



Didactic Sustainability, Algorithmic Ethics, and Immersive Technologies in Initial Teacher Training: A Macro-Institutional Synthesis

Sustentabilidad Didáctica, Ética Algorítmica y Tecnologías Inmersivas en la Formación Inicial Docente: Una Síntesis Macro-Institucional

César-Antonio Acosta Fernández¹  

¹ Benemérita Escuela Normal Veracruzana "Enrique C. Rébsamen". Xalapa, México

Recibido: 04-01-2026 | Revisado: 20-02-2026 | Aceptado: 17-04-2026 | Publicado: 18-04-2026

Autor de correspondencia: César-Antonio Acosta Fernández 

ABSTRACT

The incorporation of generative artificial intelligence and immersive technologies in teacher training opens up new possibilities for planning more dynamic, contextualized and sustainable classes. However, their use also requires a critical look, especially when digital tools produce general activities that do not always respond to the reality of public schools. This study analyzed the combined use of artificial intelligence, augmented reality and pedagogical curatorship in the elaboration of didactic sequences by teachers in training at the Meritorious Veracruz Normal School "Enrique C. Rébsamen". We worked with six teachers in training, 30 didactic sequences and 185 primary school students from six public institutions in Xalapa, Veracruz. The research had a mixed approach and made it possible to compare the planning time, the level of adaptation of the proposals and the use of material resources before and after the intervention. The results showed a reduction in weekly planning time from 10.4 to 5.2 hours, a significant improvement in the contextualization and inclusion of sequences, and a 40% decrease in the use of printed inputs. Greater student attention was also observed during activities supported by immersive resources. It is concluded that these technologies can strengthen initial teacher training when they are not used automatically, but as a support to think, adapt and improve teaching from ethical, inclusive and situated criteria.

Keywords: artificial intelligence, augmented reality, initial teacher training, algorithmic ethics, didactic sustainability.

RESUMEN

La incorporación de la inteligencia artificial generativa y las tecnologías inmersivas en la formación docente abre nuevas posibilidades para planificar clases más dinámicas, contextualizadas y sostenibles. Sin embargo, su uso también exige una mirada crítica, especialmente cuando las herramientas digitales producen actividades generales que no siempre responden a la realidad de las escuelas públicas. Este estudio analizó el uso combinado de inteligencia artificial, realidad aumentada y curaduría pedagógica en la elaboración de secuencias didácticas por docentes en formación de la Benemérita Escuela Normal Veracruzana "Enrique C. Rébsamen". Se trabajó con seis docentes en formación, 30 secuencias didácticas y 185 estudiantes de educación primaria de seis instituciones públicas de Xalapa, Veracruz. La investigación tuvo un enfoque mixto y permitió comparar el tiempo de planificación, el nivel de adaptación de las propuestas y el uso de recursos materiales antes y después de la intervención. Los resultados mostraron una reducción del tiempo semanal de planificación de 10.4 a 5.2 horas, una mejora importante en la contextualización e inclusión de las secuencias y una disminución del 40% en el uso de insumos impresos. También se observó mayor atención estudiantil durante las actividades apoyadas en recursos inmersivos. Se concluye que estas tecnologías pueden fortalecer la formación inicial docente cuando no se usan de forma automática, sino como apoyo para pensar, adaptar y mejorar la enseñanza desde criterios éticos, inclusivos y situados.

Palabras clave: inteligencia artificial, realidad aumentada, formación docente inicial, ética algorítmica, sustentabilidad didáctica.

Introducción

La incorporación de la inteligencia artificial generativa, la realidad aumentada y otros entornos inmersivos en la educación ha transformado de manera progresiva las formas de planificar, enseñar, evaluar y acompañar los procesos de aprendizaje. En los últimos años, estas tecnologías han dejado de ser recursos experimentales para convertirse en herramientas utilizadas en distintos niveles educativos, especialmente por su capacidad para apoyar la organización de contenidos, la creación de materiales didácticos, la simulación de escenarios y la personalización de experiencias formativas^{1,2}.

La inteligencia artificial ha mostrado un potencial relevante en los procesos educativos, particularmente en la generación de contenidos, el análisis de información, la retroalimentación, la evaluación y el diseño de experiencias de aprendizaje adaptadas a diferentes necesidades^{3,4}. Sin embargo, su implementación en contextos escolares requiere una lectura cuidadosa, debido a que los sistemas algorítmicos no son neutrales y pueden reproducir sesgos presentes en los datos, en los criterios de programación o en las formas en que los usuarios interpretan sus resultados^{5,6}.

En la formación docente, este desafío adquiere una importancia particular. Los futuros profesores no solo necesitan aprender a utilizar herramientas digitales, sino también comprender cómo estas influyen en la selección de contenidos, la organización de actividades, la evaluación del aprendizaje y la atención a la diversidad del aula. La alfabetización en inteligencia artificial se ha convertido en una competencia emergente para el profesorado, ya que permite reconocer posibilidades, riesgos, sesgos y criterios de uso responsable en escenarios educativos reales^{7,8}. En esa misma línea, la competencia digital docente se relaciona con la disposición para integrar tecnologías en la enseñanza, pero también con la capacidad de tomar decisiones pedagógicas fundamentadas y contextualizadas⁹.

Junto con la inteligencia artificial, las tecnologías inmersivas, como la realidad aumentada y la realidad virtual, han ampliado las posibilidades de representación visual, interacción y experimentación en el aula. Diversos estudios han señalado que estas herramientas pueden favorecer la comprensión de conceptos abstractos, el aprendizaje colaborativo y la motivación estudiantil, especialmente cuando se integran con objetivos pedagógicos claros^{11,12}. En áreas como ciencias naturales, química o educación básica, la realidad aumentada permite visualizar fenómenos, objetos o procesos que no siempre pueden observarse directamente en el aula, lo que fortalece la conexión entre teoría, experiencia y aprendizaje significativo^{13,14}.

No obstante, el valor educativo de las tecnologías inmersivas no depende únicamente de su novedad o atractivo visual. Su efectividad está relacionada con el diseño didáctico, la carga cognitiva que generan, la claridad de las instrucciones y la relación entre el recurso digital y el objetivo de aprendizaje¹⁵. Cuando estos recursos se usan sin criterios pedagógicos, pueden convertirse en elementos distractores o en experiencias aisladas sin impacto formativo. Por esta razón, la integración de realidad aumentada y realidad virtual en la formación docente debe acompañarse de procesos de planificación, evaluación y reflexión sobre su pertinencia, accesibilidad y sostenibilidad.

La sostenibilidad educativa también constituye una dimensión importante en el análisis de estas tecnologías. El uso de recursos digitales puede contribuir a reducir materiales impresos, diversificar estrategias de enseñanza y optimizar tiempos de planificación, pero al mismo tiempo exige considerar brechas de acceso, disponibilidad de dispositivos, conectividad, formación técnica y mantenimiento de recursos¹⁶.

En este marco, la formación inicial docente requiere modelos de trabajo que articulen inteligencia artificial, tecnologías inmersivas, ética algorítmica y criterios de sostenibilidad pedagógica. Las investigaciones recientes sobre inteligencia artificial en educación han insistido en la necesidad de fortalecer el papel activo del profesorado, no como usuario pasivo de herramientas automatizadas, sino como mediador crítico capaz de revisar, adaptar y contextualizar los productos generados por sistemas digitales^{17,18}.

Metodología

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, con alcance descriptivo-explicativo y diseño de triangulación concurrente. Esta elección metodológica permitió analizar, de manera integrada, información cuantitativa relacionada con los tiempos de planificación, los niveles de adaptación de las secuencias didácticas y los indicadores de sostenibilidad material, junto con información cualitativa derivada de la revisión pedagógica de las planeaciones elaboradas por docentes en formación.

La combinación de ambos tipos de datos permitió valorar no solo los cambios medibles producidos por el uso de inteligencia artificial generativa y recursos inmersivos, sino también la calidad de las decisiones docentes aplicadas durante la adaptación de los materiales al contexto escolar.

La investigación se llevó a cabo en la Benemérita Escuela Normal Veracruzana “Enrique C. Rébsamen”, en Xalapa, Veracruz, México, durante el ciclo lectivo 2025-2026. La población de referencia estuvo conformada por estudiantes de cuarto año de la Licenciatura en Educación Primaria. La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico intencional, considerando la disponibilidad de los participantes, su vinculación con prácticas profesionales en escuelas primarias públicas y su participación previa en actividades de alfabetización digital, inteligencia artificial y diseño didáctico mediado por tecnología. De esta manera, la muestra quedó integrada por seis docentes en formación.

Como unidades de análisis se consideraron 30 secuencias didácticas elaboradas y aplicadas por los docentes en formación. Estas secuencias estuvieron orientadas principalmente a los campos formativos de Saberes y Pensamiento Científico y Ética, Naturaleza y Sociedades. Su implementación se realizó con una población escolar agregada de 185 estudiantes de educación primaria, distribuidos en seis instituciones públicas de organización completa del municipio de Xalapa. Las escuelas participantes presentaban características comunes en cuanto a diversidad de ritmos de aprendizaje, recursos tecnológicos limitados y condiciones materiales propias de contextos escolares públicos.

El procedimiento de intervención se organizó en tres fases. En la primera fase se recopilaron planeaciones didácticas elaboradas mediante procesos tradicionales de diseño, con el propósito de establecer una línea base sobre el tiempo de planificación, la estructura de las actividades, el nivel de contextualización y el uso de recursos materiales. En la segunda fase, los docentes en formación utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa para apoyar la elaboración inicial de secuencias didácticas, así como recursos de realidad aumentada o modelado visual para fortalecer la representación de contenidos escolares. En la tercera fase, las propuestas generadas fueron sometidas a un proceso de curaduría pedagógica, en el cual los participantes revisaron, ajustaron y contextualizaron los materiales considerando las necesidades del grupo, el currículo escolar, la inclusión didáctica y la viabilidad de aplicación en el aula.

Para la recolección de datos se emplearon dos instrumentos principales. El primero fue una cédula de registro temporal, utilizada para medir el tiempo semanal destinado a la planificación didáctica antes y después de la incorporación del flujo de trabajo mediado por inteligencia artificial y recursos inmersivos. Este instrumento permitió comparar la carga de trabajo asociada al diseño de actividades, la organización de materiales, la redacción de secuencias y la preparación de recursos para el aula.

El segundo instrumento fue una escala de adaptación instruccional situada, diseñada para valorar la calidad pedagógica de las secuencias didácticas. La escala consideró cuatro dimensiones: pertinencia sociocultural de las actividades, control de sesgos en los contenidos generados por inteligencia artificial, diversificación de estrategias para atender ritmos de aprendizaje heterogéneos y sostenibilidad en el uso de recursos físicos. Cada dimensión fue valorada mediante una rúbrica ordinal de cuatro niveles: estandarizado, parcialmente homogéneo, adaptado y situado, e inclusivo y sustentable. La consistencia interna del instrumento fue estimada mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniéndose un valor global de 0.88, considerado adecuado para el análisis de los datos.

El análisis cuantitativo se realizó mediante estadística descriptiva e inferencial. En primer lugar, se calcularon medias, desviaciones estándar, frecuencias y porcentajes para describir el comportamiento de las variables principales. Posteriormente, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para comparar los tiempos de planificación antes y después de la intervención, debido al tamaño reducido de la muestra y a la naturaleza no paramétrica de los datos. Para analizar los cambios en los niveles de adaptación instruccional de las secuencias didácticas, se utilizó la prueba de Chi-cuadrada de Pearson, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. El procesamiento de la información se realizó mediante software estadístico.

El componente cualitativo se abordó mediante análisis de contenido de las secuencias didácticas, observando los cambios realizados por los docentes en formación durante la curaduría pedagógica. Se revisaron aspectos como la contextualización de las actividades, la pertinencia de los ejemplos, la adecuación del lenguaje, la inclusión de estudiantes con diferentes ritmos de aprendizaje y la coherencia entre los recursos tecnológicos y los objetivos formativos. Este análisis permitió complementar los resultados estadísticos y comprender de qué manera la intervención docente modificó los productos generados inicialmente por herramientas automatizadas.

En cuanto a las consideraciones éticas, se trabajó con fines exclusivamente académicos y formativos. La información fue organizada de manera agregada, evitando la identificación individual de los estudiantes de primaria y de las instituciones participantes. Los docentes en formación participaron de manera voluntaria y las evidencias didácticas fueron utilizadas únicamente para fines de análisis pedagógico. Además, se procuró que el uso de inteligencia artificial y tecnologías inmersivas no sustituyera la responsabilidad profesional del docente, sino que funcionara como un apoyo sujeto a revisión crítica, contextualización y validación pedagógica.

Resultados

El análisis de los datos permitió identificar cambios relevantes en tres dimensiones principales: la optimización del tiempo destinado a la planificación didáctica, la mejora en el nivel de adaptación instruccional de las secuencias elaboradas con apoyo de inteligencia artificial y la reducción del uso de recursos impresos mediante la incorporación de materiales digitales e inmersivos. Los resultados se presentan de manera integrada, considerando tanto los datos cuantitativos obtenidos mediante los instrumentos aplicados como la revisión cualitativa de las secuencias didácticas elaboradas por los docentes en formación.

En primer lugar, se observó una disminución importante en el tiempo semanal dedicado a la planificación didáctica. Antes de la intervención, los docentes en formación destinaban una media de 10.4 horas semanales a la búsqueda de información, organización de actividades, elaboración de materiales y redacción de secuencias. Después de incorporar el flujo de trabajo mediado por inteligencia artificial generativa, recursos visuales y curaduría pedagógica, el tiempo promedio se redujo a 5.2 horas semanales. Esta diferencia representa una disminución del 50% en la carga temporal asociada al diseño didáctico.

Tabla 1. Comparación del tiempo semanal destinado a la planificación didáctica antes y después de la intervención

Momento de medición	Media de horas semanales	Desviación estándar	Intervalo de confianza 95%	Reducción observada
Antes de la intervención	10.4	1.2	9.4 – 11.4	—
Después de la intervención	5.2	0.6	4.7 – 5.7	50%

Nota. Elaboración propia a partir de los registros de planificación docente.

La prueba de rangos con signo de Wilcoxon confirmó que la diferencia entre ambos momentos fue estadísticamente significativa ($Z = -2.20$; $p = 0.028$). Este resultado indica que el uso de herramientas digitales no solo agilizó la elaboración formal de las planeaciones, sino que también permitió organizar con mayor eficiencia las tareas previas a la intervención en el aula. No obstante, la reducción del tiempo no se interpretó como sustitución del trabajo docente, sino como una redistribución del esfuerzo hacia procesos de revisión, adaptación y mejora de las propuestas generadas inicialmente.

En segundo lugar, se analizó el nivel de adaptación instruccional de las 30 secuencias didácticas incluidas en el estudio. En la condición basal, es decir, cuando las secuencias fueron generadas mediante prompts directos y sin una revisión pedagógica profunda, se identificó un predominio de propuestas estandarizadas o parcialmente homogéneas. El 65% del corpus presentó actividades generales, ejemplos poco vinculados con el contexto escolar y limitada atención a la diversidad de ritmos de aprendizaje.

Después del proceso de curaduría docente, los resultados mostraron un cambio favorable. La mayoría de las secuencias se desplazó hacia los niveles superiores de la escala, especialmente hacia las categorías “adaptado/situado” e “inclusivo/sustentable”. En conjunto, el 88.3% de las planeaciones alcanzó niveles adecuados de contextualización, inclusión y pertinencia didáctica.

El contraste mediante Chi-cuadrada de Pearson evidenció una asociación estadísticamente significativa entre el momento de evaluación y el nivel de adaptación de las secuencias didácticas ($\chi^2 = 32.4$; $p < 0.001$). Esto permite señalar que la intervención docente tuvo un papel decisivo en la mejora de las propuestas generadas inicialmente por inteligencia artificial. Las secuencias finales mostraron mayor coherencia entre los objetivos de aprendizaje, las actividades propuestas, los recursos empleados y las condiciones reales del aula.

Tabla 2. Nivel de adaptación instruccional de las secuencias didácticas antes y después de la curaduría docente

Nivel de adaptación instruccional	Condición basal	Condición final	Cambio observado	Porcentaje final
Estandarizado / sesgado	19	1	-18	3.3%
Parcialmente homogéneo	7	3	-4	10.0%
Adaptado / situado	3	11	+8	36.7%
Inclusivo / sustentable	1	15	+14	50.0%
Total	30	30	—	100%

Nota. Elaboración propia a partir de la Escala de Adaptación Instruccional Situada.

Desde el análisis cualitativo, se observó que los principales ajustes realizados por los docentes en formación se relacionaron con la contextualización de ejemplos, la simplificación del lenguaje, la incorporación de actividades diferenciadas y la selección de recursos más viables para escuelas con limitaciones tecnológicas. En varios casos, las versiones iniciales generadas por inteligencia artificial presentaban actividades amplias o poco conectadas con la realidad de los estudiantes; sin embargo, después de la curaduría pedagógica, las secuencias incorporaron referencias al entorno local, materiales disponibles en el aula y estrategias de participación más inclusivas.

En tercer lugar, se identificaron resultados favorables en la dimensión de sostenibilidad material. La incorporación de recursos digitales, modelos visuales y actividades apoyadas en realidad aumentada permitió reducir el uso de impresiones, fotocopias y materiales físicos de un solo uso. De acuerdo con los registros analizados, el flujo de trabajo híbrido contribuyó a una reducción aproximada del 40% en el desperdicio de insumos impresos en las seis instituciones participantes.

En relación con la interacción estudiantil, las observaciones realizadas durante la aplicación de las secuencias mostraron niveles altos de atención sostenida durante el uso de recursos inmersivos y materiales visuales. Se registraron picos cercanos al 90% de participación activa durante los primeros 25 minutos de interacción con contenidos apoyados en representaciones tridimensionales, especialmente en actividades vinculadas con ciencias naturales y geografía. Este resultado sugiere que los recursos inmersivos pueden favorecer la concentración y la participación cuando se integran con actividades guiadas, objetivos claros y mediación docente constante.

En síntesis, los resultados muestran que la incorporación de inteligencia artificial generativa y tecnologías inmersivas, acompañada de un proceso de curaduría pedagógica, produjo mejoras en la eficiencia de la planificación, en la calidad contextual de las secuencias didácticas y en el uso sostenible de recursos materiales. Sin embargo, los hallazgos deben interpretarse con prudencia debido al tamaño reducido de la muestra docente y al carácter situado del estudio. Más que demostrar una generalización amplia, los datos permiten reconocer el potencial de este modelo como experiencia institucional exploratoria para fortalecer la formación inicial docente desde una perspectiva ética, inclusiva y sostenible.

Tabla 3. Indicadores generales de sostenibilidad material e interacción estudiantil

Indicador analizado	Resultado observado	Interpretación
Reducción de insumos impresos	40%	Disminución del uso de fotocopias y materiales repetitivos
Estudiantes participantes	185	Aplicación de secuencias en educación primaria
Secuencias didácticas aplicadas	30	Corpus total revisado y ajustado
Atención sostenida durante recursos inmersivos	90%	Mayor permanencia en la actividad durante los primeros 25 minutos

Nota. Elaboración propia a partir de los registros de aplicación y observación de las secuencias didácticas.

Discusión

Los resultados del estudio muestran que la incorporación de inteligencia artificial generativa y tecnologías inmersivas puede mejorar la planificación didáctica cuando estas herramientas se integran mediante un proceso de revisión pedagógica consciente. La reducción del tiempo semanal de planificación, de 10.4 a 5.2 horas, evidencia que la inteligencia artificial puede apoyar tareas operativas como la organización de contenidos, la redacción inicial de actividades y la estructuración de secuencias. Este hallazgo coincide con estudios recientes que señalan que la IA puede fortalecer el trabajo docente al disminuir cargas repetitivas y facilitar procesos de diseño instruccional, siempre que su uso no desplace la toma de decisiones pedagógicas del profesor (19,20).

Los datos evidencian que las versiones iniciales generadas mediante prompts directos presentaban un alto nivel de homogeneización metodológica, con actividades generales y poco ajustadas al contexto escolar. Este resultado dialoga con investigaciones que advierten que el uso de ChatGPT y otras herramientas generativas en educación puede ofrecer ventajas para la personalización y la producción de materiales, pero también puede reproducir respuestas estandarizadas si no existe una revisión docente rigurosa^{21,22}. Por tanto, la eficiencia tecnológica solo adquiere valor formativo cuando está acompañada de curaduría, contextualización y juicio profesional.

El cambio observado en las 30 secuencias didácticas confirma esta necesidad. Antes de la curaduría docente, la mayoría de las propuestas se ubicaba en niveles estandarizados o parcialmente homogéneos; después de la revisión pedagógica, el 88.3% alcanzó niveles adaptados, situados, inclusivos o sustentables. Este hallazgo coincide con estudios sobre alfabetización en inteligencia artificial en la formación docente, los cuales sostienen que los futuros profesores requieren competencias específicas para analizar críticamente los productos generados por IA, identificar sesgos, ajustar el lenguaje y valorar la pertinencia de los recursos según las condiciones del aula^{23,24}. En este sentido, la IA no actúa como sustituto del profesorado, sino como una herramienta que amplía sus posibilidades de diseño cuando existe una mediación crítica.

Otro resultado relevante fue la mejora en la adaptación instruccional de las planeaciones. Las secuencias finales mostraron mayor relación entre objetivos, actividades, recursos y necesidades de los estudiantes. Esto resulta importante porque uno de los principales desafíos de las tecnologías educativas es evitar que la innovación se reduzca al uso de herramientas llamativas, pero poco conectadas con los aprendizajes. La literatura sobre inteligencia artificial en el desarrollo profesional docente destaca que la integración tecnológica debe acompañarse de formación pedagógica, reflexión sobre la práctica y criterios de evaluación que permitan valorar su impacto real en el aprendizaje²⁵.

En cuanto a las tecnologías inmersivas, los resultados muestran que la realidad aumentada y los recursos visuales tridimensionales favorecieron la atención sostenida de los estudiantes durante los primeros 25 minutos de interacción. Este dato es coherente con investigaciones que han identificado efectos positivos de la realidad virtual y aumentada en la educación básica, especialmente en la comprensión de contenidos abstractos y en la motivación de los estudiantes²⁶. No obstante, estos beneficios dependen del diseño didáctico, la claridad de las actividades y la mediación del docente. La tecnología inmersiva por sí sola no garantiza mejores aprendizajes; su aporte aparece cuando se integra en una secuencia coherente y con propósitos formativos claros.

La reducción del 40% en el uso de insumos impresos también permite discutir la relación entre innovación tecnológica y sostenibilidad didáctica. Este resultado sugiere que los recursos digitales pueden contribuir a disminuir el consumo de materiales físicos, especialmente en actividades que antes dependían de fotocopias, láminas o documentos repetitivos. No obstante, la sostenibilidad no debe entenderse únicamente como reducción de papel, sino como uso responsable, viable y contextualizado de la tecnología.

Los hallazgos también permiten reconocer que la ética algorítmica debe ocupar un lugar central en la formación inicial docente. El hecho de que las propuestas iniciales presentaran sesgos o baja contextualización confirma que los sistemas de IA no siempre responden a las realidades socioculturales de los estudiantes. Las investigaciones sobre sesgo algorítmico han señalado que estos sistemas pueden reproducir desigualdades o tomar como referencia patrones generales que no representan adecuadamente a todos los grupos educativos²⁷. Por ello, el profesorado debe estar preparado para revisar críticamente las respuestas automatizadas, identificar posibles omisiones y adaptar los contenidos a las características de su comunidad escolar.

En conjunto, los resultados permiten sostener que la inteligencia artificial generativa y las tecnologías inmersivas pueden fortalecer la formación inicial docente cuando se utilizan desde un enfoque ético, crítico y contextualizado. La principal contribución del estudio no radica en demostrar que la tecnología reemplaza el trabajo docente, sino en evidenciar que puede potenciarlo cuando se combina con alfabetización algorítmica, curaduría pedagógica y criterios de sostenibilidad.

Conclusión

El estudio permitió evidenciar que la integración de inteligencia artificial generativa y tecnologías inmersivas en la formación inicial docente puede contribuir a mejorar la planificación didáctica cuando su uso se acompaña de curaduría pedagógica, revisión crítica y adaptación al contexto escolar. La reducción del tiempo semanal destinado a la elaboración de secuencias didácticas muestra que estas herramientas pueden apoyar tareas operativas del trabajo docente, como la organización de contenidos, la estructuración de actividades y la producción inicial de materiales. Sin embargo, los resultados también confirman que la eficiencia tecnológica no debe confundirse con sustitución del criterio profesional.

La mejora observada en los niveles de adaptación instruccional de las secuencias didácticas demuestra que la intervención docente fue un componente decisivo del proceso. Las propuestas generadas inicialmente por inteligencia artificial presentaron rasgos de homogeneización y baja contextualización, mientras que las versiones finales, luego de la revisión pedagógica, alcanzaron mayores niveles de pertinencia, inclusión y sostenibilidad.

Los hallazgos relacionados con la reducción del uso de insumos impresos y la atención sostenida de los estudiantes durante actividades con recursos inmersivos sugieren que estas tecnologías pueden aportar a una enseñanza más dinámica y sustentable. No obstante, su incorporación debe considerar las condiciones reales de las escuelas públicas, especialmente la disponibilidad de dispositivos, conectividad, infraestructura y formación técnica.

En términos formativos, el estudio resalta la necesidad de fortalecer la alfabetización en inteligencia artificial, la ética algorítmica y la competencia digital crítica dentro de los programas de formación docente inicial. Los futuros profesores requieren herramientas conceptuales y prácticas para identificar sesgos, valorar la calidad de los contenidos generados por sistemas automatizados y tomar decisiones responsables frente al uso de tecnologías emergentes.

Los resultados deben interpretarse con prudencia debido al tamaño reducido de la muestra docente y al carácter situado de la experiencia. Aunque se trabajó con 30 secuencias didácticas y 185 estudiantes de primaria, la participación de seis docentes en formación limita la generalización de los hallazgos. Por ello, se recomienda ampliar futuras investigaciones con muestras más grandes, grupos de comparación y seguimientos longitudinales que permitan valorar la permanencia de los efectos observados. Aun con estas limitaciones, el estudio aporta evidencia útil para comprender cómo la inteligencia artificial y las tecnologías inmersivas pueden fortalecer la formación docente cuando se integran desde una perspectiva ética, inclusiva y contextualizada.

Referencias

1. Al-Ansi, A. M., Jaboob, M., Garad, A., & Al-Ansi, A. (2023). Analyzing augmented reality (AR) and virtual reality (VR) recent development in education. *Social Sciences & Humanities Open*, 8(1), 100532. <https://doi.org/10.1016/j.ssho.2023.100532>
2. AlBlooshi, S. (2026). Artificial intelligence in higher education, opportunities, and challenges: A review. *Frontiers in Education*, 10, 1683968. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1683968>
3. Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54, 977–997. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3>
4. Archambault, S. G., Ramachandran, S., Acosta, E., & Fu, S. (2024). Ethical dimensions of algorithmic literacy for college students: Case studies and cross-disciplinary connections. *The Journal of Academic Librarianship*, 50(3), 102865. <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2024.102865>
5. Burbules, N. C., Fan, G., & Repp, P. (2020). Five trends of education and technology in a sustainable future. *Geography and Sustainability*, 1(2), 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.05.001>
6. Candido, V., & Cattaneo, A. (2025). Applying cognitive theory of multimedia learning principles to augmented reality and its effects on cognitive load and learning outcomes. *Computers in Human Behavior Reports*, 18, 100678. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100678>
7. Ding, A.-C. E., Shi, L., Yang, H., & Choi, I. (2024). Enhancing teacher AI literacy and integration through different types of cases in teacher professional development. *Computers and Education Open*, 6, 100178. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100178>
8. Galindo-Domínguez, H., Delgado, N., Campo, L., & Losada, D. (2024). Relationship between teachers' digital competence and attitudes towards artificial intelligence in education. *International Journal of Educational Research*, 126, 102381. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102381>
9. Hanna, M. G., Pantanowitz, L., Jackson, B., Palmer, O., Visweswaran, S., Pantanowitz, J., Deebajah, M., & Rashidi, H. H. (2025). Ethical and bias considerations in artificial intelligence/machine learning. *Modern Pathology*, 38(3), 100686. <https://doi.org/10.1016/j.modpat.2024.100686>
10. Idowu, J. A., Koshiyama, A. S., & Treleaven, P. (2024). Investigating algorithmic bias in student progress monitoring. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100267. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100267>
11. Jin, Y., Yan, L., Echeverria, V., Gašević, D., & Martinez-Maldonado, R. (2025). Generative AI in higher education: A global perspective of institutional adoption policies and guidelines. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100348. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100348>
12. Kazlaris, G. C., Keramopoulos, E., Bratsas, C., & Kokkonis, G. (2025). Augmented reality in education through collaborative learning: A systematic literature review. *Multimodal Technologies and Interaction*, 9(9), 94. <https://doi.org/10.3390/mti9090094>
13. Lamas, P., & Arnab, S. (2022). Power to the teachers: An exploratory review on artificial intelligence in education. *Information*, 13(1), 14. <https://doi.org/10.3390/info13010014>
14. Laupichler, M. C., Aster, A., Schirch, J., & Raupach, T. (2022). Artificial intelligence literacy in higher and adult education: A scoping literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100101. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100101>
15. Martínez-Comesaña, M., Rigueira-Díaz, X., Larrañaga-Janeiro, A., Martínez-Torres, J., Ocarranza-Prado, I., & Kreibel, D. (2023). Impacto de la inteligencia artificial en los métodos de evaluación en la educación primaria y secundaria: Revisión sistemática de la literatura. *Revista de Psicodidáctica*, 28(2), 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2023.06.001>
16. Memarian, B., & Doleck, T. (2023). ChatGPT en la educación: Métodos, potencialidades y limitaciones. *Computadoras en el Comportamiento Humano: Humanos Artificiales*, 1(2), 100022. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2023.100022>
17. Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. M., & Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.004>
18. Palacios-Núñez, M. L., Mendoza-García, E. M., Narciso Zarate, J. W., & Deroncele-Acosta, A. (2025). ChatGPT en la enseñanza de la escritura académica en educación superior: Perspectivas docentes sobre sus usos, desafíos y futuro en el aprendizaje personalizado. *EduTec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 93, 33–50. <https://doi.org/10.21556/edutec.2025.93.3995>
19. Perezchica-Vega, J. E., Sepúlveda-Rodríguez, J. A., & Román-Méndez, A. D. (2024). Inteligencia artificial generativa en la educación superior: Usos y opiniones de los profesores. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–20. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-593>
20. Robayo Avendaño, O. (2026). Integración de analíticas de aprendizaje e inteligencia artificial en una aplicación web para la enseñanza de neurociencias: Evaluación de su impacto. *Educación Médica*, 27(2), 101148. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2025.101148>
21. Sperling, K., Stenberg, C.-J., McGrath, C., Åkerfeldt, A., Heintz, F., & Stenliden, L. (2024). In search of artificial intelligence (AI) literacy in teacher education: A scoping review. *Computers and Education Open*, 6, 100169. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100169>
22. Sumba Arévalo, V. M., & Segarra Figueroa, O. P. (2026). Competencias digitales e inteligencia artificial en docentes que cursan un posgrado en educación – Ecuador. *European Public & Social Innovation Review*, 11, 1–19. <https://doi.org/10.31637/epsir-2026-2439>

23. Tan, X., Cheng, G., & Ling, M. H. (2025). Artificial intelligence in teaching and teacher professional development: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100355. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100355>
24. Villena-Taranilla, R., Tirado-Olivares, S., Cózar-Gutiérrez, R., & González-Calero, J. A. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in K-6 education: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 35, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100434>
25. Zúñiga Zárate, A. G. (2025). Uso de ChatGPT por parte del estudiantado universitario y reflexión mediante blogs: Una experiencia compartida con docentes. *European Public & Social Innovation Review*, 11, 1–12. <https://doi.org/10.31637/epsir-2026-2128>
26. González Oneto, H., Moreno Yáñez, Y., & D'Andrea Pincheira, M. (2024). Realidad virtual inmersiva como complemento en la educación odontológica: Un proceso de implementación para la docencia. *Educación Médica*, 25(5), 100931. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2024.100931>
27. Cabero Almenara, J., Barroso Osuna, J., & Obrador, M. (2017). Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la medicina. *Educación Médica*, 18(3), 203–208. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2016.06.015>

Financiación

Ninguna.

Conflictos de interés

No existen.

Contribución de autoría

Conceptualización: César-Antonio Acosta Fernández.

Redacción – Borrador original: César-Antonio Acosta Fernández.

Redacción – Revisión y edición: César-Antonio Acosta Fernández.