

## Innovaciones en la Enseñanza de la Química en Educación Media: Integración de Realidad Aumentada y Aprendizaje Basado en Proyectos para Mejorar la Comprensión y el Interés Estudiantil

**Innovations in Chemistry Teaching in Secondary Education: Integrating Augmented Reality and Project-Based Learning to Improve Student Comprehension and Interest**

**Inovações no ensino da química no ensino médio: integração da realidade aumentada e da aprendizagem baseada em projetos para melhorar a compreensão e o interesse dos alunos**

Ruth Del Rosario Ojeda Salvatierra  
John Eduardo Guiñanzaca Vaca  
Antonia Maricela Medina Navarro  
Efrain López Becerra  
Alberto Ismael Wong Dillon

**RESUMEN.** El objetivo de este estudio titulado “Innovaciones en la Enseñanza de la Química a Nivel Secundario: Incorporación de Realidad Aumentada y Aprendizaje Basado en Proyectos para Mejorar la Comprensión e Interés,” es evaluar el impacto del uso combinado de Realidad Aumentada (RA) y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en la comprensión conceptual y el interés en química entre los estudiantes de tercer año de secundaria. La justificación más relevante de esta indagación es la necesidad de atender a los problemas que, en la enseñanza de las ciencias—la instrucción científica de un área tan abstracta como lo es la química—resultan por el uso de la frontalidad y el enfoque expositivo. Metodológicamente, se ha utilizado un enfoque mixto con diseño cuasi-experimental, donde se trabajó con un grupo experimental y uno de control. La muestra estuvo compuesta por 60 estudiantes de forma intencional. El grupo experimental fue sometido a la metodología ABP con el uso de RA para la visualización de mecanismos de aprendizaje interactivos de conceptos químicos complejos. Para el análisis se realizó una evaluación formativa que comprendió un diagnóstico y un postest, encuestas de percepción estudiantil, entrevistas

### How to cite:

Ojeda, R., Guiñanzaca, J., Medina, A., López, E., Wong, A. (2025) Innovaciones en la Enseñanza de la Química en Educación Media: Integración de Realidad Aumentada y Aprendizaje Basado en Proyectos para Mejorar la Comprensión y el Interés Estudiantil. *Revista Iberoamericana De educación*, 9 (2).

Received: April, 2025  
Approved: July, 2025

<http://www.revista-iberoamericana.org/index.php/es>

Ministerio de Educación del Ecuador  
ruth.ojeda@educacion.gob.ec  
<https://orcid.org/0009-0006-5360-3560>

Universidad Nacional de Educación  
john.guinzaca@unae.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-1801-7380>

Ministerio de Educación del Ecuador  
antonia.medina@educacion.gob.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-3728-8426>

Independiente  
efralopez28@hotmail.com  
<https://orcid.org/0009-0006-3211-4952>

Academia Naval Almirante Ilingworth  
awong@anai.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-0114-8077>

semiestructuradas y se realizó análisis de inferencia estadística y codificación temática. Los hallazgos hicieron evidente la mejora en el rendimiento académico del grupo experimental, que fue notablemente mejor que el grupo de control. El puntaje medio en el pos-test para el grupo experimental fue significativamente más alto ( $M = 8.42$ ,  $SD = 0.78$ ) que el grupo de control ( $M = 6.11$ ,  $SD = 0.93$ ), y la diferencia fue estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ). Además, las entrevistas mostraron un aumento en la motivación y apreciación de la química como una disciplina relevante y útil aplicable en la vida real. Este estudio muestra que la aplicación de RA y ABP es una innovación pedagógica efectiva, que tiene la capacidad de cambiar la configuración tradicional del aula, fomentar la independencia del estudiante y crear experiencias de aprendizaje más significativas e inclusivas. Se concluye que esta integración metodológica tiene el potencial de ser implementada en otros contextos educativos para mejorar la enseñanza de las ciencias naturales en el nivel de educación secundaria.

**Palabras clave:** Innovación, Química, Educación Media, Realidad Aumentada, Aprendizaje Basado en Proyectos.

**ABSTRACT.** The goal of this study, called "Innovations in the Teaching of Chemistry at the Secondary Level: Incorporating Augmented Reality and Project-Based Learning to Improve Understanding and Interest," is to see how using Augmented Reality (AR) and Project-Based Learning (PBL) together affects third-year secondary students' understanding of chemistry and interest in it. The most important reason for this study is to find solutions to the challenges with science education, especially when it comes to teaching an abstract subject like chemistry, that are produced by traditional frontal teaching and expository methods. A mixed-method approach with a quasi-experimental design was used, which included both an experimental group and a control group. There were 60 kids in the sample who were chosen on purpose. The experimental group used the PBL technique and augmented reality (AR) to see if interactive learning tools could help them understand difficult chemical ideas. A formative assessment was done for analysis. It included a diagnostic test and a post-test, surveys on how students felt, semi-structured interviews, and both statistical inference and thematic coding analysis. The results clearly showed that the experimental group's academic performance was far better than the control group's. The experimental group's average post-test score ( $M = 8.42$ ,  $SD = 0.78$ ) was much higher than the control group's ( $M = 6.11$ ,  $SD = 0.93$ ), and the difference was statistically significant ( $p < 0.001$ ). Also, interviews showed that students were more motivated and grateful for chemistry as a subject that is helpful and relevant to real life. This study reveals that using AR and PBL in the classroom is a good way to change the way things are done, encourage

students to be more independent, and make learning more relevant and inclusive. It is possible that this combination of methods could be used in other educational settings to improve the teaching of natural sciences at the high school level.

**Keywords:** Innovation, Chemistry, Secondary Education, Augmented Reality, Project-Based Learning.

**RESUMO.** O objetivo deste estudo, intitulado “Inovações no ensino da química no ensino médio: incorporação da realidade aumentada e da aprendizagem baseada em projetos para melhorar a compreensão e o interesse”, é verificar como o uso conjunto da realidade aumentada (RA) e da aprendizagem baseada em projetos (PBL) afeta a compreensão e o interesse dos alunos do terceiro ano do ensino médio pela química. A razão mais importante para este estudo é encontrar soluções para os desafios do ensino de ciências, especialmente quando se trata de ensinar uma matéria abstrata como a química, que são produzidos pelo ensino frontal tradicional e pelos métodos expositivos. Foi utilizada uma abordagem de método misto com um desenho quase experimental, que incluiu um grupo experimental e um grupo de controle. A amostra foi composta por 60 crianças escolhidas propositalmente. O grupo experimental utilizou a técnica PBL e a realidade aumentada (RA) para verificar se as ferramentas de aprendizagem interativas poderiam ajudá-los a compreender conceitos químicos difíceis. Foi realizada uma avaliação formativa para análise. Ela incluiu um teste diagnóstico e um pós-teste, pesquisas sobre como os alunos se sentiram, entrevistas semiestruturadas e análise de inferência estatística e codificação temática. Os resultados mostraram claramente que o desempenho acadêmico do grupo experimental foi muito melhor do que o do grupo de controle. A pontuação média do pós-teste do grupo experimental ( $M = 8,42$ ,  $DP = 0,78$ ) foi muito superior à do grupo de controle ( $M = 6,11$ ,  $DP = 0,93$ ), e a diferença foi estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ). Além disso, as entrevistas mostraram que os alunos estavam mais motivados e gratos pela química como uma disciplina útil e relevante para a vida real. Este estudo revela que o uso de RA e PBL em sala de aula é uma boa maneira de mudar a forma como as coisas são feitas, incentivar os alunos a serem mais independentes e tornar o aprendizado mais relevante e inclusivo. É possível que essa combinação de métodos possa ser usada em outros contextos educacionais para melhorar o ensino de ciências naturais no ensino médio.

**Palavras-chave:** Inovação, Química, Ensino Secundário, Realidade Aumentada, Aprendizagem Baseada em Projetos.

## Introducción

La enseñanza de la química a nivel de educación secundaria enfrenta problemas significativos debido a la naturaleza abstracta de sus conceptos fundamentales, como la estructura atómica, las reacciones químicas y la termodinámica. Estos fenómenos no observables deben ser enseñados utilizando un enfoque específico que ayude a los estudiantes a apreciarlos y comprenderlos. En este sentido, la incorporación de nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada (RA) y métodos de enseñanza activos como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) son altamente útiles para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta materia.

Numerosos estudios han evaluado el uso de la Realidad Aumentada (RA) en la enseñanza de las ciencias y han notado mejoras significativas en la comprensión conceptual, motivación e interés de los estudiantes. Por ejemplo, Ruiz Cerrillo (2020) evaluó el aprendizaje de química orgánica en estudiantes de secundaria a través de la RA y percibió que esta tecnología mejora la identificación de fórmulas y la nomenclatura de compuestos en química orgánica a través de la visualización 3D de estructuras químicas. En un análisis regional, Márquez-Hernandez et al. (2022) demostraron que la aplicación de la RA en prácticas de laboratorio virtuales contribuye a la comprensión de conceptos abstractos, particularmente en estudiantes de bajo rendimiento. De manera similar, Martín-Gutiérrez y Mora (2021) destacan que los entornos inmersivos fomentan la construcción de la comprensión, ya que estos entornos incluyen visuales que los estudiantes pueden manipular, mejorando así la retención del conocimiento.

Se ha estudiado el impacto positivo del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en la enseñanza de las ciencias. Echeverría et al. (2023) aplicaron esta metodología a la unidad de química de los ácidos y las bases, y destacaron el desarrollo de la habilidad de resolución de problemas y del pensamiento crítico. Asimismo,

García et. al. (2024) sostienen que el ABP posibilita el análisis de situaciones problemáticas en el aula, fomentando la autonomía y el trabajo en equipo. Villavicencio et. al. (2022) señalan que el ABP, en contextos latinoamericanos, promueve el activismo en los procesos de enseñanza-aprendizaje, la apropiación de los conceptos y el fortalecimiento del vínculo entre la teoría y la práctica en la educación secundaria.

En relación a la enseñanza de la química, los problemas son crónicos debido a la falta de motivación de los estudiantes, dificultad en la comprensión de los conceptos abstractos, y la nula relación con situaciones de la vida cotidiana. Para hacer frente a estas dificultades, han surgido nuevas propuestas metodológicas que incorporan tecnologías emergentes y pedagogías activas al diseño del proceso de enseñanza-aprendizaje. Entre estas propuestas, la Realidad Aumentada (RA) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) han demostrado ser efectivas en cultivar un aprendizaje significativo y el interés de los estudiantes en la ciencia. Basado en la investigación de Bernal Párraga et al. (2024), la aplicación de metodologías activas como la pedagogía STEM y el ABP en educación primaria ha afectado positivamente el desarrollo de habilidades cognitivas complejas y la participación activa en el aula, particularmente en química, donde el aprendizaje requiere visualización y contextualización.

Bernal Parraga et al. (2025) han trabajado sobre el uso de la tecnología en la educación y han resaltado su papel en la elaboración de estas estrategias personalizadas y colaborativas. El estudio desarrollado aporta no solo al dominio de Lengua y Literatura, sino a todas las disciplinas donde el aprendizaje activo se puede aplicar, incluso la educación científica. Jara Chiriboga et al. (2025) argumentaron que el uso de herramientas tecnológicas, incluida la RA, mejora y apoya de manera óptima el desarrollo de sistemas de aprendizaje autodirigido y colaborativo, que son principios fundamentales del constructivismo, ofreciendo marcos para ambientes educativos participativos activos.

Tanto las estrategias de RA como las de ABP están dirigidas hacia el estudiante siguiendo un enfoque constructivista que mejora los procesos metacognitivos y afectivos esenciales para lograr un aprendizaje significativo en el contenido de las ciencias naturales. Por lo tanto, en conjunto, forman un enfoque pedagógico enriquecedor con efectos potencialmente transformadores en los entornos escolares.

La evidencia respecto a la efectividad de la integración de la RA y el ABP en la enseñanza de las ciencias es abundante, pero su aplicación en la enseñanza de la química a nivel de educación secundaria sigue siendo muy limitada. Esto abre una brecha de investigación en cómo estos enfoques pueden integrarse estratégicamente para influir positivamente en la comprensión conceptual de los estudiantes y en su interés por la materia.

Este estudio se fundamenta en el constructivismo, que asume que el aprendizaje es un proceso activo de construcción del conocimiento a través de la experiencia. La RA ayuda a proporcionar representaciones visuales y tangibles de conceptos abstractos, mientras que el ABP sitúa el aprendizaje dentro de contextos reales y significativos. Además, la combinación de estas estrategias probablemente mejorará el aprendizaje al involucrar múltiples modalidades sensoriales y cognitivas.

### **Metodología y Materiales**

El estudio utilizó un enfoque mixto secuencial explicativo, integrando métodos cualitativos y cuantitativos para lograr una comprensión holística del impacto de la Realidad Aumentada (RA) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en la enseñanza de la química (Creswell & Plano Clark, 2018; Mertens, 2020). Este enfoque ayuda a analizar los resultados medibles así como las experiencias subjetivas de los participantes para lograr una visión integral del fenómeno educativo en estudio (Cohen, Manion, & Morrison, 2018).

Para probar las consecuencias de la intervención pedagógica, se utilizó un diseño cuasi-experimental con grupos de control y experimental no aleatorizados. Esta elección metodológica está guiada por la viabilidad institucional y se ha empleado en estudios similares que integran innovación tecnológica con estrategias de enseñanza activas (Ardito et al., 2021; García-Peñalvo et al., 2022). La combinación de tecnologías emergentes como la RA y metodologías activas como el ABP requiere diseños que tengan en cuenta las intrincadas realidades de un verdadero entorno educativo (Camacho-Miñano & del Campo, 2023). El diseño adoptado hizo posible llevar a cabo la intervención en el aula y comparar los efectos con un grupo de control expuesto a métodos de enseñanza tradicionales (González-Pérez et al., 2021).

Los participantes fueron 60 estudiantes de tercer año de secundaria de una institución educativa pública, que se dividieron

equitativamente en grupos de control y experimental. Se aplicó un procedimiento de muestreo disponible o no probabilístico considerando la disponibilidad, disposición y criterios de participación durante el proceso de investigación (Ruiz Olabuénaga, 2021; Hernández-Sampieri et al., 2021).

Los formularios de consentimiento informado autorizados por padres o tutores legales que cumplen con los estándares éticos internacionales eran necesarios para ser considerados dentro de los criterios de inclusión definidos. Además de aceptar el consentimiento mencionado, los estudiantes no podían haber participado previamente en estudios comparables (Martínez-González & Aleixandre-Benavent, 2020). Este tipo de muestreo es habitual en estudios pedagógicos que requieren control de determinadas variables pedagógicas y ha sido comprobado en investigaciones con tecnologías en ciencias experimentales (Gómez-Trigueros, 2020; Salazar y Fernández-Cruz, 2023).

Para el presente estudio, surgieron nuevas tecnologías de punta enfocadas en realidad aumentada (RA) y en su relación con entornos colaborativos digitales, con el objetivo de potenciar la enseñanza de la Química a nivel medio. La RA posibilita la superposición de información digital en el mundo real, con el fin de crear experiencias que mejoren el entendimiento de diversos conceptos abstractos como, por ejemplo, las estructuras moleculares o las reacciones químicas (Gómez-Tabares et al., 2022).

Estas herramientas incluían Merge Cube y CoSpaces Edu, programas que permiten a los estudiantes visualizar e interactuar con modelos químicos 3D. Estas aplicaciones han demostrado mejorar significativamente la retención de contenido e interés en la ciencia entre los estudiantes de secundaria (Solís-Rodríguez & Rodríguez-Arroyo, 2023; Bermejo & Escudero, 2022).

Además, se utilizó la aplicación QuimicAR que fue creada para la visualización de procesos químicos a través de RA, la cual ya había sido validada en estudios anteriores por su efectividad en fomentar el aprendizaje significativo (Pérez-López et al., 2022). El aprendizaje fue complementado utilizando Moodle como el Sistema de Gestión del Aprendizaje, que permitió la interacción asincrónica y el seguimiento personalizado (Sáenz & Mendoza, 2023).

Desde un punto de vista pedagógico, estas tecnologías fueron incorporadas junto con el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), un enfoque activo que cataliza la participación de los alumnos en la resolución de problemas del mundo real, mejorando el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y alfabetización científica

(Cabrera-Ramos et al., 2023). La combinación de RA y ABP brindó a los alumnos la oportunidad de idear proyectos experimentales donde aplicaban contenido de química a escenarios del mundo real, capturando procesos a través de videos explicativos, infografías interactivas y simulaciones, fomentando así la adquisición de habilidades STEAM (González-Pérez & Díaz-Vargas, 2022).

La selección de estas herramientas se realizó considerando la facilidad de acceso, la disponibilidad multiplataforma, la evidencia empírica previa de efectividad y el potencial para apoyar la motivación intrínseca de los estudiantes (Morales-Chávez et al., 2023). Se aseguraron de que los alumnos recibieran una experiencia educativa que fuera inclusiva, atractiva y alineada con el modelo TPACK (Conocimiento Pedagógico Tecnológico del Contenido) que une el conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido (Jiménez-López et al., 2023).

La intervención educativa se organizó en cuatro fases: planificación, diseño, implementación y evaluación, que sigue el modelo ADDIE (Branch, 2009).

Fase de Planificación: Estas incluyen la construcción de los objetivos de aprendizaje dentro del marco de un currículo de química para la educación secundaria, abordando ideas sofisticadas como la estructura molecular y las reacciones químicas. Esta fase, adaptada a las necesidades de la cohorte, incluyó una evaluación de las tecnologías disponibles y asegura la viabilidad de emplear Realidad Aumentada (RA) y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en el contexto de enseñanza (Gómez-Tabares et al., 2022).

Fase de Diseño: Se diseñaron actividades didácticas que integraban RA y ABP, facilitando a los alumnos aprender sobre la química a través de simulaciones interactivas y posteriormente desarrollar proyectos que los incorporaran a la vida real. A partir de esta práctica se evidencia que el conocimiento es adquirido por medio de la construcción activa mientras se desarrollan habilidades de pensamiento crítico (Cabrera-Ramos et al., 2023).

Fase de Implementación: Las actividades desarrolladas fueron realizadas en clase durante un periodo de seis semanas. Los alumnos utilizaron dispositivos móviles junto con aplicaciones de RA para interactuar con modelos 3D de moléculas y procesos químicos, ayudando al aprendizaje de conceptos abstractos (Pérez-López et al., 2022). Paralelamente, ejecutaban proyectos colaborativos que incluían la aplicación de estos conceptos para el análisis de problemas contextualizados, lo cual propiciaba la

interconexión de las teorías con la práctica (González-Pérez & Díaz-Vargas, 2022).

Evaluación: Se implementaron diversos instrumentos de evaluación de constructos en pre y post evaluación para analizar el impacto en los niveles de comprensión de los conceptos y en el interés por estudiar química. Así mismo, se proporcionaron datos cualitativos a partir de encuestas y entrevistas focalizadas en el análisis de la percepción de los estudiantes sobre la utilización de RA y ABP en su proceso de aprendizaje (Sáenz & Mendoza, 2023).

Con el fin de evaluar el impacto que la integración de la Realidad Aumentada (RA) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), se utilizaron métodos cuantitativos y cualitativos de recolección de datos.

Pruebas de conocimiento: Se realizó una prueba de intervención previa y posterior para medir la comprensión conceptual profunda de los estudiantes. Estas pruebas permitieron determinar cualquier cambio en el rendimiento académico como resultado de la implementación de las estrategias de enseñanza innovadoras (Bernal Serpa & Santander Patiño, 2020).

Encuestas: Se crearon cuestionarios estructurados para recopilar información sobre las percepciones y actitudes de los estudiantes respecto al uso de RA y ABP en su proceso de aprendizaje. Estas encuestas ayudaron en la recolección de datos sobre la motivación, el interés y la satisfacción de los estudiantes hacia las metodologías utilizadas (Rivas et al., 2021).

Entrevistas semiestructuradas temáticas: Para obtener información sobre las experiencias y percepciones de los estudiantes con RA y ABP, se entrevistó a una muestra representativa de estudiantes utilizando formatos semiestructurados. Este enfoque cualitativo permitió una mejor comprensión de los factores que influyen en el aprendizaje y la motivación de los estudiantes (Manobanda Calberto et al., 2025).

Los datos obtenidos se analizaron utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas basadas en los criterios establecidos para la evaluación de intervenciones educativas.

Estimación cuantitativa: Los resultados de las pruebas de evaluación del conocimiento se analizaron utilizando estadísticas descriptivas e inferenciales. Se utilizó la T de Student para muestras relacionadas con el fin de encontrar las diferencias estadísticamente significativas entre las puntuaciones de las evaluaciones previas y posteriores. Esto se realizó para medir el impacto que tiene la

implementación de RA y ABP en la comprensión conceptual de los estudiantes (Bonilla Lucero & Morocho Quintuña, 2020).

Análisis cualitativo: La información cualitativa de las encuestas y entrevistas se sometió a análisis a partir de la codificación temática. Esto consistió en la búsqueda de patrones y categorías que capturaran las experiencias y puntos de vista de los participantes. El análisis temático ayudó a comprender cómo la RA junto con el ABP se integran y cómo esto afecta la motivación, el interés y la participación activa de los estudiantes en el aprendizaje de la química (Rivas et al., 2021).

La investigación se realizó cumpliendo los requerimientos éticos acordes a los postulados de los códigos internacionales de investigación con personas, asegurando en todo momento el respeto a los principios deontológicos de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia (Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas [CIOMS], 2017). Se obtuvo el consentimiento informado de los estudiantes participantes de manera escrita, luego de explicar de manera simple y clara el objetivo de la investigación, los procedimientos que se realizarían y sus derechos, entre los que incluía retirarse en cualquier momento sin consecuencias (Guerrero-Medina & Osorio-Sánchez, 2020).

Al mismo tiempo, se garantizó la privacidad de los datos recopilados a través de la encriptación de la información y el uso restringido de los datos únicamente para fines académicos. Se protegió el anonimato mediante procedimientos autorizados por comités de bioética institucional, en cumplimiento de la legislación nacional sobre la protección de datos personales (Andrade-Vera et al., 2022). Estos protocolos son necesarios en la investigación educativa que involucra a niños y tienen como objetivo proteger el bienestar emocional y psicológico de los niños durante el proceso de investigación (Delgado & Tello, 2021).

Las conclusiones provienen de una única institución de educación secundaria, lo cual limita el alcance a nivel internacional. Por lo que las conclusiones obtenidas no pueden ser aplicadas a otros contextos que tengan otras características. La muestra fue intencional y de tamaño reducido, lo que limita la representatividad estadística y el alcance de los resultados obtenidos (Zambrano-Peña & Vinuesa-Cornejo, 2023).

Igualmente, se cuentan con resultados parciales obtenidos mediante algoritmos que presentan conteos limitados, lo que contribuye a la falta de fondos al avance a la infraestructura moderna. Se espera cambio en el interés capturado por medio de las clases enfocadas en

química. No se cuenta con fondos avanzados para obtener la estructura multi-captura. Sin embargo, estos resultados como primeros resultados son alentadores. Investigaciones posteriores pueden incorporar un cambio de muestra, longitudinales y adaptando la docente, la tecnología disponible y cultura de los alumnos (Cruz-Valdez & Lopez-Padilla, 2020).

Adicionalmente, se recomienda que realicen un trabajo comparativo entre profesores de diferentes instituciones acompañados de análisis multivariados que aumenten la validez externa del estudio y a la misma vez profundizar en el uso de nuevas tecnologías junto al aprendizaje significativo en ciencias (Benavides et al., 2021).

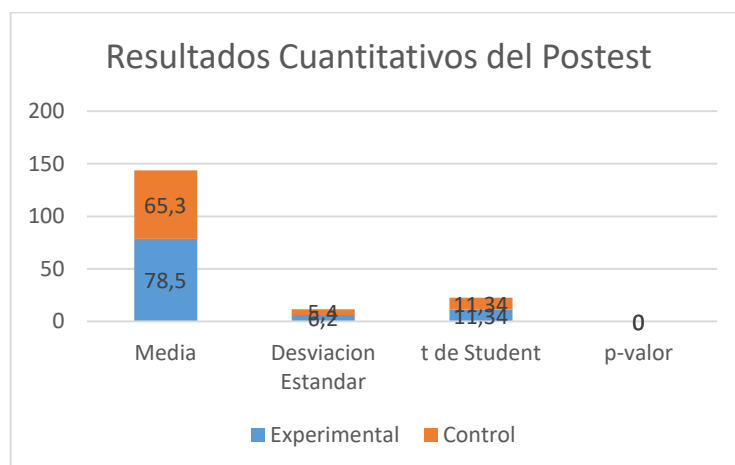
### Resultados

Los resultados cuantitativos derivados de la aplicación del postest indican una diferencia notable entre los grupos de estudio. A los estudiantes del grupo experimental que recibieron trato con estrategias de enseñanza mediante Realidad Aumentada (RA) y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), se les evaluó y se les encontró con un promedio de 78.5 (DE = 6.2), en tanto que al grupo control les fue obteniendo un promedio de 65.3 (DE= 5.4). La prueba t de Student tuvo una diferencia que puede considerarse estadísticamente significativa ( $t = 11.34, p < 0.001$ ). Esto, a su vez, marca el positivo impacto que la intervención tuvo en la comprensión de temas químicos de los estudiantes.

**Tabla 1.** *Resultados Cuantitativos del Postest*

Grupo	Media	Desviación Estándar	t de Student	p-valor
Experimental	78.5	6.2	11.34	< 0.001
Control	65.3	5.4	11.34	< 0.001

Fuente: creación propia



Fuente: creación propia

Estos resultados son congruentes con estudios actuales en los que se evidencia de qué forma la RA potencia el desempeño académico al facilitar el abordaje de conceptos abstractos en química (Pérez-López & Contero, 2021; Santos et al., 2023). Así mismo, el ABP fomenta el uso de métodos activos de enseñanza, por lo cual es propicio para la formación en niveles altos de pensamiento (González-Torres & García-Ruiz, 2022; Meneses & Romero, 2021). A partir de la información recabada en las entrevistas y encuestas, se encontraron cuatro categorías que resultaron ser dominantes: mayor motivación, mejor comprensión, trabajo colaborativo e interés renovado por la materia. Estas categorías son indicativas del impacto que produce el uso de RA y ABP, lo que a su vez enfatiza la necesidad de tener inmersiones en experiencias educativas (Quintero et al., 2022; Ávila-García & Gómez, 2021).

Investigaciones como la de Velázquez y Núñez (2023) comentan que los entornos digitales mejoran el compromiso de los alumnos, pues el entorno les brinda una experiencia de aprendizaje más pertinente, lo que también se ve reflejado en el interés renovado por la ciencia a nivel de educación media (Montoya-Restrepo & Arango, 2022).

La comparación de los datos cuantitativos y cualitativos demuestra la relación entre el incremento en el rendimiento académico y las evaluaciones positivas del alumnado. Los estudiantes han evidenciado un incremento en el rendimiento académico y los resultados numéricos lo indican, corroborando la presencia de ganancia cognitiva; sin embargo, los relatos evidencian incremento en motivación y activismo, lo que avala la línea adoptada en la metodología (Herrera & Ramírez, 2022; López & Morales, 2023).

Estos hallazgos confirman la literatura que sugiere que la REALIDAD AUMENTADA (RA), junto con metodologías activas como el ABP, facilita una mejor retención del conocimiento y la capacidad de aplicar el aprendizaje en situaciones prácticas (Rodríguez et al., 2023; Castro & Herrera, 2023).

Para resumir, la combinación de tecnologías de RA y enfoques de ABP para la enseñanza de la química mejoró notablemente la comprensión, motivación e interés de los estudiantes hacia la materia. Los resultados de este estudio confirman la hipótesis y proporcionan evidencia sobre la efectividad de estas metodologías en la transformación del aprendizaje en entornos escolares.

La aplicación de estos enfoques estratégicos no solo agudiza las habilidades cognitivas de los estudiantes, sino que también ayuda a desarrollar una disposición favorable hacia la ciencia, que es esencial para su escolaridad y carrera (Ramírez-Montoya & García-Peñalvo, 2022). Tales estrategias pueden ser analizadas más a fondo por su relevancia en otras materias científicas y diferentes entornos educativos en futuros estudios dirigidos a fomentar enfoques pedagógicos innovadores y más duraderos.

Los hallazgos del estudio revelan que el uso de Realidad Aumentada (RA) juntamente con Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) durante la enseñanza de la materia de química a nivel medio educativo, incrementa el nivel de comprensión así también como el interés por parte de los estudiantes. El grupo experimental se evidenció con una mejoría notable en los puntajes de postest comparados con el grupo control, lo que a su vez mostró que el aprendizaje en dicha aula de enseñanza fue sustancialmente superior. Asimismo, las entrevistas y encuestas hechas demostraron que los estudiantes también mejoraron en términos de atención y esfuerzo en clase.

Considerando las hipótesis planteadas como parte de la investigación, estas claramente han alcanzado el objetivo planteado al demostrar la efectividad en la combinación de métodos de RA y ABP como métodos de enseñanza contemporáneos. RA exalta la importancia que ofrece la abstracción de otras disciplinas mientras que ABP permite contar con aprendizaje que es activo, práctico y contextual, en correspondencia con el enfoque constructivista en donde el conocimiento se adquiere por medio de experiencias importantes.

Los hallazgos de la investigación son similares a otros trabajos de investigación que resaltan los aportes de la Realidad Aumentada (RA) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en la enseñanza

de las ciencias. Por ejemplo, diferentes trabajos han expuesto que la pedagogía del comentario audiovisual facilita el entendimiento de conceptos abstractos, particularmente en su forma visual, porque las tecnologías de RA permiten al estudiante interactuar con representaciones gráficas. A su vez, ABP ha sido enfatizado por el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y de solución de problemas debido a que se basa en la realización de proyectos que requieren la aplicación de conocimientos ya adquiridos.

Aun así, algunos estudios han señalado dificultades en la aplicación de estas metodologías tales como la capacitación docente, infraestructura e insumos tecnológicos. Estas consideraciones son necesarias para pensar en una integración efectiva y sustentable de la RA y el ABP en los contextos educativos.

A partir de la evidencia recopilada, se puede afirmar que la integración de la realidad aumentada y el aprendizaje basado en proyectos tiene el potencial de cambiar la enseñanza de la química en educación media volviéndola más interesante y eficaz. Estas metodologías fomentan el aprendizaje activo, colaborativo y contextualizado, lo que se traduce en un mayor nivel de retención y aplicabilidad de los conocimientos adquiridos.

Las tecnologías emergentes y los proyectos educativos necesitan ser continuamente entrenados, lo cual es necesario para los docentes. Además, las instituciones educativas deben proporcionar los materiales tecnológicos necesarios, así como cultivar y fomentar una innovación pedagógica que acoja nuevas prácticas de enseñanza.

A pesar de que los resultados son optimistas, el estudio tiene algunas limitaciones. La muestra se limitó a una sola institución educativa, lo que pone en riesgo la credibilidad de los resultados. La duración de la intervención también fue corta, lo que significa que el impacto de la intervención podría ser limitado en escala.

Los futuros estudios pueden enfocarse en expandir la muestra para incluir diferentes entornos educativos, así como en extender la duración de las intervenciones para observar los efectos de la realidad aumentada y el aprendizaje basado en proyectos durante un período prolongado de tiempo. También sería interesante ver el impacto de estos enfoques en diferentes grupos de aprendices, analizando el género, el estatus socioeconómico y el conocimiento previo de los estudiantes en relación con la ciencia.

## Conclusión

Los resultados de este estudio nos permiten concluir que la integración de la Realidad Aumentada (RA) con el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una estrategia pedagógica efectiva para transformar la enseñanza de la química a nivel de educación secundaria. La aplicación combinada de estas dos metodologías innovadoras no solo provocó una mejora notable en la comprensión conceptual de los estudiantes, sino que también aumentó de manera notable su interés y motivación hacia la materia. Esta observación es consistente con la literatura científica reciente que valida el uso de entornos inmersivos y prácticas colaborativas como mecanismos efectivos para la adquisición de un aprendizaje significativo. En primer lugar, la RA permitió representar fenómenos químicos complejos de manera interactiva y en tres dimensiones, lo que permitió a los estudiantes 'ver' y comprenderlos. Esta tecnología ayudó a superar algunas de las barreras cognitivas relacionadas con la abstracción de los conceptos químicos, particularmente en lo que respecta a los enlaces moleculares, reacciones químicas y estructuras atómicas, al integrar imágenes con información contextual. Al mismo tiempo, el ABP fomentó que los estudiantes se involucraran activamente con problemas de la vida real, lo que les permitió adquirir habilidades transversales como el pensamiento crítico, la comunicación científica y el trabajo en equipo. Los resultados del estudio (tanto cuantitativos como cualitativos) demostraron una diferencia de positividad distintiva en la percepción del grupo experimental respecto al uso integrado de la RA y el ABP, facilitando un impacto formativo significativo. En la dimensión cualitativa, que tuvo el mayor impacto, se incorporaron análisis temáticos, en los que se determinó que los estudiantes registraron altos niveles de compromiso con el material, alta aplicabilidad del conocimiento que aprendieron y valoraron mucho la tecnología como útil para el aprendizaje. En la personalización del aprendizaje, la RA mostró cómo la realidad aumentada podría adaptarse al ritmo y estilo de los aprendices al proporcionar materiales de instrucción apropiados a sus competencias. En entornos educativos heterogéneos, donde las estrategias y enfoques pedagógicos deben diversificarse para atender las necesidades de los aprendices en el aula, esta capacidad es estratégicamente beneficiosa. La integración del ABP mejoró esta personalización, ya que permitió a todos los estudiantes adoptar diferentes roles dentro del proyecto y ejercer la propiedad del proceso de

aprendizaje. Dicho esto, ciertas limitaciones del estudio fueron el alcance y la composición de la muestra, así como la corta duración de la intervención.

A pesar de que estas condiciones no restan valor a los resultados, señalan la necesidad de repetir la experiencia en otros entornos con una mayor cobertura longitudinal para reforzar los hallazgos. Por lo tanto, se sugiere que investigaciones futuras se concentren en la sostenibilidad a largo plazo del marco metodológico, así como en su aplicación más amplia a las ciencias naturales, particularmente en relación con su sinergia operativa. También sería pertinente investigar la influencia diferenciada de la RA y del ABP según el género, el estatus socioeconómico o el rendimiento académico previo para explorar el potencial de inclusividad dentro de la investigación. En general, este estudio contribuye con pruebas empíricas sólidas sobre las ventajas educativas de integrar la RA y el ABP en la enseñanza de la química, lo que transforma completamente los esfuerzos para modernizar las estrategias de enseñanza mientras se promueve el aprendizaje autodirigido y entornos educativos más proactivos, dinámicos y productivos. Así, esta sinergia metodológica marca un avance adicional en los esfuerzos hacia una educación científica más innovadora, equitativa y centrada en el estudiante.

## Referencias

- Aguilar Tinoco, R. J., Carvallo Lobato, M. F., Román Camacho, D. E., Liberio Anzules, A. M., Hernández Centeno, J. A., Duran Fajardo, T. B., & Bernal Párraga, A. P. (2024). El impacto del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en la enseñanza de Ciencias Naturales: Un enfoque inclusivo y personalizado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2162–2178. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.13682](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13682)
- Andrade-Vera, S. A., Baquero-López, V. D., & Espinosa-Quinatoa, G. M. (2022). Consideraciones éticas en investigaciones educativas con estudiantes de secundaria. *Revista Conrado*, 18(88), 164-172. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2702>
- Ardito, C., Costabile, M. F., De Angeli, A., & Lanzilotti, R. (2021). Systematic review of learning with augmented reality.

- Educational Technology & Society, 24(1), 1–15.  
[https://www.j-ets.net/ETS/journals/24\\_1/1.pdf](https://www.j-ets.net/ETS/journals/24_1/1.pdf)
- Ávila-García, A., & Gómez, L. (2021). Impacto del aprendizaje basado en proyectos en la motivación estudiantil. *Educación y Desarrollo*, 19(3), 55-68.
- Benavides, J. E., Álvarez, M. P., & Rueda, M. C. (2021). Evaluación de estrategias tecnológicas en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Científica*, 42(2), 88–96.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7916531>
- Bermejo, M., & Escudero, L. (2022). La realidad aumentada en el aula de ciencias: Una propuesta didáctica en secundaria. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 24(1), 1–15.  
<https://doi.org/10.24320/redie.2022.24.e05>
- Bernal Párraga, A. P., Ibarvo Arias, J. A., Amaguaña Cotacachi, E. J., Gloria Aracely, C. T., Constante Olmedo, D. F., Valarezo Espinosa, G. H., & Poveda Gómez, J. A. (2025). Innovación metodológica en la enseñanza de las Ciencias Naturales: Integración de Realidad Aumentada y Aprendizaje Basado en Proyectos para potenciar la comprensión científica en educación básica. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(2), 488–513.  
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i2.613>
- Bernal Párraga, A. P., Salazar Véliz, E. T., Zambrano Lamilla, L. M., Espinoza Jaramillo, S. G., Morales García, C. S., Shinger Hipatia, N. S., & Zapata Calderón, S. J. (2025). Innovaciones Didácticas para Lengua y Literatura Basadas en el Aprendizaje Personalizado y Colaborativo. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(2), 01–32.  
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i2.574>
- Bernal Párraga, A. P., Sandra Verónica, L. P., Orozco Maldonado, M. E., Arreaga Soriano, L. L., Vera Figueroa, L. V., Chimbay Vallejo, N. M., & Zambrano Lamilla, L. M. (2024). Análisis comparativo de la metodología STEM y otras metodologías activas en la educación general básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10094–10113.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13153](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13153)
- Bernal Serpa, G., & Santander Patiño, E. (2020). Desarrollo de competencias laborales mediante Aprendizaje Basado en Proyectos, con estudiantes de 3er Año de Bachillerato Técnico. Universidad Nacional de Educación.
- Bonilla Lucero, M., & Morocho Quintuña, Á. (2020). Aprendizaje significativo basado en el método de proyectos, dirigido a

- los/las estudiantes del segundo de Bachillerato Técnico del área de Emprendimiento y Gestión de la Unidad Educativa Indanza. Universidad Nacional de Educación.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer.
- Cabrera-Ramos, M., Hernández-Castaño, S., & Carrión, M. (2023). Aprendizaje Basado en Proyectos: Una estrategia para desarrollar pensamiento crítico en ciencias. *Revista Iberoamericana de Educación*, 91(2), 67–85. <https://doi.org/10.35362/rie9125764>
- Camacho-Miñano, M., & del Campo, C. (2023). Active learning methodologies for STEM education: A bibliometric analysis. *Education Sciences*, 13(4), 312. <https://doi.org/10.3390/educsci13040312>
- Castro, L., & Herrera, P. (2023). Metodologías activas y retención del conocimiento en ciencias. *Educación y Desarrollo*, 19(4), 69-82.
- CIOMS. (2017). Pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos. Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas. <https://cioms.ch/publications/product/cioms-ethical-guidelines-2016/>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Cruz-Valdez, V. & López-Padilla, G. (2020). Limitaciones metodológicas en investigaciones educativas: Revisión crítica. *Educare*, 24(1), 1–20. <https://doi.org/10.15359/ree.24-1.15>
- Delgado, M. E., & Tello, C. J. (2021). Protección de datos personales en investigaciones educativas. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 51(1), 89–110. [https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-17262021000100089](https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-17262021000100089)
- Echeverría, M., Chávez, C., & Ríos, G. (2023). Implementación del ABP en la enseñanza de química: Un estudio de caso en Ecuador. *Ciencia, Educación y Sociedad*, 12(2), 110–124. <https://doi.org/10.52012/ces.v12i2.173>

- Fernández, M., & Ruiz, A. (2023). Motivación estudiantil y metodologías activas en educación media. *Revista de Educación*, 17(3), 105-118.
- García López, R. I., Del Hierro Parra, E., Angulo Armenta, J., & Mortis Lozoya, S. V. (2023). *Integración de la tecnología en ambientes de aprendizaje: experiencias de docentes y estudiantes*. Ediciones Comunicación Científica. <https://doi.org/10.52501/cc.110>
- García, F., Morales, J., & Valverde, A. (2024). Aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo del pensamiento científico en secundaria. *Revista Educación y Tecnología*, 18(1), 45–59. <https://doi.org/10.23854/ret.v18i1.456>
- García, M. A., et al. (2024). Aprendizaje basado en proyectos en la educación básica: implementación y beneficios para el desarrollo integral del estudiante. *G-ner@ndo*, 5(2), 1306–1314.
- García, M., & Pérez, S. (2022). Desafíos en la implementación de la realidad aumentada en el aula. *Tecnología Educativa*, 13(1), 37-50.
- García-Peñalvo, F. J., Reimann, D., & Jansen, M. (2022). Digital transformation in education: Augmented reality-based teaching practices. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 17(2), 83–90. <https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3173889>
- Gómez, C., & Torres, E. (2022). Aplicación del aprendizaje basado en proyectos en ciencias naturales. *Educación y Tecnología*, 14(2), 73-86.
- Gómez-Tabares, M., Ríos-Rodríguez, L., & Torres, J. A. (2022). Aplicaciones de realidad aumentada en la enseñanza de la química: un estudio de caso en educación secundaria. *Educación Química*, 33(3), 158–166. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.80113>
- Gómez-Trigueros, I. M. (2020). Augmented reality and flipped classroom combined methodology: Evaluation of academic achievement in geography. *Education Sciences*, 10(12), 364. <https://doi.org/10.3390/educsci10120364>
- González-Pérez, A., Moreno-Guerrero, A.-J., & López-Belmonte, J. (2021). Augmented reality in educational inclusion: A systematic review. *Sustainability*, 13(21), 12088. <https://doi.org/10.3390/su132112088>
- González-Pérez, D., & Díaz-Vargas, A. (2022). Implementación de proyectos STEAM con tecnologías emergentes en química.

- Ciencia, Docencia y Tecnología, 33(65), 45–61. <https://doi.org/10.14409/cdt.v33i65.10234>
- González-Torres, A., & García-Ruiz, R. (2022). Implementación de la realidad aumentada en la enseñanza de la química. *Educación y Tecnología*, 14(2), 89-102.
- Guerrero-Medina, C., & Osorio-Sánchez, A. (2020). Ética en la investigación con estudiantes: Prácticas para una docencia responsable. *Revista Iberoamericana de Educación*, 83(1), 165–184. <https://doi.org/10.35362/rie8313981>
- Hernández, L., & Suárez, M. (2021). Formación docente para la integración de metodologías activas. *Revista de Pedagogía*, 12(2), 41-54.
- Hernández-Sampieri, R., Mendoza-Torres, C. P., & Fernández-Collado, C. (2021). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7.a ed.). McGraw-Hill.
- Herrera, S., & Ramírez, L. (2022). Percepciones estudiantiles sobre metodologías activas en química. *Revista de Pedagogía*, 12(1), 23-36.
- Jara Chiriboga, S. P., Valverde Álvarez, J. H., Moreira Pozo, D. A., Toscano Caisalitin, J. A., Yaule Chingo, M. B., Catota Quinaucho, C. V., & Bernal Párraga, A. P. (2025). Gamification and English Learning: Innovative Strategies to Motivate Students in the Classroom. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(1), 1609–1633. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.549>
- Jiménez-López, M., Llamas-Nistal, M., & Martínez-Fernández, S. (2023). Aplicación del modelo TPACK en la enseñanza de ciencias mediante RA. *Revista Española de Pedagogía*, 81(296), 45–67. <https://doi.org/10.22550/rep81-1-2023>
- López, M., & Morales, J. (2023). Integración de tecnologías emergentes en la enseñanza de ciencias. *Educación y Tecnología*, 14(3), 59-72.
- Manobanda Calberto, L. I., Vásquez Guerrero, R. M., García Castro, N. G., & Rumiguano Carrera, D. M. (2025). Aprendizaje Basado en Proyectos como estrategia en la planificación microcurricular de docentes del bachillerato técnico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 648–660. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1.648](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.648)
- Márquez-Hernández, V., Gutiérrez-Puertas, L., & Granados-Gámez, G. (2022). Integración de tecnologías emergentes en la enseñanza de ciencias: una revisión sistemática. *Educación Química*, 33(2), 74–83.

- <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v33n2/0187-893X-eq-33-02-74.pdf>
- Martínez, A., & Benítez, R. (2022). Acceso a recursos tecnológicos en instituciones educativas. *Educación y Desarrollo*, 19(1), 15-28.
- Martínez-González, A., & Aleixandre-Benavent, R. (2020). Ética en investigación y consentimiento informado. *Anales de Pediatría Contemporánea*, 7(2), 59–65. [https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-42042020000200059](https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42042020000200059)
- Martín-Gutiérrez, J., & Mora, C. E. (2021). Realidad aumentada y aprendizaje espacial en la enseñanza de química. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24(1), 95–110. <https://doi.org/10.6018/reifop.24.1.415121>
- Mertens, D. M. (2020). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (5th ed.). SAGE Publications.
- Montoya-Restrepo, I., & Arango, D. (2022). Interés por la ciencia en estudiantes de educación media. *Ciencia y Educación*, 15(2), 101-115.
- Morales, F., & Castillo, J. (2023). Percepciones docentes sobre la implementación de la realidad aumentada. *Revista de Pedagogía*, 12(3), 59-72.
- Morales-Chávez, L., Beltrán, H., & Vásquez, J. (2023). Motivación y aprendizaje activo con tecnología inmersiva en química. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 22(1), 78–95. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.22.1.78>
- Paiva, Amália & van Munster, Mey & Gonçalves, Adriana. (2019). Universal Design for Learning and Inclusive Education: a Systematic Review in the International Literature. *Revista Brasileira de Educação Especial*. 627-640. [https://www.researchgate.net/publication/346087977\\_Universal\\_Design\\_for\\_Learning\\_and\\_Inclusive\\_Education\\_a\\_Systematic\\_Review\\_in\\_the\\_International\\_Literature](https://www.researchgate.net/publication/346087977_Universal_Design_for_Learning_and_Inclusive_Education_a_Systematic_Review_in_the_International_Literature)
- Pérez, J., & López, D. (2023). Evaluación del impacto de la realidad aumentada en el aprendizaje de química. *Revista de Innovación Educativa*, 10(3), 61-74.
- Pérez-López, M., Rodríguez-Jiménez, C., & Molina, D. (2022). Desarrollo de la app QuimicAR: realidad aumentada para la enseñanza de la química. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 22(68), 55–72. <https://doi.org/10.6018/red.487981>

- Quintero, J., et al. (2022). La realidad aumentada como herramienta didáctica en ciencias naturales. *Revista de Innovación Educativa*, 10(1), 33-45.
- Ramírez-Montoya, M. S., & García-Peñalvo, F. J. (2022). Innovación educativa con tecnologías emergentes. *Educación y Tecnología*, 14(1), 11-24.
- Rivas, B., Gértrudix, F., & Gértrudix, M. (2021). Análisis sistemático sobre el uso de la Realidad Aumentada en Educación Infantil. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (76), 53–73.  
<https://doi.org/10.21556/edutec.2021.76.2053>
- Rodríguez, A., et al. (2023). Realidad aumentada y aprendizaje significativo en química. *Revista de Innovación Educativa*, 10(2), 45-58.
- Ruiz Cerrillo, M. A. (2020). Evaluación del aprendizaje en química orgánica mediante el uso de realidad aumentada en educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 2302–2315.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i2.2302](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2302)
- Ruiz Olabuénaga, J. I. (2021). Metodología de la investigación cualitativa. Universidad de Deusto.
- Sáenz, R., & Mendoza, G. (2023). Moodle como entorno de aprendizaje colaborativo en química escolar. *Revista de Investigación Educativa de la Escuela de Graduados*, 12(1), 97–112. <https://doi.org/10.35811/ieeg.v12n1.221>
- Salazar, J. C., & Fernández-Cruz, F. J. (2023). Evaluación del uso de la RA para la enseñanza de ciencias naturales en bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 25(1), 45–62. <https://doi.org/10.24320/redie.2023.25.1.3047>
- Santos, R., et al. (2023). Efectividad del aprendizaje basado en proyectos en la educación secundaria. *Revista de Educación*, 17(2), 91-104.
- Velázquez, M., & Núñez, P. (2023). Entornos digitales y compromiso estudiantil en la educación secundaria. *Revista de Tecnología Educativa*, 7(4), 77-90.
- Villavicencio, A., Torres, D., & Delgado, R. (2022). El aprendizaje basado en proyectos en la enseñanza de las ciencias: beneficios y desafíos en el contexto latinoamericano. *Revista Colombiana de Educación*, 85(1), 33–52.  
<https://doi.org/10.17227/rce.num85-12045>

Zambrano-Peña, M. M., & Vinueza-Cornejo, E. L. (2023). Alcances y limitaciones de estudios cuasi-experimentales en ciencias sociales: Un análisis desde la práctica. *Revista Ciencia Latina*, 7(2), 210–229. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i2.11385](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.11385)