de la Química en primer año de Bachillerato. *Revista Mikarimin*, 9(3), 106-125. <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/mikarimin/article/view/3255/3792>
- Chalela-Álvarez, Graciela & Ávila-Ascanio, Luis. (2021). Semillero de Investigación en Química y Actitud de los Estudiantes Hacia el Laboratorio. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 11, 56-61. <https://doi.org/10.37843/rted.v11i1.190>

- Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J., & Bernaerts, K. (2021). Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design. *Computers And Education Open*, 2, 100053. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053>
- Cipagauta Moyano, M. E. (2023). ICTs in the classroom: case study Colombia. *TECHNO REVIEW. International Technology, Science and Society Review*, 13(1), 27–47. <https://doi.org/10.37467/revtechno.v13.4808>
- Cobo, J. (2009). El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento. *Revista ZER*, 14(27), 295-318. <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/40999/2636-8482-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Colorado, P., & Gutiérrez, L. (2016). Estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación superior. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 8(1), 148-162. <https://www.redalyc.org/journal/5177/517752176014/517752176014.pdf>
- Costa Coelho, F., Francisco de Magalhães Netto, J., & Almeida, T. (2022). A Case Study Using Augmented Reality for Teaching Organic Compound Reactions. *2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Uppsala, Sweden. <https://doi.org/10.1109/FIE56618.2022.9962460>
- Da Silva, M.; Teixeira, J.; Cavalcante, P. & Teichrieb, V. (2019). Perspectives on how to evaluate augmented reality technology tools for education: A systematic review. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 25(3), 1-18. <https://journal-bcs.springeropen.com/articles/10.1186/s13173-019-0084-8>
- da Silva, R. A., & de Vasconcelos, F. C. G. C. (2022). Learning through chemistry simulations: an analysis of cognitive skill levels. *Education and Information Technologies*, 27(5), 6967-6987. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10911-1>
- da Silva, I. N., García-Zubía, J., Hernández-Jayo, U., & Da Mota Alves, J. B. (2023). Extended Remote Laboratories: A Systematic Review of the Literature From 2000 to 2022. *IEEE Access*, 11, 94780-94804. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3271524>

- DANE. (2022a). *Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Hogares (ENTIC Hogares) 2021*.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/entic/comunicado_entic_hogares_2021.pdf
- DANE. (2022b). *Pobreza y desigualdad: pobreza monetaria nacional*.
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-multidimensional>
- DANE. (2022c). *Pobreza y desigualdad: pobreza multidimensional*.
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-multidimensional>
- De Pablos, J. (2018). Las tecnologías digitales y su impacto en la Universidad. Las nuevas mediaciones. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2), 83–95.
<https://doi.org/10.5944/ried.21.2.20733>
- Díaz Barriga, F. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista*. (2da. Ed.) McGraw-Hill Interamericana.
- Díaz, J. (2018). Aprendizaje de las matemáticas con el uso de simulación. *Sophia*, 14(1), 22-30.
<http://dx.doi.org/10.18634/sophiaj.14v.1i.519>
- Dietrich, N., Kentheswaran, K., Ahmadi, A., Teychené, J., Bessière, Y., Alfenore, S., Hébrard, G. (2020). Attempts, successes, and failures of distance learning in the time of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2448–2457.
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00717>
- Dinc, F., De, A., Goins, A., Halic, T., Massey, M., & Yarberrry, F. (2021). ARChem: Augmented Reality Based Chemistry LAB Simulation for Teaching and Assessment. *2021 19th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, Sydney, Australia. <https://doi.org/10.1109/ITHET50392.2021.9759587>
- El Kharki, K., Berrada, K., & Burgos, D. (2021). Design and Implementation of a Virtual Laboratory for Physics Subjects in Moroccan Universities. *Sustainability*, 13(7), 1-28.
<http://dx.doi.org/10.3390/su13073711>

- Eljack, S., Alfayez, F., & Suleman, N. (2020). Organic Chemistry Virtual Laboratory Enhancement: EBSCOhost. *International Journal of Mathematics and Computer Science*. <https://search-ebSCOhost-com.ezproxy.javeriana.edu.co/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=140226449&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- Feo, R. (2010). Orientaciones Básicas para el diseño de Estrategias Didácticas. Instituto Pedagógico de Miranda José Manuel Siso Martínez. *Tendencias pedagógicas*, 16, 220-236. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3342741.pdf>
- Francia, R. (2023). *Utilización del modelo de laboratorio extendido simplificado en secuencias de enseñanza aprendizaje en el ciclo básico del nivel secundario de Córdoba*. Universidad Católica de Córdoba. [Tesis de grado, Universidad Católica de Córdoba]. Repositorio Universidad Católica de Córdoba. <http://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/id/eprint/3690>
- Garzon, L., & Perez, I. (2021). *Laboratorio Virtual Vlabq Como Estrategia Para la Enseñanza - Aprendizaje en Química de los Conceptos Ácido - Base en Estudiantes de Décimo Grado*. Repositorio Universidad de Santander. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/6994>
- Giraldo-Ramírez, M. E. (2015). *La mitificación de las tecnologías de la comunicación en Educación: actitudes, discursos y prácticas de los docentes universitarios colombianos*. [Tesis de Doctorado, Universitat Autònoma de Barcelona]. Dipòsit Digital de Documents de la UAB. <https://hdl.handle.net/10803/328425>
- González, E. (2017). *Innovación en la enseñanza con TIC*. <https://www.qartuppi.com/2017/TIC.pdf>
- González, J. A. (2020). *Las simulaciones interactivas como recurso didáctico en la enseñanza y aprendizaje de la química*. [Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional Universidad Pontificia Bolivariana. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/8258>
- González, V., Quiceno, Y., Correa, D., Vélez, Y., & Montoya, L. (2022). El maestro novel y la enseñanza de las ciencias naturales en contextos rurales. *Praxis & Saber*, 13(34), 1-18. <https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n34.2022.14162>

- Gungor, A., Avraamidou, L., Kool, D., Lee, M., Eisink, N., Albada, B., van der Kolk, K., Tromp, M., & Bitter, J. H. (2022). The Use of Virtual Reality in A Chemistry Lab and Its Impact on Students' SelfEfficacy, Interest, Self-Concept and Laboratory Anxiety. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2022, 18(3). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11814>
- Gutiérrez, C. (2018). Herramienta didáctica para integrar las TIC en la enseñanza de las ciencias. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 11(1), 101-126. <https://www.redalyc.org/journal/5610/561059324008/html/>
- Gutiérrez, L. (2016). Estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación superior. (2016). *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 8(1), 148-158. <https://doi.org/10.22335/rlct.v8i1.363>
- Hernández, O. (2024). *Integración de laboratorios virtuales de química para la formación en competencias del área de estudiantes de básica secundaria y media*. [Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional Universidad Pontificia Bolivariana. <https://repository.upb.edu.co>
- Herrera, C., & Villafuerte, C. (2023). Didactic strategies in education. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 7(28), 758-772. https://www.researchgate.net/publication/373301457_Didactic_strategies_in_education
- Hu-Au, E., & Okita, S. (2021). Exploring Differences in Student Learning and Behavior Between Real-life and Virtual Reality Chemistry Laboratories. *J Sci Educ Technol* 30, 862–876. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09925-0>
- ICFES. (2016). *Resumen Ejecutivo Colombia en PISA 2015*. https://www.icfes.gov.co/documents/39286/1125697/Informe_nacional_resultados_PISA_2015.pdf/1cad6a7a-c856-df8a-6572-c2b0eee7c905?version=1.0&t=1646972997192
- ICFES. (2022). *Informe nacional de resultados del examen Saber 11° 2021*. https://www.icfes.gov.co/documents/39286/1689945/Informe_nacional_de+resultados_Saber11_2021.pdf/68ccc718-dc51-71de-5693-bb907477fa87?t=1655481600171
- International Science Council. (2023). *Aprovechar la ciencia para el desarrollo sostenible*.

<https://council.science/es/current/blog/leveraging-science-for-sustainable-development/>

Israel, Y., Amaya, A., & Castro, J. (2020). *Transformación de las prácticas de enseñanza de ciencias naturales con estudiantes de grado séptimo del colegio la victoria IED*. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomas. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/22245>

Istiqomah, S., Farida, I., & Irwansyah, F. (2022). Development of Android-Based Virtual Lab in Oxygen Gas Synthesis Experiment, *2022 8th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, Yogyakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.1109/ICWT55831.2022.9935493>

Jacob, F. I. L. G. O. N. A., John, S. A. K. I. Y. O., & Gwany, D. M. (2020). Teachers' pedagogical content knowledge and students' academic achievement: A theoretical overview. *Journal of Global Research in Education and Social Science*, *14*(2), 14-44. <https://ikpress.org/index.php/JOGRESS/article/view/5405>

Jingcheng Q., Yancong M., Zhigeng P., & Xubo Y. (2020). Effects of Virtual-real fusion on immersion, presence, and learning performance in laboratory education. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, *2*(6), 569—584. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2020.07.010>

Jiménez, N., & Oliva, J. (2015). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka*, *13*(1), 121-136. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92043276009.pdf>

Joven, J., & Acosta, Y. (2020). *El aprendizaje por descubrimiento y su estrategia WebQuest desarrollada en la plataforma Wix: Una alternativa para fortalecer la competencia de comunicación de contenido digital en los estudiantes de grado once uno de la Institución Educativa Normal Superior de Montería, en la asignatura de investigación*. [Trabajo de grado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Institucional Universidad de Cartagena. https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/16314/TGF_Julian%20Joven_Yudith%20Acosta.pdf?sequence=1

- Kartimi, Kartimi, Yunita, Yunita, Addiin, Istiqomah, & Shidiq, Ari Syahidul. (2022). A Bibliometric Analysis on Chemistry Virtual Laboratory. *Educación química*, 33(2), 194-208. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.80579>
- Kobayashi, R., Goumans, T. P. M., Carstensen, N. O., Soini, T. M., Marzari, N., Timrov, I., Poncé, S., Linscott, E., Sewell, C. J., Pizzi, G., Ramirez, F., Bercx, M., Huber, S. P., Adorf, C. S., & Talirz, L. (2021). Virtual Computational Chemistry Teaching Laboratories—Hands-On at a Distance. *Journal of Chemical Education*, 98(10), 3163-3171. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00655>
- Kolil, V. K., Muthupalani, S., & Achuthan, K. (2020). Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/S41239-020-00204-3>
- Kolil, V.K., Achuthan, K. (2023). Longitudinal study of teacher acceptance of mobile virtual labs. *Educ Inf Technol*, 28, 7763–7796. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11499-2>
- Largo Taborda, W. A., Zuluaga-Giraldo, J. I., López Ramírez, M. X., & Grajales Ospina, Y. F. (2022). Enseñanza de la química mediada por TIC: un cambio de paradigma en una educación en emergencia. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 15(2). <https://doi.org/10.15332/25005421.6527>
- Le, H. M., et al. (2022). *Chemisim: A Web-based VR Simulator for Chemistry Experiments*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9974257>
- Le, H. M., Nguyen, G. H., Huynh, V. T., Le, M. K., Tran, M. T., Nguyen, T. v., & Tran, T. N. D. (2022). *Chemisim: A Web-based VR Simulator for Chemistry Experiments*. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-ADJUNCT57072.2022.00183>
- Maila, I. (2023). *Herramientas virtuales para la evaluación del aprendizaje de Química Inorgánica a los estudiantes de Segundo Año de Bachillerato de las Unidades Educativas Municipales de la Zona Norte de Pichincha, durante el año lectivo 2021 – 2022*. [Tesis de Maestría, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/30529>

- Makransky, G., Terkildsen, T.S., & Mayer, R.E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959475217303274>
- Manyilizu, M.C. (2023). Effectiveness of virtual laboratory vs. paper-based experiences to the hands-on chemistry practical in Tanzanian secondary schools. *Educ Inf Technol* 28, 4831–4848. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11327-7>
- Marchán Hernández, T. D. (2018). Aprendizaje de la Informática Aplicada Mediante Recurso Tecnológico Educativo. *Educare*, 22(3), 28-50. <https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/educare/article/view/20/20>
- Martínez-Corona, J. I., Palacios-Almón, G. E., & Oliva-Garza, D. B. (2023). Guía para la revisión y el análisis documental: propuesta desde el enfoque investigativo. *Ra Ximhai*, 19(1) 67-83. <https://doi.org/10.35197/rx.19.01.2023.03.jm>
- Martínez Hung, H., et al. (2019). Realidad aumentada en la enseñanza de la química de coordinación y estructura de sólidos. *Atenas*, 2(46). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=478060100008>
- Martínez Hung, Hassan; García López, América; Quesada González, Omaidá; Almenares Verdecias, Isabel. (2019). Realidad aumentada en la enseñanza de la química de coordinación y estructura de sólidos. *Atenas*, 2(46).
- Martínez-Argüello, Luz D., Hinojo-Lucena, Francisco J., & Díaz, Inmaculada Aznar. (2018). Aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los Procesos de Enseñanza- Aprendizaje por parte de los Profesores de Química. *Información tecnológica*, 29(2), 41-52. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000200041>
- MEN. (1998). *serie lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-339975_recurso_5.pdf
- MEN. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf

- MEN. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-340021_recurso_1.pdf
- MEN. (2014). *Docente de media ciencias naturales y educación ambiental – química*. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-342767_recurso_17.pdf
- MEN. (2015a). *Censo de Infraestructura Educativa Regional*. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_archivo_pdf_cier.pdf
- MEN. (2015b). *Orientaciones para la construcción en los establecimientos educativos del manual de normas de seguridad en el laboratorio de química y de física*. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355749_recurso_normatividad.pdf
- MEN. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje Ciencias Naturales*. https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_C.Naturales-min.pdf
- MEN. (2017). *Establecimientos educativos-Colombia: preescolar, básica y media a nivel nacional del sector oficial y privado*. <https://www.datos.gov.co/Educaci-n/ESTABLECIMIENTOS-EDUCATIVOS-COLOMBIA/upkm-vdjb>
- MEN. (2018). *Plan especial de educación rural hacia el desarrollo rural y la construcción de paz*. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-385568_recurso_1.pdf
- MEN. (2021a). *Así avanza la infraestructura educativa en el Departamento de Arauca*. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355476_txt_video_148.pdf
- MEN. (2021b). *Gestión del Fondo de Financiamiento de Infraestructura Educativa (FFIE)*. <https://educacionrindecuentas.mineducacion.gov.co/pilar-1-educacion-de-calidad/gestion-del-fondo-de-financiamiento-de-infraestructura/>
- MEN. (2022a). *Estrategia de conectividad escolar*. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-363488_recurso_25.pdf
- MEN. (2022b). *Retos y avances de la infraestructura educativa oficial en Colombia*. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-363488_recurso_30.pdf

- Mera, G. C., & Benarroch, A. B. (2024). Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: una revisión sistemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(2), 109-129. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6040>
- Merino, C.; Pino, S.; Meyer, E.; Garrido, J. y Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2), 94-99. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X15000051>
- Montoya, M., Lerchundi, I., Revuelta, F., & Almendros, P. (2023). Prácticas de laboratorio de Ampliación de Química en modalidad a distancia. *Revista de Investigación en Educación*, 21(3), 500-515. <https://doi.org/10.35869/reined.v21i3.4984>
- Muhaimin, Asrial, Habibi, A., Mukminin, A., & Hadisaputra, P. (2020). Science teachers' integration of digital resources in education: A survey in rural areas of one Indonesian province. *Heliyon*, 6(8), e04631. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04631>
- Muñoz-Narvaez, C. D. P., & Muñoz-Narvaez, I. A. (2021). *Simuladores de Laboratorio de Química Para Mejorar la Capacidad de Indagación en los Estudiantes de Grado Décimo en una Institución Educativa Rural del Departamento del Putumayo*. [Tesis de Maestría, Universidad de Santander]. Repositorio Institucional Universidad de Santander. <https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/9faaef4b-902e-49a1-8048-7bf0cb013437>
- Novaliendry, D., Rahmani, A., SriWahyuni, T., & Fajri, B. R. (2023). Web-based virtual laboratory design in class XI chemistry subject. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 19(17), 4–18. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v19i17.45491>
- Nsabayezu, E., Mukiza, J., Iyamuremye, A., Mukamanzi, O. U., & Mbonyiryivuze, A. (2022). Rubric-based formative assessment to support students' learning of organic chemistry in the selected secondary schools in Rwanda: A technology-based learning. *Education And Information Technologies*, 27(9), 12251-12271. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11113-5>

- OAS. (2017). *El rol de las TIC en apoyo a la implementación de la agenda educativa interamericana*. http://www.oas.org/en/sedi/dhdee/DOCs/Nine_Ministerial_Education/10-CITEL-ESP.pdf
- OECD. (2019). *PISA Results Colombia*. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL_ESP.pdf
- ONU. (2019). *La agenda para el desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Ortega, A., Field, R., & Pinto, A. (2022). Importancia de los simuladores virtuales para la enseñanza-aprendizaje de la asignatura de química inorgánica en las escuelas de educación media. *Revista CEDOTIC*, 7(2), 191-208. <http://investigaciones.uniatlantico.edu.co/revistas/index.php/CEDOTIC/article/view/3331>
- Paladines, N. R. (2023). Implementación efectiva de las TIC en la educación para mejorar el aprendizaje: una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 5788-5804. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4862
- Pan, Z., Miao, J., Cai, N., Luo, T., & Zhang, M. (2022). Simulating the Dilution of Sulfuric Acid on Mixed Reality Platform. *2022 8th International Conference on Virtual Reality (ICVR)*, Nanjing, China. <https://doi.org/10.1109/ICVR55215.2022.9848095>
- Perales, F. (1990). La resolución de problemas en la didáctica de las ciencias naturales. *Revista Educación y Pedagogía*, 21(21), 119-144. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2565369.pdf>
- Peralta, L., Gaona, M., Luna, M., & Bazán, M. (2024). Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en educación secundaria: Una revisión sistemática. *Revista Andina De Educación*, 7(1), 000711. <https://doi.org/10.32719/26312816.2023.7.1.1>
- Pinzón, J. E. (2016). Aplicación PhET: estrategia de enseñanza-aprendizaje de fracciones equivalentes. *Revista Criterios*, 23(1), 99-111. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8736271>

- Poo, M. C., Lau, Y., & Chen, Q. (2023). Are Virtual Laboratories and Remote Laboratories Enhancing the Quality of Sustainability Education? *Education Sciences*, 13(11), 1110. <https://doi.org/10.3390/educsci13111110>
- Quintero, C. (2024). Integración de Tecnologías de la Información y la Comunicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Entornos Virtuales de Aprendizaje. *Revista Didáctica y Educación*, 15(1), 418-448. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9385151>
- Raman, R., Vinuesa, R., & Nedungadi, P. (2021). Acquisition and user behavior in online science laboratories before and during Covid-19 pandemic. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(8), 1-17. https://www.researchgate.net/publication/353880986_Acquisition_and_user_behavior_in_online_science_laboratories_before_and_during_Covid-19_pandemic
- Ramírez, J. & Bueno, A. (2020). Learning organic chemistry with virtual reality. *2020 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)*, Boca del Rio, Mexico <https://doi.org/10.1109/ICEV50249.2020.9289672>
- Reeves, S.M., & Crippen, K.J. (2021). Virtual laboratories in undergraduate science and engineering courses: a systematic review 2009-2019. *Journal of Science Education and Technology*, 30(6), 16-30. https://www.researchgate.net/publication/346150697_Virtual_Laboratories_in_Undergraduate_Science_and_Engineering_Courses_a_Systematic_Review_2009-2019
- Revelo, B. Serrano, G., Mero, K., & Plúas, A. (2023). Simuladores virtuales como recursos didácticos para el aprendizaje en Bachillerato. *Revista G-ner@ndo*, 4(1), 1046-1056. <https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/105>
- Riol, M. (2023). *Propuesta de aplicaciones móviles e investigación en el uso de laboratorios virtuales para el aprendizaje de física y química en bachillerato*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/63526>
- Rivas, M. (2023). *Laboratorios virtuales como estrategia para el aprendizaje del Área de Ciencia y Tecnología en colegios del nivel secundario, Chiclayo*. [Tesis de Maestría, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/117321>

- Rodríguez de Brito, R. D. V., Carrera Freire, L. C., Figueroa Corrales, E., & Naranjo Vaca, G. E. (2024). Implementación de Google Sites para la enseñanza-aprendizaje de disoluciones químicas. *ULEAM Bahía Magazine (UBM)*, 5(8), 88–98. https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/uleam_bahia_magazine/article/view/441
- Ruiz Cerrillo, Salvador. (2020). Realidad aumentada y aprendizaje en la química orgánica. *Apertura*, 12(1), 106-117. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-61802020000100106&script=sci_abstract
- Ruiz, F. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 3(2), 41-60. <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134112600004.pdf>
- Sabando, M. V., Ulbrich, P., Selzer, M., Byska, J., Mican, J., Ponzoni, I., Soto, A. J., Ganuza, M. L., & Kozlikova, B. (2021). ChemVA: Interactive Visual Analysis of Chemical Compound Similarity in Virtual Screening. *IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics*, 27(2), 891-901. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2020.3030438>
- Sandoval, C. (1996). *Investigación cualitativa*. <https://panel.inkuba.com/sites/2/archivos/manual%20colombia%20cualitativo.pdf>
- Sandoval, M., Mandolesi, E., & Cura, R. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior. *Educ.Educ*, 16(1), 126-138. <http://www.scielo.org.co/pdf/eded/v16n1/v16n1a08.pdf>
- Sánchez-López, A., Lozano-Sánchez, L., Parra-Córdova, A., Castañeda-Sedano, J., & Ek, J. (2022). Implementation of hybrid chemistry labs as a learning strategy in post-COVID times. *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Tunis, Tunisia. <https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766504>
- Santa, O., & Vargas, N. (2023). *Factores que inciden en la enseñanza de las ciencias naturales mediadas por las TIC en una institución rural del Tolima*. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/6365>

- Santana, J. (2023). *La experimentación en el aprendizaje de Química, en el Bachillerato General Unificado de la Unidad Educativa Tumbaco durante el período 2021- 2022*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/30472>
- Santana Giler, F. E., Cano, Y., Rengifo Mendoza, W., & Chinga López, S. (2024). Propuesta didáctica para el aprendizaje de Química Inorgánica en estudiantes de bachillerato. *Educación En La Química*, 30(01), 59–68. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/226>
- Soriano, J., & Jiménez, D. (2023). The advantages of using augmented reality as a pedagogical teaching resource. *Revista Innova Educación*, 5(2), 7–28. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8878469.pdf>
- Sousa-Ferreira, R., Campanari-Xavier, R. A., & Rodrigues-Ancioto, A. S. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 223-241. <https://doi.org/10.21830/19006586.728>
- Suno, H., & Ohno, N. (2023). Virtual Hydrogen, a virtual reality education tool in physics and chemistry. *Procedia Computer Science*, 225, 2283-2291. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.219>
- Tatenov, A., Sarsenbaeva, Z., Azimbaeva, G., Tugelbaeva, K., & Zaurbekova, N. (2023). Evaluating the effectiveness of a virtual laboratory for inorganic chemistry education. *Research in Science & Technological Education*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2275139>
- Tsirulnikov, D., Suart, C., Abdullah, R., Vulcu, F., & Mullarkey, C. E. (2023). Game on: immersive virtual laboratory simulation improves student learning outcomes & motivation. *FEBS Open Bio*, 13, 396-407. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13567>
- UNESCO. (2008). *Tendencias de la educación superior en América Latina y el Caribe*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000161990>
- UNESCO. (2021). *Engineering for sustainable development: delivering on the Sustainable Development Goals*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375644>

- UNESCO. (2022a). *Certified Copy of the Recommendation on Open Science*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381148>
- UNESCO. (2022b). *Innovative use of technology in education: Winning projects of UNESCO's King Hamad Bin Isa Al-Khalifa Prize*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000383555>
- Uniandes. (2017). *Mejor infraestructura educativa reduce tasa de repetición*. <https://uniandes.edu.co/es/noticias/educacion/mejor-infraestructura-educativa-reduce-tasa-de-repeticion>
- Urquizo, Elena, Sánchez, Narcisa de Jesús, & Orrego, Monserrat. (2022). Experimental activities using virtual simulators to learn chemistry during Covid-19 pandemic. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, (17), 122-137. <https://doi.org/10.37135/chk.002.17.08>
- Viitaharju, P., Nieminen, M., Linnera, J., Yliniemi, K., & Karttunen A. J. (2023). Student experiences from virtual reality-based chemistry laboratory exercises. *Education for Chemical Engineers*, 44, 191-199. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1749772823000295>
- Viloria Espitia, J. M., & Díaz Pongutá, B. (2022). Revisión documental sobre la relación entre estrategias de aprendizaje y rendimiento académico en la enseñanza de química. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 5101-5129. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.3003
- Vizcaíno, V., & Pérez, A. (2022). *Los laboratorios virtuales de química en 2o de Bachillerato*. <http://hdl.handle.net/11201/160576>
- Wolski, R., & Jagodziński, P. (2019). Virtual laboratory—Using a hand movement recognition system to improve the quality of chemical education. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 218-231. <https://doi.org/10.1111/BJET.12563>
- Xiaopan, Z., & Zhiyi, Y. (2020). *Construction of design system of network virtual chemistry laboratory based on virtual reality technology*. <https://doi.org/10.1109/ICVRIS51417.2020.00012>

- Yang, L., Feng, Z., & Meng, J. (2023). Design of a new kind of chemical experiment container with virtual reality fusion. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 5(4), 317–337. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.07.008>
- Yazici, S. Ç., & Nakıboğlu, C. (2023). Examining experienced chemistry teachers' perception and usage of virtual labs in chemistry classes: a qualitative study using the technology acceptance model 3. *Education and Information Technologies*, 29(4), 4337-4370. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11985-1>
- Zaragoza, E., et al. (2016). Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje: lúdica en el estudio de la nomenclatura química orgánica en alumnos de la Escuela Preparatoria Regional de Atotonilco (Didactic strategies in teaching-learning: In respect to the study of nomenclature of organic chemistry in students of the Atotonilco Regional High School). *Educación Química*, 27, 43-51. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X15000683>
- Zendler, A., & Greiner, H. (2020). The effect of two instructional methods on learning outcome in chemistry education: The experiment method and computer simulation. *Education for Chemical Engineers*, 30, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2019.09.001>
- Zhang, J., Chembumroong, S., & Sureephong, P. (2021). The Implementation of Virtual Reality Technology in Education: The Perspective of Learning Environment. *2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering*, Cha-am, Thailand, pp. 327-331. <https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCN51128.2021.9425762>