

INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS INMERSIVAS EN EL ÁREA DE CIENCIAS NATURALES EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA.

Katerine Beleño Caselles¹

katerinebeleno@unicesar.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7345-1935>

**Universidad Popular del Cesar
Seccional Aguachica
Colombia**

Darwin Navarro Pino²

darwinnavarro@unicesar.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9933-7708>

**Universidad Popular del Cesar
Seccional Aguachica
Colombia**

Recibido 02/02/2026

Aprobado: 13/02/2026

RESUMEN

Este artículo parte desde la definición de la realidad aumentada, realidad virtual y las tecnologías inmersivas y la relación que existe entre ellas. Se realiza una revisión de la integración de estas tecnologías en asignaturas o temas que hacen parte del área de conocimiento de las ciencias naturales, enfocándose en la educación secundaria, en las aplicaciones que sirven como herramienta para la formación de los estudiantes y los resultados obtenidos en una ventana de observación de dos años, específicamente entre el 2024 y 2025.

El tipo de investigación de este artículo es documental que consiste en “consulta o documentación, paso previo al proceso investigativo; pero puede convertirse en una investigación, si el tema y problema se aborda desde una perspectiva innovadora, o si el estudio documental se toma como técnica de recolección de datos” (Rojas, 2011); es decir, consultar, documentar, analizar y evaluar las investigaciones más relevantes en el área de interés. La metodología es de enfoque cualitativo ya que se analizan las formas en que se integran las tecnologías inmersivas, sus aplicaciones, percepciones, prácticas

¹ Ingeniera de Sistemas, Esp. En docencia universitaria, MSc. Gestión de Proyecto Informáticos, Dcte. en Educación. Docente de aula La Estrella Antioquia, docente catedrática Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica, Investigadora Grupo GIDEATIC.

² Ingeniero Electrónico, Esp. En docencia universitaria, MSc. Gestión de Proyecto Informáticos, Dcte. en Educación. Docente I.E Laureano Gómez Castro, docente catedrático Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica, Investigador Grupo GIDEATIC.

y efectos formativos. Se realiza una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA, para seleccionar, analizar y sintetizar los documentos.

Finalmente, se realiza un análisis de en qué asignaturas del área de las ciencias naturales se vienen aplicando, qué dificultades se vienen presentando, que expectativas ha generado, en qué grado de escolaridad, el tipo de tecnología de acuerdo a la aumentada, virtual o mixta; el objetivo planteado se alcanza al realizar la revisión documental de reflexiones sobre experiencias en las escuelas secundaria a nivel mundial, se tomaron de 689 artículos consultados en Scopus en los idiomas inglés y español que fueron siendo filtrados por diferentes criterios establecidos hasta llegar a delimitarlos a 24.

Palabras clave: realidad virtual, realidad aumentada, tecnologías inmersivas, educación secundaria.

INTEGRATION OF IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN THE AREA OF NATURAL SCIENCES IN SECONDARY EDUCATION

ABSTRACT

The article begins by explaining what augmented reality, virtual reality, and immersive technologies are, and shows how they connect with each other. It reviews the integration of these technologies into subjects or topics within the natural sciences field, focusing on secondary education, the applications that serve as tools for student training, and the results obtained over a two-year observation window, specifically between 2024 and 2025.

The type of research used in this article is documentary, which consists of "consultation or documentation, a preliminary step in the investigative process; however, it can become research if the topic and problem are approached from an innovative perspective, or if documentary research is used as a data collection technique" (Rojas, 2011); that is, consulting, documenting, analyzing, and evaluating the most relevant research in the area of interest. The methodology is qualitative, analyzing the ways in which immersive technologies are integrated, their applications, perceptions, practices, and educational effects. A systematic review is conducted following the PRISMA protocol to select, analyze, and synthesize the documents.

Finally, an analysis is conducted of which natural science subjects are being applied, the challenges they have encountered, the expectations they have generated, the level of schooling, and the type of technology used (augmented, virtual, or blended). This

objective is achieved through reflection and a documentary review of experiences in secondary schools worldwide. These articles are taken from 689 articles searched in Scopus in English and Spanish, which were subsequently filtered down to a final selection of 24 according to established criteria.

Keywords: virtual reality, augmented reality, immersive technologies, secondary education.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de información y la comunicación (TIC), han logrado relevancia trascendental en todos los ámbitos socio económicos, y el sector educativo no es excluido (Rodríguez García, 2018), y aportan valiosas herramientas para mejorar las actividades, por tanto, es fundamental que los colegios e instituciones se apropien de dichos recursos para promover el desarrollo de nuevos métodos de enseñanza (CAMPOS SOTO, NAVAS-PAREJO, & MORENO GUERRERO, 2020) y mejorar los procesos de aprendizaje (Cadavieco & Pascual Sevillano, 2017).

Además, las TIC se encuentran presente en casi todas las etapas pedagógicas desarrolladas en los centros educativos hoy en día (Larionova, Brown, Bystrova, & Sinitsyn, 2018), debido a que han aparecido nuevas tecnologías y el personal educativo se ha venido adaptando a ellas, incentivando un interés porque permite que el estudiante aprenda de forma más atractiva, amena y divertida con recursos como: animaciones, videos, audios, gráficos, videojuegos, entre otros; generando dinámicas educativas motivadoras y participativas (Díaz & Asencio, 2018).

Con la llegada de la cuarta revolución industrial aparecen tecnologías que se han venido insertando en diferentes ámbitos como es el caso del educativo, entre estas tecnologías se destacan las denominadas tecnologías inmersivas que conllevan el uso de realidad aumentada, realidad virtual, realidad mixta y que son reconocidas o ampliadas con otros términos como se describe más adelante. Por ello se pretende conocer qué viene ocurriendo en los últimos años con ellas en el campo educativo y en qué áreas de las ciencias naturales se han venido usando como herramienta didáctica que puede enriquecer el aprendizaje de los jóvenes de estas últimas generaciones.

Este artículo es una investigación de tipo descriptivo con un enfoque cualitativo porque tiene como finalidad recolectar información de cómo se ha aplicado la realidad virtual y la realidad aumentada y la mixta en la enseñanza de las ciencias naturales y qué resultados se han venido obteniendo en los diferentes procesos donde se han integrado.

La investigación está basada en un marco metodológico expuesto que brinda ampliamente tres etapas principales del proceso para la realización de la búsqueda de estudios en el área de las tecnologías inmersivas en la educación:

1. Planeación: donde se definieron las preguntas de búsqueda, las estrategias para las consultas, los criterios para la seleccionar los artículos y las técnicas de extracción de datos, donde se lleva el proceso de revisión.

2. Conducción: donde se identifican, seleccionan y analizan los estudios recolectados y,
3. Reporte: donde se muestra los resultados del estudio de la búsqueda.

El objetivo del estudio es identificar, seleccionar y analizar datos extraídos del material seleccionado relacionados con realidad virtual y la realidad aumentada como apoyo tecnológico en las practicas educativas de los estudiantes de secundaria. Para alcanzar los objetivos propuestos se proporcionaron como guías los siguientes interrogantes:

P1: ¿En qué consiste la realidad virtual, aumentada o mixta?

P2: ¿En qué grados se viene aplicando (6° -11°)?

P3: ¿En qué asignaturas de las ciencias naturales se viene integrando?

P4: ¿En qué países se vienen realizando mayores desarrollos los últimos dos años? P5: ¿Qué tipo de aplicación como simuladores, juegos educativos (gamificación), laboratorios virtuales, aulas inmersivas, visitas virtuales se viene integrando?

P6: ¿Qué tipo de método de enseñanza o enfoque curricular están usando en su aplicación?

La búsqueda de literatura se realizó a través de bibliotecas digitales en línea como Scopus y Google académico, estudios que dieran respuesta a las preguntas planteadas anteriormente, sin embargo, fue en Scopus donde se pudo encontrar información

actualizada de los años 2024-2025 por ello al final solo se recolectaron documentos de esta.

REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada (RA) se refiere a una iteración en vivo de entornos del mundo real donde sus elementos son enriquecidos con contenido generado por computadoras, como sonido o gráficos (Wulansari, y otros, 2025). También, la realidad aumentada (RA) se caracteriza como un entorno de simulación tridimensional creado a través de software y hardware para proporcionar al usuario la experiencia interactiva más realista posible (López-Cortés, Ravanal Moreno, Palma Rojas, & Merino Rubilar, 2021)

Otra definición que podemos mencionar de la realidad aumentada es un sistema que combina: (i) objetos reales y virtuales, (ii) interacción en tiempo real y (iii) una combinación tridimensional de elementos reales y virtuales (Porte, Boucheix, Rapet, Draï-Zerbib, & Martínez, 2024).

Estas definiciones dejan claro que estas tecnologías buscan combinar contenidos digitales de mundo virtual con el mundo real para generar experiencias ricas en actividades sensoriales, dependiendo de las necesidades educativas que requiera el docente en el aula, se planea e incorporar el uso de la misma en el contexto, y las ciencias naturales es un área que permite la experimentación de la misma, pues para el estudiante es más fácil interactuar con los dos mundos y tratar de entender un concepto

de la ciencia a través de imágenes, audio, video y sonido que sólo a través de la palabra del docente con el uso de un tablero.

REALIDAD VIRTUAL:

Una de las definiciones extraídas de los artículos seleccionados manifiesta que la tecnología de realidad virtual (RV) es un entorno artificial con pantallas y objetos que se hacen para parecer reales. Este entorno artificial hace que los usuarios experimente experiencias sensoriales de un entorno real (Wang, 2024).

Otra definición tomada de los documentos extraídos en esta investigación manifiesta que la tecnología de realidad virtual (RV) es un entorno artificial con pantallas y objetos que se hacen para parecer reales. Este entorno artificial genera iteraciones similares a un entorno real (Fahmi, Zubaidah, Mahanal, & Setiawan, 2024).

Esta es otra de las herramientas que puede apoyar el proceso educativo, pues los jóvenes de esta generación les atrae en gran medida los video juegos. Además, a través de la realidad virtual se pueden explorar experiencias educativas que ayuden a enriquecer el conocimiento de las ciencias naturales.

TECNOLOGÍA VAR:

El concepto de tecnología mixta que es la combinación de las dos, la realidad aumentada y la realidad virtual, se encuentran definidos como tecnología VAR o en algunos documentos como tecnología extendida. En (Maulana, Siswandari, Gunarhadi, & Efendi, 2025) se define la misma como una que "integra simulaciones de realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV) para mejorar la visualización espacial y conceptual".

En otro de los documentos se encuentra el concepto de XR (Mulders, M., Träg, K. H., & Kirner, L. , 2025) (tecnología extendida) que también lo reconoce como una aplicación de las dos. Este mismo término se encuentra en (Ferrari, Herrero Teijón, & Ruiz, 2024) donde se utilizan estas tecnologías en la enseñanza de la astronomía y se menciona el término "realidad extendida del metaverso".

Son múltiples los términos para acuñar el uso de las dos realidades, pero el concepto sigue siendo el mismo, la integración de las dos tecnologías.

MÉTODO

Como se menciona en la introducción el enfoque es de carácter cualitativo y de tipo descriptivo siguiendo el protocolo PRISMA, en sus fases específicas de planeación, conducción y reporte.

PLANEACIÓN

El objetivo del estudio es identificar, seleccionar y analizar el uso que se está realizando de la realidad virtual, realidad aumentada o realidad extendida como apoyo tecnológico en los procesos educativos de los estudiantes en el área de ciencias naturales del nivel de secundaria. Para cumplir con este objetivo se proporcionaron como guías las seis preguntas mencionadas en la introducción y numeradas como P1, P2, P3, P4, P5, y P6.

La búsqueda se realizó en dos bases de datos académicas direccionada por las preguntas. Para poder realizar la consulta, se tomaron como guía términos claves, como se presenta a continuación:

TITLE-ABS-KEY (("Virtual REALITY") AND "SECONDARY SCHOOL") AND
PUBYEAR > 2019 AND

(LIMIT-TO (DOCTYPE, "AR") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "CP"))

En Google academic se obtuvieron 35 resultados.

En Scopus se realiza la consulta, obteniendo 682 resultados, bajo los siguientes parámetros:

TÍTULO-ABS-CLAVE (("realidad virtual" O "realidad aumentada" O "realidad mixta") Y ("escuela secundaria" O "escuela primaria" O "escuela preparatoria") Y (educación O enseñanza O aprendizaje)) Y PUBYEAR > 2019 Y (LIMIT-TO (

DOCTYPE,"ar") O LIMIT-TO (DOCTYPE,"re")) Y (LIMIT-TO (IDIOMA,"Inglés") O
LIMIT-TO (IDIOMA,"Español"))

Fue importante limitar la búsqueda con base a diferentes indicadores de indagación para seleccionar los documentos publicados en los últimos 5 años. Se establecieron criterios de selección con la intención de disminuir el número de documentos encontrados y atender a las preguntas planteadas, los cuales fueron denominados y codificados: inclusión (CI) y exclusión (CE).

CI1: El documento es de tipo artículo, tesis.

CI2: El documento describe aplicaciones de realidad virtual, aumentada o mixta que apoya procesos de educación en ciencias naturales.

CI3: El título y resumen del documento coinciden con los criterios de búsqueda.

CI4: El documento está escrito en inglés o español.

CI5: El documento está en la ventana de publicación de los años 2024-2025.

CE1: No se logró tener acceso a todo el documento.

CE2: El documento no coincide con los criterios de búsqueda.

CE3: El documento es de tipo documento conferencia.

CE4: El documento es un análisis bibliométrico.

CONDUCCIÓN

Los estudios identificados en la biblioteca digital de Scopus fueron 682 y de los cuales 24 fueron seleccionados. Se inicio con la aplicación de los criterios inclusión y exclusión al título, resumen y los descriptores o keywords por cada documento. Los cuales se descargaron y utilizados para la extracción los datos mostrados en la Tabla 1.

Autor	Título
Laurie Porte et al.	Immersive virtual reality for learning about ecosystems: effect of two signaling levels and feedback on action decisions
Wulansari, T. T. et al.	MAGIC BOOM CHEMICAL: A TRACKING MARKER-BASED APPROACH IN DEVELOPING CHEMICAL MOLECULE TEXTBOOK
Miriam Mulders et al.	Go green: evaluating an XR application on biodiversity in German secondary school classrooms
Cheng-Hung Wang	Education in the metaverse: Developing virtual reality teaching materials for K–12 natural science
Iwan Maulana et al.	Virtual – Augmented Reality (VAR) for Science Learning: Development and Impact on Students' HOTS Skills
Zufahmi et al.	The Effectiveness of Augmented Reality-Assisted E-Module in Improving Students Digital Literacy in High School Biology Learning
António Faria et al.	The Effect of Augmented Reality on Learning Meiosis via Guided Inquiry and Pecha Kucha: A Quasi-Experimental Design
Youssef Menchafou et al.	Effectiveness of Virtual Labs for Physics Learning in Moroccan Secondary Schools
S-Y.Chen. et al.	Enhancing Education on Aurora Astronomy and Climate Science Awareness through Augmented Reality Technology and Mobile Learning

Vu Thi Thu Hoai, et al.	An Investigation into whether Applying Augmented Reality (AR) in Teaching Chemistry Enhances Chemical Cognitive Ability
Dengzhen LU1, Boyu Qiu et al.	Chemical simulation teaching system based on virtual reality and gesture interaction
Noor Hidayah Che Lah	Mobile augmented reality in learning chemistry subject: an evaluation of science exploration
Najib Fahmi et al.	Virtual Reality Laboratory Laws of Inheritance Enhancing Students' Technological Literacy
Sabrina Syskowski et al.	Teaching with Augmented Reality Using Tablets, Both as a Tool and an Object of Learning
Oktavia Sulistina	Improving Chemical Literacy Skills: Integrated Socio-Scientific Issues Content in Augmented Reality Mobile
Juan Du et al.	Technology acceptance of a wearable collaborative augmented reality system in learning chemistry among junior high school students
Bayan Kuanbayeva et al.	Investigating the Role of Augmented Reality in Supporting Collaborative Learning in Science Education: A Case Study
Enzo Ferrari et al.	Unlocking the cosmos: Evaluating the efficacy of augmented reality in secondary education astronomy instruction
Tan Wai Ying et al.	Sustainable environmental education using virtual reality: A module for improving environmental citizenship competences in secondary schools
Siti Nurqualbiah Mat Karim et al.	FizaAR: An Augmented Reality Learning Kit Integrating Social Cognitive Theory in Learning Physics
Selma Korlat et al.	PhyLab – a virtual reality laboratory for experiments in physics: a pilot study on intervention effectiveness and gender differences
Chui Ee Chu et al.	Enhancing Biology Laboratory Learning: Student Perceptions of Performing Heart Dissection With Virtual Reality
A. D. Rahmat et al.	Implementation of Mobile Augmented Reality on Physics Learning in Junior High School Students
Fadillah Rahmayani et al.	Development of E-Book Integrated Augmented Reality Based on STEM

	Approaches to Improve Critical Thinking and Multiple Representation Skills in Learning Physics
--	--

Tabla 1: Estudios seleccionados.

Después de completar el proceso anterior, se hizo una lectura de texto en su resumen y conclusiones para encontrar respuesta a las preguntas de la búsqueda, Los datos extraídos de cada documento se presentan a manera de discusión en la sección de reporte.

REPORTE

De los 24 artículos seleccionados veinte fueron publicados en el 2024 y cuatro en el

2025, situación entendible puesto que la consulta se realiza el primero de agosto de 2025 y aún faltan publicaciones del segundo semestre del año que no se han reportado. La tabla 2, muestra el resumen por años de los artículos referenciados.

Año	Artículos
2024	(Syskowski, y otros, 2024), (Rahmayani, Kuswanto, & Rahmat, 2024), (Rahmat, Wilujeng, KuswantO, Pratidhina, & Dwinugrahaningtyas, 2024), (Chu, y otros, 2024), (Korlat, y otros, 2024), (Karim, Karim, & Kamsin, 2024), (Tan, Azali, & DeWitt, 2024), (Ferrari, Herrero Teijón, & Ruiz, 2024), (Kuanbayeva, Shazhdekeyeva, Zhusupkaliyeva, Mukhtarkyzy, & Abildinova, 2024), (Sulistina & Hasanah, 2024), (Fahmi, Zubaidah, Mahanal, & Setiawan, 2024), (Che Lah, y otros, 2024), (Lu, Li, Qiu, Liu, &

	Qi, 2024), (Hoai, 2024), (Du & DeWitt, 2024), (Chen, Lin, Lai, & Liu, 2024), (Menchafou, Aaboud, & Chekour, 2024), (Faria & Lobato Miranda, 2024), (Wang, 2024), (Porte, Boucheix, Rapet, Drai-Zerbib, & Martinez, 2024).
2025	(Zufahmi, Rohman, Listyorini, & Sapta Sari, 2025), (Maulana, Siswandari, Gunarhadi, & Efendi, 2025), (Mulders, M., Träg, K. H., & Kirner, L. , 2025), (Wulansari, y otros, 2025).

A nivel de continentes donde más se están usando estas tecnologías estos últimos años es en Asia con siete países (Indonesia, Taiwán, Vietnam, China, Malasia, Kazajistán, Singapur) seguido de Europa con cinco países (Francia, Alemania, Portugal, España, Austria) y África con un país (Marruecos). No aparecen estudios del tema en América ni en Oceanía. La figura 1 muestra la distribución de artículos por país.



Figura 1: Distribución de las publicaciones por país.

El número de artículos por continente están distribuidos así: Asia con 17 artículos, Europa con 6 artículos y África con 1 artículo. Siendo Indonesia el país que más generó publicaciones de este tipo con siete artículos, seguido de Malasia con 4. La mayor distribución de artículos sigue siendo en Asia con un 71 % como lo demuestra la figura 2.

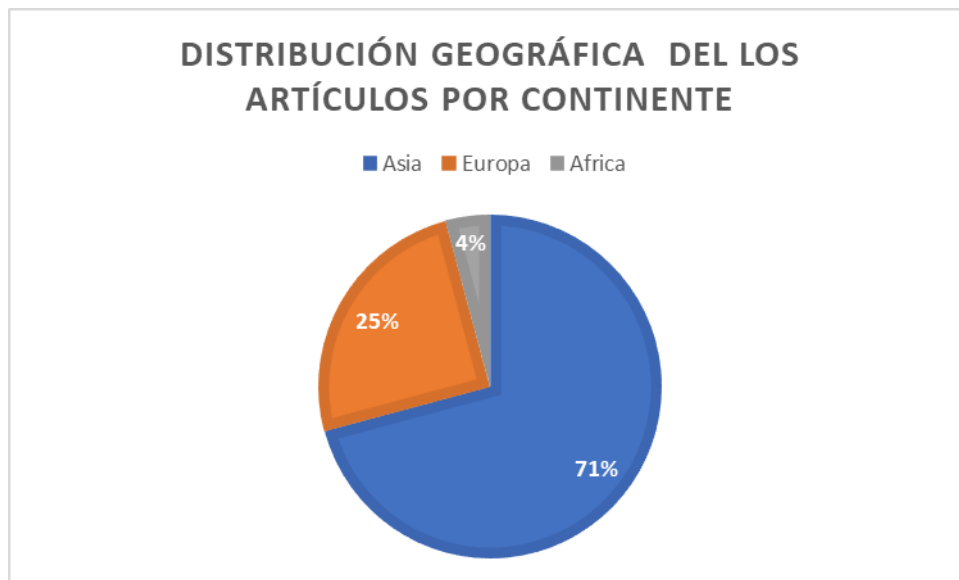


Figura 2: Distribución geográfica de las publicaciones por continente.

De la figura 3 se puede afirmar que las tecnologías inmersivas más implementadas estos últimos años en las áreas de ciencias naturales, sustentado en las publicaciones que se encuentran concentradas en la realidad aumentada con 14 artículos, seguida de la realidad virtual con ocho artículos y 2 de la realidad extendida o mixta.

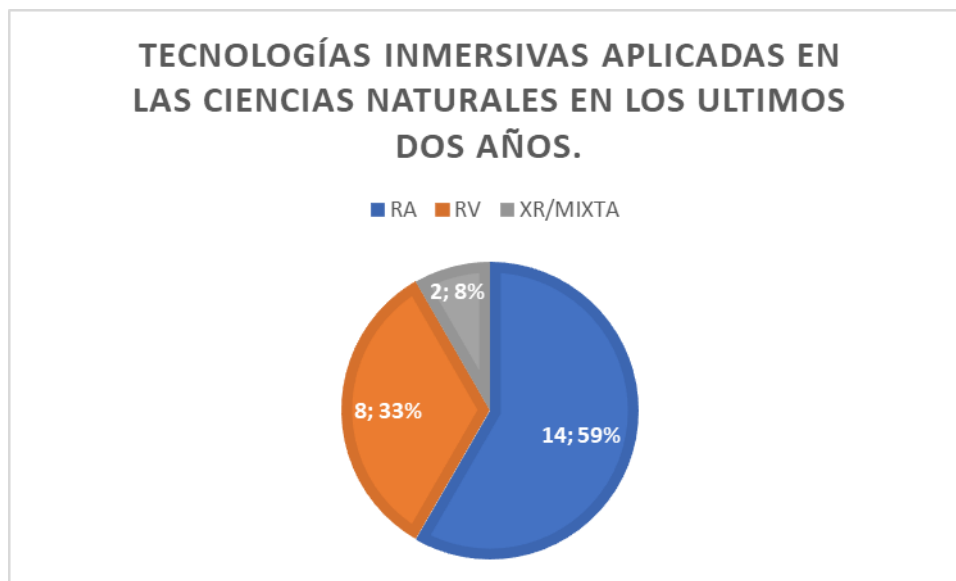


Figura 3: Tecnologías inmersivas aplicadas en los últimos dos años.

Análisis y Discusión de los resultados

La mayor cantidad de las investigaciones utilizaron estudios de tipo experimental o cuasiexperimental donde tomaron grupos de estudiantes a los que se les aplicaba la clase con el uso de la tecnología (grupo experimental) y otro en el que no (grupo de control), para posteriormente comparar la evolución en el aprendizaje. Entre los resultados más comunes se encuentra que a nivel general hay mejoras en la motivación por parte del estudiante, sin embargo, en algunos casos no es concluyente la mejora en el aprendizaje. En los entornos inmersivos se nota más compromiso con el proceso aprendizaje.

De igual manera, un porcentaje significativo de los estudios presentan de manera recurrente desafíos para la implementación de estas tecnologías la dependencia a la infraestructura tecnológica y la necesidad de mayor formación docente, y para la obtención de resultados concluyentes que permitan la toma de decisiones con un sustento pedagógico claro, el tamaño reducido de las muestras que no posibilita generalizar los resultados.

CONCLUSIONES

Los artículos revisados en el presente estudio evidencian que las tecnologías consideradas inmersivas entre ellas específicamente la Realidad Aumentada (RA) combinada con la Realidad Virtual (RV) principalmente, conforman un recurso didáctico de gran potencial transformador de los procesos de enseñanza aprendizaje. De igual manera, en la transversalidad de los nuevos modelos educativos aporta e impacta significativamente múltiples dimensiones.

En la mayoría de los artículos los autores coinciden en que tanto la RA como la RV aumentan significativamente el compromiso, la curiosidad, la motivación y el interés de los estudiantes propiciando el aprendizaje de manera autónoma, lo que se evidencia con la mejora del rendimiento académico. Se observa una mayor concentración, participación y actitudes positivas hacia las asignaturas del área de ciencias naturales (Porte, Boucheix, Rapet, Draï-Zerbib, & Martínez, 2024) .

La RA tiene la capacidad de combinar un entorno real con elementos o contenidos creados digitalmente en el mismo espacio y tiempo (Porte, Boucheix, Rapet, Drai-Zerbib, & Martinez, 2024). La RV crea entornos inmersivos realistas simulados por computadora permiten a los estudiantes participar en experiencias realistas e interacciones en tiempo real, facilitando la inmersión física y la presencia psicológica en entornos virtuales (Wang, 2024). Esto es particularmente útil para Simular experimentos peligrosos, costosos o inviables en el mundo real, como los de química o física.

La fortaleza de estas tecnologías de hacer visibles y manipulables fenómenos naturales que por medios tradicionales o de la realidad humana serían difícilmente accesibles, facilitan la explicación y el entendimiento de conceptos complejos o abstractos, algunos ejemplos importantes de resaltar en los cuales facilitan la comprensión son; en biología y química, reacciones químicas, visualización de estructuras moleculares (Porte, Boucheix, Rapet, Drai-Zerbib, & Martinez, 2024), de procesos como la división celular, la genética y la anatomía interna de los seres vivos (Wulansari, y otros, 2025), en física, conceptos como el electromagnetismo, los campos magnéticos, la gravitación y la mecánica cuántica (Porte, Boucheix, Rapet, Drai-Zerbib, & Martinez, 2024), en tecnología la simulación de artefactos mecánicos, electrónico y electrónicos (Mulders, M., Träg, K. H., & Kirner, L. , 2025) y (Wang, 2024), ofreciendo ventajas como pruebas y tiempo ilimitado, retroalimentación inmediata, repetición de experimentos y seguridad para los estudiantes y equipos. Con experiencias sensoriales

que superan a menudo a las actividades experimentales convencionales en términos de aplicabilidad y eficacia (Mulders, M., Träg, K. H., & Kirner, L. , 2025) y (Faria & Lobato Miranda, 2024).

Sin duda alguna, la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV) poseen un enorme potencial para enriquecer la enseñanza de las ciencias naturales, al favorecer aprendizajes más interactivos, significativos e inclusivos. Sin embargo, este potencial no debe interpretarse de manera acrítica, ya que su impacto real dependerá de múltiples factores que todavía requieren mayor análisis, validación empírica y ajustes contextuales.

Aunque se ha comprobado que las tecnologías inmersivas elevan la motivación, la participación y el rendimiento académico, aún resta por explorar la sostenibilidad de estos efectos en el mediano y largo plazo. Es decir, ¿hasta qué punto la novedad tecnológica mantiene su capacidad de motivar cuando se convierte en parte habitual de la práctica educativa? Esta reflexión abre la puerta a investigaciones longitudinales que permitan evaluar no solo aprendizajes inmediatos, sino también la retención del conocimiento y la transferencia de habilidades a otros contextos.

Si bien la evidencia señala que estas herramientas desarrollan competencias claves requeridas para desenvolverse de manera exitosa en la sociedad del siglo XXI como son el pensamiento computacional, identificación y resolución, habilidades digitales, en muchas, aún falta evaluar en qué medida estas habilidades se consolidan más allá de los entornos virtuales. Resulta pertinente cuestionarse hasta qué punto las

habilidades adquiridas en estos escenarios se trasladan eficazmente a entornos reales, profesionales o ciudadanos. (Mulders, M., Träg, K. H., & Kirner, L. , 2025) y (Maulana, Siswandari, Gunarhadi, & Efendi, 2025).

Desde el punto de vista de la equidad educativa, las aplicaciones de RA y RV en dispositivos móviles contribuyen a ampliar las oportunidades de acceso al conocimiento. No obstante, este potencial democratizador puede verse socavado si no se abordan de manera decidida las barreras financieras, la brecha digital, la falta de infraestructura y la escasa capacitación docente. Por ello, se requieren investigaciones que no solo valoren la eficacia pedagógica de estas tecnologías, sino también su viabilidad social y económica en contextos vulnerables o periféricos (Wulansari, y otros, 2025) y (Tan, Azali, & DeWitt, 2024).

En síntesis, los artículos resaltan el gran poder de la RA y la RV para hacer del aprendizaje en el área de ciencias naturales una experiencia más interactiva, motivante y significativa. Estas tecnologías abren la posibilidad de visualizar lo invisible, ensayar lo inalcanzable y explorar lo desconocido, propiciando aprendizajes profundos y duraderos. No obstante, su impacto no dependerá únicamente de los avances técnicos, sino de su integración pedagógica clara, consciente y contextualizada.

Hacia el futuro, resulta necesario consolidar investigaciones que no se queden solo en el análisis del aprendizaje inmediato, sino también de un aprendizaje que perdura en el tiempo, la transferencia de habilidades a situaciones reales y la sostenibilidad de estas prácticas en contextos educativos diversos.

REFERENCIAS

- Cadavieco, J., & Pascual Sevillano, M. (2017). “La producción científica sobre Realidad Aumentada, un análisis de la situación educativa desde la perspectiva SCOPUS,”. *Edmetic*, 6(1), 39–61.
- CAMPOS SOTO, M., NAVAS-PAREJO, M., & MORENO GUERRERO, A. (2020). “Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus,” *ALTERIDAD. Rev. Educ.*, 15(1), 47–60.
- Che Lah, N., Mat Senu, M., Jumaat, N., Eh Phon, D., Hashim, S., & Zulkifli, N. (2024). Mobile augmented reality in learning chemistry subject: an evaluation of science exploration. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 13(2), 1007–1020. doi:<https://doi.org/10.11591/ijere.v13i2.25198>
- Chen, S., Lin, P., Lai, Y., & Liu, C.-J. (2024). Enhancing education on aurora astronomy and climate science awareness through augmented reality technology and mobile learning. *Sustainability*, 16, 5465. doi:<https://doi.org/10.3390/su16135465>
- Chu, C., Cheong, G., Mishra, a., Wen, y., Leo, C., Yeo, D., & heong, K. (2024). Enhancing Biology Laboratory Learning: Student Perceptions of Performing Heart Dissection With Virtual Reality. *IEEE Access*. doi:<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3394713>
- Díaz, V., & Asencio, P. (2018). “Trabajar el cuerpo humano con realidad aumentada en educación infantil”. *Rev. Technol. Cienc. y Educ*, 9.
- Du, J., & DeWitt, D. (2024). Technology acceptance of a wearable collaborative augmented reality system in learning chemistry among junior high school students. *Journal of Pedagogical Research*, 8(1), 106–119. doi:<https://doi.org/10.33902/JPR.202425282>
- Fahmi, M., Zubaidah, S., Mahanal, S., & Setiawan, D. (2024). Virtual Reality Laboratory Laws of Inheritance Enhancing Students’ Technological Literacy. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(6), 159–172. doi:<https://doi.org/10.3991/ijim.v18i06.47945>

- Faria, A., & Lobato Miranda, G. (2024). The effect of augmented reality on learning meiosis via guided inquiry and Pecha Kucha: A quasi-experimental design. *Information, 15*, 566. doi:<https://doi.org/10.3390/info15090566>
- Ferrari, E., Herrero Teijón, P., & Ruiz, C. (2024). The impact of augmented reality-based applications on astronomy learning in secondary education. *Journal of New Approaches in Educational Research, 13*(Art. 8). doi:<https://doi.org/10.1007/s44322-024-00007-8>
- Hoai, V. (2024). An Investigation into whether Applying Augmented Reality (AR) in Teaching Chemistry Enhances Chemical Cognitive Ability. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 23*(4), 195–216. doi:<https://doi.org/10.26803/ijlter.23.4.11>
- Karim, S., Karim, A., & Kamsin, I. (2024). FizaAR: An Augmented Reality Learning Kit Integrating Social Cognitive Theory in Learning Physics. [sin dato reportado], [sin dato reportado].
- Korlat, S., Kollmayer, M., Haider, C., Hlavacs, H., Martinek, D., Pazour, P., & Spiel, C. (2024). PhyLab – a virtual reality laboratory for experiments in physics: a pilot study on intervention effectiveness and gender differences. *Frontiers in Psychology, 15*(Art. 1284597). doi:<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1284597>
- Kuanbayeva, B., Shazhdekeyeva, N., Zhusupkaliyeva, G., Mukhtarkyzy, K., & Abildinova, G. (2024). Investigating the Role of Augmented Reality in Supporting Collaborative. *International Journal of Engineering Pedagogy, 14*(1), 149–161. doi:<https://doi.org/10.3991/ijep.v14i1.42391>
- Larionova, V., Brown, K., Bystrova, T., & Sinitsyn, E. (2018). “Russian perspectives of online learning technologies in higher education: An empirical study of a MOOC”. *Res. Comp. Int. Educ, 13*(1), 70–91.
- López-Cortés, F., Ravalan Moreno, E., Palma Rojas, C., & Merino Rubilar, C. (2021). Niveles de representación externa de estudiantes de educación secundaria acerca de la división celular mitótica: Una experiencia con realidad aumentada. Pixel-Bit. *Revista de Medios y Educación, 62*, 7–37. doi:<https://doi.org/10.12795/pixelbit.84491>

- Lu, D., Li, H., Qiu, B., Liu, S., & Qi, S. (2024). Chemical simulation teaching system based on virtual reality and gesture interaction. *irtual Reality & Intelligent Hardware*, 6(2), 167–168. doi:[sin dato reportado]
- Maulana, I., Siswandari, Gunarhadi, & Efendi, A. (2025). Virtual – Augmented Reality (VAR) for science learning: Development and impact on students' HOTS skills. *lectronic Journal of e-Learning*(23(1)), 129–142. doi:<https://doi.org/10.34190/ejel.23.1.3733>
- Menchafou, Y., Aaboud, M., & Chekour, M. (2024). Effectiveness of virtual labs for physics learning in Moroccan secondary schools. *nternational Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 18(15), 129–143. doi:<https://doi.org/10.3991/ijim.v18i15.48447>
- Mulders, M., Träg, K. H., & Kirner, L. . (2025). Go green: Evaluating an XR application on biodiversity in German secondary school classrooms. *Instructional Science*, 53, 429–455. doi:<https://doi.org/10.1007/s11251-024-09697-1>
- Porte, L., Boucheix, J.-M., Rapet, L., Drai-Zerbib, V., & Martinez, J.-L. (2024). mmersive virtual reality for learning about ecosystems: Effect of two signaling levels and feedback on action decisions. *Frontiers in Psychology*, 15, 1-21. doi:<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1359071>
- Rahmat, A., Wilujeng, I., KuswantO, H., Pratidhina, E., & Dwinugrahaningtyas, A. (2024). [sin dato reportado]. [sin dato reportado], [sin dato reportado].
- Rahmayani, F., Kuswanto, H., & Rahmat, A. (2024). Development of Physics E-book Augmented Reality (AR) Based on STEM Approach to Improve Students' Critical Thinking and Multiple Representation Skills. [sin dato reportado], [sin dato reportado].
- Rodríguez García, A. M. (2018). “La competencia digital del futuro docente: Análisis bibliométrico de la productividad científica indexada en Scopus The digital competence of the future teacher: Bibliometric analysis of scientific productivity indexed in Scopus.”. *Int. J. Educ. Res. Innov*, 10, 317–333.
- Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.

- Sulistina, O., & Hasanah, S. (2024). Improving Chemical Literacy Skills: Integrated Socio-Scientific Issues Content in Augmented Reality Mobile. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(5), 135–147. doi:<https://doi.org/10.3991/ijim.v18i05.47923>
- Syskowski, S., Lathwesen, C., Kanbur, C., Siol, A., Eilks, I., & Huwer, J. (2024). Teaching with Augmented Reality Using Tablets, Both as a Tool and an Object of Learning. *J. Chem. Educ.*, 101, 892–902. doi:<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00607>
- Tan, W., Azali, N., & DeWitt, D. (2024). Sustainable environmental education using virtual reality: A module for improving environmental citizenship competences in secondary schools. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(10)(Art. 2511). doi:<https://doi.org/10.29333/ejmste/15177>
- Wang, C.-H. (2024). Education in the metaverse: Developing virtual reality teaching materials for K–12 natural science. *Education and Information Technologies*, 30, 637–658. doi:<https://doi.org/10.1007/s10639-024-13156-2>
- Wulansari, T., Hafsari, P., Bintoro, R., Fitrianto, Y., Gunawan, Santiyadnya, N., Andrea, R., Karim, S., Rostia, D., & Ping, M. F. (2025). MAGIC BOOM CHEMICAL: A tracking marker-based approach in developing chemical molecule textbook. 6(2).
- Zufahmi, Rohman, F., Listyorini, D., & Sapta Sari, M. (2025). The effectiveness of augmented reality-assisted e-module in improving students digital literacy in high school biology learning. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 5, 1517. doi:<https://doi.org/10.56294/saludcyt20251517>