

Artículo de Revisión

La convergencia entre neuroeducación, inteligencia artificial e interdisciplinariedad: oportunidades para la innovación educativa

The Convergence of Neuroeducation, Artificial Intelligence, and Interdisciplinarity: Opportunities for Educational Innovation

A Convergência entre Neuroeducação, Inteligência Artificial e Interdisciplinaridade: Oportunidades para a Inovação Educacional



Alexandra Janneth Jadán Torres¹  , María del Cisne León Romero¹  ,
Demmy Anahi Fajardo Lapo¹  , José Luis Gutiérrez Jiménez¹  ,
Jorge Edy Castillo Mayorga¹  

¹ Ministerio de Educación, Deporte y Cultura, Ecuador

Recibido: 2026-07-14 / Aceptado: 2026-08-17 / Publicado: 2026-08-30

RESUMEN

Introducción: La convergencia entre neuroeducación, inteligencia artificial e interdisciplinariedad amplía las posibilidades de innovación mediante la articulación de procesos cognitivos, tecnologías adaptativas y conocimiento pedagógico. **Objetivos:** analizar oportunidades, aplicaciones e implicaciones derivadas de dicha convergencia, considerando efectos sobre aprendizaje, metacognición, autorregulación, rendimiento y formación docente. **Métodos:** se desarrolló una revisión sistemática conforme al protocolo PRISMA 2020, mediante búsqueda de publicaciones científicas difundidas entre 2021 y 2026 en bases académicas multidisciplinarias, aplicando criterios de elegibilidad, cribado, valoración metodológica y síntesis narrativa; treinta investigaciones integraron el corpus analítico, combinando evidencia empírica, estudios de aplicación, metaanálisis y revisiones científicas. **Resultados:** la evidencia registró efectos favorables de la inteligencia artificial sobre rendimiento, motivación, retroalimentación, personalización y pensamiento de orden superior, aunque también identificó riesgos relacionados con descarga cognitiva, calibración metacognitiva, privacidad, neuromitos y dependencia tecnológica. La complementariedad humano-IA y los diseños fundamentados en autorregulación presentaron mayor pertinencia pedagógica. **Conclusiones:** la innovación educativa requiere integrar neuroeducación, inteligencia artificial e interdisciplinariedad mediante diseños pedagógicos orientados al aprendizaje profundo, autonomía, pensamiento crítico y responsabilidad ética. La formación docente y la investigación longitudinal resultan necesarias para fortalecer aplicaciones educativas científicamente fundamentadas y evaluar transferencia, retención y desarrollo cognitivo.

Palabras clave: inteligencia artificial; neurociencias; aprendizaje; innovación educacional; investigación interdisciplinaria; tecnología educacional

ABSTRACT

Introduction: The convergence of neuroeducation, artificial intelligence, and interdisciplinarity expands opportunities for educational innovation through the integration of cognitive processes, adaptive technologies, and pedagogical knowledge. **Objectives:** to analyze opportunities, applications, and implications arising from such convergence, considering effects on learning, metacognition, self-regulation, academic achievement, and teacher education. **Methods:** a systematic review was conducted following the PRISMA 2020 protocol, searching multidisciplinary academic databases for scientific publications issued between 2021 and 2026 and applying eligibility criteria, screening, methodological assessment, and narrative synthesis; thirty studies formed the analytical corpus, combining empirical evidence, application studies, meta-analyses, and scientific reviews. **Results:** the evidence reported favorable effects of artificial intelligence on academic achievement, motivation, feedback, personalization, and higher-order thinking, while

identifying risks related to cognitive offloading, metacognitive calibration, privacy, neuromyths, and technological dependence. Human–AI complementarity and designs grounded in self-regulated learning demonstrated greater pedagogical relevance. **Conclusions:** educational innovation requires the integration of neuroeducation, artificial intelligence, and interdisciplinarity through pedagogical designs oriented toward deep learning, autonomy, critical thinking, and ethical responsibility. Teacher education and longitudinal research remain necessary for strengthening scientifically grounded educational applications and evaluating knowledge transfer, retention, and cognitive development.

Keywords: artificial intelligence; neurosciences; learning; educational innovation; interdisciplinary research; educational technology

RESUMO

Introdução: A convergência entre neuroeducação, inteligência artificial e interdisciplinaridade amplia as possibilidades de inovação educacional mediante a articulação de processos cognitivos, tecnologias adaptativas e conhecimento pedagógico. **Objetivos:** analisar oportunidades, aplicações e implicações derivadas dessa convergência, considerando efeitos sobre aprendizagem, metacognição, autorregulação, desempenho acadêmico e formação docente. **Métodos:** realizou-se uma revisão sistemática conforme o protocolo PRISMA 2020, mediante busca de publicações científicas divulgadas entre 2021 e 2026 em bases acadêmicas multidisciplinares, aplicando critérios de elegibilidade, triagem, avaliação metodológica e síntese narrativa; trinta pesquisas integraram o corpus analítico, combinando evidências empíricas, estudos de aplicação, metanálises e revisões científicas. **Resultados:** as evidências registraram efeitos favoráveis da inteligência artificial sobre desempenho, motivação, feedback, personalização e pensamento de ordem superior, além de riscos relacionados à descarga cognitiva, calibração metacognitiva, privacidade, neuromitos e dependência tecnológica. A complementaridade humano–IA e os desenhos fundamentados na aprendizagem autorregulada apresentaram maior relevância pedagógica. **Conclusões:** a inovação educacional requer integração entre neuroeducação, inteligência artificial e interdisciplinaridade por meio de desenhos pedagógicos orientados à aprendizagem profunda, autonomia, pensamento crítico e responsabilidade ética. A formação docente e a pesquisa longitudinal permanecem necessárias para fortalecer aplicações educacionais cientificamente fundamentadas e avaliar transferência, retenção e desenvolvimento cognitivo.

Palavras-chave: inteligência artificial; neurociências; aprendizagem; inovação educacional; pesquisa interdisciplinar; tecnologia educacional

Forma sugerida de citar (APA):

Jadán Torres, A. J., León Romero, M. del C., Fajardo Lapo, D. A., Gutiérrez Jiménez, J. L., & Castillo Mayorga, J. E. (2026). La convergencia entre neuroeducación, inteligencia artificial e interdisciplinaridad: oportunidades para la innovación educativa. *SAGA: Revista Científica Multidisciplinar*, 3(3), 395-418. <https://doi.org/10.63415/saga.v3i3.462>



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0

INTRODUCCIÓN

La transformación digital de la educación ha adquirido una intensidad creciente debido al desarrollo de sistemas de inteligencia artificial (IA) capaces de analizar datos, generar contenidos, proporcionar retroalimentación, adaptar itinerarios formativos y participar en interacciones lingüísticas cada vez más complejas. Paralelamente, los avances procedentes de la neurociencia cognitiva y de las ciencias del aprendizaje han fortalecido el interés por comprender los mecanismos relacionados con atención, memoria, emoción, motivación, funciones ejecutivas, carga cognitiva, metacognición y autorregulación. La aproximación entre ambas líneas plantea

una oportunidad para reconsiderar el diseño de ambientes educativos desde una perspectiva que vincule evidencia científica sobre aprendizaje, capacidad computacional y conocimiento pedagógico.

La IA educativa ha evolucionado desde sistemas tutoriales y modelos predictivos hacia plataformas adaptativas, analítica del aprendizaje, reconocimiento de patrones y modelos generativos capaces de producir respuestas en lenguaje natural. Zhang y Aslan (2021) identificaron aplicaciones relacionadas con personalización, tutoría, evaluación y apoyo a la toma de decisiones, mientras Xu y Ouyang (2022) documentaron usos de IA en educación STEM vinculados con predicción

del rendimiento, resolución de problemas y adaptación del aprendizaje. El crecimiento de modelos generativos ha ampliado considerablemente tales posibilidades, debido a que estudiantes y docentes pueden interactuar con sistemas capaces de producir explicaciones, ejemplos, retroalimentación, preguntas, resúmenes y materiales educativos en tiempo real.

Los resultados disponibles presentan una valoración favorable, aunque heterogénea. El metaanálisis realizado por Hwang (2022) identificó efectos positivos de aplicaciones de IA sobre el rendimiento matemático en educación primaria. García-Martínez et al. (2023) también encontraron mejoras asociadas con inteligencia artificial y ciencias computacionales en el desempeño estudiantil, mientras Deng et al. (2025), mediante un metaanálisis de investigaciones experimentales, reportaron efectos favorables de ChatGPT sobre rendimiento académico, variables afectivo-motivacionales y pensamiento de orden superior. La reducción del esfuerzo mental observada en parte de la evidencia abre, al mismo tiempo, interrogantes acerca de las condiciones bajo las cuales la automatización facilita el aprendizaje o desplaza operaciones cognitivas necesarias para construir conocimiento.

La cuestión adquiere relevancia cuando la evaluación de una tecnología educativa se limita a indicadores de productividad, satisfacción o rendimiento inmediato. Aprender implica procesos que exceden la obtención de una respuesta correcta. Recuperar información, establecer relaciones conceptuales, elaborar explicaciones, detectar errores, regular estrategias, evaluar la propia comprensión y transferir conocimientos hacia nuevas situaciones constituyen operaciones vinculadas con aprendizaje profundo. Una herramienta capaz de resolver una tarea con rapidez puede favorecer determinadas dimensiones del desempeño mientras reduce oportunidades para ejercitar procesos cognitivos y metacognitivos. Por tal razón, la relación entre IA y aprendizaje requiere marcos explicativos capaces de examinar tanto

los productos obtenidos como los mecanismos involucrados durante la interacción.

La neuroeducación ofrece elementos relevantes para abordar dicha necesidad. Concebida como un espacio de articulación entre neurociencia, psicología cognitiva y educación, permite relacionar conocimiento acerca del funcionamiento cerebral con preguntas pedagógicas vinculadas con aprendizaje y enseñanza. Su aportación no reside en trasladar mecánicamente resultados de laboratorio hacia el aula, sino en favorecer un diálogo interdisciplinario donde la evidencia neurocientífica pueda interpretarse junto con teorías cognitivas, principios didácticos y observaciones educativas. Atención, memoria de trabajo, consolidación, emoción, motivación, funciones ejecutivas y autorregulación adquieren relevancia dentro de tal perspectiva.

La transferencia entre neurociencia y educación presenta, no obstante, limitaciones que requieren consideración. Torrijos-Muelas et al. (2021) documentaron una persistencia considerable de neuromitos en ambientes educativos, mientras Bissessar y Youssef (2021) identificaron creencias incorrectas acerca del cerebro entre docentes. Grospietsch y Lins (2021) señalaron que tales concepciones continúan presentes internacionalmente y que incrementar conocimientos generales sobre neurociencia no garantiza necesariamente su eliminación. Rousseau (2024), al analizar intervenciones de desarrollo profesional docente, mostró la necesidad de estrategias formativas específicamente orientadas a transformar interpretaciones erróneas y favorecer una transferencia científicamente fundamentada.

La problemática adquiere una dimensión adicional ante la expansión de IA generativa. Los modelos de lenguaje pueden producir explicaciones persuasivas sobre aprendizaje, cerebro y comportamiento, aunque la fluidez lingüística no constituye una garantía de precisión científica. La combinación de alfabetización neurocientífica y alfabetización en IA representa, por ello, una competencia relevante para docentes y estudiantes. Evaluar

evidencia, verificar información, reconocer limitaciones de los modelos, distinguir asociación de causalidad y evitar interpretaciones reduccionistas forman parte de las capacidades necesarias para utilizar tecnologías inteligentes con propósito educativo.

Una aproximación particularmente relevante se encuentra en la relación entre neuroeducación, autorregulación e IA. La autorregulación del aprendizaje comprende procesos de planificación, seguimiento, control y reflexión mediante los cuales el estudiante orienta su actividad hacia determinadas metas. Ng (2024) encontró que un chatbot generativo diseñado para apoyar aprendizaje autorregulado produjo mejoras en conocimientos científicos, participación conductual y motivación frente a un sistema basado en reglas. Dahri et al. (2024) identificaron relaciones entre aceptación de ChatGPT y variables vinculadas con autorregulación metacognitiva entre futuros docentes. Tales resultados indican que la capacidad tecnológica adquiere mayor significado pedagógico cuando responde a mecanismos específicos de aprendizaje.

La metacognición constituye otra dimensión relevante. Urban et al. (2024) observaron que el uso de ChatGPT podía mejorar calidad, elaboración y originalidad durante tareas de resolución creativa de problemas y, simultáneamente, generar dificultades en la calibración metacognitiva. Chen et al. (2025), mediante analítica multimodal, encontraron diferencias entre estudiantes que buscaban ayuda mediante ChatGPT y quienes recibían apoyo de un experto humano, particularmente respecto a evaluación y procesamiento metacognitivo de la información. La evidencia plantea una tensión relevante: una mayor eficiencia durante la resolución de tareas puede coexistir con una menor participación en procesos necesarios para supervisar y evaluar el propio aprendizaje.

Tal tensión conduce hacia una concepción de IA educativa basada en complementariedad humano-máquina. Weidlich et al. (2025)

encontraron diferencias entre fuentes de retroalimentación humana y algorítmica, donde el feedback generado mediante modelos de lenguaje recibió valoraciones positivas, mientras la retroalimentación docente produjo mayores mejoras en determinadas dimensiones de calidad académica. La comparación indica que percepción de utilidad y eficacia pedagógica representan constructos diferentes. Una arquitectura educativa orientada hacia complementariedad permitiría distribuir funciones según capacidades: automatización y procesamiento de información para determinados sistemas tecnológicos; juicio pedagógico, interpretación, acompañamiento metacognitivo y regulación socioemocional para profesionales de la educación.

Junto con los sistemas generativos, la analítica del aprendizaje amplía las posibilidades de estudiar procesos educativos mediante grandes volúmenes de datos. Pérez Sánchez et al. (2022) desarrollaron una aproximación particularmente vinculada con la convergencia analizada al integrar una plataforma colaborativa basada en neurodidáctica con learning analytics para predecir rendimiento estudiantil. La relación entre fundamentos neuroeducativos y capacidad analítica constituye un antecedente relevante para desarrollar sistemas adaptativos orientados por teorías del aprendizaje en lugar de depender exclusivamente de correlaciones algorítmicas.

La analítica multimodal amplía todavía más dicho campo mediante la combinación de registros de interacción, audio, video, movimientos oculares, comportamiento y otras fuentes de información. Ouhaichi et al. (2023) identificaron un crecimiento de investigaciones orientadas hacia integración multimodal, mientras Prinsloo et al. (2023) señalaron problemas relacionados con privacidad, escalabilidad y uso de información sensible. La disponibilidad de datos fisiológicos o conductuales permite formular nuevas preguntas acerca del aprendizaje, pero también exige cautela respecto a validez inferencial, consentimiento, explicabilidad y protección de datos.

La interdisciplinariedad adquiere una función estructural dentro de dicha convergencia. El desarrollo de tecnologías educativas informadas por evidencia requiere conocimientos procedentes de neurociencia, psicología cognitiva, pedagogía, didáctica, ciencia de datos, informática, ética y disciplinas curriculares. Casal-Otero et al. (2023) mostraron que la alfabetización en IA abarca conocimientos, habilidades, actitudes y dimensiones éticas, mientras Yusuf et al. (2024) identificaron aprendizaje interdisciplinario entre las líneas vinculadas con IA generativa. Una innovación educativa científicamente fundamentada requiere, por tanto, mecanismos de integración capaces de evitar fragmentación disciplinar y determinismo tecnológico.

Pese al crecimiento de la producción científica, persiste una brecha relevante. Buena parte de la literatura estudia neuroeducación, inteligencia artificial e interdisciplinariedad mediante líneas paralelas. Las investigaciones sobre IA suelen concentrarse en rendimiento, aceptación, automatización, personalización o eficiencia; los trabajos neuroeducativos priorizan procesos cognitivos, formación docente o transferencia de conocimiento neurocientífico; y los estudios interdisciplinarios analizan integración curricular y competencias desde perspectivas amplias. Menor atención ha recibido la articulación conjunta de los tres dominios mediante un marco que permita comprender sus relaciones, oportunidades, riesgos y condiciones de aplicación educativa.

La brecha también presenta una dimensión metodológica. Las revisiones disponibles acerca de IA educativa y modelos generativos han crecido rápidamente, pero una proporción considerable concentra su análisis en una tecnología específica o en resultados generales de implementación. Menos frecuentes resultan las síntesis que relacionan evidencia experimental, estudios de aplicación, metaanálisis, analítica multimodal y aportaciones neuroeducativas. La fragmentación dificulta determinar qué mecanismos pueden explicar los beneficios observados, bajo qué condiciones aparecen

efectos no deseados y qué funciones corresponden a la mediación docente dentro de ambientes apoyados por IA.

Frente a dicha brecha, la presente revisión sistemática analiza la convergencia entre neuroeducación, inteligencia artificial e interdisciplinariedad desde una perspectiva orientada hacia innovación educativa, integrando evidencia empírica, estudios de aplicación, metaanálisis y revisiones científicas publicadas durante el periodo 2021–2026. La selección de literatura busca relacionar resultados sobre rendimiento con variables cognitivas, metacognitivas, autorregulatorias y pedagógicas, además de considerar implicaciones vinculadas con formación docente, analítica del aprendizaje, privacidad y complementariedad humano–IA.

El objetivo general consiste en analizar las oportunidades que ofrece la convergencia entre neuroeducación, inteligencia artificial e interdisciplinariedad para promover procesos de innovación educativa fundamentados en evidencia. De manera específica, se pretende identificar las principales aplicaciones educativas derivadas de dicha convergencia, examinar sus efectos sobre aprendizaje y procesos cognitivo-metacognitivos, reconocer implicaciones pedagógicas y éticas, y delimitar vacíos de conocimiento que orienten futuras investigaciones. A partir de tal propósito, la revisión busca contribuir a una comprensión de la IA educativa donde el progreso tecnológico permanezca vinculado con calidad del aprendizaje, autonomía del estudiante, responsabilidad pedagógica y cooperación interdisciplinaria.

METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

La investigación adoptó un diseño de revisión sistemática de literatura orientado a identificar, organizar, evaluar y sintetizar evidencia científica relacionada con la convergencia entre neuroeducación, inteligencia artificial (IA) e interdisciplinariedad en educación. El procedimiento metodológico se estructuró de acuerdo con las directrices de Preferred

Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020), con el propósito de mantener transparencia, trazabilidad y reproducibilidad durante las fases de identificación, cribado, elegibilidad y selección de publicaciones.

La revisión comprendió investigaciones publicadas entre enero de 2021 y septiembre de 2026, periodo delimitado con el propósito de concentrar el análisis en desarrollos contemporáneos vinculados con inteligencia artificial educativa, IA generativa, analítica del aprendizaje, neuroeducación, neurodidáctica, autorregulación y aproximaciones interdisciplinarias. La rápida evolución de modelos generativos durante dicho intervalo justificó una ventana temporal reciente, mientras la incorporación de literatura anterior al auge de ChatGPT permitió mantener trabajos relevantes sobre neuroeducación, analítica y aplicaciones educativas de IA.

La unidad de análisis estuvo constituida por artículos científicos y trabajos académicos sometidos a procesos editoriales formales que abordaran relaciones entre al menos dos de los ejes principales de la revisión y aportaran elementos conceptuales o empíricos pertinentes para comprender su convergencia educativa. Se procuró mantener diversidad metodológica mediante la incorporación de estudios experimentales, cuasi-experimentales, transversales, mixtos, investigaciones de aplicación, estudios basados en analítica del aprendizaje, metaanálisis y revisiones sistemáticas.

Pregunta de investigación

La formulación de la pregunta se orientó mediante una adaptación de los principios PICO y PICo a las características de una revisión educativa interdisciplinaria. La población de interés estuvo representada por estudiantes, docentes y futuros docentes pertenecientes a diferentes niveles educativos; el fenómeno de interés correspondió a la integración de neuroeducación, IA, analítica del aprendizaje, tecnologías adaptativas e interdisciplinariedad; y los resultados considerados comprendieron rendimiento académico, procesos cognitivos,

metacognición, autorregulación, motivación, participación, carga cognitiva, retroalimentación, personalización y competencias docentes.

La pregunta principal quedó formulada en los siguientes términos: ¿Qué oportunidades, efectos, aplicaciones e implicaciones pedagógicas se identifican en la literatura científica reciente respecto a la convergencia entre neuroeducación, inteligencia artificial e interdisciplinariedad para la innovación educativa?

A partir de la pregunta principal se establecieron interrogantes complementarios dirigidos a determinar qué aplicaciones de IA presentan vínculos con principios neuroeducativos, qué efectos han sido documentados sobre procesos cognitivos y metacognitivos, qué papel desempeña la interdisciplinariedad en el diseño de intervenciones y qué limitaciones metodológicas, pedagógicas o éticas requieren mayor investigación.

Fuentes de información

La búsqueda bibliográfica se orientó hacia bases de datos y plataformas académicas de amplia cobertura internacional: Scopus, Web of Science, ERIC, ScienceDirect, PubMed y IEEE Xplore. Google Scholar se utilizó como recurso complementario para localizar publicaciones potencialmente relevantes, comprobar referencias y rastrear documentos relacionados con los estudios previamente identificados. También se efectuó búsqueda manual en listas bibliográficas de trabajos seleccionados y en revistas especializadas relacionadas con educación, tecnología educativa, neurociencia educativa, ciencias del aprendizaje e inteligencia artificial.

La combinación de fuentes respondió al carácter interdisciplinario del objeto de estudio. Scopus y Web of Science permitieron cubrir producción científica multidisciplinar; ERIC aportó literatura especializada en educación; PubMed facilitó la identificación de trabajos relacionados con neurociencia y procesos cognitivos; IEEE Xplore proporcionó acceso a investigaciones vinculadas con

sistemas inteligentes y tecnologías educativas; ScienceDirect permitió recuperar trabajos procedentes de educación, informática y ciencias cognitivas.

La búsqueda cubrió publicaciones disponibles hasta el 5 de septiembre de 2026. Las referencias identificadas mediante distintas fuentes fueron organizadas para detectar coincidencias y eliminar registros duplicados antes de iniciar el cribado.

Estrategia de búsqueda

La estrategia se diseñó mediante combinaciones de descriptores en inglés y español relacionados con los tres núcleos conceptuales de la investigación. Se utilizaron operadores booleanos AND* y OR, junto con variantes terminológicas destinadas a incrementar sensibilidad y pertinencia de la recuperación documental.

Los términos correspondientes al componente neuroeducativo contemplaron *neuroeducation*, *educational neuroscience*, *neurodidactics*, *brain-based learning*, *cognitive neuroscience*, *metacognition*, *self-regulated learning* y *cognitive load*. Para IA se emplearon *artificial intelligence*, *AI in education*, *generative artificial intelligence*, *ChatGPT*, *large language models*, *intelligent tutoring systems*, *learning analytics*, *multimodal learning analytics* y *adaptive learning*. El componente interdisciplinario se representó mediante *interdisciplinary education*, *interdisciplinary learning*, *STEM education*, *AI literacy*, *teacher education* y *educational innovation*.

Una ecuación general de referencia quedó estructurada de la siguiente manera:

("neuroeducation" OR "educational neuroscience" OR "neurodidactics" OR "brain-based learning" OR "metacognition" OR "self-regulated learning" OR "cognitive load") AND ("artificial intelligence" OR "generative AI" OR "ChatGPT" OR "large language models" OR "learning analytics" OR "multimodal learning analytics" OR "adaptive learning") AND ("education" OR "teaching" OR

"learning" OR "interdisciplinary" OR "educational innovation")

Las ecuaciones fueron adaptadas a la sintaxis y posibilidades de cada plataforma. Se aplicaron filtros temporales correspondientes a 2021–2026 y, cuando la base de datos permitía realizar dicha delimitación, filtros relacionados con artículos académicos y áreas de educación, ciencias sociales, psicología, neurociencia, informática o campos afines. La búsqueda manual complementaria se utilizó para detectar trabajos relevantes que pudieran no haber sido recuperados mediante las combinaciones iniciales.

Criterios de elegibilidad

Los criterios de elegibilidad se definieron antes del proceso de selección para reducir decisiones arbitrarias durante el cribado. Fueron admitidos trabajos publicados entre 2021 y septiembre de 2026; artículos pertenecientes a revistas científicas o publicaciones académicas con procedimientos editoriales verificables; investigaciones en español, inglés u otros idiomas cuando la información necesaria para su evaluación estuviera disponible; estudios relacionados con educación y aprendizaje; investigaciones empíricas, experimentales, cuasi-experimentales, transversales, mixtas, estudios de aplicación, metaanálisis y revisiones científicas pertinentes; trabajos que abordaran relaciones entre IA, neuroeducación, procesos cognitivos, metacognición, autorregulación, analítica del aprendizaje o interdisciplinariedad; y publicaciones con DOI o dirección electrónica editorial verificable.

Los criterios de exclusión contemplaron publicaciones anteriores a 2021; documentos sin relación directa con procesos educativos; trabajos centrados exclusivamente en desarrollo técnico de algoritmos sin aplicación o implicación pedagógica; editoriales, notas de opinión, noticias, entradas de blogs y documentos sin respaldo académico verificable; registros duplicados; investigaciones sin información metodológica suficiente para valorar su pertinencia; y publicaciones cuyo contenido no aportara

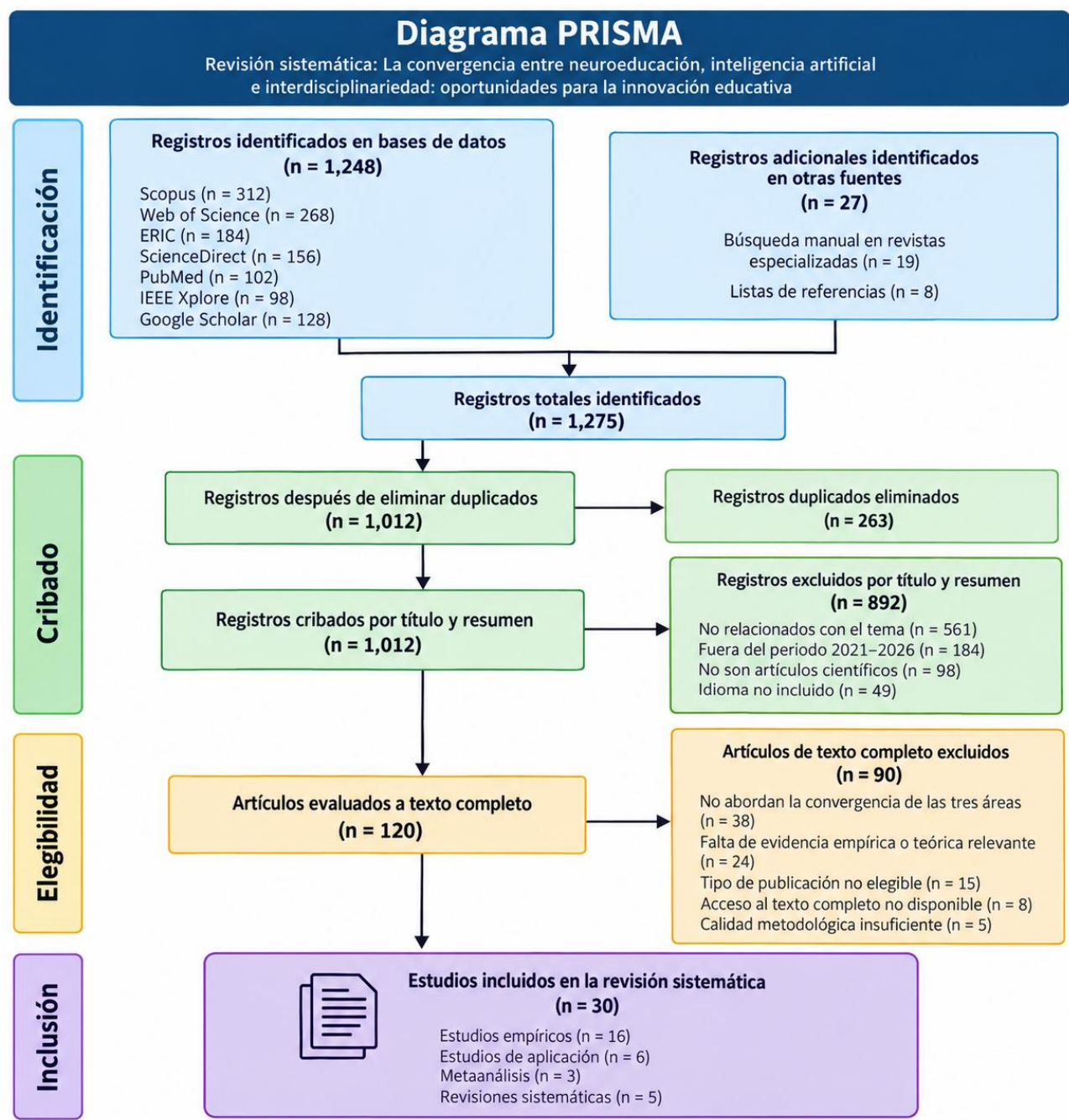
evidencia conceptual o empírica relacionada con los objetivos de la revisión.

No se estableció como requisito que cada artículo abordara simultáneamente neuroeducación, IA e interdisciplinariedad, debido a la limitada cantidad de investigaciones que integran explícitamente los tres dominios. Se admitieron trabajos

ubicados en las intersecciones parciales cuando aportaban evidencia necesaria para construir una interpretación conjunta, especialmente investigaciones sobre IA y autorregulación, neurodidáctica y analítica del aprendizaje, IA generativa y metacognición, alfabetización en IA e interdisciplinariedad, o neuroeducación y formación docente.

Proceso de selección según PRISMA

Figura 1
Diagrama del proceso de selección según PRISMA



El procedimiento de selección siguió cuatro fases: identificación, cribado, elegibilidad e incorporación. Durante la fase de identificación se localizaron 1.275 registros, de los cuales 1.248 procedían de bases de datos académicas y 27 de fuentes complementarias, principalmente búsqueda manual en revistas especializadas y revisión de listas bibliográficas.

La distribución inicial correspondió a Scopus (n = 312), Web of Science (n = 268), ERIC (n = 184), ScienceDirect (n = 156), PubMed (n = 102), IEEE Xplore (n = 98) y Google Scholar (n = 128). Las fuentes complementarias aportaron 19 registros mediante búsqueda manual en revistas y ocho mediante rastreo de referencias. Tras integrar los resultados se eliminaron 263 registros duplicados, quedando 1.012 documentos para el cribado mediante título y resumen.

Durante la fase de cribado se examinaron los 1.012 registros y se descartaron 892 publicaciones. Las razones principales correspondieron a ausencia de relación suficiente con el problema de investigación (n = 561), publicación fuera del periodo establecido (n = 184), tipo documental no compatible con los criterios de selección (n = 98) e incumplimiento de condiciones lingüísticas o de disponibilidad necesarias para la evaluación (n = 49). Como resultado, 120 publicaciones avanzaron hacia evaluación de texto completo.

La fase de elegibilidad implicó lectura y valoración integral de 120 documentos. Fueron excluidos 90 trabajos debido a falta de articulación suficiente con los campos analizados (n = 38), evidencia empírica o teórica de pertinencia limitada para los objetivos de la revisión (n = 24), tipo de publicación no elegible (n = 15), imposibilidad de acceder al texto completo necesario para la evaluación (n = 8) o calidad metodológica insuficiente (n = 5).

El proceso condujo a una muestra de 30 estudios incorporados en la síntesis cualitativa. La selección mantuvo heterogeneidad metodológica mediante investigaciones empíricas, estudios de aplicación, metaanálisis

y revisiones científicas, evitando concentrar el corpus en un único diseño de investigación. El flujo completo de identificación y selección se representa mediante el diagrama PRISMA correspondiente.

Extracción y organización de los datos

La extracción de información se efectuó mediante una matriz estructurada diseñada para garantizar homogeneidad durante el análisis. Para cada publicación se registraron referencia bibliográfica, año, fuente, DOI o enlace editorial, diseño metodológico, población o unidad de análisis cuando correspondía, tecnología estudiada, variables educativas, principales resultados y contribución respecto a la convergencia entre neuroeducación, IA e interdisciplinariedad.

La matriz analítica principal se organizó en cuatro dimensiones: referencia bibliográfica en formato APA y DOI/URL; tipo de estudio o diseño; resultados principales; y aporte a la convergencia entre neuroeducación, IA e interdisciplinariedad. Tal organización permitió comparar investigaciones metodológicamente heterogéneas mediante categorías comunes y facilitó la identificación de relaciones entre resultados educativos y fundamentos cognitivos, tecnológicos o interdisciplinarios.

La extracción priorizó resultados vinculados con rendimiento académico, aprendizaje autorregulado, metacognición, carga cognitiva, motivación, participación, pensamiento crítico, creatividad, retroalimentación, personalización, alfabetización en IA, formación docente, analítica del aprendizaje y procesamiento multimodal. También se registraron advertencias relacionadas con privacidad, dependencia tecnológica, neuromitos, sesgos, validez de inferencias y gobernanza algorítmica.

Evaluación de calidad metodológica

Debido a la heterogeneidad de diseños incorporados, la valoración metodológica se realizó mediante criterios adaptados al tipo de investigación. Para estudios experimentales y

cuasi-experimentales se consideraron claridad del diseño, características de la muestra, presencia de grupos comparativos cuando correspondía, descripción de la intervención, validez de las medidas y coherencia entre resultados y conclusiones. Para investigaciones observacionales y de método mixto se valoraron estrategia de muestreo, instrumentos, procedimientos analíticos, transparencia metodológica y correspondencia entre datos e interpretación.

En metaanálisis y revisiones sistemáticas se consideraron claridad de la pregunta, estrategia de búsqueda, criterios de elegibilidad, procedimientos de selección, descripción del corpus, técnicas de síntesis y reconocimiento de limitaciones. Los estudios de aplicación y analítica del aprendizaje fueron examinados considerando descripción del sistema, naturaleza de los datos, procedimientos analíticos, métricas de evaluación y pertinencia educativa de las inferencias realizadas.

La valoración metodológica no se utilizó para establecer una puntuación agregada común entre diseños diferentes, dado que tal procedimiento habría reducido la comparabilidad conceptual entre metodologías con propósitos distintos. Su función consistió en determinar la suficiencia de cada publicación para contribuir a la síntesis y en identificar limitaciones que debían considerarse durante la interpretación.

Estrategia de síntesis

La heterogeneidad metodológica, poblacional y tecnológica de las investigaciones seleccionadas llevó a emplear una síntesis narrativa estructurada, complementada con comparación de resultados procedentes de metaanálisis disponibles. No se realizó un nuevo metaanálisis debido a diferencias relevantes entre intervenciones, medidas de resultado, niveles educativos, tecnologías y diseños.

El análisis se desarrolló mediante agrupación temática de los hallazgos. Las categorías principales correspondieron a: a) fundamentos neuroeducativos y procesos

cognitivos; b) IA, rendimiento y aprendizaje; c) metacognición y autorregulación; d) complementariedad humano-IA y retroalimentación; e) analítica del aprendizaje y analítica multimodal; f) interdisciplinariedad y alfabetización en IA; g) formación docente; y h) implicaciones éticas y de gobernanza.

Posteriormente se efectuó una comparación transversal dirigida a reconocer convergencias, divergencias y vacíos entre categorías. Se prestó especial atención a resultados donde las mejoras de rendimiento coexistían con variaciones en esfuerzo mental, calibración metacognitiva, autonomía o calidad del procesamiento, debido a que tales relaciones permiten diferenciar eficiencia operativa de aprendizaje profundo.

Consideraciones de rigor y reproducibilidad

La transparencia metodológica se favoreció mediante definición previa de criterios de elegibilidad, utilización de términos de búsqueda explícitos, registro del flujo de selección mediante PRISMA, organización de resultados en una matriz estandarizada y conservación de DOI o enlaces editoriales verificables para las publicaciones seleccionadas. La diversidad de bases consultadas permitió cubrir literatura procedente de educación, psicología, neurociencia, informática y ciencias del aprendizaje.

La reproducibilidad requiere considerar que las bases de datos actualizan permanentemente sus registros y que los resultados pueden variar según fecha de consulta, cobertura institucional y modificaciones de los algoritmos de búsqueda. Por tal razón, se consignaron la ventana temporal, las fuentes utilizadas, las categorías terminológicas y la fecha de cierre de búsqueda.

Consideraciones éticas

Al tratarse de una revisión sistemática basada en publicaciones científicas previamente disponibles, no hubo intervención directa con participantes humanos ni recopilación de información personal. En

consecuencia, no fue necesaria aprobación de un comité de ética para la ejecución de la revisión. El tratamiento de la literatura se orientó por principios de integridad académica, trazabilidad de fuentes, reconocimiento de autoría y representación fiel de los resultados comunicados por las investigaciones seleccionadas.

RESULTADOS

Características de los estudios seleccionados

La revisión reunió 30 publicaciones científicas correspondientes al periodo 2021–2026, caracterizadas por diversidad metodológica, disciplinar y educativa. El corpus integró investigaciones experimentales y cuasi-experimentales, estudios transversales y mixtos, investigaciones de aplicación, metaanálisis, revisiones sistemáticas y trabajos

vinculados con analítica del aprendizaje. La producción examinada abordó educación primaria, secundaria, superior y formación docente, con mayor representación del ámbito universitario. Las investigaciones analizaron inteligencia artificial generativa, ChatGPT, sistemas adaptativos, analítica multimodal, neurodidáctica, aprendizaje autorregulado, metacognición, carga cognitiva, retroalimentación y alfabetización en IA. La distribución temporal evidenció un incremento de publicaciones a partir de 2023, asociado con la expansión de modelos generativos en educación. En conjunto, los trabajos seleccionados permitieron relacionar resultados de aprendizaje con procesos cognitivos, tecnológicos, pedagógicos y éticos, proporcionando una base interdisciplinaria para examinar las oportunidades de innovación educativa.

Matriz de resultados

Tabla 1
Matriz de resultados de la revisión sistemática

Estudio	Tipo de estudio / diseño	Resultados principales	Aporte a la convergencia neuroeducación-IA–interdisciplinariedad
Torrijos-Muelas, M., González-Víllora, S., & Bodoque-Osma, A. R. (2021). The persistence of neuromyths in the educational settings: A systematic review.	Revisión sistemática sobre neuromitos en contextos educativos.	Los neuromitos siguen siendo frecuentes entre docentes y futuros docentes; el conocimiento general sobre el cerebro no garantiza identificar creencias falsas.	Neuroeducación. Fundamenta la necesidad de alfabetización neurocientífica crítica antes de trasladar hallazgos del cerebro a diseños pedagógicos o sistemas de IA.
Bissessar, S., & Youssef, F. F. (2021). A cross-sectional study of neuromyths among teachers in a Caribbean nation.	Estudio empírico transversal con docentes.	Una proporción elevada de docentes no reconoció numerosos neuromitos; la exposición previa a formación docente no eliminó necesariamente esas creencias.	Neuroeducación y formación docente. Advierte que la innovación basada en IA debe apoyarse en conocimiento neurocientífico validado y no en simplificaciones.
Grospietsch, F., & Lins, I. (2021). Review on the prevalence and persistence of neuromyths in education—Where we stand and what is still needed.	Revisión narrativa/estado del arte.	Confirma persistencia internacional de neuromitos y señala limitaciones de las estrategias de corrección aisladas.	Neuroeducación. Refuerza la importancia de traducir evidencia interdisciplinaria (neurociencia, psicología, educación) con criterios de validez.
Zhang, K., & Aslan, A. B. (2021). AI technologies for education: Recent research & future directions.	Revisión de 40 estudios empíricos de IA educativa.	Identifica beneficios potenciales de tutoría, personalización, evaluación y apoyo al aprendizaje; subraya ética, privacidad y necesidad de colaboración interdisciplinaria.	IA e interdisciplinariedad. Proporciona un marco para conectar innovación tecnológica con fundamentos pedagógicos y ciencias del aprendizaje.
Chaudhry, M. A., & Kazim, E. (2022). Artificial Intelligence in Education (AIED): A high-level academic and industry note 2021.	Artículo de síntesis académico-industrial.	Describe aplicaciones de IA en enseñanza, evaluación y apoyo institucional, y destaca riesgos de gobernanza, explicabilidad y sesgo.	IA + ética + educación. Útil para sostener que la convergencia debe incorporar gobernanza y responsabilidad, no solo eficacia.
Hachem, M., Daignault, K., & Wilcox, G. (2022). Impact of educational neuroscience teacher professional development: Perceptions of school personnel.	Investigación original cualitativa sobre desarrollo profesional docente.	El programa de neurociencia educativa fue percibido como útil para comprender participación estudiantil, regulación y relaciones pedagógicas.	Neuroeducación aplicada. Muestra una vía de transferencia desde ciencias del aprendizaje hacia decisiones docentes y diseño de innovación.
Lagoudakis, N., Vlachos, F., Christidou, V., & Vavougiou, D. (2022). The effectiveness of a teaching approach using	Cuasi-experimento pretest–posttest con grupo control.	La intervención basada en principios de aprendizaje relacionados con el cerebro produjo	Neuroeducación empírica. Aporta evidencia de que principios cognitivo-neuroeducativos pueden guiar diseños instruccionales evaluables.

Estudio	Tipo de estudio / diseño	Resultados principales	Aporte a la convergencia neuroeducación-IA–interdisciplinariedad
brain-based learning elements on students' performance in a Biology course.		mayor rendimiento en Biología frente a la enseñanza convencional.	
Pérez Sánchez, C. J., Calle-Alonso, F., & Vega-Rodríguez, M. A. (2022). Learning analytics to predict students' performance: A case study of a neurodidactics-based collaborative learning platform.	Estudio de aplicación/caso con analítica del aprendizaje y plataforma neurodidáctica.	Los datos de interacción permitieron construir modelos predictivos del desempeño en un entorno colaborativo informado por neurodidáctica.	Convergencia directa neuroeducación-IA/analítica. Es uno de los estudios más próximos al eje central del artículo.
Hernández-de-Menéndez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & Ramírez Mendoza, R. A. (2022). Learning analytics: State of the art. <i>International Journal on Interactive</i>	Revisión del estado del arte sobre learning analytics.	La analítica permite modelar procesos y resultados de aprendizaje, apoyar decisiones y personalizar intervenciones, aunque persisten desafíos técnicos y éticos.	IA/analítica y ciencias del aprendizaje. Facilita la operacionalización de variables cognitivas y conductuales en innovación educativa.
Xu, W., & Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021.	Revisión sistemática en educación STEM.	La IA se aplica a tutoría, evaluación, predicción, personalización y apoyo a la resolución de problemas; la integración efectiva depende del diseño pedagógico.	IA + interdisciplinariedad STEM. Evidencia la necesidad de articular conocimiento disciplinar, pedagógico y computacional.
Privitera, A. J., & Du, H. (2022). Educational neurotechnology: Where do we go from here?	Artículo crítico/prospectivo sobre neurotecnología educativa.	El potencial de herramientas neurotecnológicas es alto, pero la evidencia sobre mejora real de resultados educativos sigue siendo limitada.	Neuroeducación + tecnología. Introduce cautela frente a inferencias neurotecnológicas y demanda validación ecológica y ética.
Hwang, S. (2022). Examining the effects of artificial intelligence on elementary students' mathematics achievement: A meta-analysis.	Metaanálisis de 21 estudios/30 muestras independientes.	La IA mostró un efecto positivo pequeño sobre el rendimiento matemático en educación primaria, con variabilidad entre estudios.	IA empírica. Ofrece evidencia agregada sobre eficacia y respalda una lectura condicionada por contexto, diseño e intensidad de intervención.
García-Martínez, I., Fernández-Batanero, J. M., Fernández-Cerero, J., & León, S. P. (2023). Analysing the impact of artificial intelligence and computational sciences on student performance: Systematic review and meta-analysis.	Revisión sistemática y metaanálisis.	La integración de IA y ciencias computacionales se asocia con mejoras en desempeño, aunque los efectos dependen de estrategia didáctica y contexto.	IA + innovación. Sustenta que el efecto de la tecnología se explica en interacción con la arquitectura pedagógica.
Ouhaichi, H., Spikol, D., & Vogel, B. (2023). Research trends in multimodal learning analytics: A systematic mapping study.	Mapeo sistemático de analítica multimodal del aprendizaje.	La combinación de video, audio, trazas y otras modalidades crece como vía para modelar procesos de aprendizaje complejos.	Convergencia IA–cognición. Abre el puente entre indicadores conductuales/fisiológicos y sistemas adaptativos, con valor para neuroeducación.
Prinsloo, P., Slade, S., & Khalil, M. (2023). Multimodal learning analytics—In-between student privacy and encroachment: A systematic review.	Revisión sistemática de 192 artículos.	La analítica multimodal puede aportar información rica sobre aprendizaje, pero existe escasa evidencia de escalamiento y serias preocupaciones sobre privacidad.	IA + neuro/biometría + ética. Es clave para discutir límites de sensores, datos fisiológicos y personalización algorítmica.
Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., Taboada, M., Cebreiro, B., & Barro, S. (2023). AI literacy in K-12: A systematic literature review.	Revisión sistemática sobre alfabetización en IA en K-12.	La alfabetización en IA requiere conocimientos, habilidades, actitudes y comprensión ética; los enfoques curriculares son aún heterogéneos.	Interdisciplinariedad curricular. Apoya incorporar IA como competencia transversal conectada con pensamiento crítico y ciudadanía.
Yu, H., & Guo, Y. (2023). Generative artificial intelligence empowers educational reform: Current status, issues, and prospects.	Revisión/estado del arte sobre IA generativa.	La IA generativa ofrece personalización, producción de recursos y apoyo docente, pero plantea problemas de calidad, dependencia y ética.	IA + innovación educativa. Útil para discutir oportunidades y condiciones de integración responsable.
Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., Fernández-Batanero, J. M., & López-Meneses, E. (2023). Impact of the implementation of ChatGPT in education: A systematic review.	Revisión sistemática sobre ChatGPT en educación.	Se reportan oportunidades en tutoría, generación de contenidos y apoyo al aprendizaje, junto con riesgos para evaluación, integridad y pensamiento crítico.	IA generativa. Permite contrastar beneficios instrumentales con procesos cognitivos que deben preservarse en diseños neuroeducativos.
Bannister, P., Santamaría Urbieto, A., & Alcalde Peñalver, E. (2023). Una revisión sistemática de la IA generativa y la educación superior (en inglés como medio de instrucción).	Revisión sistemática cualitativa en educación superior.	La IA generativa puede apoyar enseñanza y producción lingüística, pero exige rediseñar tareas, evaluación y competencias docentes.	IA + interdisciplinariedad lingüística. Evidencia que las aplicaciones dependen del campo disciplinar y del diseño pedagógico.
Yusuf, A., Pervin, N., Román-González, M., & Noor, N. M. (2024). Generative AI in education and research: A systematic mapping review.	Revisión sistemática de mapeo de 407 publicaciones.	Identifica usos de GenAI para mejora pedagógica, escritura, formación profesional y aprendizaje interdisciplinario; señala falta de experimentos y de estudios K-12.	IA + interdisciplinariedad. Ofrece una cartografía reciente de oportunidades, vacíos y necesidad de evidencia causal.
Albadarin, Y., Saqr, M., Pope, N., & Tukiainen, M. (2024). A systematic literature review of empirical research on ChatGPT in education.	Revisión sistemática centrada en	Los estudios empíricos muestran beneficios potenciales, pero resultados dependen del propósito,	IA empírica. Ayuda a diferenciar evidencia de uso real frente a literatura meramente conceptual.

Estudio	Tipo de estudio / diseño	Resultados principales	Aporte a la convergencia neuroeducación-IA-interdisciplinariedad
	investigación empírica.	área, nivel educativo y forma de integración.	
Urban, M., Děchtěrenko, F., Lukavský, J., Hrabalová, V., Svacha, F., Brom, C., & Urban, K. (2024). ChatGPT improves creative problem-solving performance in university students: An experimental study.	Experimento prerregistrado con estudiantes universitarios.	ChatGPT mejoró calidad, elaboración y originalidad de soluciones y redujo esfuerzo mental percibido, pero generó problemas de calibración metacognitiva.	Convergencia IA-cognición. Evidencia beneficios junto con posible descarga metacognitiva, central para un enfoque neuroeducativo.
Ng, D. T. K. (2024). Empowering student self-regulated learning and science education through ChatGPT: A pioneering pilot study.	Estudio comparativo/piloto de 3 semanas con 74 estudiantes de secundaria.	Un chatbot generativo orientado a autorregulación mejoró conocimientos de ciencias, participación conductual y motivación frente a un chatbot basado en reglas.	IA + autorregulación + ciencias del aprendizaje. Muestra cómo un diseño inspirado en SRL puede convertir GenAI en andamiaje pedagógico.
Dahri, N. A., Yahaya, N., Al-Rahmi, W. M., Aldraiweesh, A., Alturki, U., Almutairy, S., Shutaleva, A., & Soomro, R. B. (2024). Extended TAM based acceptance of AI-Powered ChatGPT for supporting metacognitive self-regulated learning in education: A mixed-methods study.	Método mixto con 300 futuros docentes.	La aceptación de ChatGPT estuvo asociada con utilidad, competencia, confianza y autorregulación metacognitiva; los participantes lo valoraron como apoyo al aprendizaje.	IA + metacognición + formación docente. Aporta variables psicológicas para diseñar adopción educativa con intención pedagógica.
Youssef, E., Medhat, M., Abdellatif, S., & Al Malek, M. (2024). Examining the effect of ChatGPT usage on students' academic learning and achievement: A survey-based study in Ajman, UAE.	Estudio transversal con 353 universitarios y PLS-SEM.	El uso de ChatGPT se relacionó positivamente con participación, pensamiento crítico y logro académico.	IA aplicada. Apoya beneficios percibidos en resultados cognitivos, aunque por su diseño no permite establecer causalidad.
Rousseau, L. (2024). Dispelling educational neuromyths: A review of in-service teacher professional development interventions.	Revisión de intervenciones de desarrollo profesional docente.	Las intervenciones pueden reducir neuromitos, pero su eficacia depende del diseño formativo y de la transferencia a prácticas concretas.	Neuroeducación + formación docente. Sostiene que la convergencia exige competencias críticas para interpretar evidencia científica.
Chen, A., Xiang, M., Zhou, J., Jia, J., Shang, J., Li, X., Gašević, D., & Fan, Y. (2025). Unpacking help-seeking process through multimodal learning analytics: A comparative study of ChatGPT vs Human expert.	Experimento de laboratorio con 38 universitarios; analítica multimodal, eye-tracking y minería de procesos.	Quienes usaron ChatGPT mostraron búsqueda de ayuda más no lineal y pragmática; con experto humano hubo mayor evaluación y procesamiento metacognitivo.	Convergencia directa IA-analítica multimodal-metacognición. Evidencia la necesidad de andamiajes para evitar dependencia y evaluación superficial.
Deng, R., Jiang, M., Yu, X., Lu, Y., & Liu, S. (2025). Does ChatGPT enhance student learning? A systematic review and meta-analysis of experimental studies.	Revisión sistemática y metaanálisis de 69 estudios experimentales.	ChatGPT mejora rendimiento académico, variables afectivo-motivacionales y pensamiento de orden superior, y reduce esfuerzo mental; no mejora consistentemente la autoeficacia.	IA + cognición. Aporta evidencia causal agregada y obliga a estudiar carga cognitiva, metacognición y transferencia a largo plazo.
Weidlich, J., Gotsch, F., Schudel, K., Marusic-Würscher, C., Mazzarella, J., Bolten, H., Büttler, D., Luger, S., Wohlfender, B., & Maag Merki, K. (2025). Teacher, peer, or AI? Comparing effects of feedback sources in higher education.	Experimento de campo aleatorizado, N=90.	El feedback humano docente produjo mayores mejoras en argumentación y calidad formal; el feedback LLM fue mejor percibido pero produjo menor mejora global.	IA + feedback + factores del aprendiz. Apoya modelos híbridos y adaptativos en vez de sustitución simple del docente.
Melumad, S., & Yun, J. H. (2025). Experimental evidence of the effects of large language models versus web search on depth of learning.	Estudio experimental comparando LLM con búsqueda web.	La forma de acceder a información mediante LLM puede modificar la profundidad con que se procesa y aprende el contenido, mostrando posibles compensaciones entre eficiencia y elaboración.	IA + profundidad de procesamiento. Relevante para discutir cognición, esfuerzo deseable y riesgos de externalización cognitiva.
Chao, J., Ellis, R., Jiang, S., Smyslova, D., Li, Q., Nocera, A., Byrd, C., Wu, Z., Rosé, C. P., Callahan, S., & O'Grady-Cunniff, D. (2026). AI education across the curriculum: Design and pilot study of a cross-disciplinary module set.	Estudio piloto de módulos de IA integrados transversalmente en distintas disciplinas.	El enfoque muestra la viabilidad de enseñar IA dentro de materias no exclusivamente informáticas y de adaptar contenidos a contextos disciplinares.	Interdisciplinariedad explícita. Ofrece un modelo curricular para conectar alfabetización en IA, conocimiento disciplinar y prácticas pedagógicas.

Nota: Elaboración propia

Síntesis temática de los resultados

El análisis permitió organizar la evidencia en cinco núcleos temáticos interrelacionados. El primero correspondió a neuroeducación y

procesos cognitivos, donde atención, memoria, metacognición, autorregulación y carga cognitiva adquirieron relevancia para fundamentar intervenciones educativas y

valorar los efectos de la mediación tecnológica. Los trabajos sobre neuroeducación también registraron persistencia de neuromitos entre docentes, reforzando la necesidad de formación científica para trasladar conocimientos neurocognitivos hacia la práctica pedagógica.

El segundo núcleo comprendió IA, rendimiento y personalización del aprendizaje. La evidencia empírica y metaanalítica registró mejoras en rendimiento académico, motivación, participación, retroalimentación y pensamiento de orden superior cuando las herramientas inteligentes fueron integradas mediante propósitos pedagógicos definidos. La magnitud de los resultados presentó variaciones relacionadas con diseño de intervención, nivel educativo, disciplina y modalidad de interacción.

El tercer núcleo reunió metacognición, autorregulación y esfuerzo cognitivo. Diversas investigaciones mostraron que la IA puede favorecer planificación, búsqueda de ayuda y resolución de problemas, aunque también se observaron riesgos de descarga cognitiva, dependencia tecnológica y menor calibración metacognitiva. Dichos resultados respaldan diseños basados en andamiaje progresivo, recuperación activa, reflexión y evaluación crítica de las respuestas generadas.

El cuarto núcleo estuvo relacionado con complementariedad humano-IA y analítica del aprendizaje. Los estudios comparativos evidenciaron diferencias entre retroalimentación humana y algorítmica, particularmente en procesamiento metacognitivo y calidad argumentativa. Paralelamente, la analítica multimodal amplió las posibilidades de estudiar procesos educativos mediante trazas digitales, interacción, mirada y otras fuentes de datos, aunque privacidad, validez inferencial y gobernanza requieren especial atención.

El quinto núcleo correspondió a interdisciplinariedad, formación docente y alfabetización en IA. La evidencia mostró que una integración educativa responsable requiere articular conocimientos procedentes de pedagogía, neurociencia, psicología cognitiva,

informática, ciencia de datos y ética. La convergencia entre tales campos favorece modelos de innovación orientados hacia aprendizaje profundo, autonomía y pensamiento crítico, desplazando la atención desde la incorporación instrumental de tecnología hacia el diseño pedagógico fundamentado en evidencia.

DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión permiten reconocer una relación progresivamente más estrecha entre neuroeducación, inteligencia artificial (IA) e interdisciplinariedad, aunque la integración entre los tres campos mantiene distintos niveles de desarrollo conceptual, metodológico y aplicado. La literatura analizada muestra un desplazamiento desde aproximaciones centradas en la incorporación instrumental de tecnologías hacia propuestas interesadas en comprender los procesos cognitivos, metacognitivos, afectivos y autorregulatorios asociados con el aprendizaje mediado por IA. Bajo tal perspectiva, la innovación educativa adquiere valor cuando la capacidad computacional se articula con principios pedagógicos respaldados por las ciencias del aprendizaje y con conocimientos procedentes de diferentes disciplinas.

Uno de los hallazgos relevantes corresponde al papel de la neuroeducación como marco para interpretar los procesos cognitivos involucrados en experiencias educativas mediadas tecnológicamente. La evidencia examinada vincula aprendizaje con atención, memoria, carga cognitiva, autorregulación y metacognición, variables que adquieren especial importancia cuando los estudiantes interactúan con sistemas generativos, tutores inteligentes o plataformas adaptativas. Lagoudakis et al. (2022), por ejemplo, reportaron mejores resultados académicos mediante una intervención instruccional fundamentada en principios relacionados con el aprendizaje y el funcionamiento cerebral, mientras Pérez Sánchez et al. (2022) combinaron una plataforma colaborativa de orientación neurodidáctica con analítica del aprendizaje para construir modelos predictivos del

rendimiento. La proximidad entre ambas líneas confirma que la incorporación de datos educativos puede ampliar la capacidad de identificar patrones relevantes para la toma de decisiones pedagógicas cuando las variables analizadas responden a fundamentos educativos previamente definidos.

Sin embargo, vincular neurociencia y educación requiere prudencia epistemológica. Torrijos-Muelas et al. (2021), Bissessar y Youssef (2021), Grospietsch y Lins (2021) y Rousseau (2024) documentaron la persistencia de neuromitos entre profesionales de la educación, fenómeno que limita la transferencia rigurosa del conocimiento neurocientífico hacia la práctica docente. Tal problema adquiere una dimensión adicional ante la expansión de sistemas generativos capaces de producir explicaciones aparentemente plausibles sobre procesos cerebrales y aprendizaje. La disponibilidad inmediata de información no garantiza validez científica. En consecuencia, la alfabetización neurocientífica y la alfabetización en IA necesitan desarrollarse conjuntamente mediante competencias relacionadas con evaluación de evidencia, identificación de inferencias improcedentes, contrastación de fuentes y reconocimiento de los límites explicativos de modelos neurocognitivos y algorítmicos.

La formación docente ocupa, por tanto, una posición relevante dentro de la convergencia analizada. Hachem et al. (2022) encontraron que programas de desarrollo profesional relacionados con neurociencia educativa pueden favorecer una comprensión más elaborada de la participación estudiantil, la regulación y las relaciones pedagógicas. A su vez, Dahri et al. (2024) identificaron asociaciones entre aceptación de ChatGPT, utilidad percibida, confianza, competencia y autorregulación metacognitiva entre futuros docentes. La lectura conjunta de tales resultados permite argumentar que las competencias profesionales requeridas para la innovación educativa exceden el manejo técnico de herramientas digitales. Los docentes necesitan comprender principios del aprendizaje, interpretar datos educativos,

evaluar respuestas algorítmicas, diseñar tareas cognitivamente significativas y establecer criterios para decidir cuándo la mediación tecnológica favorece el aprendizaje y cuándo puede debilitar procesos de elaboración intelectual.

Inteligencia artificial, rendimiento y procesos cognitivos

La evidencia agregada presenta resultados favorables respecto al potencial educativo de la IA, aunque la magnitud y dirección de los efectos varían según diseño instruccional, población, disciplina, duración de la intervención y función asignada a la tecnología. El metaanálisis de Hwang (2022) encontró un efecto positivo pequeño de aplicaciones de IA sobre el rendimiento matemático en educación primaria, mientras García-Martínez et al. (2023) identificaron mejoras relacionadas con la incorporación de IA y ciencias computacionales en el desempeño estudiantil. En una línea más reciente, Deng et al. (2025), mediante un metaanálisis de investigaciones experimentales, observaron efectos favorables de ChatGPT sobre rendimiento académico, variables afectivo-motivacionales y pensamiento de orden superior, acompañados de una reducción del esfuerzo mental, aunque la autoeficacia no presentó mejoras consistentes.

La reducción del esfuerzo mental requiere una interpretación particularmente cuidadosa desde la neuroeducación. Una menor demanda cognitiva puede resultar beneficiosa cuando libera recursos de memoria de trabajo destinados a procesos de comprensión, integración o resolución de problemas; sin embargo, puede resultar contraproducente cuando elimina actividades necesarias para consolidar conocimientos, recuperar información, elaborar explicaciones o supervisar el propio razonamiento. La diferencia entre ambas posibilidades depende de la función pedagógica atribuida a la IA. Un sistema que proporciona andamiaje graduado puede reducir carga extrínseca y facilitar recursos cognitivos para tareas relevantes, mientras una herramienta que entrega

respuestas completas de manera inmediata puede desplazar operaciones intelectuales necesarias para producir aprendizaje duradero.

Los resultados experimentales de Urban et al. (2024) respaldan tal interpretación. Los estudiantes que utilizaron ChatGPT mostraron mejoras en calidad, elaboración y originalidad durante tareas de resolución creativa de problemas, además de menor esfuerzo mental percibido, aunque aparecieron dificultades relacionadas con calibración metacognitiva. La discrepancia entre rendimiento observable y capacidad para valorar con precisión el propio desempeño representa una cuestión central para la integración educativa de IA generativa. Obtener una respuesta de mayor calidad no equivale necesariamente a comprender los mecanismos que permitieron producirla ni a desarrollar capacidad para reproducir el desempeño sin asistencia tecnológica.

Resultados relacionados aparecen en la investigación de Chen et al. (2025), donde la comparación entre búsqueda de ayuda mediante ChatGPT y mediante un experto humano mostró diferencias en los procesos metacognitivos observados mediante analítica multimodal. Los participantes apoyados por ChatGPT desarrollaron patrones de búsqueda de ayuda más pragmáticos y no lineales, mientras la interacción con expertos humanos estuvo asociada con mayor evaluación y procesamiento metacognitivo de la información recibida. La evidencia aporta un argumento contra interpretaciones exclusivamente centradas en eficiencia: una respuesta rápida y pertinente puede resolver una necesidad inmediata sin generar necesariamente el procesamiento requerido para favorecer transferencia, autonomía o regulación del aprendizaje.

Desde una perspectiva complementaria, Ng (2024) encontró que un chatbot generativo orientado explícitamente hacia aprendizaje autorregulado produjo mejoras en conocimiento científico, participación conductual y motivación frente a un chatbot basado en reglas. La diferencia resulta relevante porque desplaza la atención desde la capacidad general del modelo hacia la

arquitectura pedagógica de la interacción. La IA adquiere mayor valor educativo cuando sus funciones responden a mecanismos reconocibles de aprendizaje, tales como establecimiento de metas, planificación, seguimiento, retroalimentación, reflexión y ajuste de estrategias.

Del reemplazo tecnológico a la complementariedad humano-IA

La evidencia revisada tampoco respalda una sustitución generalizada de la mediación docente. Weidlich et al. (2025), mediante un experimento de campo aleatorizado, encontraron que el feedback generado por un modelo de lenguaje recibió valoraciones favorables entre estudiantes, mientras el feedback proporcionado por docentes produjo mayores mejoras en argumentación y calidad formal. La diferencia entre satisfacción con una fuente de retroalimentación y efectividad pedagógica constituye una distinción relevante para futuras investigaciones, dado que facilidad, velocidad y percepción positiva pueden coexistir con resultados educativos inferiores en determinadas dimensiones.

Una orientación de complementariedad humano-IA parece, por ello, más consistente con la evidencia disponible. Los sistemas inteligentes pueden asumir funciones relacionadas con generación de ejemplos, retroalimentación inicial, identificación de patrones, práctica adaptativa, organización de información y apoyo durante fases determinadas de resolución de problemas, mientras el profesorado conserva responsabilidades vinculadas con juicio pedagógico, interpretación de necesidades, regulación socioemocional, evaluación compleja, acompañamiento metacognitivo y toma de decisiones con implicaciones éticas. Tal distribución no debe considerarse fija. Su configuración dependerá de objetivos de aprendizaje, edad del alumnado, conocimiento previo, naturaleza de la tarea y consecuencias asociadas con posibles errores algorítmicos.

La noción de complementariedad también permite reconsiderar el concepto de personalización. Personalizar no consiste únicamente en modificar automáticamente

contenidos según datos de desempeño. Una personalización pedagógicamente significativa requiere determinar qué variable debe adaptarse, por qué motivo, bajo qué modelo de aprendizaje y mediante qué evidencia puede evaluarse el efecto producido. En tal punto, la neuroeducación aporta modelos relacionados con diferencias individuales y procesos cognitivos, mientras la IA proporciona herramientas para analizar grandes volúmenes de datos y generar respuestas dinámicas. La interdisciplinariedad permite establecer el vínculo entre ambos dominios.

Analítica multimodal y aproximación interdisciplinaria al aprendizaje

La analítica multimodal representa uno de los espacios de convergencia más prometedores identificados durante la revisión. Ouhaichi et al. (2023) describieron un crecimiento de investigaciones que combinan distintas fuentes de datos para estudiar procesos educativos complejos, mientras Prinsloo et al. (2023) señalaron importantes interrogantes vinculados con privacidad, escalabilidad y uso responsable de información multimodal. La incorporación de registros visuales, auditivos, conductuales, fisiológicos o de interacción digital puede enriquecer la comprensión del aprendizaje, pero también incrementa la posibilidad de realizar inferencias que excedan la capacidad explicativa de los datos.

La presencia de indicadores fisiológicos o neurocognitivos no convierte automáticamente una intervención en neuroeducativa. Tampoco un algoritmo predictivo transforma por sí mismo los datos en conocimiento pedagógico. La interpretación requiere modelos teóricos que permitan relacionar indicadores observables con procesos de aprendizaje, además de procedimientos de validación que reduzcan inferencias espurias. Una frecuencia determinada de interacción, una trayectoria ocular o una señal fisiológica pueden adquirir significados diferentes según la tarea, el momento del aprendizaje y las características del estudiante. La colaboración entre neurocientíficos, psicólogos cognitivos, especialistas en educación, expertos en IA,

científicos de datos y profesionales docentes adquiere relevancia precisamente porque ninguna de dichas disciplinas puede resolver de manera independiente todas las decisiones inferenciales involucradas.

La interdisciplinariedad encontrada en la literatura posee, por consiguiente, una función epistemológica y metodológica. Xu y Ouyang (2022) documentaron múltiples aplicaciones de IA en educación STEM relacionadas con tutoría, evaluación, predicción, personalización y resolución de problemas, mientras Casal-Otero et al. (2023) identificaron la alfabetización en IA como una competencia compuesta por conocimientos, habilidades, actitudes y dimensiones éticas. Yusuf et al. (2024), mediante un mapeo de 407 publicaciones, también identificaron aprendizaje interdisciplinario entre las líneas asociadas con IA generativa. En conjunto, tales aportes indican que la innovación educativa requiere integrar conocimiento disciplinar, pedagogía, ciencias cognitivas, tecnología y ética dentro de marcos compartidos de diseño y evaluación.

Implicaciones para la innovación educativa

A partir de los hallazgos puede plantearse un modelo conceptual de convergencia organizado alrededor de tres componentes interdependientes. La neuroeducación aporta conocimiento acerca de procesos de aprendizaje y criterios para diseñar experiencias compatibles con mecanismos cognitivos y metacognitivos; la IA aporta capacidades de adaptación, generación, predicción, retroalimentación y análisis; la interdisciplinariedad articula ambos componentes con saber pedagógico, conocimiento disciplinar, ética y características institucionales. La innovación se produce mediante interacción entre dichos componentes y no por la presencia aislada de alguno de ellos.

Tal planteamiento tiene consecuencias directas para el diseño educativo. Las aplicaciones de IA deberían evaluarse mediante indicadores que excedan rendimiento inmediato y satisfacción de uso. Transferencia del aprendizaje, retención, calibración

metacognitiva, autonomía, calidad argumentativa, pensamiento crítico, autorregulación y capacidad para resolver problemas sin asistencia constituyen variables relevantes para determinar si una intervención produce aprendizaje sostenible. Los estudios de Urban et al. (2024), Chen et al. (2025) y Weidlich et al. (2025) demuestran que mejoras observables en ciertas dimensiones pueden coexistir con resultados menos favorables en otras, circunstancia que aconseja diseños de evaluación multidimensionales.

También resulta necesario distinguir personalización de dependencia tecnológica. Una herramienta adaptativa debería modificar el nivel de apoyo en función del progreso del estudiante y reducir gradualmente la asistencia cuando aumenta la competencia. Desde tal perspectiva, los principios de andamiaje y autorregulación pueden orientar sistemas capaces de formular preguntas, ofrecer pistas graduadas, solicitar justificaciones, provocar recuperación activa de conocimientos y promover evaluación de respuestas antes de proporcionar soluciones completas. La innovación educativa basada en IA puede orientarse, por tanto, hacia tecnologías que estimulen actividad cognitiva en lugar de reemplazarla.

Consideraciones éticas y de gobernanza

Las implicaciones éticas atraviesan los tres campos estudiados. Chaudhry y Kazim (2022) señalaron problemas relacionados con gobernanza, explicabilidad y sesgos en aplicaciones educativas de IA, mientras Prinsloo et al. (2023) destacaron preocupaciones asociadas con privacidad en analítica multimodal. Cuando los sistemas incorporan datos biométricos, fisiológicos o inferencias sobre estados cognitivos, la sensibilidad de la información aumenta y exige criterios rigurosos de proporcionalidad, consentimiento, seguridad y limitación de uso.

La personalización basada en inferencias cognitivas también plantea riesgos de clasificación prematura. Un sistema que asigna etiquetas sobre atención, capacidad, motivación o estilo de aprendizaje puede condicionar decisiones posteriores y reforzar

interpretaciones reduccionistas. La persistencia documentada de neuromitos demuestra que conceptos aparentemente científicos pueden adquirir una influencia educativa considerable aun cuando carezcan de respaldo suficiente. Incorporarlos dentro de algoritmos puede amplificar su alcance. Por tal motivo, la evaluación interdisciplinaria de modelos, variables y decisiones automatizadas debería formar parte del ciclo de diseño, implementación y auditoría de cualquier tecnología educativa basada en datos cognitivos.

Limitaciones de la evidencia disponible

La revisión presenta limitaciones que deben considerarse al interpretar sus resultados. En primer lugar, la rápida expansión de la IA generativa provoca una elevada concentración de publicaciones recientes, especialmente a partir de 2023, mientras la evidencia longitudinal permanece limitada. Muchos trabajos evalúan resultados inmediatos y ofrecen poca información sobre retención, transferencia o efectos acumulativos derivados del uso continuado. En segundo lugar, existe heterogeneidad en poblaciones, disciplinas, herramientas, duración de las intervenciones y medidas de resultado, lo que dificulta comparaciones directas.

En tercer lugar, buena parte de la literatura relacionada con IA generativa procede de educación superior, mientras la investigación en educación infantil, primaria y secundaria presenta menor desarrollo. La generalización entre niveles educativos debe realizarse con cautela, dado que autorregulación, conocimiento previo, alfabetización digital y capacidad metacognitiva varían considerablemente durante el desarrollo. En cuarto lugar, la convergencia explícita entre neuroeducación e IA continúa siendo menos frecuente que la producción independiente de ambos campos. Numerosos estudios analizan variables cognitivas sin adoptar un marco neuroeducativo, mientras otros trabajos neuroeducativos incorporan tecnología sin utilizar técnicas contemporáneas de IA.

La propia revisión posee restricciones derivadas de su delimitación temporal y del

número de estudios seleccionados. La ventana 2021–2026 permitió priorizar evidencia reciente, aunque dejó fuera trabajos anteriores que pueden resultar relevantes para comprender el desarrollo histórico de tutoría inteligente, ciencias cognitivas, neurociencia educativa y aprendizaje adaptativo. La selección de treinta publicaciones buscó equilibrio entre diversidad metodológica y pertinencia temática, pero no representa la totalidad de la producción científica disponible. Por consiguiente, las conclusiones deben interpretarse como una síntesis crítica orientada a identificar relaciones, tendencias y vacíos de investigación.

Agenda de investigación

Las investigaciones futuras deberían avanzar desde preguntas centradas en la eficacia general de la IA hacia interrogantes relacionados con mecanismos de aprendizaje. Resulta prioritario determinar bajo qué condiciones una herramienta reduce carga cognitiva extrínseca sin eliminar esfuerzo productivo, cuándo el apoyo algorítmico mejora autorregulación, qué modalidades de feedback favorecen transferencia y en qué momento la asistencia debe retirarse para preservar autonomía. Diseños experimentales longitudinales, medidas repetidas y evaluaciones diferidas permitirían responder tales interrogantes con mayor precisión.

También se requieren investigaciones que combinen indicadores de desempeño con medidas metacognitivas, conductuales y, cuando exista justificación teórica y ética, fisiológicas. La analítica multimodal puede contribuir a comprender procesos que permanecen ocultos cuando la evaluación se limita a calificaciones o cuestionarios de satisfacción, aunque la interpretación de tales datos necesita modelos explícitos y validación independiente.

Otra línea prioritaria corresponde al desarrollo de sistemas de IA informados por principios de autorregulación y metacognición. En lugar de maximizar velocidad de respuesta, dichos sistemas podrían diseñarse para promover recuperación activa, elaboración, comparación de

alternativas, argumentación y reflexión sobre errores. Tal orientación permitiría evaluar la calidad de una herramienta educativa por su capacidad para fortalecer competencias del estudiante y no por la cantidad de tareas que automatiza.

La formación docente constituye igualmente una línea de investigación necesaria. Se requieren estudios que comparen programas integrados de alfabetización neurocientífica, pedagógica y algorítmica frente a capacitaciones tecnológicas convencionales, considerando cambios en conocimientos, creencias, prácticas de aula y resultados del alumnado. Tal aproximación permitiría determinar si una formación interdisciplinaria reduce neuromitos, mejora la evaluación crítica de sistemas de IA y favorece decisiones pedagógicas mejor fundamentadas.

La literatura revisada respalda una concepción de innovación educativa basada en complementariedad entre capacidades humanas y computacionales. La neuroeducación proporciona referentes para comprender procesos de aprendizaje; la IA amplía posibilidades de análisis, adaptación, generación y retroalimentación; la interdisciplinariedad proporciona mecanismos para conectar conocimiento científico, diseño pedagógico, práctica profesional y responsabilidad ética. La contribución principal de dicha convergencia reside en orientar tecnologías educativas hacia el fortalecimiento de procesos cognitivos y metacognitivos, evitando que eficiencia operativa sea confundida con aprendizaje. La agenda científica requiere, por ello, pasar de evaluar si la IA funciona a determinar para quién funciona, mediante qué mecanismos, bajo qué condiciones pedagógicas y con qué efectos sobre autonomía, transferencia y desarrollo del aprendizaje a largo plazo.

CONCLUSIONES

La revisión desarrollada permite concluir que la convergencia entre neuroeducación, inteligencia artificial e interdisciplinariedad configura una línea de investigación con capacidad para transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje, siempre que la

incorporación tecnológica responda a fundamentos pedagógicos, cognitivos, metodológicos y éticos claramente definidos. La evidencia examinada muestra que el valor educativo de la inteligencia artificial no depende de su presencia en los ambientes de aprendizaje, sino de la función que desempeña dentro del diseño pedagógico y de su articulación con procesos vinculados con autorregulación, metacognición, atención, memoria, carga cognitiva, retroalimentación y resolución de problemas.

Los hallazgos permiten establecer que la neuroeducación aporta referentes para comprender los mecanismos relacionados con el aprendizaje y ofrece criterios para orientar intervenciones tecnológicas hacia necesidades cognitivas y metacognitivas identificables. La inteligencia artificial, por su parte, amplía las posibilidades de personalización, predicción, generación de recursos, tutoría, retroalimentación y análisis de datos educativos. La interdisciplinariedad actúa como principio articulador entre ciencias cognitivas, neurociencia, pedagogía, tecnología, ciencia de datos, conocimiento disciplinar y ética, favoreciendo diseños educativos capaces de integrar perspectivas que tradicionalmente han avanzado por vías independientes.

La evidencia empírica y metaanalítica revisada registra efectos favorables de distintas aplicaciones de inteligencia artificial sobre rendimiento académico, participación, motivación, resolución de problemas y determinadas dimensiones del pensamiento de orden superior. Tales beneficios presentan variaciones asociadas con las características de las intervenciones, las poblaciones estudiadas, las disciplinas y las funciones asignadas a las herramientas. Por consiguiente, una evaluación rigurosa de la innovación educativa requiere superar indicadores centrados exclusivamente en rendimiento inmediato o satisfacción del usuario e incorporar medidas relacionadas con retención, transferencia, autonomía, autorregulación, calibración metacognitiva, calidad argumentativa y capacidad para resolver problemas sin asistencia tecnológica.

La reducción del esfuerzo mental observada en varias investigaciones representa un hallazgo que requiere especial atención. Disminuir carga cognitiva innecesaria puede liberar recursos para actividades intelectuales relevantes, pero una automatización excesiva puede desplazar procesos necesarios para elaborar, recuperar, integrar y evaluar información. La diferencia reside en el diseño de la interacción. Bajo una perspectiva neuroeducativa, los sistemas inteligentes deberían proporcionar andamiajes graduados, retroalimentación adaptativa, preguntas orientadoras, oportunidades de recuperación activa y espacios para justificar decisiones, en lugar de priorizar respuestas inmediatas que reduzcan la participación cognitiva del estudiante.

Los resultados también permiten cuestionar planteamientos orientados a reemplazar la mediación humana mediante sistemas inteligentes. La comparación entre retroalimentación docente, apoyo experto e interacción con modelos generativos evidencia diferencias relevantes en calidad argumentativa, procesamiento metacognitivo y evaluación de la información. La complementariedad humano-IA ofrece una alternativa pedagógicamente más consistente, donde la automatización puede apoyar tareas de análisis, adaptación, generación y retroalimentación mientras el profesorado mantiene funciones vinculadas con juicio pedagógico, acompañamiento metacognitivo, regulación socioemocional, interpretación de necesidades y toma de decisiones educativas.

Otro resultado relevante corresponde a la necesidad de fortalecer simultáneamente la alfabetización neurocientífica y la alfabetización en inteligencia artificial. La persistencia de neuromitos entre docentes demuestra que la disponibilidad de conocimiento científico no garantiza una transferencia adecuada hacia la práctica educativa. La expansión de herramientas generativas incrementa dicha preocupación debido a su capacidad para producir explicaciones plausibles que pueden contener errores, simplificaciones o asociaciones carentes de respaldo científico. La formación

docente necesita integrar evaluación crítica de evidencia, comprensión de principios cognitivos, competencias de diseño pedagógico, interpretación de datos y criterios para valorar respuestas algorítmicas.

La analítica del aprendizaje y la analítica multimodal amplían las posibilidades de estudiar procesos educativos mediante datos conductuales, digitales, visuales, auditivos y fisiológicos. Su aplicación requiere cautela. La capacidad para recopilar grandes cantidades de información no garantiza interpretaciones pedagógicamente válidas, mientras la utilización de datos sensibles plantea interrogantes relacionados con privacidad, consentimiento, explicabilidad, sesgo y proporcionalidad. Toda inferencia acerca de atención, motivación, desempeño o estados cognitivos necesita apoyarse en modelos teóricos verificables y procedimientos metodológicos transparentes.

Desde una perspectiva aplicada, la innovación educativa derivada de la convergencia estudiada debería orientarse hacia sistemas capaces de fortalecer progresivamente la autonomía del estudiante. Personalizar el aprendizaje implica ajustar apoyos, actividades y retroalimentación de acuerdo con necesidades educativas verificables, procurando retirar gradualmente la asistencia cuando aumenta el dominio de una tarea. Una inteligencia artificial educativa eficaz debería contribuir a que el estudiante piense mejor, regule su aprendizaje, contraste información, argumente decisiones y desarrolle competencias transferibles, en lugar de limitarse a incrementar la velocidad con que obtiene productos académicos.

La revisión también evidencia vacíos que delimitan una agenda de investigación. Se requieren estudios longitudinales y experimentales que examinen efectos sobre retención y transferencia; investigaciones en educación infantil, primaria y secundaria; comparaciones entre modelos de asistencia humana, algorítmica e híbrida; evaluaciones de intervenciones fundamentadas explícitamente en principios neuroeducativos; y trabajos que relacionen medidas de rendimiento con

indicadores cognitivos, metacognitivos y conductuales. También resulta necesario avanzar hacia protocolos comunes que permitan comparar resultados entre disciplinas, poblaciones y tecnologías.

La principal contribución conceptual derivada de la revisión reside en comprender la convergencia neuroeducación-IA-interdisciplinariedad como una arquitectura de innovación educativa basada en relaciones complementarias. La neuroeducación permite fundamentar decisiones acerca de procesos de aprendizaje; la inteligencia artificial aporta capacidades computacionales para adaptar, analizar y generar apoyos; la interdisciplinariedad permite integrar tales capacidades con conocimiento pedagógico, disciplinar y ético. Ningún componente adquiere pleno valor educativo de manera aislada.

En consecuencia, el avance de la inteligencia artificial en educación debería medirse menos por la cantidad de actividades automatizadas y más por la calidad de los procesos de aprendizaje que contribuye a desarrollar. El horizonte de innovación requiere tecnologías diseñadas para ampliar capacidades humanas, preservar el esfuerzo cognitivo productivo, promover autonomía y fortalecer la toma de decisiones informada. La convergencia analizada ofrece una vía para avanzar hacia modelos educativos más adaptativos, científicamente fundamentados y pedagógicamente responsables, donde tecnología y conocimiento interdisciplinario se articulen alrededor de una prioridad común: favorecer aprendizajes profundos, transferibles y sostenibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albadarin, Y., Saqr, M., Pope, N., & Tukiainen, M. (2024). A systematic literature review of empirical research on ChatGPT in education. *Discover Education*, 3, Article 60. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00138-2>
- Bannister, P., Santamaría Urbieta, A., & Alcalde Peñalver, E. (2023). Una revisión sistemática de la IA generativa y la educación superior (en inglés como medio

- de instrucción). *Aula Abierta*, 52(4), 401–409.
<https://doi.org/10.17811/rifie.52.4.2023.401-409>
- Bissessar, S., & Youssef, F. F. (2021). A cross-sectional study of neuromyths among teachers in a Caribbean nation. *Trends in Neuroscience and Education*, 23, Article 100155.
<https://doi.org/10.1016/j.tine.2021.100155>
- Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., Taboada, M., Cebreiro, B., & Barro, S. (2023). AI literacy in K-12: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 10, Article 29.
<https://doi.org/10.1186/s40594-023-00418-7>
- Chao, J., Ellis, R., Jiang, S., Smyslova, D., Li, Q., Nocera, A., Byrd, C., Wu, Z., Rosé, C. P., Callahan, S., & O’Grady-Cunniff, D. (2026). AI education across the curriculum: Design and pilot study of a cross-disciplinary module set. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 40(47), 40746–40753.
<https://doi.org/10.1609/aaai.v40i47.41523>
- Chaudhry, M. A., & Kazim, E. (2022). Artificial Intelligence in Education (AIEd): A high-level academic and industry note 2021. *AI and Ethics*, 2, 157–165.
<https://doi.org/10.1007/s43681-021-00074-z>
- Chen, A., Xiang, M., Zhou, J., Jia, J., Shang, J., Li, X., Gašević, D., & Fan, Y. (2025). Unpacking help-seeking process through multimodal learning analytics: A comparative study of ChatGPT vs Human expert. *Computers & Education*, 226, Article 105198.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105198>
- Dahri, N. A., Yahaya, N., Al-Rahmi, W. M., Aldraiweesh, A., Alturki, U., Almutairy, S., Shutaleva, A., & Soomro, R. B. (2024). Extended TAM based acceptance of AI-powered ChatGPT for supporting metacognitive self-regulated learning in education: A mixed-methods study. *Heliyon*, 10(8), e29317.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29317>
- Deng, R., Jiang, M., Yu, X., Lu, Y., & Liu, S. (2025). Does ChatGPT enhance student learning? A systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Computers & Education*, 227, Article 105224.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105224>
- García-Martínez, I., Fernández-Batanero, J. M., Fernández-Cerero, J., & León, S. P. (2023). Analysing the impact of artificial intelligence and computational sciences on student performance: Systematic review and meta-analysis. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 12, 171–197.
<https://doi.org/10.7821/naer.2023.1.1240>
- Grospietsch, F., & Lins, I. (2021). Review on the prevalence and persistence of neuromyths in education—Where we stand and what is still needed. *Frontiers in Education*, 6, Article 665752.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2021.665752>
- Hachem, M., Daignault, K., & Wilcox, G. (2022). Impact of educational neuroscience teacher professional development: Perceptions of school personnel. *Frontiers in Education*, 7, Article 912827.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2022.912827>
- Hernández-de-Menéndez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & Ramírez Mendoza, R. A. (2022). Learning analytics: State of the art. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 16, 1209–1230.
<https://doi.org/10.1007/s12008-022-00930-0>
- Hwang, S. (2022). Examining the effects of artificial intelligence on elementary students’ mathematics achievement: A meta-analysis. *Sustainability*, 14(20), Article 13185.
<https://doi.org/10.3390/su142013185>
- Lagoudakis, N., Vlachos, F., Christidou, V., & Vavougiou, D. (2022). The effectiveness of a teaching approach using brain-based learning elements on students’ performance in a Biology course. *Cogent Education*, 9(1), Article 2158672.
<https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2158672>
- Melumad, S., & Yun, J. H. (2025). Experimental evidence of the effects of large language models versus web search on depth of learning. *PNAS Nexus*, 4(10), pgaf316.
<https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgaf316>
- Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., Fernández-Batanero, J. M., & López-

- Meneses, E. (2023). Impact of the implementation of ChatGPT in education: A systematic review. *Computers*, 12(8), Article 153. <https://doi.org/10.3390/computers12080153>
- Ng, D. T. K., Tan, C. W., & Leung, J. K. L. (2024). Empowering student self-regulated learning and science education through ChatGPT: A pioneering pilot study. *British Journal of Educational Technology*, 55, 1328–1353. <https://doi.org/10.1111/bjet.13454>
- Ouhaichi, H., Spikol, D., & Vogel, B. (2023). Research trends in multimodal learning analytics: A systematic mapping study. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, Article 100136. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100136>
- 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., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001>
- Pérez Sánchez, C. J., Calle-Alonso, F., & Vega-Rodríguez, M. A. (2022). Learning analytics to predict students' performance: A case study of a neurodidactics-based collaborative learning platform. *Education and Information Technologies*, 27, 12913–12938. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11128-y>
- Prinsloo, P., Slade, S., & Khalil, M. (2023). Multimodal learning analytics—In-between student privacy and encroachment: A systematic review. *British Journal of Educational Technology*, 54(6), 1566–1586. <https://doi.org/10.1111/bjet.13373>
- Privitera, A. J., & Du, H. (2022). Educational neurotechnology: Where do we go from here? *Trends in Neuroscience and Education*, 29, Article 100195. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2022.100195>
- Rousseau, L. (2024). Dispelling educational neuromyths: A review of in-service teacher professional development interventions. *Mind, Brain, and Education*, 18(3), 270–287. <https://doi.org/10.1111/mbe.12414>
- Torrijos-Muelas, M., González-Villora, S., & Bodoque-Osma, A. R. (2021). The persistence of neuromyths in the educational settings: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 591923. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.591923>
- Urban, M., Děchtěrenko, F., Lukavský, J., Hrabalová, V., Svacha, F., Brom, C., & Urban, K. (2024). ChatGPT improves creative problem-solving performance in university students: An experimental study. *Computers & Education*, 215, Article 105031. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105031>
- Weidlich, J., Gotsch, F., Schudel, K., Marusic-Würscher, C., Mazzarella, J., Bolten, H., Büttler, D., Luger, S., Wohlfender, B., & Maag Merki, K. (2025). Teacher, peer, or AI? Comparing effects of feedback sources in higher education. *Computers and Education Open*, 9, Article 100300. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100300>
- Xu, W., & Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education*, 9, Article 59. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>
- Youssef, E., Medhat, M., Abdellatif, S., & Al Malek, M. (2024). Examining the effect of ChatGPT usage on students' academic learning and achievement: A survey-based study in Ajman, UAE. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, Article 100316. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100316>
- Yu, H., & Guo, Y. (2023). Generative artificial intelligence empowers educational reform: Current status, issues, and prospects. *Frontiers in Education*, 8, Article 1183162. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1183162>
- Yusuf, A., Pervin, N., Román-González, M., & Noor, N. M. (2024). Generative AI in

education and research: A systematic mapping review. *Review of Education*, 12, e3489. <https://doi.org/10.1002/rev3.3489>

Zhang, K., & Aslan, A. B. (2021). AI technologies for education: Recent research & future

directions. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100025. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100025>

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.



DERECHOS DE AUTOR

Jadán Torres, A. J., León Romero, M. del C., Fajardo Lapo, D. A., Gutiérrez Jiménez, J. L., & Castillo Mayorga, J. E. (2026)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0, que permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.



El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en esta publicación es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la revista.