CAPÍTULO 2

Aprendizaje inteligente y tecnologías emergentes: personalización educativa y transformación pedagógica desde una revisión sistemática

Intelligent learning and emerging technologies: educational personalization and pedagogical transformation through a systematic review

1 Marco Patricio Chicaiza Casa
Diploma Superior en Investigación Socioeducativa
Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Ecuador
emilhiochicaiza756@gmail.com
https://orcid.org/0009-0007-7420-3993

2 Edwin Alfonso Simbaña Simbaña
Magíster en Pedagogía de los Idiomas Nacionales y Extranjeros
Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Ecuador
edal525nice@gmail.com
https://orcid.org/0009-0005-4787-7816

3 María del Rosario Vivar Sarmiento
Magíster en Docencia Universitaria
Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Ecuador
charitovivar12@gmail.com
https://orcid.org/0009-0000-4662-9398

DOI https://doi.org/10.64644/9789907956313_2 RECIBIDO 10/09/2026 | ACEPTADO 14/10/2026

RESUMEN

La acelerada convergencia entre innovación tecnológica y educación está configurando nuevos ecosistemas de aprendizaje caracterizados por la personalización, la adaptabilidad y la interacción inteligente. En este escenario, las tecnologías emergentes particularmente la inteligencia artificial, los sistemas de aprendizaje adaptativo, la analítica del aprendizaje y los entornos inmersivos trascienden su función instrumental para intervenir progresivamente en la planificación pedagógica, la mediación docente y la construcción autónoma del conocimiento. El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar la evidencia científica disponible sobre la contribución de las tecnologías emergentes a la personalización educativa y a la transformación de las prácticas pedagógicas, identificando tendencias, beneficios, limitaciones y desafíos para su implementación sostenible. Metodológicamente, se plantea una búsqueda documental sistematizada en bases de datos académicas de reconocido impacto, mediante descriptores relacionados con tecnologías emergentes, aprendizaje inteligente, personalización educativa y transformación pedagógica. La selección de estudios se estructura mediante criterios explícitos de inclusión y exclusión, priorizando publicaciones científicas arbitradas y evidencia empírica reciente, conforme a los principios de transparencia establecidos por PRISMA. Los hallazgos evidencian que estas tecnologías favorecen trayectorias de aprendizaje diferenciadas, retroalimentación inmediata, identificación de necesidades educativas y diversificación de estrategias didácticas; no obstante, persisten desafíos vinculados con la alfabetización digital docente, la privacidad de los datos, la brecha tecnológica, la dependencia algorítmica y la formación ética. Se concluye que el aprendizaje inteligente posee un considerable potencial transformador cuando la innovación tecnológica se articula con fundamentos pedagógicos, inclusión educativa y criterios de responsabilidad ética.

Palabras clave: tecnologías emergentes, aprendizaje, personalización educativa, transformación pedagógica

ABSTRACT

The accelerated convergence between technological innovation and education is shaping new learning ecosystems characterized by personalization, adaptability, and intelligent interaction. Within this context, emerging technologies particularly artificial intelligence, adaptive learning systems, learning analytics, and immersive environments are transcending their instrumental function to increasingly influence pedagogical planning, instructional mediation, and the autonomous construction of knowledge. The objective of this systematic review was to analyze the available scientific evidence regarding the contribution of emerging technologies to educational personalization and the transformation of pedagogical practices, identifying trends, benefits, limitations, and challenges associated with their sustainable implementation. Methodologically, a systematic documentary search was proposed across high-impact academic databases, using descriptors related to emerging technologies, intelligent learning, educational personalization, *and* pedagogical transformation. *The* selection of studies was structured according to explicit inclusion and exclusion criteria, prioritizing peer-reviewed scientific publications and recent empirical evidence, in accordance with the transparency principles established by PRISMA. The findings indicate that these technologies facilitate differentiated learning pathways, immediate feedback, the identification of educational needs, and the diversification of instructional strategies. Nevertheless, challenges persist regarding teachers' digital literacy, data privacy, technological disparities, algorithmic dependence, and ethical training. It is concluded that intelligent learning has substantial transformative potential when technological innovation is coherently integrated with sound pedagogical foundations, educational inclusion, and principles of ethical responsibility.

Keywords: emerging technologies, learning, educational personalization, pedagogical transformation

1. Introducción

La acelerada convergencia entre innovación tecnológica y educación está reconfigurando las condiciones bajo las cuales se produce, media y evalúa el aprendizaje. Durante estos últimos años (a partir de la pandemia), la incorporación de plataformas digitales, dispositivos móviles y recursos multimedia ha evolucionado hacia ecosistemas caracterizados por una mayor capacidad de procesamiento, automatización, interacción y análisis de datos. En este proceso, las tecnologías emergentes han adquirido una función progresivamente estratégica, particularmente mediante la integración de inteligencia artificial (IA), sistemas de aprendizaje adaptativo, analítica del aprendizaje, realidad virtual y realidad aumentada.

Estas tecnologías no solo amplían el repertorio de recursos disponibles para docentes y estudiantes, sino que posibilitan generar respuestas pedagógicas diferenciadas a partir de información sobre el desempeño, las necesidades y las trayectorias individuales de aprendizaje. La literatura reciente evidencia, por ejemplo, una expansión de los sistemas adaptativos sustentados en IA debido a su capacidad para ajustar contenidos, itinerarios y retroalimentación en función de características dinámicas del estudiante.

En este escenario emerge una transición conceptual desde la tecnología educativa entendida como recurso complementario hacia ecosistemas de aprendizaje inteligentes, en los cuales los procesos algorítmicos pueden participar en la identificación de necesidades, la generación de contenidos, la personalización de experiencias y la toma de decisiones pedagógicas. La analítica del aprendizaje, particularmente cuando incorpora modelos de IA y procesamiento de datos multimodales, ha ampliado las posibilidades para comprender patrones de interacción y comportamiento que anteriormente permanecían parcialmente inaccesibles para los actores educativos. Investigaciones recientes muestran, además, una creciente producción científica en la intersección entre IA y analítica multimodal, aunque persisten limitaciones relacionadas con la conexión entre los desarrollos tecnológicos, las teorías del aprendizaje y el impacto pedagógico verificable.

Sin embargo, la expansión de estas tecnologías no implica necesariamente una transformación educativa efectiva. El principal problema de conocimiento reside en la fragmentación y heterogeneidad de la evidencia disponible, dado que las investigaciones suelen concentrarse en tecnologías específicas, contextos educativos particulares o resultados delimitados, dificultando una comprensión integrada de cómo las tecnologías emergentes contribuyen a la personalización educativa y a la transformación de las prácticas pedagógicas. Aunque diferentes revisiones reportan beneficios potenciales sobre la adaptación de contenidos, la retroalimentación, el compromiso y el desempeño académico, también señalan importantes desafíos relacionados con la privacidad de los datos, la distorsión en la toma de decisiones automatizada, la confiabilidad de los sistemas, la participación de los usuarios y la preparación del profesorado.

Esta problemática adquiere especial relevancia porque la incorporación tecnológica en educación no puede evaluarse exclusivamente mediante indicadores de eficiencia o rendimiento. Una perspectiva científicamente pertinente requiere examinar simultáneamente qué tecnologías se utilizan, con qué propósitos pedagógicos, en qué condiciones de implementación y con qué efectos sobre los procesos de aprendizaje.

La evidencia reciente sobre sistemas adaptativos impulsados por IA, por ejemplo, identifica avances en la construcción de itinerarios personalizados y en el apoyo educativo inteligente, pero también advierte que la evidencia empírica continúa siendo desigual y que las dimensiones de equidad y gobernanza ética permanecen insuficientemente desarrolladas. Asimismo, las investigaciones centradas en enfoques humanocéntricos de IA y analítica del aprendizaje destacan la necesidad de preservar el control humano, la seguridad, la confiabilidad y la participación efectiva de estudiantes y docentes en el diseño e implementación de estas soluciones.

Desde una perspectiva científica y académica, revisar sistemáticamente este campo resulta fundamental para superar aproximaciones tecno céntricas y avanzar hacia una comprensión pedagógicamente fundamentada de la innovación. La relevancia de esta revisión radica en que permite integrar evidencia dispersa, identificar patrones de investigación, contrastar resultados, reconocer vacíos teóricos y metodológicos y establecer condiciones que favorezcan una implementación educativa responsable. Una revisión reciente sobre aplicaciones de IA en educación, por ejemplo, identifica la personalización del aprendizaje como uno de los principales

beneficios atribuidos a estas tecnologías, pero simultáneamente señala problemas relacionados con precisión, privacidad y formación especializada del profesorado. De manera complementaria, investigaciones recientes sobre IA y aprendizaje adaptativo muestran que el campo está experimentando una rápida expansión, lo que hace necesaria una actualización permanente de la evidencia científica.

La presente revisión se justifica, por tanto, por la necesidad de construir una visión integradora que trascienda la descripción de herramientas y examine las implicaciones pedagógicas, cognitivas, organizativas y éticas asociadas con la incorporación de tecnologías emergentes. En particular, resulta pertinente analizar si la personalización mediada tecnológicamente se traduce efectivamente en mejores oportunidades de aprendizaje, si favorece prácticas docentes más flexibles y fundamentadas en evidencia, y cuáles son las condiciones necesarias para evitar que la automatización profundice desigualdades preexistentes. En consecuencia, la revisión adopta una perspectiva crítica que concibe la transformación pedagógica no como resultado automático de la innovación tecnológica, sino como un proceso condicionado por la interacción entre tecnología, pedagogía, competencias docentes, características del alumnado y contexto institucional.

En correspondencia con esta problemática, el objetivo de esta revisión sistemática es analizar la evidencia científica disponible sobre la contribución de las tecnologías emergentes a la personalización educativa y a la transformación de las prácticas pedagógicas, identificando tendencias, beneficios, limitaciones, condiciones de implementación y desafíos éticos asociados con su integración en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Para garantizar transparencia y reproducibilidad, la revisión se plantea conforme a los principios de reporte establecidos por PRISMA 2020, referente metodológico ampliamente utilizado para estructurar y comunicar revisiones sistemáticas.

2. Metodología de la revisión

El presente estudio se desarrolló como una revisión sistemática de revisiones, también denominada revisión de segundo orden, orientada a identificar, organizar, comparar y sintetizar la evidencia científica de síntesis disponible acerca de la incorporación de tecnologías emergentes en los procesos de aprendizaje, con énfasis en su contribución a la personalización educativa y a la transformación de las prácticas pedagógicas. Esta denominación se justifica porque la unidad de análisis del corpus definitivo no estuvo constituida principalmente por estudios primarios, sino por publicaciones de síntesis, en particular revisiones sistemáticas y un metanálisis. En consecuencia, los resultados se interpretan como una síntesis de evidencia previamente sintetizada y no como una estimación directa e independiente de los efectos de las tecnologías examinadas.

La revisión se reportó tomando como referencia las recomendaciones de PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), que orientan la comunicación transparente de las etapas de identificación, selección, exclusión e inclusión de estudios (Page et al., 2021). PRISMA 2020 se empleó como guía de reporte del proceso; por sí solo,

no constituye un método de evaluación de la calidad de las revisiones incluidas ni sustituye los procedimientos específicos que requiere una revisión de segundo orden.

En correspondencia con este marco, se estableció una ruta metodológica orientada a garantizar la trazabilidad de las decisiones adoptadas durante la revisión. El procedimiento comprendió la delimitación del objeto de estudio, la definición de los descriptores, la búsqueda documental, la depuración de registros, el cribado de títulos y resúmenes, la evaluación de elegibilidad mediante texto completo, la valoración de la calidad metodológica y la extracción y síntesis de la información.

El proceso metodológico comprendió cinco fases articuladas: a) delimitación conceptual y formulación de los descriptores; b) diseño y ejecución de la estrategia de búsqueda; c) depuración y eliminación de registros duplicados; d) aplicación sucesiva de los criterios de inclusión y exclusión; y e) análisis y síntesis cualitativa de los estudios seleccionados. La unidad de análisis estuvo constituida por publicaciones científicas relacionadas con tecnologías emergentes aplicadas al aprendizaje y sus implicaciones en términos de personalización, adaptación, interacción, desempeño y transformación de las prácticas educativas.

Dado que el corpus definitivo estuvo constituido por publicaciones de síntesis, principalmente revisiones sistemáticas y un metanálisis, la unidad de análisis fue cada publicación seleccionada. Por lo tanto, el diseño se delimita como una revisión de revisiones o revisión de segundo orden, con síntesis temática comparativa. Esta decisión metodológica implica que las conclusiones dependen de los criterios, la calidad y el alcance de las revisiones originales; además, puede existir solapamiento entre los estudios primarios incluidos en distintas publicaciones. Para evitar la doble contabilización, los recuentos de estudios informados por cada revisión se registran como características de la publicación y no se suman como si representaran investigaciones independientes. En consecuencia, los hallazgos se interpretan considerando la posible heterogeneidad entre revisiones y no se presentan como una nueva estimación conjunta de efectos.

2.1. Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda fue diseñada a partir de los conceptos centrales derivados del objetivo de investigación: tecnologías emergentes, aprendizaje inteligente, personalización educativa y transformación pedagógica. Para ampliar la recuperación documental se utilizaron descriptores en inglés y español.

Entre los principales términos empleados se incluyeron: emerging technologies o tecnologías emergentes, intelligent learning o aprendizaje inteligente, inteligencia artificial en educación, aprendizaje adaptativo, analítica del aprendizaje, aprendizaje inmersivo, personalización educativa y transformación pedagógica.

Los términos fueron combinados mediante operadores booleanos AND y OR, utilizando diferentes ecuaciones de búsqueda adaptadas a la sintaxis particular de cada base de datos.

La estrategia se organizó en cuatro grupos conceptuales: tecnologías emergentes; inteligencia artificial y aprendizaje inteligente; personalización y aprendizaje adaptativo; y analítica,

interacción y transformación pedagógica. La combinación de estos grupos mediante operadores booleanos permitió ampliar la sensibilidad de la búsqueda y, posteriormente, incrementar su especificidad mediante los criterios de elegibilidad.

Para las bases de datos hispanohablantes se emplearon combinaciones equivalentes en español. La estrategia fue deliberadamente amplia en la fase inicial con el propósito de maximizar la sensibilidad de la recuperación documental y posteriormente incrementar la especificidad mediante los criterios de elegibilidad.

Como estrategia complementaria, se efectuó una revisión de las referencias bibliográficas de los estudios potencialmente pertinentes, con el propósito de identificar publicaciones relevantes que no hubieran sido recuperadas mediante las ecuaciones principales. Los registros identificados por esta vía fueron sometidos a los mismos criterios de inclusión y exclusión aplicados a los resultados obtenidos directamente de las bases de datos.

El periodo temporal establecido comprendió publicaciones entre enero de 2020 y septiembre de 2026. El límite inicial se estableció para concentrar el análisis en una etapa caracterizada por una expansión particularmente significativa de la inteligencia artificial, los sistemas adaptativos, la analítica educativa y otras tecnologías emergentes. El límite superior corresponde a la fecha de ejecución de la búsqueda documental.

La búsqueda se cerró en septiembre de 2026, con el propósito de incorporar la evidencia científica disponible hasta la fecha de ejecución y mantener un límite temporal explícito y reproducible.

2.2. Bases de datos consultadas

Entre las bases de datos que sirvieron de apoyo para el desarrollo de esta investigación fueron:

- Scopus, para identificar producción científica internacional y estudios interdisciplinarios de amplia cobertura.
- Web of Science (WoS), para recuperar literatura científica indexada y fortalecer la cobertura de publicaciones de alto impacto.
- ERIC (Education Resources Information Center), debido a su especialización en investigación educativa y ciencias del aprendizaje.
- SciELO, para incorporar producción científica iberoamericana y latinoamericana.
- Redalyc, para recuperar estudios académicos de acceso abierto procedentes principalmente de América Latina, España y otras regiones iberoamericanas.
- Dialnet, como fuente complementaria de literatura científica en lengua española.
- PubMed, utilizada de manera complementaria para identificar investigaciones relacionadas con dimensiones cognitivas, tecnológicas o interdisciplinarias del aprendizaje cuando estas se vincularon directamente con el objeto de estudio.

La utilización combinada de bases de datos internacionales y regionales buscó disminuir el riesgo de sesgo de cobertura lingüística y geográfica. Del mismo modo, se efectuó una revisión de las referencias bibliográficas de los estudios potencialmente relevantes para identificar publicaciones adicionales que pudieran no haber sido recuperadas mediante las ecuaciones de búsqueda.

La combinación de fuentes internacionales y regionales permitió ampliar la cobertura temática, lingüística y geográfica de la revisión. Scopus y Web of Science aportaron cobertura internacional; ERIC permitió fortalecer la recuperación de literatura especializada en educación; SciELO, Redalyc y Dialnet contribuyeron a incorporar producción iberoamericana; y PubMed se utilizó como fuente complementaria para estudios interdisciplinarios vinculados con procesos cognitivos, analíticos o tecnológicos del aprendizaje.

2.3. Criterios de inclusión

Con el propósito de garantizar la pertinencia y consistencia del corpus documental, se establecieron previamente los siguientes criterios de inclusión:

- **Periodo de publicación:** estudios publicados entre 2020 y 2026.
- **Tipo de publicación**: artículos científicos, revisiones sistemáticas, estudios empíricos y trabajos de investigación publicados en revistas académicas.
- **Indexación**: documentos recuperados de las bases de datos académicas seleccionadas.
- **Pertinencia temática:** investigaciones que abordaran de manera explícita la utilización de tecnologías emergentes en procesos de enseñanza, aprendizaje o formación educativa.
- **Relación con las variables de interés:** estudios que analizaran al menos una de las siguientes dimensiones: personalización del aprendizaje, aprendizaje adaptativo, inteligencia artificial educativa, analítica del aprendizaje, aprendizaje inmersivo, transformación pedagógica, prácticas docentes o resultados de aprendizaje.
- **Disponibilidad:** documentos cuyo texto completo pudiera ser consultado para realizar la evaluación de elegibilidad y extracción de información.
- **Rigor informativo:** investigaciones que proporcionaran información suficiente sobre su propósito, procedimiento metodológico y principales resultados.
- **Idioma:** publicaciones en español o inglés, debido a su relevancia para la cobertura de la literatura científica internacional e iberoamericana.

Debido a la naturaleza del corpus definitivo, se incorporó como criterio adicional que las publicaciones de síntesis presentaran un procedimiento metodológico explícito para la búsqueda, selección, evaluación o síntesis de la evidencia. De esta manera, se priorizaron revisiones sistemáticas y estudios de síntesis capaces de aportar evidencia organizada sobre las tecnologías emergentes y su relación con la personalización y transformación educativa.

2.4. Criterios de exclusión

Durante el desarrollo de la investigación se excluyeron:

- Documentos sin relación sustantiva con el aprendizaje o la educación.
- Literatura no académica, incluyendo entradas de blogs, páginas comerciales, notas periodísticas, documentos publicitarios y contenidos divulgativos sin respaldo científico.
- Trabajos que mencionaran tecnologías emergentes únicamente de manera tangencial, sin analizar su relación con los procesos de enseñanza o aprendizaje.
- Estudios sin información metodológica suficiente para valorar la pertinencia y consistencia de sus resultados.
- Trabajos cuyo texto completo no estuviera disponible después de aplicar los procedimientos de recuperación establecidos.
- Editoriales, cartas al editor, reseñas no sistemáticas, resúmenes de congresos y documentos de opinión que no presentaran evidencia investigativa suficiente.
- Estudios cuyo objeto principal correspondiera exclusivamente al desarrollo técnico de una tecnología sin establecer una relación sustantiva con resultados o procesos educativos.

También se excluyeron registros duplicados, publicaciones fuera del periodo establecido, estudios que no permitieran identificar un procedimiento sistemático de revisión o síntesis y documentos centrados exclusivamente en el desarrollo técnico de una herramienta sin una relación sustantiva con procesos de aprendizaje, personalización educativa o transformación de las prácticas pedagógicas.

2.5. Procedimiento de selección

La selección de los estudios se efectuó mediante un procedimiento secuencial estructurado en cuatro etapas: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión. En la primera etapa se recuperaron los registros procedentes de las bases de datos seleccionadas mediante las ecuaciones de búsqueda previamente definidas. Posteriormente, los registros fueron consolidados y sometidos a un proceso de depuración para identificar y eliminar duplicados.

En la segunda etapa se realizó el cribado de títulos y resúmenes, descartando aquellos documentos que no presentaban correspondencia con el objeto de investigación o que incumplían los criterios de inclusión. Los estudios potencialmente pertinentes fueron trasladados a la fase de elegibilidad, durante la cual se efectuó una revisión del texto completo.

En la tercera etapa se valoró de manera sistemática la correspondencia entre cada estudio y los criterios previamente establecidos. Las razones de exclusión fueron registradas para preservar la trazabilidad del proceso. Finalmente, los artículos que superaron todas las fases conformaron el corpus definitivo para la síntesis cualitativa.

Para documentar este procedimiento se elaboró una matriz de selección en la que se registró la fuente de procedencia, el estado de cada registro, la decisión adoptada y, cuando correspondió, la

razón específica de exclusión. Este procedimiento permitió mantener la trazabilidad de las decisiones y establecer correspondencia entre los registros recuperados, los documentos evaluados y el corpus finalmente incluido.

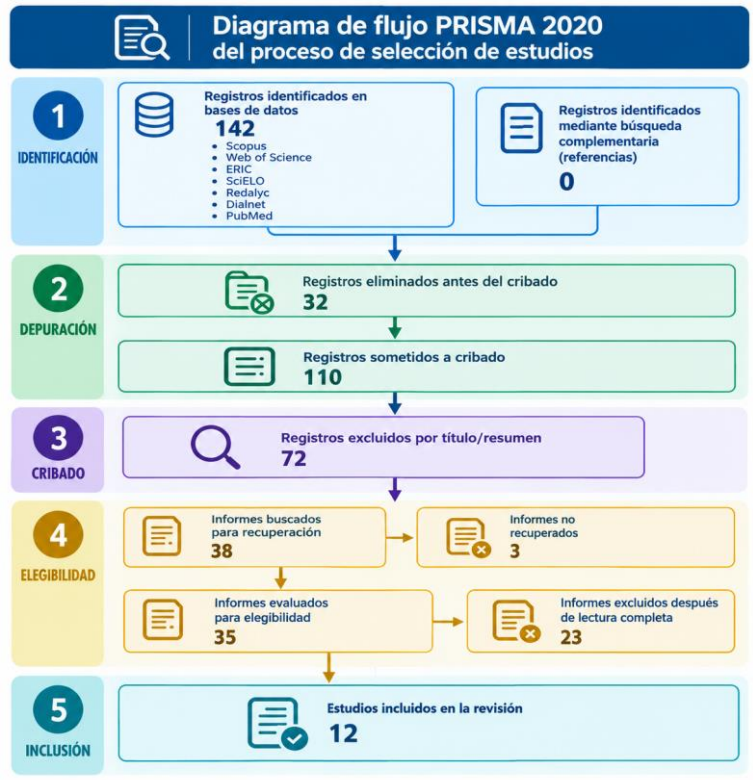
El corpus definitivo estuvo constituido por 12 publicaciones científicas de síntesis. Estas publicaciones abordaron inteligencia artificial, analítica del aprendizaje, sistemas inteligentes, aprendizaje adaptativo, personalización educativa y tecnologías inmersivas. En consonancia con la naturaleza de segundo orden del estudio, la comparación se efectuó entre las publicaciones de síntesis y sus características, sin tratar los recuentos de estudios primarios informados por cada una como unidades independientes.

2.6. Diagrama de flujo PRISMA

Con el propósito de responder a los principios de transparencia y trazabilidad establecidos por PRISMA 2020, se incorporó un diagrama de flujo que representa las etapas de identificación, depuración, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios (véase la Figura 1).

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección de estudios



Nota. Elaboración propia con base en Page et al. (2021).

Los valores numéricos correspondientes a cada etapa coinciden con el registro original de la búsqueda y con la matriz de selección. Esta correspondencia permite asegurar que el diagrama

PRISMA represente de manera fiel el proceso documental y evita la incorporación de cifras reconstruidas retrospectivamente.

2.7. Caracterización del corpus documental

Una vez finalizado el proceso de selección, se elaboró una matriz de caracterización para sistematizar las principales propiedades de las publicaciones incluidas. Se consideraron el autor y año de publicación, tipo de estudio, tecnología o foco de análisis, contexto educativo y número de estudios considerados en cada revisión (véase la Tabla 1).

Tabla 1

Caracterización de las publicaciones incluidas en el corpus final

Autor y año	Tipo de estudio	Tecnología o foco	Contexto educativo	N.º de estudios
Alfredo et al. (2024)	Revisión sistemática	IA y analítica	Educación	108
Bayly-Castaneda et al. (2024)	Revisión sistemática	IA y personalización	Aprendizaje permanente	78
Cao et al. (2026)	Metanálisis	Entornos inteligentes	Educación	43
Cerón Salazar y Burbano González (2026)	Revisión sistemática	Sistemas inteligentes	Primaria y secundaria	72
Farhood et al. (2025)	Revisión sistemática	IA y personalización	Educación	125
Hariyanto et al. (2025)	Revisión sistemática	IA y adaptación	Educación	1
Merino-Campos (2025)	Revisión sistemática	IA y personalización	Educación superior	45
Poupard et al. (2025)	Revisión sistemática	Tecnologías inmersivas	Educación	1
Rodríguez-Ortiz et al. (2025)	Revisión sistemática	ML, IA generativa y analítica	Educación superior	101
Salas-Pilco et al. (2022)	Revisión sistemática	IA y analítica	Formación docente	1
Tene et al. (2024)	Revisión sistemática	Tecnologías inmersivas	STEM	1
Ulusoy et al. (2026)	Revisión sistemática	Analítica multimodal e IA	Educación	1

Nota. Elaboración propia a partir de las publicaciones incluidas en la revisión.

La caracterización permitió identificar cuatro núcleos temáticos recurrentes: inteligencia artificial y personalización del aprendizaje; sistemas y entornos inteligentes; analítica del aprendizaje;

y tecnologías inmersivas. Estos núcleos constituyeron posteriormente las categorías principales para la síntesis temática de la evidencia. La organización por categorías facilita la comparación entre revisiones, aunque no elimina las diferencias entre sus preguntas de investigación, criterios de inclusión, periodos de búsqueda ni procedimientos de síntesis.

2.8. Evaluación de la calidad metodológica

La calidad metodológica de las publicaciones incluidas fue evaluada mediante AMSTAR 2 (A MeaSurement Tool to Assess systematic Reviews 2), instrumento diseñado específicamente para valorar la calidad metodológica de revisiones sistemáticas de estudios de intervenciones. Su utilización resulta pertinente debido a que el corpus definitivo está compuesto predominantemente por revisiones sistemáticas y un metanálisis.

La evaluación consideró los dominios relacionados con la existencia de un protocolo previo, amplitud y adecuación de la estrategia de búsqueda, justificación de las exclusiones, descripción de los estudios incluidos, evaluación del riesgo de sesgo, adecuación de los métodos de síntesis, consideración del riesgo de sesgo durante la interpretación de los resultados y declaración de fuentes de financiación o conflictos de interés, entre otros aspectos contemplados por el instrumento.

De acuerdo con la lógica formal del instrumento AMSTAR 2, la evaluación no se redujo a una puntuación global numéricamente acumulativa, sino a una ponderación cualitativa estandarizada centrada en el impacto de los dominios críticos (protocolo previo, búsqueda exhaustiva, justificación de exclusiones, riesgo de sesgo, idoneidad de métodos de síntesis, consideración del riesgo de sesgo en la interpretación y análisis de sesgo de publicación). Se prestó especial atención a las debilidades identificadas en dichos dominios críticos, debido a que estas pueden modificar sustancialmente y comprometer la validez interna de la síntesis, así como la confianza en los resultados de una revisión.

La calidad metodológica general del corpus analizado presentó una heterogeneidad considerable. Como se sintetiza en la Tabla 2, los estudios con mayor rigurosidad procedimental alcanzaron un nivel de confianza alto o moderado gracias a la transparencia en las búsquedas bibliográficas multilenguaje, la declaración explícita de registros de protocolo (e.g., PROSPERO o repositorios institucionales) y el uso de herramientas estandarizadas de valoración de sesgo. Sin embargo, una fracción relevante de las revisiones presentó limitaciones críticas recurrentes, principalmente en la falta de justificación detallada de los artículos excluidos, la omisión del análisis del riesgo de sesgo en la discusión de los hallazgos finales y la ausencia de evaluaciones del sesgo de publicación o de la declaración de fuentes de financiamiento de los estudios primarios.

Esta diferenciación metodológica resulta crucial para la interpretación pedagógica y científica de la evidencia: mientras que los estudios de confianza alta y moderada aportan hallazgos robustos sobre la efectividad de los sistemas adaptativos y la analítica del aprendizaje, las revisiones tipificadas con un nivel de confianza bajo o crítico deben ser interpretadas con prudencia, pues sus conclusiones podrían estar sobreestimando los beneficios educativos del uso tecnológico.

Tabla 2

Matriz de evaluación metodológica del corpus de revisiones mediante el instrumento AMSTAR 2

Estudio	Búsqueda exhaustiva	Selección / Extracción	Riesgo de sesgo	Síntesis e interpretación	Transparencia	Fortalezas principales	Limitaciones identificadas	Confianza (AMSTAR 2)
Alfredo et al. (2024)	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Protocolo registrado previamente; estrategia de búsqueda exhaustiva multilenguaje.	Sin evaluación de impacto del riesgo de sesgo en el metanálisis.	Alto
Bayly-Castaneda et al. (2024)	Parcial	Cumple	Parcial	Parcial	Cumple	Criterios de inclusión bien delimitados y extracción por pares.	Ausencia de lista justificada de estudios excluidos; riesgo de sesgo no integrado en discusión.	Bajo
Cao et al. (2026)	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Análisis de heterogeneidad riguroso; evaluación explícita del sesgo de publicación.	Estrategia de búsqueda restringida a bases de datos en inglés.	Alto
Cerón Salazar y Burbano González (2026)	Parcial	Parcial	No cumple	Parcial	Cumple	Definición clara de preguntas de investigación PICO/PICoS.	No se empleó herramienta formal de riesgo de sesgo; síntesis descriptiva con alta subjetividad.	Crítico
Farhood et al. (2025)	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Parcial	Uso adecuado de métodos estadísticos para metanálisis de efectos aleatorios.	Falta de reporte de financiamiento de los estudios primarios incluidos.	Moderado
Hariyanto et al. (2025)	Cumple	Cumple	Parcial	Cumple	Cumple	Búsqueda en literatura gris e informes técnicos no publicados.	Falta de justificación sistemática de la exclusión de textos completos.	Moderado
Merino-Campos (2025)	Parcial	Cumple	No cumple	Parcial	Cumple	Rigurosa categorización temática de tecnologías inmersivas.	Ausencia de evaluación crítica de la calidad metodológica de las fuentes primarias.	Crítico
Poupard et al. (2025)	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Registro PROSPERO completo; validación cruzada independiente entre evaluadores.	Escasa exploración de sesgo de publicación por muestra pequeña.	Alto

Estudio	Búsqueda exhaustiva	Selección / Extracción	Riesgo de sesgo	Síntesis e interpretación	Transparencia	Fortalezas principales	Limitaciones identificadas	Confianza (AMSTAR 2)
Rodríguez-Ortiz et al. (2025)	Cumple	Cumple	Cumple	Parcial	Cumple	Análisis detallado de contexto pedagógico e intervención docente.	No se consideró el riesgo de sesgo individual al interpretar la síntesis temática.	Moderado
Salas-Pilco et al. (2022)	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Síntesis integrativa de alta precisión; mapeo sistemático transparente.	Limitada inclusión de literatura gris no indexada.	Alto
Tene et al. (2024)	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Claridad en la definición de la ventana temporal de búsqueda.	Protocolo no registrado preliminarmente; sesgo en la selección de estudios.	Bajo
Ulusoy et al. (2026)	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Evaluación de sesgo con herramientas de la Colaboración Cochrane / ROBIS.	Ninguna limitación crítica identificada.	Alto

Nota. Evaluación estructurada mediante las directrices metodológicas de AMSTAR 2. La categorización del nivel de confianza global comprende: Alto (sin debilidades en dominios críticos y con pocas o ninguna debilidad no crítica), Moderado (más de una debilidad no crítica, pero sin fallas en dominios críticos), Bajo (una falla crítica con o sin debilidades no críticas) y Crítico (más de una falla crítica en dominios clave). Elaboración propia.

La valoración metodológica detallada en la Matriz AMSTAR 2 permitió considerar la solidez de los procedimientos empleados por las revisiones incluidas y, simultáneamente, identificar posibles fuentes de incertidumbre en la evidencia sintetizada. Este procedimiento fue especialmente relevante debido a la diversidad de diseños, poblaciones, tecnologías y variables abordadas por los estudios secundarios seleccionados. Al respecto, se constató que la principal fuente de fragilidad en el cuerpo de literatura se focaliza en la falta de rigor para evaluar el riesgo de sesgo primario y en la omisión de registros previos de protocolo. En consecuencia, la transferencia de los hallazgos hacia políticas de implementación tecnológica en educación debe ponderarse en función del nivel de confianza de cada estudio, priorizando aquellas evidencias derivadas de revisiones con categorización alta o moderada.

2.9. Extracción y organización de la información

Para asegurar la consistencia del análisis se diseñó una matriz de extracción documental que integró información bibliográfica, metodológica y temática de cada publicación. Las variables consideradas fueron: autoría, año de publicación, objetivo, tipo de revisión, bases de datos consultadas, periodo de búsqueda, número de estudios incluidos, tecnología analizada, contexto

o nivel educativo, dimensiones relacionadas con la personalización y transformación pedagógica, principales resultados y limitaciones metodológicas.

La información extraída fue contrastada entre las publicaciones para identificar coincidencias, diferencias, tendencias recurrentes y vacíos de conocimiento. Cuando una revisión abordó más de una tecnología emergente, se registró su contribución en las categorías temáticas correspondientes sin duplicar la publicación dentro del corpus.

2.10. Procedimiento de análisis y síntesis

El análisis de la evidencia se desarrolló mediante una síntesis cualitativa de carácter temático. Esta decisión respondió a la heterogeneidad existente entre las publicaciones seleccionadas en cuanto a tecnologías estudiadas, niveles educativos, objetivos, diseños metodológicos, variables consideradas y procedimientos de síntesis.

La síntesis se organizó en cuatro dimensiones articuladas con el objetivo de investigación: a) tendencias de la investigación sobre tecnologías emergentes para el aprendizaje; b) principales enfoques teóricos y conceptuales asociados con la personalización educativa; c) avances científicos recientes relacionados con inteligencia artificial, analítica del aprendizaje, sistemas adaptativos y tecnologías inmersivas; y d) vacíos, limitaciones y desafíos para una implementación educativa sostenible.

En cada dimensión se realizó una comparación transversal de los hallazgos, identificando patrones de convergencia y divergencia entre los estudios. El análisis consideró tanto los beneficios atribuidos a las tecnologías emergentes como las limitaciones asociadas con su implementación, procurando establecer relaciones entre innovación tecnológica, personalización, interacción, resultados de aprendizaje y transformación de las prácticas pedagógicas.

No se efectuó un metanálisis propio debido a la heterogeneidad conceptual y metodológica del corpus, caracterizado por diferentes tecnologías, contextos educativos, poblaciones, variables y métodos de síntesis. Por consiguiente, se consideró metodológicamente más apropiada una síntesis narrativa y temática de la evidencia disponible.

2.11. Control de rigor y trazabilidad

Para fortalecer la rigurosidad de la revisión se establecieron mecanismos de control durante las etapas de búsqueda, selección, evaluación y síntesis. Cada decisión de inclusión o exclusión fue vinculada con los criterios de elegibilidad definidos previamente, manteniendo correspondencia entre los registros recuperados, la matriz de selección, la matriz de caracterización y la síntesis final.

La trazabilidad documental se aseguró mediante el registro de las decisiones adoptadas y de las razones de exclusión durante el proceso de selección. Asimismo, la evaluación metodológica permitió incorporar una perspectiva crítica sobre la calidad de la evidencia secundaria y evitar que los hallazgos fueran interpretados exclusivamente a partir de la cantidad de publicaciones identificadas.

En conjunto, el procedimiento metodológico permitió desarrollar una revisión sistemática orientada a examinar críticamente la contribución de las tecnologías emergentes al aprendizaje, con especial atención a la personalización educativa y a la transformación de las prácticas pedagógicas. La articulación entre PRISMA 2020, los criterios explícitos de elegibilidad, la caracterización del corpus y la valoración metodológica mediante AMSTAR 2 fortaleció la transparencia, coherencia y trazabilidad del proceso de revisión.

3. Desarrollo de la revisión

3.1. Delimitación conceptual y categorías de análisis

Para dotar a la investigación de mayor rigor epistemológico y evitar ambigüedades interpretativas, es imperativo establecer una distinción conceptual precisa entre los constructos que articulan este estudio. En primer lugar, la personalización del aprendizaje se entiende como el diseño educativo centrado en el estudiante que ajusta activamente el ritmo, los objetivos y las trayectorias formativas con base en las necesidades, intereses y preferencias individuales de los alumnos (Pane et al., 2017). Por su parte, el aprendizaje adaptativo constituye un mecanismo algorítmico y tecnológico específico que modifica de forma automatizada y en tiempo real el contenido, la dificultad y la secuencia de las actividades de aprendizaje según el desempeño inmediato del usuario (Kulik & Fletcher, 2016).

En un nivel de integración sistémica más amplio, el aprendizaje inteligente (*smart learning*) trasciende la mera adaptación para englobar entornos tecnopedagógicos capaces de ofrecer apoyo contextualizado, flexible y ubicuo mediante la convergencia sinérgica de la inteligencia artificial y la analítica de datos (Spector, 2014). Estos componentes confluyen en la noción de ecosistemas inteligentes, concebidos como estructuras sociotécnicas complejas donde interactúan de manera interdependiente los actores humanos, la infraestructura tecnológica, las políticas institucionales y los flujos de información (Huang et al., 2019). Finalmente, la transformación pedagógica no se reduce a la adopción instrumental de estas herramientas, sino que representa un cambio estructural y reflexivo en las prácticas docentes, los propósitos curriculares y los modelos de enseñanza mediados críticamente por la innovación (Zhu et al., 2016).

3.2. Tendencias de la investigación sobre tecnologías emergentes para el aprendizaje

La literatura científica reciente evidencia una transición progresiva desde una concepción predominantemente instrumental de la tecnología educativa hacia modelos de aprendizaje caracterizados por la adaptación, la inteligencia computacional y el aprovechamiento sistemático de datos. En este proceso convergen desarrollos vinculados con la inteligencia artificial (IA), los sistemas de aprendizaje adaptativo, la analítica del aprendizaje y las tecnologías inmersivas.

En este sentido, Cerón Salazar y Burbano González (2026) identifican una presencia significativa de sistemas inteligentes de tutoría y mecanismos de aprendizaje adaptativo en la investigación desarrollada en educación primaria y secundaria. De manera complementaria,

Alfredo et al. (2024) muestran que la incorporación de IA y analítica del aprendizaje está desplazando progresivamente la atención desde la simple disponibilidad de recursos digitales hacia sistemas capaces de apoyar procesos de interpretación, toma de decisiones e intervención educativa. Asimismo, Tene et al.

(2024) y Poupard et al. (2025) evidencian el crecimiento de las tecnologías inmersivas como otra de las líneas relevantes dentro de la transformación tecnológica de los entornos educativos.

Esta transformación no implica únicamente un aumento cuantitativo de herramientas digitales disponibles para docentes y estudiantes, sino una modificación cualitativa en la manera de concebir la relación entre tecnología, información y aprendizaje. Cerón Salazar y Burbano González (2026), a partir de una revisión sistemática de 72 artículos sobre sistemas de aprendizaje inteligente en educación primaria y secundaria, identificaron un predominio de aplicaciones relacionadas con tutoría inteligente y aprendizaje adaptativo, acompañadas de resultados educativos predominantemente favorables.

No obstante, los autores también señalaron diferencias según las regiones y áreas disciplinares estudiadas, además de la necesidad de fortalecer la investigación longitudinal y ampliar la evidencia hacia ámbitos distintos de los tradicionalmente vinculados con STEM. Por consiguiente, el crecimiento de estas tecnologías debe interpretarse considerando tanto sus resultados favorables como las condiciones que explican su variabilidad.

A partir de esta evidencia puede identificarse una primera tendencia: la personalización del aprendizaje se consolida como uno de los principales ejes de innovación tecnológica educativa. Bayly-Castaneda et al. (2024), mediante una revisión sistemática de 78 publicaciones, identificaron un conjunto amplio de soluciones orientadas a construir trayectorias personalizadas de aprendizaje, entre las que se incluyen entornos adaptativos, sistemas de recomendación de contenidos, tutores y agentes conversacionales, analítica del aprendizaje, evaluación personalizada y aplicaciones basadas en modelos generativos. Esta diversidad evidencia que la personalización ya no se encuentra restringida a una única modalidad tecnológica, sino que constituye una orientación transversal que articula diferentes desarrollos de la IA educativa.

En la misma línea, Farhood et al. (2025) analizaron 125 estudios sobre aprendizaje personalizado basado en IA desarrollados en educación escolar, educación superior y modalidades de aprendizaje en línea. Su revisión muestra que la IA está siendo utilizada para modificar distintos componentes del proceso educativo, incluidos la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación.

De este modo, la personalización adquiere una dimensión más amplia que la simple modificación de la dificultad de una actividad, puesto que puede involucrar contenidos, ritmos, estrategias de apoyo y mecanismos de evaluación. Por su parte, Merino-Campos (2025), al revisar 45 estudios centrados específicamente en educación superior, confirma que la personalización constituye una de las aplicaciones centrales de la IA en este nivel educativo. En consecuencia, la evidencia reciente permite sostener que esta tendencia atraviesa diferentes niveles y modalidades de formación.

Una segunda tendencia se relaciona con la integración creciente entre inteligencia artificial, aprendizaje adaptativo y analítica del aprendizaje. Hariyanto et al. (2025) analizaron 142 estudios empíricos sobre educación adaptativa basada en IA e identificaron el empleo de aprendizaje automático, aprendizaje profundo, aprendizaje por refuerzo y datos multimodales como componentes relevantes para adaptar los contenidos y las experiencias educativas a los perfiles individuales de los estudiantes. Esta evolución permite observar que los sistemas inteligentes están transitando desde mecanismos relativamente estáticos hacia arquitecturas capaces de procesar información en tiempo real y generar respuestas diferenciadas. Paralelamente, Alfredo et al. (2024) sitúan esta evolución dentro de una perspectiva humanocéntrica que concede importancia al equilibrio entre automatización, participación de los usuarios y control humano.

Una tercera tendencia corresponde al desarrollo de tecnologías inmersivas aplicadas a la educación. Tene et al. (2024) evidencian que la realidad virtual, la realidad aumentada y otras modalidades inmersivas han adquirido especial relevancia en la investigación vinculada con la educación STEM, particularmente por su capacidad para generar experiencias de interacción con representaciones y situaciones difíciles de reproducir mediante recursos convencionales. En una perspectiva complementaria, Poupard et al. (2025) analizaron específicamente la relación entre tecnologías inmersivas, rendimiento del aprendizaje, carga cognitiva y motivación intrínseca. Sus resultados permiten comprender que el valor educativo de estas tecnologías no depende exclusivamente de su capacidad para producir experiencias novedosas, sino también de la manera en que se articulan con las características cognitivas y pedagógicas de las actividades propuestas.

Consideradas conjuntamente, estas líneas de investigación permiten distinguir tres grandes orientaciones tecnológicas: la personalización de las trayectorias de aprendizaje, la adaptación sustentada en datos y algoritmos, y la generación de experiencias inmersivas. Aunque presentan finalidades y mecanismos diferentes, convergen en un desplazamiento desde el uso de la tecnología como recurso complementario hacia su integración como componente de procesos educativos capaces de responder de manera diferenciada a las características del estudiante y del contexto.

En conjunto, estas tendencias permiten advertir un cambio en las preguntas que orientan la investigación científica. El interés ya no se limita a determinar qué tecnología puede incorporarse al aula, sino que se desplaza hacia cuestiones relacionadas con su finalidad pedagógica, las condiciones de implementación, los mecanismos mediante los cuales puede favorecer el aprendizaje y los riesgos derivados de su utilización. Alfredo et al. (2024) sitúan esta transformación dentro de una perspectiva humanocéntrica que concede especial importancia a la participación de los actores educativos y al equilibrio entre automatización y control humano.

De forma paralela, Rodríguez-Ortiz et al. (2025) muestran que el desarrollo de aprendizaje automático e IA generativa en analítica del aprendizaje está acompañado por desafíos relacionados con la transparencia, la fundamentación pedagógica y las condiciones de implementación. Por tanto, la tendencia general apunta hacia una comprensión menos tecnocéntrica y progresivamente más pedagógica, contextual y ética de la innovación educativa (véase la Tabla 3).

Tabla 3

Síntesis comparativa de las principales tecnologías emergentes para el aprendizaje

Tecnología o enfoque	Características principales	Beneficios educativos potenciales	Limitaciones o desafíos	Implicaciones pedagógicas
Inteligencia artificial y modelos generativos	Procesamiento automatizado de información, generación de contenidos, retroalimentación y asistencia personalizada.	Facilita la personalización, la retroalimentación y el apoyo a diferentes tareas de enseñanza y aprendizaje.	Transparencia algorítmica, confiabilidad de resultados, dependencia tecnológica y necesidad de supervisión humana.	Requiere fortalecer el pensamiento crítico y establecer criterios pedagógicos para validar y utilizar los resultados generados.
Aprendizaje adaptativo	Ajuste dinámico de contenidos, actividades o niveles de dificultad a partir de información sobre el desempeño del estudiante.	Favorece trayectorias diferenciadas y respuestas ajustadas al progreso individual.	Calidad y disponibilidad de datos, riesgo de simplificación de las necesidades del estudiante y heterogeneidad de resultados.	El docente debe interpretar las recomendaciones del sistema y complementarlas con conocimiento pedagógico y contextual.
Analítica del aprendizaje	Recopilación y análisis de datos derivados de las interacciones educativas para identificar patrones y apoyar decisiones.	Permite monitorear procesos, detectar dificultades y generar información para la toma de decisiones.	Privacidad, gobernanza de datos, interpretación de resultados y posibles sesgos.	Promueve una toma de decisiones informada por evidencia, sin sustituir el juicio profesional docente.
Analítica multimodal	Integración de diferentes fuentes y tipos de datos para representar de forma más amplia la actividad del estudiante.	Amplía las posibilidades de identificación de patrones y comprensión de comportamientos de aprendizaje.	Mayor complejidad técnica, protección de datos e interpretación de múltiples fuentes de información.	Exige criterios rigurosos para seleccionar, contextualizar e interpretar los datos utilizados.
Realidad virtual y realidad aumentada	Creación de entornos y experiencias de interacción inmersiva o aumentada.	Facilita experiencias prácticas, visualización de fenómenos complejos y aproximaciones experienciales al aprendizaje.	Costos, infraestructura, accesibilidad, carga cognitiva y necesidad de diseño pedagógico específico.	Su incorporación resulta pertinente cuando la inmersión aporta valor didáctico que no puede alcanzarse fácilmente mediante recursos convencionales.

Nota. Elaboración propia a partir de la síntesis de Cerón Salazar y Burbano González (2026), Bayly-Castaneda et al. (2024), Farhood et al. (2025), Hariyanto et al. (2025), Alfredo et al. (2024), Tene et al. (2024), Poupard et al. (2025) y Ulusoy et al. (2026).

3.3. Principales enfoques teóricos que sustentan el aprendizaje inteligente

El análisis de la literatura permite establecer que las tecnologías emergentes no constituyen, por sí mismas, un paradigma pedagógico autónomo. Su valor educativo depende de la forma en que sus capacidades se articulan con los procesos de enseñanza, las necesidades de los estudiantes y las decisiones profesionales de los docentes. Desde una perspectiva sistémica, Alfredo et al. (2024) plantean la necesidad de comprender la IA y la analítica del aprendizaje desde un enfoque centrado en las personas, en el que estudiantes, docentes y demás actores educativos participan en

la configuración y utilización de los sistemas. En una línea complementaria, Cerón Salazar y Burbano González (2026) muestran que los sistemas inteligentes adquieren especial relevancia cuando sus capacidades de adaptación y tutoría se orientan hacia necesidades concretas del proceso educativo.

Uno de los enfoques más relevantes es el aprendizaje personalizado, entendido como una organización diferenciada de las experiencias educativas de acuerdo con determinadas características, necesidades y trayectorias de los estudiantes. Bayly-Castaneda et al. (2024) evidencian que la construcción de trayectorias personalizadas mediante IA comprende diferentes soluciones tecnológicas, desde entornos adaptativos y sistemas de recomendación hasta analítica del aprendizaje, evaluación personalizada y agentes inteligentes. Esta diversidad permite comprender la personalización como un enfoque transversal más que como una función específica de una herramienta determinada.

A su vez, Farhood et al. (2025) muestran que el aprendizaje personalizado basado en IA está siendo investigado en diferentes sectores educativos y mediante aplicaciones orientadas a modificar aspectos de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. Esta evidencia permite ampliar conceptualmente la personalización, puesto que no se reduce a adaptar contenidos, sino que puede involucrar diferentes componentes de la experiencia educativa. En educación superior, Merino-Campos (2025) confirma la importancia de esta orientación y destaca el potencial de la IA para ajustar métodos, contenidos y ritmos de aprendizaje de acuerdo con las necesidades individuales.

Un segundo fundamento corresponde al aprendizaje adaptativo, cuya característica esencial consiste en modificar determinados elementos de la experiencia educativa a partir de información obtenida durante el proceso de aprendizaje. Cerón Salazar y Burbano González (2026) evidencian que esta lógica constituye uno de los componentes centrales de los sistemas inteligentes examinados. De forma más amplia, Hariyanto et al. (2025) muestran que el aprendizaje adaptativo basado en IA incorpora técnicas de aprendizaje automático, aprendizaje profundo y aprendizaje por refuerzo, además de mecanismos de integración de datos multimodales. En consecuencia, la adaptación contemporánea puede comprenderse como un proceso progresivamente más dinámico y sustentado en múltiples fuentes de información.

Sin embargo, resulta necesario establecer una distinción conceptual entre adaptación algorítmica y personalización pedagógica integral. Mientras la primera puede implicar modificaciones automáticas en determinados parámetros de una actividad, la segunda supone considerar un conjunto más amplio de factores que intervienen en el aprendizaje. Alfredo et al. (2024) subrayan, desde una perspectiva humanocéntrica, la importancia de mantener la participación de los actores educativos y el control humano en el diseño y utilización de sistemas de IA y analítica. Por consiguiente, la adaptación tecnológica no debería interpretarse como equivalente a una comprensión integral de las necesidades cognitivas, emocionales, sociales y contextuales del estudiante.

Un tercer enfoque corresponde al aprendizaje basado en datos, estrechamente vinculado con la analítica del aprendizaje. En este marco, la información generada durante las interacciones educativas puede procesarse para identificar patrones y proporcionar elementos que apoyen la toma

de decisiones. Ulusoy et al. (2026) muestran que la investigación reciente está avanzando hacia la utilización de datos multimodales combinados con técnicas de IA, ampliando las posibilidades de representar diferentes dimensiones de la actividad del estudiante. Asimismo, Hariyanto et al. (2025) identifican la integración de datos multimodales como uno de los componentes técnicos emergentes dentro de los sistemas adaptativos basados en IA.

A este conjunto de perspectivas se incorpora el enfoque humanocéntrico, que adquiere particular importancia frente a interpretaciones de carácter tecnodeterminista. Alfredo et al. (2024), después de analizar la literatura especializada sobre analítica del aprendizaje e IA en educación, destacan la necesidad de equilibrar la automatización computacional con el control humano y de fortalecer la participación de los usuarios en las distintas fases del diseño y utilización de los sistemas. Desde esta perspectiva, la eficacia de un sistema inteligente no puede valorarse únicamente por su precisión técnica o por su capacidad para automatizar determinadas tareas, sino también por su confiabilidad, seguridad, transparencia y correspondencia con las necesidades de quienes participan en los procesos educativos.

En consecuencia, los enfoques identificados convergen en una premisa fundamental: la tecnología funciona como mediadora del aprendizaje y no como sustituta de la intencionalidad pedagógica. Bayly-Castaneda et al. (2024) y Farhood et al. (2025) evidencian la amplitud de las aplicaciones de IA orientadas a la personalización, mientras que Alfredo et al. (2024) subrayan la necesidad de preservar la intervención y el control de los actores educativos. Desde esta perspectiva, los enfoques teóricos revisados pueden integrarse en un marco conceptual en el que personalización, adaptación, analítica de datos y centralidad humana no se entienden como dimensiones independientes, sino como componentes interrelacionados de un ecosistema de aprendizaje inteligente. La articulación de estas perspectivas permite comprender el aprendizaje inteligente como un fenómeno socio técnico en el que la sofisticación algorítmica adquiere significado educativo únicamente cuando se encuentra subordinada a propósitos pedagógicos explícitos.

3.4. Avances científicos recientes

Uno de los avances más significativos corresponde al tránsito desde sistemas digitales predominantemente reactivos hacia soluciones capaces de realizar predicciones, inferencias y recomendaciones a partir de grandes volúmenes de información. Rodríguez-Ortiz et al. (2025) identifican esta evolución en su revisión sistemática sobre aprendizaje automático e IA generativa aplicada a la analítica del aprendizaje en educación superior. Los autores muestran que el aprendizaje automático ocupa una posición predominante en tareas relacionadas con la predicción del rendimiento, el compromiso y el riesgo de abandono, mientras que la IA generativa representa una línea emergente vinculada con posibilidades de retroalimentación adaptativa y análisis de información educativa. Este desarrollo amplía el potencial de los sistemas para proporcionar información oportuna; sin embargo, también plantea desafíos relacionados con la transparencia de los modelos y su fundamentación pedagógica.

De manera complementaria, Hariyanto et al. (2025) muestran que el desarrollo de sistemas adaptativos basados en IA ha incorporado técnicas de aprendizaje automático, aprendizaje profundo

y aprendizaje por refuerzo, lo que permite avanzar hacia mecanismos capaces de ajustar contenidos y experiencias educativas a los perfiles individuales. La amplitud de su revisión, basada en 142 estudios empíricos, evidencia además que la personalización está siendo investigada juntamente con la participación del estudiante, la equidad educativa y el procesamiento de datos multimodales. Por consiguiente, el avance tecnológico no se limita al aumento de la capacidad predictiva, sino que se orienta hacia sistemas más complejos de adaptación y respuesta.

Otro avance relevante se encuentra en la analítica multimodal del aprendizaje. A diferencia de los enfoques que utilizan exclusivamente registros convencionales de las plataformas educativas, esta perspectiva incorpora diferentes tipos de datos para construir representaciones más amplias de la actividad del estudiante. Ulusoy et al. (2026) identifican la integración entre datos multimodales e IA como un campo de investigación en expansión y destacan la diversidad de preguntas, fuentes de información y técnicas algorítmicas utilizadas. En consecuencia, la evolución hacia modelos multimodales representa una ampliación significativa de las capacidades analíticas; no obstante, también incrementa la complejidad de los problemas asociados con la interpretación y gobernanza de la información educativa.

Paralelamente, las tecnologías inmersivas han evolucionado desde aproximaciones centradas principalmente en la novedad tecnológica hacia investigaciones que examinan resultados educativos concretos. En esta línea investigativa, Tene et al. (2024) identifican una creciente integración de tecnologías inmersivas con experiencias de aprendizaje en STEM y destacan su relación con diferentes dimensiones del proceso educativo. De manera más específica, Poupard et al. (2025) analizaron el rendimiento del aprendizaje, la carga cognitiva y la motivación intrínseca, evidenciando que la evaluación de estas tecnologías requiere considerar simultáneamente los beneficios potenciales y las características del diseño de las experiencias de aprendizaje. Por consiguiente, la investigación actual se distancia progresivamente de evaluaciones basadas únicamente en aceptación o satisfacción y se orienta hacia indicadores educativos más sustantivos.

Otro avance importante se relaciona con la consolidación de la personalización mediante IA en diferentes niveles educativos. Merino-Campos (2025) identificó 45 estudios centrados en educación superior y examinó distintas aplicaciones de IA para personalizar la enseñanza y el aprendizaje. Por su parte, Farhood et al. (2025) ampliaron la mirada a diferentes sectores educativos y sintetizaron 125 estudios sobre personalización basada en IA. La convergencia de ambas revisiones evidencia que la personalización constituye actualmente una línea de investigación transversal, aunque sus manifestaciones varían de acuerdo con el nivel educativo, la tecnología empleada y las características del contexto de implementación.

También resulta significativo el desarrollo de entornos de aprendizaje inteligentes evaluados mediante diseños experimentales y cuasiexperimentales. Cao et al. (2026) sintetizaron evidencia procedente de 43 estudios experimentales y cuasiexperimentales y examinaron los efectos de los entornos inteligentes sobre los resultados de aprendizaje, considerando variables moderadoras como la disciplina, el método de enseñanza, el nivel educativo, el tipo de conocimiento y el diseño experimental. Este avance resulta relevante porque evidencia una progresiva maduración

metodológica del campo: la investigación no se limita a describir las posibilidades de las tecnologías, sino que comienza a contrastar sus efectos bajo diferentes condiciones educativas.

En consecuencia, el avance científico más significativo no reside exclusivamente en el incremento de la sofisticación computacional, sino en la progresiva articulación entre capacidades tecnológicas, evidencia empírica y diseño pedagógico. Rodríguez-Ortiz et al. (2025) muestran el crecimiento de modelos de aprendizaje automático e IA generativa en analítica educativa; Hariyanto et al. (2025) evidencian la expansión de los sistemas adaptativos sustentados en múltiples técnicas de IA; Ulusoy et al. (2026) documentan la consolidación de los enfoques multimodales; Poupard et al. (2025) y Tene et al. (2024) documentan la evolución de las tecnologías inmersivas; y Cao et al. (2026) aportan evidencia comparativa sobre entornos inteligentes. En términos de desarrollo científico, esta convergencia revela una evolución desde la exploración de las posibilidades técnicas hacia una investigación progresivamente orientada a explicar mecanismos, condiciones de eficacia y resultados educativos verificables. En conjunto, estos desarrollos desplazan la cuestión científica hacia una interrogante de mayor complejidad: en qué condiciones, para qué estudiantes y mediante qué diseños pedagógicos las capacidades tecnológicas pueden traducirse en beneficios educativos sostenibles.

3.5. Vacíos y desafíos de investigación

A pesar de la expansión de la producción científica, persisten vacíos que limitan la posibilidad de formular conclusiones universales sobre el impacto de las tecnologías emergentes. Uno de ellos corresponde a la heterogeneidad metodológica. Rodríguez-Ortiz et al. (2025) identifican diferencias importantes entre los estudios analizados en cuanto a modelos, objetivos educativos, contextos y aplicaciones de aprendizaje automático e IA generativa.

De manera semejante, Cao et al. (2026) muestran que los resultados de los entornos inteligentes pueden variar en función de factores como la disciplina, el nivel educativo, el método de enseñanza y el diseño experimental. A esta diversidad se suma la amplitud de enfoques identificada por Farhood et al. (2025), quienes encontraron diferencias entre las aplicaciones, algoritmos y sectores educativos examinados. Por tanto, la diversidad de contextos y diseños constituye una condición que debe considerarse al interpretar la evidencia disponible.

Un segundo vacío se relaciona con la limitada evidencia longitudinal. Cerón Salazar y Burbano González (2026) señalan la necesidad de incrementar los estudios longitudinales sobre sistemas inteligentes en educación primaria y secundaria. Esta necesidad resulta relevante porque los efectos observados durante periodos breves no necesariamente permiten establecer si una intervención tecnológica genera transformaciones estables en el aprendizaje. En consecuencia, futuras investigaciones deberían avanzar desde la identificación de efectos inmediatos hacia el análisis de su permanencia, evolución y transferencia a diferentes contextos educativos.

Un tercer desafío se vincula con la preparación docente para el uso crítico de tecnologías inteligentes. Salas-Pilco et al. (2022), en su revisión sistemática sobre IA y analítica del aprendizaje en la formación docente, evidencian la relevancia de las competencias digitales y del conocimiento necesario para interpretar y utilizar tecnologías basadas en datos. Al mismo tiempo, los autores

identifican una presencia todavía limitada de consideraciones relacionadas con aspectos éticos en parte de la literatura analizada.

Este desafío adquiere mayor relevancia a medida que los sistemas evolucionan desde aplicaciones relativamente simples hacia mecanismos de recomendación, adaptación y generación de contenidos. Por consiguiente, la incorporación de tecnologías inteligentes exige competencias que superan el dominio instrumental de las herramientas e incluyen capacidades para interpretar información, valorar críticamente resultados algorítmicos y reconocer las implicaciones de las decisiones mediadas por sistemas automatizados.

Un cuarto desafío corresponde a la gobernanza de los datos educativos. La personalización y la analítica dependen, en muchos casos, de la recopilación y procesamiento de información relacionada con las actividades de los estudiantes. Alfredo et al. (2024) destacan, desde una perspectiva humanocéntrica, la importancia de la privacidad, la seguridad, la confiabilidad, la participación de los usuarios y el equilibrio entre control humano y automatización.

De manera complementaria, Ulusoy et al. (2026) muestran que la incorporación de datos multimodales amplía las posibilidades analíticas, pero también incrementa la complejidad de las cuestiones relacionadas con la gestión e interpretación de la información. En consecuencia, las cuestiones relativas a la protección de datos y a la autonomía de los actores educativos no deberían abordarse como aspectos secundarios una vez implementada una tecnología, sino como componentes estructurales de su diseño y utilización.

De manera adicional, persiste el desafío de garantizar equidad e inclusión educativa. Hariyanto et al. (2025) incorporan la equidad educativa entre las dimensiones asociadas con el desarrollo de sistemas adaptativos basados en IA, mientras que Alfredo et al. (2024) destacan la importancia de considerar las necesidades y participación de los actores educativos en el diseño de soluciones de IA y analítica. Esta perspectiva resulta particularmente relevante porque la disponibilidad de sistemas tecnológicamente avanzados no garantiza por sí misma una distribución equitativa de sus beneficios. Por ello, la evaluación de estas tecnologías requiere superar una perspectiva centrada exclusivamente en el rendimiento y considerar también las condiciones de acceso, participación, transparencia y adecuación contextual.

Finalmente, otro vacío importante corresponde a la necesidad de determinar qué condiciones explican la eficacia diferencial de las tecnologías inteligentes. Farhood et al. (2025) identifican oportunidades y desafíos diversos en las aplicaciones de aprendizaje personalizado basado en IA, mientras que Cao et al. (2026) muestran que los efectos de los entornos inteligentes pueden estar mediados por características como el nivel educativo, la disciplina, el método de enseñanza y el tipo de conocimiento. Esta evidencia sugiere que no resulta metodológicamente suficiente preguntar si una tecnología funciona en términos generales; es necesario determinar para quién funciona, en qué condiciones, durante cuánto tiempo y mediante qué mecanismos pedagógicos.

3.6. Síntesis integradora: tendencias tecnológicas e implicaciones pedagógicas

La revisión de la literatura permite establecer una relación directa entre las principales tendencias tecnológicas identificadas y las transformaciones que estas demandan en el diseño pedagógico. La personalización basada en IA amplía las posibilidades de atender la diversidad de ritmos, necesidades y trayectorias; el aprendizaje adaptativo introduce mecanismos de respuesta diferenciada a partir de información obtenida durante la interacción; la analítica del aprendizaje fortalece la disponibilidad de evidencia para orientar decisiones educativas; la analítica multimodal amplía las posibilidades de interpretar fenómenos complejos del aprendizaje; y las tecnologías inmersivas favorecen experiencias de interacción con contenidos y situaciones que pueden resultar difíciles de representar mediante medios convencionales. No obstante, ninguna de estas capacidades produce automáticamente mejoras educativas, puesto que su valor depende de la finalidad, el diseño y el contexto en que son utilizadas.

Desde el punto de vista pedagógico, la principal implicación consiste en el desplazamiento del papel docente desde una función centrada exclusivamente en la transmisión de información hacia una función de mediación, interpretación, acompañamiento y toma de decisiones fundamentada. En este escenario, los sistemas inteligentes pueden aportar información, recomendaciones o recursos diferenciados, mientras que corresponde a los profesionales de la educación valorar su pertinencia, contextualizar sus resultados y determinar cómo integrarlos dentro de experiencias de aprendizaje coherentes con los objetivos curriculares.

Asimismo, la revisión muestra que la personalización tecnológica debe diferenciarse de una personalización pedagógica integral. Un algoritmo puede identificar patrones de desempeño y modificar una actividad, pero ello no equivale necesariamente a comprender las circunstancias sociales, cognitivas, emocionales o culturales que intervienen en el aprendizaje. Esta distinción refuerza la necesidad de una perspectiva humanocéntrica en la que los datos y los algoritmos constituyan recursos para la toma de decisiones y no sustitutos del juicio profesional ni de la interacción educativa.

En este marco, la integración educativa de tecnologías emergentes requiere superar una lógica centrada en la incorporación de herramientas y avanzar hacia un enfoque de alineación pedagógica. Esta alineación supone establecer una correspondencia entre las capacidades de la tecnología, los objetivos de aprendizaje, las características de los estudiantes, las estrategias didácticas, las formas de evaluación y las condiciones institucionales. Bajo esta perspectiva, la pregunta relevante no consiste únicamente en qué tecnología utilizar, sino en qué problema educativo pretende atender, qué evidencia sustenta su utilización, qué modificaciones introduce en la experiencia de aprendizaje y qué condiciones son necesarias para garantizar un uso responsable y pedagógicamente pertinente (véase la Tabla 4).

Tabla 4

Relación entre tendencias tecnológicas e implicaciones pedagógicas

Tendencia tecnológica	Transformación en el proceso educativo	Implicación pedagógica central
IA y personalización	Diferenciación de contenidos, apoyos, ritmos y formas de interacción.	Diseñar experiencias flexibles que mantengan la intervención y supervisión docente.
Aprendizaje adaptativo	Ajuste dinámico de actividades según evidencias del desempeño.	Utilizar la adaptación algorítmica como apoyo, complementándola con valoración pedagógica contextual.
Analítica del aprendizaje	Uso sistemático de datos para identificar patrones y orientar decisiones.	Desarrollar una cultura de toma de decisiones basada en evidencia y pensamiento crítico sobre los datos.
Analítica multimodal	Integración de múltiples fuentes para representar diferentes dimensiones del aprendizaje.	Establecer criterios de pertinencia, interpretación, privacidad y gobernanza de la información.
Tecnologías inmersivas	Generación de experiencias experienciales, simuladas e interactivas.	Incorporar la inmersión cuando contribuya de manera explícita a los objetivos de aprendizaje y no solo por su novedad tecnológica.
IA generativa	Producción de contenidos, asistencia y retroalimentación automatizada.	Fortalecer la alfabetización digital, la evaluación crítica de resultados y la autoría responsable.
Enfoque humanocéntrico	Integración de tecnología, usuarios, contexto y decisiones pedagógicas.	Preservar la autonomía, participación y responsabilidad de docentes y estudiantes.

Nota. Elaboración propia a partir de la integración analítica de los estudios revisados.

En resumen, la evidencia revisada revela una tensión estructural entre el potencial tecnológico y las condiciones necesarias para convertir dicho potencial en valor educativo. Cerón Salazar y Burbano González (2026) muestran las posibilidades de los sistemas inteligentes para apoyar procesos adaptativos; Bayly-Castaneda et al. (2024), Farhood et al. (2025) y Merino-Campos (2025) evidencian la consolidación de la personalización basada en IA; Hariyanto et al. (2025) muestran la expansión de sistemas adaptativos sustentados en aprendizaje automático, aprendizaje profundo y datos multimodales; Alfredo et al. (2024) subrayan la necesidad de una integración humanocéntrica; Rodríguez-Ortiz et al. (2025) evidencian la expansión del aprendizaje automático y la IA generativa; y Cao et al. (2026) aportan evidencia cuantitativa sobre los efectos de los entornos inteligentes.

En conjunto, estos estudios permiten sostener que la principal frontera científica del campo ya no consiste únicamente en desarrollar tecnologías con mayores capacidades computacionales, sino en determinar cómo, cuándo y en qué condiciones pedagógicas, profesionales, institucionales y éticas dichas capacidades pueden producir beneficios educativos sostenibles.

Esta perspectiva integradora permite comprender la innovación educativa como un proceso sociotécnico en el que la tecnología, la pedagogía, los actores educativos y el contexto institucional se encuentran interrelacionados. De este modo, la incorporación de tecnologías emergentes adquiere sentido cuando responde a necesidades educativas identificables, se fundamenta en

evidencia científica y se acompaña de criterios de equidad, transparencia, protección de datos, formación docente y evaluación continua. Tal enfoque permite evitar tanto el entusiasmo tecnocéntrico, que atribuye a la innovación efectos que no necesariamente posee por sí misma, como el rechazo indiscriminado de las tecnologías emergentes, favoreciendo en su lugar una comprensión crítica, contextualizada y pedagógicamente fundamentada de su integración educativa.

4. Discusión

Los resultados de la revisión muestran que la investigación contemporánea sobre tecnologías emergentes para el aprendizaje se articula alrededor de cuatro tendencias principales: la expansión de la inteligencia artificial y los sistemas de aprendizaje inteligente, el desarrollo de mecanismos de personalización y adaptación, el crecimiento de la analítica del aprendizaje y la incorporación progresiva de tecnologías inmersivas.

En conjunto, estos resultados evidencian una transición desde el empleo de herramientas digitales como recursos complementarios hacia ecosistemas tecnológicos capaces de intervenir de manera más dinámica en la organización de las experiencias educativas. Sin embargo, la evidencia analizada también muestra que esta transformación no puede atribuirse exclusivamente a la sofisticación tecnológica, puesto que sus resultados están condicionados por factores pedagógicos, metodológicos, profesionales y éticos (Alfredo et al., 2024; Cerón Salazar & Burbano González, 2026; Poupard et al., 2025; Tene et al., 2024).

Desde una perspectiva contextual, esta transformación adquiere especial relevancia cuando se examina su aplicabilidad en sistemas educativos de países en desarrollo, donde las condiciones de infraestructura, conectividad, disponibilidad de dispositivos, inversión institucional y formación especializada pueden diferir considerablemente de aquellas presentes en contextos con mayores niveles de digitalización. En efecto, los resultados de la literatura no deberían extrapolarse de manera directa entre sistemas educativos, puesto que la efectividad de una tecnología depende también de las condiciones materiales y organizacionales que permiten su implementación.

En contextos caracterizados por brechas digitales, la incorporación de tecnologías emergentes puede generar oportunidades de innovación, pero también profundizar desigualdades preexistentes si su acceso y aprovechamiento se distribuyen de manera desigual. Esta consideración resulta fundamental para interpretar el potencial educativo de estas tecnologías desde una perspectiva de equidad y pertinencia contextual.

4.1. La personalización como eje articulador de la transformación educativa

Uno de los resultados más consistentes corresponde al predominio de la personalización como finalidad asociada con los sistemas inteligentes y adaptativos. La revisión de Cerón Salazar y Burbano González (2026) evidencia una presencia significativa de sistemas de tutoría inteligente y aprendizaje adaptativo en educación primaria y secundaria, mientras que los estudios sobre analítica del aprendizaje muestran cómo los datos derivados de las interacciones educativas pueden

emplearse para identificar patrones y apoyar decisiones relacionadas con el progreso del estudiante (Alfredo et al., 2024; Ulusoy et al., 2026).

Estos resultados permiten interpretar que la personalización constituye actualmente uno de los principales puntos de convergencia entre las tecnologías emergentes. No obstante, los hallazgos también obligan a establecer una distinción entre adaptación tecnológica y personalización educativa. La modificación automática de la dificultad, secuencia o cantidad de actividades representa una respuesta adaptativa del sistema, pero no equivale necesariamente a una comprensión integral de las necesidades del estudiante. Por tanto, los resultados sugieren que la capacidad tecnológica para individualizar trayectorias debe interpretarse como una condición facilitadora de la personalización y no como su garantía.

Esta distinción es particularmente importante porque permite explicar por qué la presencia de sistemas inteligentes no conduce necesariamente a resultados educativos homogéneos. La personalización depende de la calidad de los datos utilizados, de los criterios mediante los cuales se generan las recomendaciones y, especialmente, de la capacidad docente para interpretar la información producida por el sistema. En este sentido, los resultados relacionados con el enfoque humanocéntrico indican que la personalización adquiere mayor valor cuando la tecnología complementa la toma de decisiones pedagógicas en lugar de reemplazarla (Alfredo et al., 2024).

En sistemas educativos con recursos tecnológicos limitados, esta concepción de la personalización requiere una interpretación particularmente prudente. La implementación de sistemas adaptativos no depende únicamente de la disponibilidad de software, sino también de condiciones como conectividad estable, dispositivos suficientes, infraestructura institucional y acompañamiento técnico y pedagógico. Cuando estas condiciones son insuficientes, la personalización basada exclusivamente en soluciones digitales puede alcanzar una cobertura limitada y beneficiar principalmente a los estudiantes con mayores posibilidades de acceso. Por ello, en países en desarrollo, la personalización debería concebirse dentro de estrategias escalables y contextualizadas que combinen recursos tecnológicos con mediación docente, materiales accesibles y alternativas de bajo requerimiento tecnológico.

4.2. Convergencias y divergencias en la evidencia sobre resultados educativos

Los resultados muestran una convergencia general respecto al potencial educativo de las tecnologías emergentes, pero también evidencian diferencias importantes según la tecnología, el contexto y la variable analizada. Cerón Salazar y Burbano González (2026) identificaron resultados predominantemente favorables en sistemas inteligentes aplicados a educación primaria y secundaria. De manera semejante, los estudios sobre tecnologías inmersivas reportan resultados asociados con rendimiento académico y compromiso, particularmente en educación STEM (Tene et al., 2024).

Sin embargo, Poupard et al. (2025) muestran que la evaluación de las tecnologías inmersivas requiere considerar dimensiones adicionales al rendimiento, como la carga cognitiva y la motivación intrínseca. Esta diferencia entre estudios permite interpretar que los efectos educativos

no son unidimensionales. Una tecnología puede favorecer determinados resultados sin producir necesariamente mejoras equivalentes en todas las dimensiones del aprendizaje.

El metanálisis de Cao et al. (2026) aporta una perspectiva complementaria al analizar 43 estudios experimentales y cuasiexperimentales sobre entornos de aprendizaje inteligentes y considerar variables relacionadas con disciplina, nivel educativo, método de enseñanza, tipo de conocimiento y diseño experimental. Este resultado refuerza la interpretación de que la eficacia de los entornos inteligentes debe analizarse considerando las condiciones bajo las cuales se implementan y no únicamente la existencia de la tecnología.

Por consiguiente, las convergencias encontradas permiten sostener que las tecnologías emergentes poseen un potencial educativo relevante, mientras que las divergencias indican que dicho potencial no se expresa de manera uniforme. La evidencia no permite establecer que una tecnología determinada sea universalmente superior, sino que apunta hacia una relación condicionada entre tecnología, objetivo pedagógico, características del estudiante y contexto de implementación.

Esta dependencia contextual adquiere particular importancia en países en desarrollo, donde los resultados documentados en sistemas educativos con alta disponibilidad tecnológica pueden no reproducirse bajo condiciones de conectividad intermitente, acceso desigual a dispositivos o limitada capacitación profesional. En estos escenarios, la evaluación de una innovación debería considerar no solo sus resultados pedagógicos, sino también su viabilidad económica, sostenibilidad institucional, accesibilidad y capacidad de integración en las prácticas docentes existentes. Así, la evidencia disponible debe interpretarse atendiendo tanto a la eficacia potencial de la tecnología como a las condiciones necesarias para que dicha eficacia pueda materializarse.

4.3. De la adaptación tecnológica a la mediación pedagógica

Los resultados de la revisión permiten identificar una evolución desde herramientas digitales orientadas principalmente a proporcionar contenidos hacia sistemas capaces de analizar información, realizar inferencias y generar recomendaciones. Esta tendencia es especialmente visible en la integración de machine learning e inteligencia artificial generativa en la analítica del aprendizaje, donde se exploran aplicaciones relacionadas con identificación temprana de riesgos y generación de retroalimentación personalizada (Rodríguez-Ortiz et al., 2025).

La interpretación de este resultado debe realizarse con cautela. El incremento de la capacidad predictiva o generativa de los sistemas no implica automáticamente una mejora de la intervención educativa. La evidencia sobre enfoques humanocéntricos muestra que la utilidad de los sistemas depende de la participación de los actores educativos, la confiabilidad de los resultados, la autonomía y el control humano (Alfredo et al., 2024). Por ello, el principal cambio identificado no consiste únicamente en una mayor automatización, sino en la posibilidad de utilizar la información tecnológica como soporte para una mediación pedagógica más informada.

Esta interpretación coincide con los resultados relacionados con la formación docente. Salas-Pilco et al. (2022) evidencian la importancia de fortalecer las competencias necesarias para

comprender y utilizar IA y analítica del aprendizaje en contextos educativos. En consecuencia, los resultados sugieren que la incorporación de sistemas inteligentes exige una redefinición de las competencias profesionales docentes: no basta con saber utilizar una herramienta; es necesario comprender la información que produce, reconocer sus limitaciones y determinar cómo integrarla dentro de una decisión pedagógica.

Así, los resultados permiten cuestionar una concepción de la transformación educativa basada en la sustitución progresiva de la intervención humana. La evidencia revisada apunta, más bien, hacia una complementariedad entre inteligencia computacional y juicio pedagógico, en la que la tecnología amplía las capacidades de análisis y adaptación mientras el docente conserva la responsabilidad de contextualizar e interpretar sus resultados.

En este marco, la inteligencia artificial generativa introduce una dimensión adicional que requiere un análisis específico, debido a su capacidad para producir textos, actividades, explicaciones, evaluaciones y otros recursos educativos en tiempos considerablemente reducidos. Aunque esta funcionalidad puede contribuir a optimizar determinadas tareas docentes, también plantea interrogantes relacionados con la autoría, la originalidad y la integridad académica. La disponibilidad de contenidos generados automáticamente puede dificultar la distinción entre producción propia y producción asistida por IA, especialmente cuando los sistemas educativos no cuentan con criterios institucionales claros sobre el uso aceptable de estas herramientas.

De igual manera, la IA generativa plantea desafíos para los procesos de evaluación. Las formas tradicionales de valorar productos escritos o respuestas elaboradas fuera del aula pueden perder capacidad para representar de manera precisa el aprendizaje individual cuando el estudiante dispone de sistemas capaces de generar respuestas completas. En consecuencia, la evidencia revisada sugiere la necesidad de reconsiderar determinadas prácticas evaluativas y fortalecer estrategias centradas en procesos, razonamiento, aplicación contextual, producción auténtica y demostración del aprendizaje. Esto no implica excluir la IA de los procesos educativos, sino establecer mecanismos que permitan reconocer su utilización, promover un uso responsable y preservar la validez de la evaluación.

De manera paralela, la producción automatizada de contenidos educativos requiere supervisión profesional. Los sistemas generativos pueden producir información aparentemente coherente, pero susceptible de contener errores, simplificaciones, sesgos o referencias inadecuadas. Por ello, el contenido generado por IA no debería considerarse equivalente a conocimiento pedagógicamente validado. La revisión, contextualización y adecuación de los materiales continúan requiriendo intervención docente, particularmente cuando se trabaja con contenidos curriculares, diversidad cultural o necesidades educativas específicas.

4.4. Analítica multimodal: avance científico y aumento de la complejidad

Otro resultado significativo corresponde al crecimiento de la analítica multimodal del aprendizaje. Ulusoy et al. (2026) identifican esta área como un campo de investigación en expansión debido a la posibilidad de integrar diferentes modalidades de datos para construir representaciones más complejas de las actividades de aprendizaje.

Este avance representa una ampliación importante respecto de los modelos tradicionales de analítica, debido a que permite superar la dependencia exclusiva de indicadores como calificaciones, clics o tiempo de permanencia. Sin embargo, los mismos resultados muestran que una mayor cantidad y diversidad de datos introduce desafíos adicionales relacionados con interpretación, privacidad y gobernanza (Ulusoy et al., 2026).

La comparación con los resultados de Alfredo et al. (2024) permite identificar una convergencia clara: cuanto mayor es la capacidad de los sistemas para recopilar y procesar información sobre los estudiantes, mayor es la necesidad de preservar autonomía, seguridad, confianza y control humano. En consecuencia, el avance hacia modelos multimodales no debe evaluarse exclusivamente desde su capacidad técnica, sino también desde las condiciones bajo las cuales los datos son recopilados, interpretados y utilizados.

Esta convergencia conduce a una interpretación relevante: la expansión de la capacidad analítica incrementa simultáneamente las posibilidades pedagógicas y las responsabilidades éticas. Por ello, la gobernanza de datos debe considerarse parte constitutiva de la transformación educativa basada en IA y no una dimensión secundaria posterior a la implementación tecnológica.

En contextos con limitada infraestructura tecnológica, además, la analítica multimodal plantea un desafío de proporcionalidad entre la complejidad del sistema y las capacidades reales de las instituciones educativas. La recopilación de múltiples fuentes de datos puede requerir dispositivos, plataformas interoperables, almacenamiento seguro y personal especializado que no siempre se encuentran disponibles. En consecuencia, la innovación no debería evaluarse únicamente por la cantidad de información que un sistema puede procesar, sino por su pertinencia, sostenibilidad y utilidad efectiva dentro de las condiciones institucionales existentes.

4.5. Tecnologías inmersivas y dependencia del diseño pedagógico

Los resultados relativos a realidad virtual, realidad aumentada y otras tecnologías inmersivas muestran un crecimiento sostenido de la investigación, particularmente en contextos STEM. En este contexto, Tene et al. (2024) identifican el rendimiento académico y el compromiso como variables recurrentes, mientras que Poupard et al. (2025) amplían el análisis hacia la motivación intrínseca y la carga cognitiva.

La comparación de ambos resultados permite interpretar que el valor educativo de las tecnologías inmersivas no reside exclusivamente en la posibilidad de generar experiencias novedosas. Su contribución depende de la manera en que las características inmersivas se articulan con los objetivos de aprendizaje. En consecuencia, una experiencia tecnológicamente sofisticada puede no producir los resultados esperados si no existe una adecuada correspondencia entre interacción, contenido, actividad y propósito pedagógico.

Esta interpretación explica parcialmente la divergencia observada entre variables de resultado. Mientras determinadas experiencias pueden favorecer el compromiso o la motivación, los efectos sobre el rendimiento pueden depender de factores adicionales relacionados con el diseño de la intervención (Poupard et al., 2025; Tene et al., 2024). Por tanto, los resultados respaldan una

concepción de las tecnologías inmersivas como mediadores pedagógicos especializados, cuya utilidad debe determinarse en función del problema educativo que pretenden resolver.

Desde la perspectiva de los sistemas educativos con recursos limitados, la incorporación de tecnologías inmersivas requiere considerar adicionalmente los costos asociados con dispositivos, mantenimiento, actualización, conectividad y capacitación. Por esta razón, su integración puede resultar menos viable cuando las necesidades educativas básicas de infraestructura digital aún no han sido cubiertas. En estos contextos, la adopción tecnológica debería responder a criterios de pertinencia pedagógica y sostenibilidad, evitando que la innovación se convierta en un objetivo en sí mismo.

4.6. Vacíos metodológicos y necesidad de evidencia longitudinal

Uno de los resultados más relevantes de la revisión corresponde a la heterogeneidad metodológica de los estudios. Las investigaciones analizadas difieren en tecnologías, poblaciones, niveles educativos, variables dependientes, duración de las intervenciones e instrumentos de evaluación. Esta diversidad constituye una limitación para establecer conclusiones generales y explica, al menos parcialmente, las diferencias encontradas entre los estudios (Cerón Salazar & Burbano González, 2026; Cao et al., 2026).

La necesidad de evidencia longitudinal constituye otro resultado relevante. Cerón Salazar y Burbano González (2026) señalan la conveniencia de ampliar las investigaciones longitudinales sobre sistemas inteligentes en educación básica. Este vacío es particularmente importante porque los resultados inmediatos de una intervención, por ejemplo, incrementos en participación o motivación, no permiten determinar por sí solos si la tecnología genera aprendizajes sostenibles.

En este sentido, la literatura revisada presenta una tensión entre la velocidad de innovación tecnológica y la capacidad de la investigación educativa para producir evidencia acumulativa. Rodríguez-Ortiz et al. (2025) y Ulusoy et al. (2026) muestran que la rápida evolución de la IA, la IA generativa y la analítica multimodal está generando nuevas líneas de investigación; sin embargo, esta misma velocidad puede dificultar la evaluación de efectos a largo plazo y la comparación entre tecnologías que cambian rápidamente.

Por tanto, una prioridad investigativa consiste en avanzar hacia estudios longitudinales y comparativos que permitan determinar no solo si una tecnología produce determinados resultados, sino también en qué condiciones, para qué estudiantes y durante cuánto tiempo se mantienen dichos efectos.

Esta necesidad resulta todavía más relevante en países en desarrollo, donde la sostenibilidad de una innovación puede verse afectada por cambios presupuestarios, discontinuidad de programas, desigualdad territorial o limitada disponibilidad de soporte técnico. Por esta razón, futuras investigaciones deberían incorporar variables relacionadas con costo, sostenibilidad, escalabilidad, infraestructura y formación profesional, además de los indicadores tradicionales de rendimiento y motivación. Este enfoque permitiría generar evidencia más transferible a sistemas educativos que enfrentan restricciones estructurales.

4.7. Formación docente, ética y equidad como condiciones de implementación

Los resultados evidencian que la preparación docente constituye una condición relevante para la integración efectiva de las tecnologías emergentes. La revisión de Salas-Pilco et al. (2022) muestra la importancia de desarrollar competencias relacionadas con IA y analítica del aprendizaje, mientras que Alfredo et al. (2024) subrayan la necesidad de participación, autonomía y control humano.

La convergencia entre ambos resultados permite interpretar que la alfabetización tecnológica básica resulta insuficiente frente a ecosistemas educativos inteligentes. La competencia profesional requerida comprende la capacidad para interpretar datos, valorar críticamente las recomendaciones algorítmicas, identificar limitaciones y participar responsablemente en procesos mediados por IA. Por ello, la formación docente debe evolucionar desde el dominio instrumental hacia una competencia tecnopedagógica, analítica y ética.

Por otro lado, Ulusoy et al. (2026) sostienen que a esta condición se suma el desafío de la gobernanza de los datos y que, por lo tanto, la personalización y la analítica requieren recopilar información sobre los estudiantes, pero dicha práctica plantea problemas relacionados con privacidad, consentimiento, seguridad, autonomía y transparencia. Los resultados, por lo tanto, sugieren que la innovación tecnológica sostenible requiere mecanismos de protección y gobernanza incorporados desde el diseño de los sistemas.

Finalmente, los resultados permiten identificar la equidad como una dimensión transversal. La posibilidad de personalizar el aprendizaje no elimina automáticamente las desigualdades asociadas con infraestructura, conectividad, dispositivos y competencias digitales. Por ello, el potencial democratizador de las tecnologías emergentes debe analizarse juntamente con las condiciones materiales y profesionales que determinan su acceso y aprovechamiento.

En relación con la IA generativa, la dimensión ética se amplía hacia la necesidad de establecer criterios institucionales para orientar su utilización en actividades de aprendizaje, evaluación y producción académica. La ausencia de lineamientos puede generar prácticas heterogéneas y dificultar la definición de responsabilidades respecto de la autoría y verificación de los contenidos. En este sentido, la formación docente y estudiantil debería incorporar competencias de alfabetización en IA que incluyan la evaluación crítica de resultados generados, el reconocimiento de sus limitaciones, la protección de datos y la comprensión de principios de integridad académica.

Para los países en desarrollo, estas exigencias deben abordarse de manera proporcional a las capacidades de cada sistema educativo. La incorporación responsable de IA no requiere necesariamente reproducir modelos tecnológicos altamente complejos, sino desarrollar políticas y prácticas que permitan aprovechar las herramientas disponibles sin incrementar las brechas existentes. La equidad, por tanto, no debería considerarse únicamente como acceso a una tecnología, sino como la posibilidad efectiva de utilizarla de manera pedagógicamente significativa, segura y sostenible.

4.8. Interpretación de los hallazgos

La integración de los resultados permite establecer que las tecnologías emergentes están ampliando significativamente las posibilidades de personalización, adaptación, análisis e inmersión en los procesos educativos. La IA y los sistemas inteligentes concentran buena parte de la investigación sobre personalización; la analítica del aprendizaje avanza hacia modelos multimodales y predictivos; las tecnologías inmersivas amplían las posibilidades experienciales; y los entornos inteligentes son objeto de evaluaciones experimentales y metaanalíticas cada vez más complejas.

Sin embargo, la comparación de los estudios evidencia que estos avances no deben interpretarse como una relación lineal entre innovación tecnológica y mejora educativa. Las divergencias en resultados, contextos y variables evaluadas muestran que el impacto de las tecnologías emergentes es contextual y depende de la interacción entre funcionalidad tecnológica, diseño pedagógico, características del estudiante, intervención docente y condiciones institucionales (Alfredo et al., 2024; Poupard et al., 2025).

La discusión también permite advertir que la transferencia de resultados hacia sistemas educativos de países en desarrollo exige cautela metodológica. Las diferencias en infraestructura, conectividad, disponibilidad de dispositivos, inversión educativa y formación profesional pueden modificar sustancialmente las condiciones de implementación. Por ello, la evidencia internacional debe interpretarse como un referente para orientar la innovación, pero no como una garantía de resultados equivalentes en todos los contextos. La pertinencia de una tecnología dependerá, en última instancia, de su capacidad para responder a necesidades educativas concretas dentro de las condiciones reales de cada institución y sistema educativo.

De manera particular, la expansión de la IA generativa introduce una transformación que trasciende la automatización de tareas, debido a que modifica las formas de producir, distribuir y evaluar contenidos educativos. Sus posibilidades para generar explicaciones, actividades, materiales y retroalimentación pueden ampliar las capacidades docentes; sin embargo, los riesgos asociados con información incorrecta, sesgos, dependencia tecnológica, autoría, integridad académica y dificultades para verificar el aprendizaje requieren mecanismos de supervisión humana. En consecuencia, la incorporación de IA generativa debería sustentarse en principios de transparencia, responsabilidad, evaluación crítica y uso pedagógico contextualizado.

En consecuencia, la principal aportación de la evidencia revisada consiste en desplazar el centro de la discusión desde la tecnología considerada como fin hacia la tecnología entendida como mediador de procesos pedagógicos. La cuestión científica fundamental ya no es determinar qué tecnología posee mayor sofisticación, sino establecer en qué condiciones su utilización genera valor educativo sostenible. Desde esta perspectiva, el desafío no consiste únicamente en incrementar la presencia de tecnologías emergentes en las instituciones educativas, sino en garantizar que su adopción sea pedagógicamente pertinente, éticamente responsable, técnicamente viable y socialmente equitativa. Esta consideración resulta especialmente significativa en sistemas educativos de países en desarrollo, donde la innovación debe articularse con estrategias destinadas a reducir, y no profundizar, las brechas de acceso y aprovechamiento tecnológico.

Esta interpretación integra los principales resultados de la revisión y permite concluir que la transformación pedagógica asociada con las tecnologías emergentes será significativa en la medida en que combine personalización, evidencia basada en datos, mediación docente, formación profesional, inclusión y gobernanza ética (Alfredo et al., 2024; Cerón Salazar & Burbano González, 2026; Salas-Pilco et al., 2022). A ello se añade la necesidad de desarrollar marcos institucionales capaces de orientar el uso de la IA generativa, fortalecer la integridad académica, adaptar los procesos de evaluación y asegurar la calidad de los contenidos producidos mediante estas herramientas.

En este sentido, la transformación digital de la educación debe comprenderse como un proceso sociopedagógico complejo en el que la innovación tecnológica adquiere valor no por su grado de sofisticación, sino por su capacidad para contribuir a aprendizajes significativos, sostenibles, inclusivos y contextualizados.

5. Conclusiones

La revisión sistemática permite concluir que las tecnologías emergentes están reconfigurando progresivamente los procesos de enseñanza y aprendizaje, particularmente mediante la inteligencia artificial, los sistemas adaptativos, la analítica del aprendizaje y las tecnologías inmersivas. El hallazgo fundamental no radica en la superioridad intrínseca de una tecnología específica, sino en su capacidad para favorecer procesos de personalización, adaptación, análisis e interacción cuando existe correspondencia entre sus funcionalidades y los objetivos pedagógicos. En este sentido, la evidencia analizada cuestiona las interpretaciones tecnodeterministas y permite comprender la innovación educativa como un proceso condicionado por la articulación entre tecnología, pedagogía y contexto.

La principal contribución de esta revisión consiste en integrar las tendencias tecnológicas identificadas bajo una perspectiva común de aprendizaje inteligente y mediación pedagógica. Los resultados muestran que la personalización constituye un eje transversal de los sistemas inteligentes, mientras que la analítica del aprendizaje y la inteligencia artificial amplían las posibilidades de interpretar información educativa y apoyar decisiones pedagógicas. Paralelamente, las tecnologías inmersivas aportan nuevas posibilidades experienciales, aunque sus efectos dependen de variables como el diseño instruccional, el tipo de aprendizaje y las condiciones de implementación. Por tanto, la revisión contribuye a superar una lectura fragmentada de las tecnologías emergentes y propone comprenderlas como componentes interdependientes de ecosistemas educativos sociotécnicos.

Desde esta perspectiva integradora, el aporte original del capítulo reside también en identificar la complementariedad entre cuatro dimensiones fundamentales: personalización del aprendizaje, inteligencia basada en datos, mediación pedagógica y experiencia educativa. La primera permite adaptar determinadas trayectorias de aprendizaje; la segunda posibilita transformar los datos educativos en información potencialmente útil para la toma de decisiones; la tercera garantiza la interpretación contextual y el juicio profesional; y la cuarta incorpora modalidades de interacción

que pueden ampliar las experiencias de aprendizaje. Estas dimensiones no funcionan de manera independiente, sino que adquieren significado educativo cuando se articulan alrededor de propósitos curriculares claramente definidos.

Desde una perspectiva académica y profesional, los hallazgos evidencian que la transformación pedagógica requiere fortalecer la capacidad docente para interpretar datos, valorar críticamente las recomendaciones algorítmicas y utilizar las tecnologías de manera contextualizada. La integración de IA, analítica del aprendizaje y sistemas adaptativos no debería orientarse hacia la sustitución de la intervención profesional, sino hacia su ampliación mediante herramientas que proporcionen información y posibilidades de intervención más diferenciadas. Al mismo tiempo, la privacidad, la seguridad, la autonomía, la transparencia y la participación humana deben considerarse componentes estructurales de la innovación educativa. En consecuencia, la adopción tecnológica exige una formación docente que trascienda el dominio instrumental y articule competencias tecnopedagógicas, analíticas y éticas.

Las principales líneas futuras de investigación deberían orientarse hacia estudios longitudinales, comparativos y contextualizados que permitan determinar la estabilidad de los efectos educativos y explicar en qué condiciones, para qué estudiantes y en qué contextos las tecnologías emergentes producen beneficios sostenibles. No obstante, es menester reconocer explícitamente una limitación metodológica de esta aproximación: las conclusiones se sustentan mayoritariamente en evidencia previamente sintetizada por otros autores, lo que revela una escasa incorporación de estudios empíricos primarios recientes.

Esta dependencia de la literatura secundaria puede restringir el alcance de los hallazgos, limitando la granularidad temporal de las observaciones y condicionando la lectura de los fenómenos a los criterios de selección e interpretación de las fuentes previas, aspecto que subraya la necesidad de contrastar críticamente estas premisas. Asimismo, resulta necesario profundizar en la evaluación conjunta de resultados académicos, motivacionales, cognitivos, éticos y de equidad, así como en el impacto de la formación docente y de las políticas de gobernanza de datos.

La investigación futura debería, además, avanzar en el análisis de sistemas de IA generativa y analítica multimodal mediante diseños metodológicos rigurosos que permitan equilibrar innovación, eficacia pedagógica, protección de datos e inclusión. De este modo, el desafío científico del campo no consiste únicamente en incrementar la sofisticación tecnológica, sino en establecer las condiciones que permitan convertir dicha capacidad en valor educativo sostenible, responsable, inclusivo y pedagógicamente significativo.

Para los gestores y responsables de políticas educativas, se recomienda desarrollar estrategias de incorporación tecnológica basadas en diagnósticos previos de infraestructura, conectividad, capacidades institucionales y necesidades pedagógicas. La adopción de sistemas inteligentes debería realizarse mediante procesos graduales que contemplen programas piloto, evaluación de resultados, capacitación profesional, soporte técnico y mecanismos de seguimiento. Asimismo, resulta necesario establecer políticas institucionales de gobernanza de datos que definan criterios de privacidad, seguridad, consentimiento, transparencia y responsabilidad en el tratamiento de la información de los estudiantes.

Las futuras investigaciones no deberían analizar las tecnologías emergentes exclusivamente como objetos independientes, sino como elementos de ecosistemas educativos complejos. Esta perspectiva permitiría estudiar de manera articulada las relaciones entre tecnología, docente, estudiante, currículo, infraestructura, datos, evaluación y contexto institucional. De este modo, la investigación podrá avanzar desde la identificación de los beneficios potenciales de las tecnologías hacia la construcción de conocimiento más sólido sobre las condiciones que favorecen su implementación responsable, equitativa y sostenible.

Referencias bibliográficas

Alfredo, R., Echeverria, V., Jin, Y., Yan, L., Swiecki, Z., Gašević, D., & Martinez-Maldonado, R. (2024). Human-centred learning analytics and AI in education: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6*(5), Article 100215. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100215

Bayly-Castaneda, K., Ramirez-Montoya, M.-S., & Morita-Alexander, A. (2024). Crafting personalized learning paths with AI for lifelong learning: A systematic literature review. *Frontiers in Education, 9* (1424386). https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1424386

Cao, J., Rashid, R. A. B. A., Zhu, H., Lyu, B., Huang, Y., & Li, X. (2026). The effects of smart learning environments on learning outcomes: A meta-analysis of 43 experimental and quasi-experimental studies. *Frontiers in Education, 11*, 1829962. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1829962

Cerón Salazar, E. M., & Burbano González, D. C. (2026). Intelligent learning systems in primary and secondary education: A systematic review (2014–2024). *Frontiers in Education, 11*, 1720377. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1720377

Farhood, H., Nyden, M., Beheshti, A., & Muller, S. (2025). Artificial intelligence-based personalised learning in education: A systematic literature review. *Discover Artificial Intelligence, 5*(331). https://doi.org/10.1007/s44163-025-00598-x

Hariyanto, H., Kristianingsih, F. X. D., & Maharani, R. (2025). Artificial intelligence in adaptive education: A systematic review of techniques for personalized learning. *Discover Education, 4(*458). https://doi.org/10.1007/s44217-025-00908-6

Huang, R., Spector, J. M., & Yang, J. (2019). *Educational technology: A primer for the 21st century*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6887-5

Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, *86*(1), 42–78. https://doi.org/10.3102/0034654315581420

Merino-Campos, C. (2025). The impact of artificial intelligence on personalized learning in higher education: A systematic review. *Trends in Higher Education, 4*(2), Article 17. https://doi.org/10.3390/higheredu4020017

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2017). *Continued progress: Promising evidence on personalized learning*. RAND Corporation. https://doi.org/10.7249/RR2042

Poupard, M., Larrue, F., Sauzéon, H., & Tricot, A. (2025). A systematic review of immersive technologies for education: Learning performance, cognitive load and intrinsic motivation. *British Journal of Educational Technology, 56*(1), 5–41. https://doi.org/10.1111/bjet.13503

Rodríguez-Ortiz, M. Á., Santana-Mancilla, P. C., & Anido-Rifón, L. E. (2025). Machine learning and generative AI in learning analytics for higher education: A systematic review of models, trends, and challenges. *Applied Sciences, 15*(15), 8679. https://doi.org/10.3390/app15158679

Salas-Pilco, S. Z., Xiao, K., & Hu, X. (2022). Artificial intelligence and learning analytics in teacher education: A systematic review. *Education Sciences, 12*(8), 569. https://doi.org/10.3390/educsci12080569

Spector, J. M. (2014). Conceptualizing the emerging field of smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 1(1), Article 2. https://doi.org/10.1186/s40561-014-0002-7

Tene, T., Marcatoma Tixi, J. A., Palacios Robalino, M. L., Mendoza Salazar, M. J., Vacacela Gomez, C., & Bellucci, S. (2024). Integrating immersive technologies with STEM education: A systematic review. *Frontiers in Education, 9*(1), 1410163. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1410163

Ulusoy, O., Ismayilova, A., & Jeuring, J. (2026). Learning analytics with multimodal data through the lens of AI in education: *A systematic literature review. Research and Practice in Technology Enhanced Learning,1*(22), 012. https://doi.org/10.58459/rptel.2027.22012

Zhu, S., Huang, R., & Chen, N. S. (2016). The effect of individual differences on collaborative learning in smart classrooms. *Computers & Education*, *99*(1), 14–25. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.04.004