Ciencia y Educación
(L-ISSN: 2790-8402 E-ISSN: 2707-3378)
Vol. 7 No. 9.1
Edición Especial IX 2026

INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA COMO APOYO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA: REVISIÓN SISTEMÁTICA CUALITATIVA

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS SUPPORT FOR SOLVING MATHEMATICS AND PHYSICS PROBLEMS IN SECONDARY EDUCATION: A QUALITATIVE SYSTEMATIC REVIEW

Autores: [1]Luis Teodoro Zambrano Rodríguez, [2]Hansel Francisco Camacho Vega, [3]Marlon Mauricio Mayea Macias y [4]Jessenia Rosario Vela Aguilar.

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-1073-6021
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-7386-132X
[3]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-3159-7051
[4]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-9928-1426

[1]E-mail de contacto: luisinzr2040@gmail.com
[2]E-mail de contacto: hanselcamacho570@outlook.es
[3]E-mail de contacto: marlon.mayea@educacion.gob.ec
[4]E-mail de contacto: jesseniar.vela@docentes.educacion.edu.ec

Afiliación: [1*]Autor independiente, (Ecuador). [2*]Unidad Educativa Académica Naval Altamar, Caluma, Bolívar, (Ecuador). [3*]Dirección Distrital 12d02, Pueblo viejo, Urdaneta-Educación, Pueblo viejo, Los Ríos, (Ecuador). [4*]Unidad Educativa 11 de Octubre, Caluma, Bolívar, (Ecuador).

Artículo recibido: 5 de Septiembre del 2026.
Artículo revisado: 14 de Septiembre del 2026.
Artículo aprobado: 14 de Septiembre del 2026.

[1]Ingeniero en Sistemas Inteligentes, graduado de la Universidad Bolivariana del Ecuador, (Ecuador). Maestrante en Educación de Bachillerato, mención en Matemática en la Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador).
[2]Licenciado en Pedagogía, Física y Matemática, egresado de la Universidad de Guayaquil, (Ecuador). Maestrante en Gestión Educativa con mención en Innovación en Dirección de Centros Educativos de la Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador).
[3]Ingeniero en Sistemas, graduado de la Universidad Técnica de Babahoyo, (Ecuador). Magíster en Tecnología e Innovación Educativa, graduado de la Universidad Técnica de Babahoyo, (Ecuador).
[4]Licenciada en Comunicación Social, graduada de la Universidad Técnica de Babahoyo, (Ecuador). Magíster en Gestión Educativa, graduada de la Universidad Particular de Especialidades Espíritu Santo, (Ecuador). Periodista Profesional, graduada de la Universidad Técnica de Babahoyo, (Ecuador).

Resumen

La inteligencia artificial generativa puede orientar la resolución de problemas, pero mejorar el producto asistido no equivale a aprendizaje independiente. De ahí que el objetivo de este estudio sea examinar, en estudiantes de secundaria que resuelven problemas de matemáticas o física, los efectos de la inteligencia artificial generativa (IAG) sobre el desempeño sin asistencia, la comprensión conceptual, la transferencia y la retención, y analizar su variación según la tarea, la configuración y la mediación docente. Se realizó una revisión sistemática con síntesis narrativa, sin metaanálisis. Se buscaron, en ERIC, Scopus, Web of Science Core Collection, Education Source y APA PsycINFO, artículos comparativos en español o inglés sobre el uso directo de la IAG por estudiantes de secundaria, publicados entre enero de 2020 y el 30 de agosto de 2026. Dos revisores seleccionaron los estudios y evaluaron de forma independiente el riesgo de sesgo. Tres estudios aportaron hallazgos comparativos: un ensayo aleatorizado y dos estudios cuasiexperimentales. Los apoyos estructurados mejoraron el desempeño durante la práctica o el conocimiento inmediato. Sin embargo, un chatbot abierto elevó el rendimiento asistido y se asoció con un peor desempeño posterior sin ayuda; las salvaguardas atenuaron el perjuicio, pero no demostraron una ventaja autónoma. La transferencia y la retención no se evaluaron por separado; la heterogeneidad y la escasez de estudios limitaron la confianza en los hallazgos. No se estableció un beneficio uniforme para el aprendizaje independiente. La IAG debe emplearse como andamiaje verificable, con un intento previo, pistas

graduadas, comprobación independiente, mediación docente y retirada progresiva, no como sustituto del razonamiento.

Palabras clave: Inteligencia Artificial Generativa, Educación Secundaria, Resolución de Problemas, Aprendizaje Independiente.

Abstract

Generative artificial intelligence can guide problem solving, but improving an AI-assisted output is not equivalent to independent learning. Therefore, this study aimed to examine, among secondary school students solving mathematics or physics problems, the effects of generative artificial intelligence (GenAI) on unassisted performance, conceptual understanding, transfer, and retention, and to analyze how these effects vary according to the task, configuration, and teacher mediation. A systematic review with narrative synthesis and no meta-analysis was conducted. ERIC, Scopus, Web of Science Core Collection, Education Source, and APA PsycINFO were searched for comparative articles published in Spanish or English between January 2020 and August 30, 2026, addressing the direct use of GenAI by secondary school students. Two reviewers independently selected the studies and assessed the risk of bias. Three studies provided comparative findings: one randomized trial and two quasi-experimental studies. Structured support improved performance during practice or immediate knowledge outcomes. However, an unrestricted chatbot increased assisted performance and was associated with poorer subsequent unassisted performance; safeguards mitigated the detrimental effect but did not demonstrate an advantage for independent learning. Transfer and retention were not assessed separately, while heterogeneity and the limited number of studies reduced confidence in the findings. No consistent benefit for independent learning was established. GenAI should be used as verifiable scaffolding, incorporating an initial unaided attempt, graduated hints, independent verification, teacher mediation, and progressive fading, rather than as a substitute for reasoning.

Keywords: Generative Artificial Intelligence, Secondary Education, Problem Solving, Independent Learning.

Sumário

A inteligência artificial generativa pode orientar a resolução de problemas, mas melhorar um produto elaborado com assistência não equivale à aprendizagem independente. Portanto, este estudo teve como objetivo examinar, entre estudantes do ensino médio que resolvem problemas de matemática ou física, os efeitos da inteligência artificial generativa (IAG) sobre o desempenho sem assistência, a compreensão conceitual, a transferência e a retenção, bem como analisar sua variação de acordo com a tarefa, a configuração e a mediação docente. Foi realizada uma revisão sistemática com síntese narrativa, sem meta-análise. Foram pesquisados, nas bases ERIC, Scopus, Web of Science Core Collection, Education Source e APA PsycINFO, artigos comparativos publicadas em espanhol ou inglês entre janeiro de 2020 e 30 de agosto de 2026, referentes ao uso direto da IAG por estudantes do ensino médio. Dois revisores selecionaram os estudos e avaliaram, de forma independente, o risco de viés. Três estudos forneceram achados comparativos: um ensaio randomizado e dois estudos quase-experimentais. Os apoios estruturados melhoraram o desempenho durante a prática ou o conhecimento imediato. Entretanto, um *chatbot* sem restrições aumentou o desempenho assistido e esteve associado a um pior desempenho posterior sem ajuda; as salvaguardas atenuaram o prejuízo, mas não demonstraram vantagem para a aprendizagem independente. A transferência e a retenção não foram avaliadas separadamente, enquanto a heterogeneidade e o número reduzido de estudos limitaram a confiança nos achados. Não foi estabelecido um benefício uniforme para a aprendizagem independente. A IAG deve ser utilizada como um recurso de andaimagem verificável, com tentativa prévia sem assistência, pistas graduadas, verificação independente, mediação docente e retirada progressiva, e não como substituta do raciocínio.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa, Ensino Médio, Resolução de Problemas, Aprendizagem Independente.

Introducción

La inteligencia artificial generativa (IAG) comprende sistemas capaces de producir respuestas nuevas texto, expresiones simbólicas, código, imágenes o combinaciones multimodales a partir de instrucciones del usuario. En el ámbito escolar, estos sistemas pueden explicar procedimientos, proponer ejemplos, ofrecer retroalimentación y ajustar el nivel aparente de ayuda. Esta revisión delimita la IAG a los modelos generativos que estudiantes de educación secundaria ISCED 2–3 utilizan directamente para resolver problemas curriculares de matemáticas o física.

Se excluyen los sistemas tutoriales inteligentes no generativos, la analítica predictiva, la automatización administrativa y el uso exclusivo de la IAG por el profesorado para preparar materiales. Tampoco se equipará el acierto de un modelo en una prueba con un efecto educativo en el alumnado. La distinción es sustantiva: completar correctamente una tarea con ayuda, comprender los principios que la sustentan y resolver después un problema nuevo sin asistencia constituyen resultados diferentes. El valor educativo, por ello, no puede reducirse a la fluidez de la explicación ni al número de ejercicios resueltos; debe priorizar el desempeño independiente, la comprensión conceptual, la transferencia y la retención, al tiempo que preserva la agencia humana y la capacidad de comprobar críticamente las respuestas (Miao y Holmes, 2023). El interés pedagógico de la IAG radica en ofrecer orientación inmediata y potencialmente personalizada cuando el alumnado necesita múltiples oportunidades de práctica y retroalimentación. Sin embargo, resolver problemas matemáticos y físicos exige más que obtener un resultado: supone representar la situación, seleccionar conceptos y relaciones pertinentes, justificar supuestos, ejecutar procedimientos y evaluar la plausibilidad de la solución. La literatura escolar sobre IAG ha crecido con rapidez, pero su madurez metodológica aún es limitada.

Una revisión de 30 estudios de educación K–12 identificó solo un estudio experimental y nueve cuasiexperimentales. Además, predominaron las medidas psicológicas y autoinformadas, mientras que las matemáticas y la física estuvieron representadas por apenas cinco y cuatro estudios, respectivamente (Alfarwan, 2025). Por otro lado, un metaanálisis prerregistrado de 22 estudios sobre matemáticas, con 46 muestras independientes y N = 5,232, estimó un efecto global moderado (g = 0.534); la magnitud varió según el modo de integración, el contenido y el tamaño de las muestras, y la certeza fue mayor para los resultados cognitivos que para los no cognitivos (Liu et al., 2026).

Una síntesis de 45 estudios K–12 también señaló el predominio de intervenciones breves y problemas persistentes de exactitud, dependencia, privacidad y alfabetización en IA (Zhang et al., 2026). El crecimiento de las publicaciones, por tanto, aún no constituye evidencia suficiente de un aprendizaje autónomo y duradero. Las revisiones complementarias indican que el problema no se limita a la disponibilidad tecnológica. Una síntesis de la investigación sobre inteligencia artificial en educación K–12 describió un campo en expansión, aunque heterogéneo en enfoques, poblaciones y medidas (Martin et al., 2024). Una revisión sobre alfabetización en IA, a su vez, subrayó la necesidad de articular conocimientos técnicos, uso crítico y consideraciones éticas desde la escolaridad (Casal et al., 2023). Las revisiones centradas en ChatGPT y en IAG identificaron beneficios potenciales junto con

riesgos de inexactitud, dependencia y evaluación en una base empírica todavía fragmentada (Yusuf et al., 2024; Zhang y Tur, 2024). Una revisión sobre evaluación educativa precisó que la generación automatizada de respuestas obliga a distinguir el producto elaborado con asistencia del dominio individual que una prueba pretende inferir (Zhao et al., 2024).

La primera brecha surge de confundir el rendimiento asistido con el aprendizaje independiente. En un ensayo de campo con cerca de mil estudiantes de secundaria, el acceso a una interfaz abierta basada en GPT-4 aumentó el rendimiento durante la práctica en un 48 %, mientras que un tutor con salvaguardas lo incrementó en un 127 % respecto del grupo de control. Cuando se retiró la IAG para el examen inmediato, el grupo con acceso abierto obtuvo calificaciones un 17 % inferiores a las del control; las salvaguardas pistas diseñadas con aportes docentes y restricción de respuestas directas— atenuaron en gran medida ese perjuicio, pero no produjeron una ventaja en la evaluación sin asistencia (Bastani et al., 2025).

Otro ensayo aleatorizado incluyó a 371 estudiantes de los grados 7.º a 9.º que participaron en seis sesiones de 45 minutos durante clases de física o inglés. Se compararon dos apoyos generativos orientados a la autorregulación con el uso estándar de ChatGPT. La condición centrada en el valor de utilidad produjo una evolución más favorable en la utilidad percibida que la condición centrada en estrategias cognitivas; ninguna, sin embargo, superó el uso estándar de ChatGPT en esfuerzo, conocimiento disciplinar o estrategias de elaboración. La asociación entre interacciones sustantivas e interés sostenido tuvo carácter exploratorio (Fütterer et al., 2026). Estos hallazgos no justifican una conclusión uniforme de beneficio o daño. Indican que las mediciones obtenidas durante el uso de la herramienta pueden sobreestimar lo aprendido. Se necesitan réplicas que distingan de forma explícita la práctica asistida, la posprueba sin IAG, la transferencia a problemas no practicados y la retención a cuatro semanas o más.

La segunda brecha tiene que ver con la exactitud de las soluciones, las explicaciones y la retroalimentación que recibe el alumnado. En una auditoría de 40 problemas universitarios de física e ingeniería, GPT-4 resolvió correctamente el 62.5 % de los problemas bien especificados, pero solo el 8.3 % de los subespecificados; los fallos se concentraron en la construcción del modelo físico, la elección de supuestos razonables y los cálculos (Wang et al., 2024). De forma convergente, una evaluación de ChatGPT con materiales de un curso introductorio de física concluyó que el sistema apenas alcanzaría el umbral de aprobación y que reproducía preconcepciones y errores característicos de un principiante (Kortemeyer, 2023).

Estos estudios describen la capacidad del modelo, no el aprendizaje estudiantil; por ello, no permiten estimar cuántas respuestas plausibles pero incorrectas son aceptadas, corregidas o propagadas en una clase real. La incertidumbre resulta especialmente relevante en tareas abiertas, diagramas, gráficos, problemas multimodales y situaciones con datos faltantes, en las que verificar la coherencia conceptual forma parte del desempeño que se pretende enseñar. Sin mediciones del proceso de interacción intentos previos, consultas, comprobaciones y revisiones, un producto final correcto no permite saber si la IAG fortaleció el razonamiento o encubrió un error que el estudiante no podía detectar. La tercera brecha reside en el diseño pedagógico y sus salvaguardas, porque “usar ChatGPT” no define

una intervención con precisión suficiente. Un solucionador que entrega el procedimiento completo, un tutor socrático que exige un intento previo y una herramienta que solo ayuda a verificar pasos movilizan procesos cognitivos distintos. Los resultados de ALTER-Math, un agente generativo basado en el aprendizaje por enseñanza y probado mediante ciclos de diseño con 320 estudiantes de educación secundaria inferior y seis docentes, sugieren mejoras de conocimiento en la comparación final; el diseño, sin embargo, no permite aislar con certeza el componente responsable del efecto (Xing et al., 2025).

Un estudio piloto de tres semanas con 74 estudiantes de cuarto curso de secundaria en Hong Kong halló ventajas de un *chatbot* generativo orientado a la autorregulación frente a otro basado en reglas en conocimiento científico, participación y motivación. Su tamaño, duración y enfoque en ciencias limitan la extrapolación a la resolución autónoma de problemas de matemáticas y física (Ng et al., 2024). Esta revisión sistemática cualitativa examina el efecto de la IAG utilizada como apoyo directo por estudiantes de educación secundaria ISCED 2–3 para resolver problemas de matemáticas o física.

La compara con enseñanza o práctica equivalente sin IAG, herramientas no generativas o configuraciones alternativas, y considera el desempeño independiente medido sin IAG, la comprensión conceptual, la transferencia y la retención. También analiza cómo varían los efectos según la disciplina, las características del alumnado, el diseño pedagógico, la mediación docente y el seguimiento. El propósito es determinar si las mejoras observadas durante la asistencia se mantienen al retirar la herramienta, qué riesgos introduce la inexactitud de sus respuestas y qué salvaguardas permiten ampliar el razonamiento del estudiante en lugar de sustituirlo.

El marco teórico parte de que la IAG no constituye una intervención uniforme ni produce un efecto educativo independiente del contexto. Su acción ocurre dentro de una configuración sociotécnica formada por el estudiante, la tarea, el modelo y su interfaz, las instrucciones de uso, la mediación docente y la forma de evaluación. Esta perspectiva sustituye la pregunta general sobre si la herramienta funciona por el análisis de las condiciones en las que modifica la actividad cognitiva. Una misma respuesta generada puede actuar como pista que activa conocimientos previos, como retroalimentación que orienta una revisión o como solución sustitutiva que evita modelizar y justificar.

La unidad conceptual relevante es, por ello, el episodio de resolución asistida y no el *chatbot* aislado. En concordancia con la pregunta estructurada por población, intervención, comparador, resultados, tiempo y contexto (PICOTS), el desempeño observado durante ese episodio debe distinguirse de la competencia demostrada después de retirar la IAG: desempeño independiente, comprensión conceptual, transferencia y retención.

En este marco, la alfabetización en IA se define operativamente como la capacidad de comprender que las salidas generativas son probabilísticas y falibles, utilizar la herramienta con una finalidad explícita, formular instrucciones contextualizadas, evaluar la plausibilidad de la respuesta y decidir si debe aceptarse, corregirse, contrastarse o descartarse. La definición comprende una dimensión conceptual, qué puede y qué no puede hacer el sistema, una instrumental cómo proporcionar datos, restricciones y formato, una epistémica cómo juzgar razones y evidencia y una

regulatoria cuándo solicitar ayuda y cuándo retirarla.

La formulación de instrucciones es una manifestación observable de esa alfabetización, pero no la agota. Un estudiante puede redactar una instrucción detallada y carecer, aun así, de los conocimientos disciplinares necesarios para detectar una ecuación inaplicable, un supuesto físico imposible o una inferencia sin fundamento. En secundaria, especificar el nivel, el contenido, el objetivo y el contexto de la consulta puede favorecer respuestas pertinentes; esa competencia debe distinguirse de la comprensión demostrada sin asistencia (Ng et al., 2024).

La formulación de instrucciones se concibe como un ciclo iterativo, no como la redacción de una única pregunta inicial. El ciclo comienza con el análisis de la tarea y un intento propio, continúa con la comunicación de los datos, la incógnita, las restricciones y el tipo de ayuda solicitada, y se completa con el examen, la reformulación y la verificación de la respuesta. Para estudiar este proceso conviene codificar la función de cada consulta y diferenciar las solicitudes de solución completa, pistas, explicación conceptual, comprobación de un paso, comparación de métodos, generación de contraejemplos y análisis de errores.

También deben registrarse la especificidad de la instrucción, el número y la dirección de sus revisiones, la presencia de justificaciones propias y la decisión final de aceptar, modificar o rechazar la salida. La extensión o la sofisticación lingüística de la instrucción no constituyen por sí solos indicadores de competencia: una consulta eficaz para obtener una respuesta puede externalizar las operaciones intelectuales que el estudiante debería aprender a realizar. La calibración metacognitiva se define como la correspondencia entre el grado de confianza del estudiante y la corrección objetiva de su razonamiento. La sobre confianza aparece cuando se atribuye alta certeza a una solución incorrecta; la infra confianza, cuando se duda de una respuesta correcta. En una interacción con IAG deben distinguirse dos objetos de calibración: la confianza en la solución propia y la confianza depositada en la salida del sistema.

La calibración puede medirse mediante estimaciones de confianza antes y después de consultar la herramienta, la diferencia entre confianza y exactitud, la capacidad de discriminar respuestas correctas e incorrectas, y la detección y corrección de errores introducidos de forma controlada. Este proceso se integra en una autorregulación orientada a metas que incluye planificar, ejecutar, supervisar, evaluar y ajustar estrategias. La IAG puede apoyarlo mediante retroalimentación contingente y preguntas de elaboración, pero la disponibilidad de indicaciones no demuestra que el estudiante aplique una estrategia ni que pueda sostenerla cuando cesa la ayuda (Fütterer et al., 2026).

A partir de estas definiciones se plantean dos vías teóricas. En la vía de andamiaje, el estudiante realiza un intento, solicita una pista o explicación, contrasta la respuesta con principios matemáticos o físicos, corrige el procedimiento y reduce progresivamente la ayuda. La IAG distribuye de forma temporal la carga de la tarea sin sustituir las decisiones centrales. En la vía de sustitución, el estudiante solicita o acepta una solución completa, interpreta la fluidez verbal como garantía de verdad y reduce la recuperación de conocimientos, la auto explicación y la comprobación. Ambas vías pueden producir un ejercicio aparentemente correcto durante la asistencia, pero solo la primera incorpora mecanismos plausibles para consolidar la autonomía. Las salvaguardas, por

tanto, deben definirse como componentes observables de la intervención: intento previo, pistas graduadas, restricción de respuestas directas, solicitud de justificación, verificación por una segunda vía, advertencias de incertidumbre y supervisión docente. La literatura K–12 identifica la alfabetización insuficiente, la dependencia y la dificultad para evaluar contenido erróneo como problemas que deben examinarse, no como obstáculos resueltos por la propia tecnología (Zhang et al., 2026).

La segunda dimensión del marco es la heterogeneidad por disciplina, tarea y representación. Esta heterogeneidad no se trata como ruido estadístico que deba ocultarse bajo un promedio global, sino como una propiedad sustantiva del fenómeno. Se distinguen la disciplina y el contenido curricular; la demanda cognitiva, ya sea procedimental, conceptual, argumentativa o de modelización; el grado de especificación de los datos; el carácter rutinario, novedoso o abierto del problema; el número de pasos y decisiones; y la representación verbal, simbólica, tabular, gráfica, diagramática o multimodal.

También se consideran el curso, el conocimiento previo, el idioma de interacción, el modelo y la versión utilizados, la interfaz, el nivel de ayuda permitido y la mediación docente. El efecto atribuible a la IAG debe interpretarse como una relación condicionada entre estas dimensiones, no como una propiedad estable que pueda trasladarse de un ejercicio, una asignatura o una versión del sistema a otra. Las matemáticas y la física comparten el uso de lenguaje simbólico, relaciones cuantitativas y procedimientos de cálculo, pero no plantean demandas epistémicas idénticas. En matemáticas, la validez depende de la coherencia de definiciones, relaciones y demostraciones dentro del sistema formal. En física, la solución también exige representar el fenómeno, seleccionar un modelo, declarar supuestos y juzgar si el resultado es plausible en el mundo físico.

La distinción no es absoluta, porque la modelización matemática también conecta situaciones y estructuras, pero ayuda a explicar por qué una destreza procedimental en álgebra no garantiza competencia en cinemática, dinámica o razonamiento gráfico. La especificación de la tarea también resulta decisiva: un problema con todos los datos orienta hacia la aplicación de relaciones conocidas, mientras que uno subespecificado exige determinar qué información falta y qué estimaciones son admisibles. Las auditorías de modelos muestran que esta variación altera la calidad de las soluciones; sin embargo, describen la capacidad del sistema y no constituyen evidencia de aprendizaje del alumnado (Wang et al., 2024).

La representación tampoco constituye un rasgo superficial. Un enunciado verbal, una ecuación, una tabla, una gráfica o un diagrama distribuyen la información de manera diferente y exigen operaciones de traducción entre registros. Una herramienta puede reconocer una relación simbólica sin identificar la magnitud representada por la pendiente de una gráfica o producir una descripción verbal coherente sin integrar restricciones espaciales presentes en un esquema.

La evaluación debe conservar la modalidad original de la tarea y documentar cualquier transformación realizada para introducirla en el sistema, porque convertir una imagen en texto puede modificar el constructo que se pretende medir. La dificultad de verificación aumenta cuando la respuesta combina texto, ecuaciones y elementos visuales: el alumnado puede confirmar un cálculo y pasar por alto una

inconsistencia conceptual o gráfica. Por ello, la disciplina, la demanda cognitiva, la especificación y la representación deben analizarse por separado y como interacciones, siempre que la cantidad y la calidad de los estudios lo permitan.

La interpretación de los resultados requiere una jerarquía explícita de medidas. El desempeño durante el uso de la IAG es un resultado proximal del episodio asistido y describe la eficiencia, la finalización o la calidad del producto, pero no basta para inferir aprendizaje. El resultado principal debe ser el desempeño independiente en una prueba comparable realizada sin IAG. La comprensión conceptual debe valorar las explicaciones, las relaciones entre principios y la detección de errores; la transferencia, la aplicación a problemas nuevos, con distinción entre transferencia cercana y lejana; y la retención, la conservación del aprendizaje mediante una medición demorada. Las medidas auto informadas de motivación, utilidad o confianza describen la experiencia del estudiante, pero no reemplazan los indicadores objetivos ni demuestran calibración. Además, los efectos deben desagregarse por contenido y grado de integración pedagógica, porque la síntesis de la investigación matemática indica que estas características pueden modificar las estimaciones y volver engañosa una conclusión indiferenciada (Liu et al., 2026).

Estas dos dimensiones son complementarias. La alfabetización en IA, la formulación iterativa de instrucciones y la calibración metacognitiva explican cómo se desarrolla la interacción; la disciplina, la demanda de la tarea, su especificación y su representación delimitan dónde puede variar el efecto. Como muestra la Figura 1, ambos conjuntos de condiciones influyen en el ciclo de intento, consulta, evaluación y revisión, pero el resultado asistido solo adquiere significado educativo cuando se contrasta con una evaluación sin IAG.

Este marco orienta la comparación entre el apoyo directo de la IAG y la enseñanza o práctica sin IAG, las herramientas no generativas o las configuraciones alternativas en estudiantes de secundaria ISCED 2 y 3. Los resultados de interés son el desempeño independiente, la comprensión conceptual, la transferencia y la retención. También guía dos análisis: si la alfabetización, la verificación y la calibración modifican el aprendizaje autónomo frente al uso no estructurado, y cómo varían los efectos según la disciplina, la demanda cognitiva, la especificación, la representación, el curso, el modelo, la mediación docente y el seguimiento.

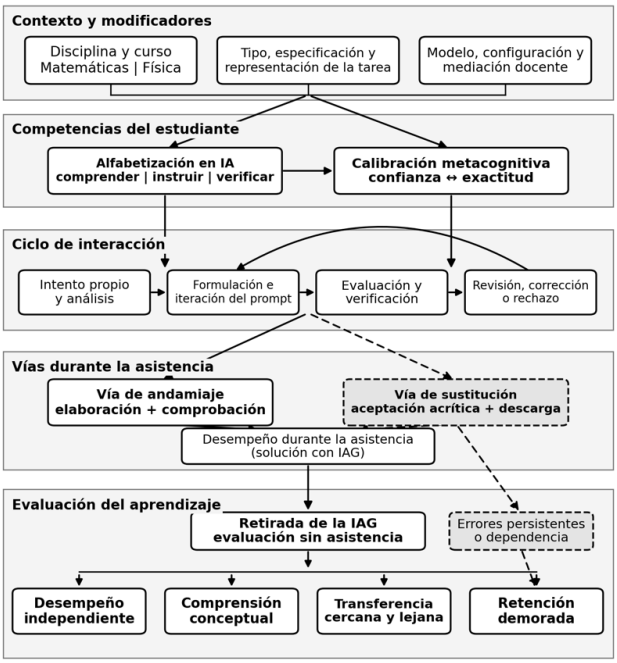


Figura 1. *Modelo conceptual de la interacción entre alfabetización en IA, características de la tarea y aprendizaje independiente.*

Fuente: Elaboración propia.

Materiales y Métodos

Se realizó una revisión sistemática con síntesis narrativa, sin metaanálisis, para examinar el

efecto del uso directo de la IAG por estudiantes de educación secundaria ISCED 2–3 en la resolución de problemas curriculares de matemáticas o física. El informe siguió PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Se incluyeron artículos originales en español o inglés que informaran ensayos aleatorizados o diseños comparativos no aleatorizados; los estudios de métodos mixtos fueron admisibles si aportaban datos comparativos. Los comparadores fueron la enseñanza o práctica sin IAG, las herramientas no generativas o las configuraciones alternativas. Se exigió al menos un resultado objetivo de desempeño independiente sin IAG, comprensión conceptual, transferencia o retención.

Se excluyeron los estudios sin comparador, los diseños *pretest–postest* de un solo grupo, los estudios cualitativos puros, las auditorías del modelo sin alumnado, los usos exclusivamente docentes, las muestras o asignaturas no separables y las publicaciones no originales o sin texto completo. Se buscaron estudios en ERIC, Scopus, Web of Science Core Collection, Education Source y APA PsycINFO entre el 1 de enero de 2020 y el 30 de agosto de 2026. Cuando la plataforma lo permitió, se aplicaron filtros de idioma y revisión por pares, sin restringir el diseño para preservar la sensibilidad.

Se combinaron términos libres y descriptores controlados adaptados a cada fuente. Una cadena representativa fue: ("*generative AI*" *OR* ChatGPT *OR* "*large language model**" *OR* "inteligencia artificial generativa") *AND* (*mathematics OR physics OR* matemáticas *OR* física) *AND* ("*secondary education*" *OR* "*middle school**" *OR* "*high school**" *OR* secundaria) *AND* ("*problem solving*" *OR* "*problem-solving*" *OR* "resolución de problemas"). También se revisaron las referencias y las citas posteriores de los artículos elegibles. Después de eliminar los duplicados, dos revisores examinaron de forma independiente los títulos y resúmenes y, después, los textos completos. Las discrepancias se resolvieron por consenso o mediante un tercer revisor. Se registraron los motivos de exclusión, y el proceso documental disponible se resumió en un flujograma de auditoría previo al cierre PRISMA.

Un formulario previamente probado recogió el país, el diseño, la muestra, el curso, la disciplina, el contenido, el modelo y la versión de IAG, el comparador, la duración, la mediación docente, las características y la representación de la tarea, el momento de evaluación y los resultados asistidos e independientes. Cuando estuvieron disponibles, también se extrajeron los intentos previos, las instrucciones, las comprobaciones, las revisiones, la transferencia, la retención y las medidas de calibración metacognitiva. Dos revisores evaluaron de forma independiente el riesgo de sesgo por dominios y según el diseño; resolvieron las diferencias por consenso o mediante un tercer revisor y consideraron esos juicios al interpretar la síntesis.

Debido a la heterogeneidad prevista en las intervenciones, las tareas, los comparadores, los instrumentos y el seguimiento, no se calcularon estimaciones combinadas. La síntesis narrativa siguió criterios de transparencia para revisiones sin metaanálisis (Campbell et al., 2020). Los resultados se organizaron por diseño, disciplina, curso, demanda cognitiva, especificación y representación de la tarea, configuración de la IAG, mediación docente, comparador y seguimiento. El desempeño durante la asistencia se distinguió del desempeño posterior sin IAG; la comprensión conceptual, la transferencia y la retención se examinaron por separado. La interpretación consideró la dirección, la magnitud y la precisión de los resultados, así

como el riesgo de sesgo. No se basó solo en la significación estadística ni formuló inferencias causales que excedieran el diseño.

Resultados y Discusión

La auditoría del corpus documental disponible identificó 17 entradas bibliográficas, cinco de ellas duplicadas. El corpus quedó constituido por 12 fuentes únicas, no por 17 informes incluidos. Dos fuentes correspondían a guías metodológicas; las 10 referencias temáticas restantes comprendían cuatro estudios primarios con estudiantes, tres revisiones o metaanálisis, dos auditorías del modelo sin alumnado y una guía educativa.

De acuerdo con los criterios de elegibilidad, los cuatro estudios primarios pasaron a evaluación detallada. La correspondencia con matemáticas de secundaria fue explícita en Bastani y Xing; Fütterer combinó física e inglés, y Ng abordó fuerza y movimiento dentro de ciencias. La elegibilidad definitiva dependió de la revisión del texto completo y de la separabilidad de los resultados. La documentación disponible no respaldó la cifra preliminar de 15 estudios incluidos, por lo que no se presentó como un resultado PRISMA verificado (Page et al., 2021; véase la Figura 2).

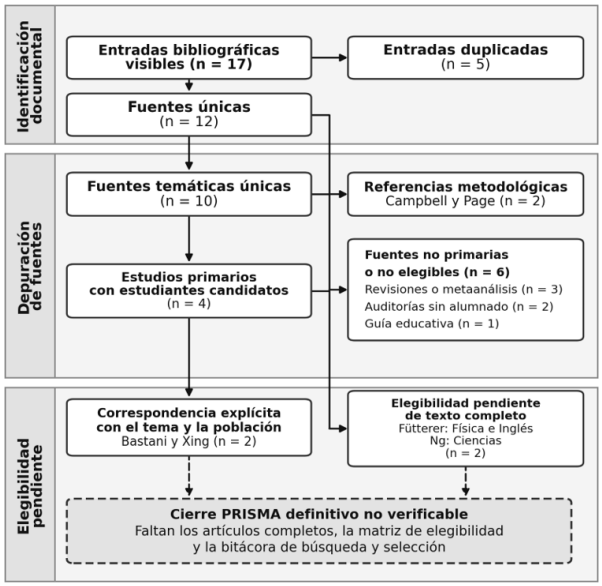


Figura 2. *Flujograma de auditoría del corpus documental antes del cierre PRISMA 2020.*

Fuente: Elaboración propia.

De los cuatro estudios primarios evaluados, tres aportaron hallazgos comparativos: un ensayo aleatorizado y dos estudios cuasiexperimentales. Los estudios compararon la IAG aplicada a matemáticas o física con la práctica sin IAG, un *chatbot* basado en reglas o un grupo de control. Informaron medidas de desempeño posterior sin asistencia o de conocimiento inmediato; ninguno evaluó de forma diferenciada la transferencia ni la retención (Tabla 1).

Tabla 1. *Características y hallazgos de los estudios primarios.*

Estudio	Diseño y población	Comparación y variable	Hallazgo principal
Bastani et al. (2025)	Ensayo aleatorizado por clases; cerca de mil estudiantes de los grados 9.º a 11.º en matemáticas.	*Chatbot* abierto, tutor generativo con salvaguardas y práctica habitual; rendimiento asistido y examen sin IAG.	La práctica mejoró un 48 % y un 127 %; sin asistencia, el *chatbot* abierto obtuvo un rendimiento 17 % inferior y el tutor no difirió del control.
Ng et al. (2024)	Cuasiexperimento de tres semanas; 74 estudiantes de cuarto curso de secundaria de Hong Kong.	*Chatbot* autorregulatorio generativo frente a *chatbot* basado en reglas; conocimiento de fuerza y movimiento.	El *chatbot* generativo superó al reglado en conocimiento posprueba (U = 462.5, p = .02, r = .35).
Xing et al. (2025)	Fase cuasiexperimental *pretest–postest*; 212 estudiantes de sexto a octavo grado de un distrito escolar del sureste de Estados Unidos.	ALTER-Math frente a Math Nation; conocimiento matemático antes y después de la intervención.	ALTER-Math produjo una mejora significativamente mayor del conocimiento matemático que Math Nation sin el agente generativo.

Fuente: Elaboración propia.

Se examinó si la formación y la mediación docente modificaron el uso real de la IAG y el aprendizaje independiente en secundaria. Se identificaron tres estudios primarios sobre

docentes de matemáticas, pero ninguno incluyó un comparador causal ni resultados estudiantiles sin asistencia. Por ello, se conservaron como evidencia contextual; la Figura 3 resume su alcance y el eslabón no evaluado (Atuahene y Boateng, 2026; Busuttil y Calleja, 2025; Trung et al., 2025).

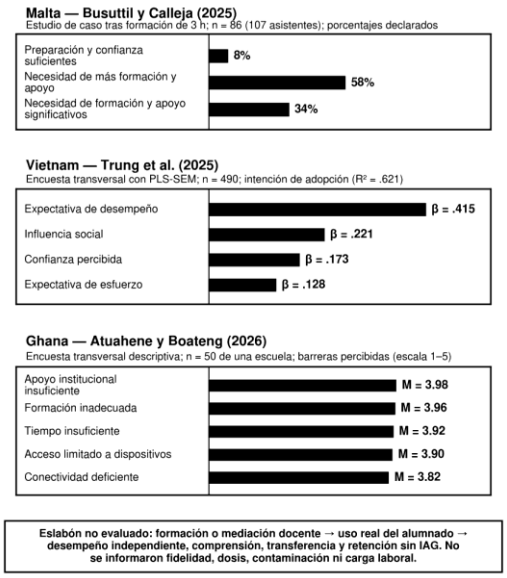


Figura 3. *Alcance de la evidencia docente sobre integración de ChatGPT y aprendizaje independiente en matemáticas de secundaria.*

Fuente: Elaboración propia.

Se examinó cuándo la actividad observable con IAG reflejó esfuerzo cognitivo productivo y cuándo coincidió con sustitución o búsqueda superficial de respuestas. Se identificaron cuatro estudios primarios sobre matemáticas, física o ciencias afines en secundaria. Ninguno cumplió simultáneamente el requisito de comparador y la medición objetiva posterior sin IAG establecidos en el protocolo; por ello, se conservaron como evidencia contextual y no se integraron en una estimación causal (Inowe, 2025; Lintner et al., 2026; Lnenicka y Coufal, 2026; Pan et al., 2026). La Figura 4 sintetiza la dirección de los hallazgos sin equiparar escalas ni diseños. Los marcadores distinguen cambios o asociaciones compatibles con participación productiva, resultados sin cambio claro y señales de sustitución. La representación no atribuye causalidad a encuestas transversales ni a estudios *pretest–postest* sin grupo de control.

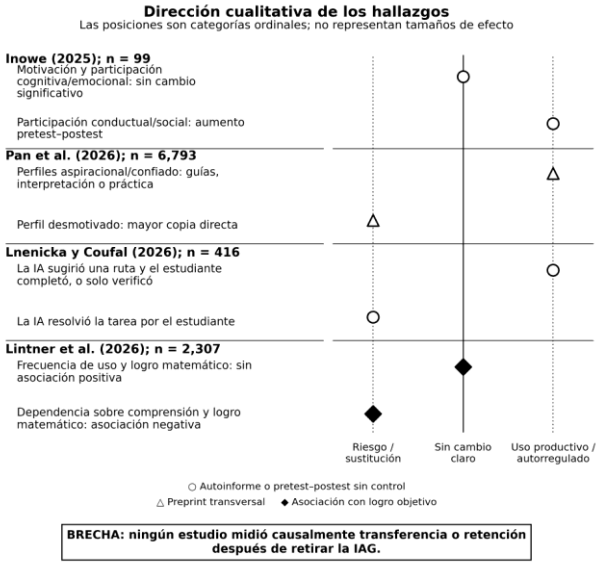


Figura 4. *Dirección de la evidencia contextual sobre participación productiva y sobre dependencia en matemáticas y física de secundaria.*

Fuente: Elaboración propia.

La evidencia disponible no respalda una conclusión uniforme sobre el efecto de la IAG en el aprendizaje de matemáticas y física en secundaria. Se observaron mejoras durante la práctica o en el conocimiento inmediato cuando el apoyo estuvo estructurado, pero esos resultados no demostraron de forma consistente desempeño independiente, comprensión conceptual, transferencia o retención después de retirar la herramienta (Bastani et al., 2025; Liu et al., 2026; Ng et al., 2024; Xing et al., 2025). Este patrón indica que la corrección del producto asistido no puede equipararse con la competencia que el estudiante conserva y aplica por sí mismo. La diferencia puede interpretarse mediante dos vías: andamiaje y sustitución. En la

primera, el estudiante realiza un intento, recibe una pista, contrasta principios y revisa su procedimiento; en la segunda, acepta una solución completa y externaliza las operaciones que debería aprender a ejecutar. Las salvaguardas redujeron el perjuicio observado con el acceso abierto, pero no demostraron una ventaja autónoma. Los apoyos orientados a la autorregulación o al aprendizaje por enseñanza ofrecieron señales favorables sin aislar con certeza el componente responsable (Bastani et al., 2025; Fütterer et al., 2026; Ng et al., 2024; Xing et al., 2025). El efecto educativo, por tanto, parece depender de la configuración de la ayuda, la exigencia de elaboración y la mediación pedagógica, no de la mera disponibilidad del sistema.

La interpretación también depende de la disciplina, la demanda cognitiva, la especificación del problema y la representación utilizada. Las auditorías mostraron que la calidad de las respuestas variaba ante tareas subespecificadas y que el sistema podía reproducir razonamientos propios de un principiante; esos estudios, sin embargo, evaluaron el modelo y no el aprendizaje del alumnado (Kortemeyer, 2023; Wang et al., 2024). Los resultados obtenidos en ejercicios procedimentales no deben generalizarse automáticamente a la modelización, el razonamiento gráfico o los problemas abiertos, ni debe asumirse que la fluidez de una explicación garantiza su exactitud conceptual. Los hallazgos sobre motivación, participación y autorregulación fueron heterogéneos. Una intervención generativa mostró ventajas frente a un chatbot basado en reglas, pero otros apoyos no superaron de forma consistente el uso estándar de ChatGPT en esfuerzo, conocimiento disciplinar o estrategias de elaboración (Fütterer et al., 2026; Ng et al., 2024). La evidencia contextual describió usos compatibles con la elaboración y la verificación, así como patrones de sustitución, copia o dependencia; sus diseños transversales o sin grupo de control impidieron establecer la dirección causal de esas relaciones (Inowe, 2025; Lintner et al., 2026; Lnenicka y Coufal, 2026; Pan et al., 2026). Las disposiciones docentes favorables coexistieron con necesidades de formación, tiempo e infraestructura, sin demostrar que la capacitación modificara el aprendizaje independiente del alumnado (Atuahene y Boateng, 2026; Busuttil y Calleja, 2025; Trung et al., 2025).

Respecto de la validez de la evaluación y la integridad académica, la evidencia incluida no permitió establecer qué rediseños preservan mejor la interpretación del desempeño individual. La capacidad del modelo para responder tareas académicas convencionales, junto con la disociación observada entre práctica asistida y examen sin ayuda, limita el valor de un producto no supervisado como indicador de dominio; esto amenaza la inferencia evaluativa, pero no demuestra de forma automática una conducta indebida (Bastani et al., 2025; Kortemeyer, 2023).

La resolución supervisada, la justificación oral, la evidencia del proceso, la declaración del tipo de asistencia y las pruebas posteriores sin acceso a la herramienta son opciones plausibles que aún deben compararse empíricamente (Miao y Holmes, 2023). La gobernanza, la privacidad y la reproducibilidad contaron con evidencia aún más escasa, pues el corpus no aportó estudios directos sobre incidentes, consentimiento de menores, flujos de datos o cumplimiento institucional en esta población. Las revisiones disponibles señalaron problemas de transparencia, privacidad y preparación tecnológica, pero no permitieron estimar su frecuencia ni sus consecuencias educativas (Alfarwan, 2025; Zhang et al., 2026). La

ausencia de datos no demuestra seguridad ni daño. Una intervención reproducible debe documentar el modelo, la versión, la fecha de acceso, la interfaz, la configuración, las instrucciones, la dosis y las modificaciones, además del consentimiento, la supervisión humana y las medidas de protección aplicables a menores (Miao y Holmes, 2023).

La interpretación de los hallazgos está limitada por la escasez de estudios comparativos directamente pertinentes, la brevedad de las intervenciones y la diversidad de poblaciones, comparadores, tareas, configuraciones e instrumentos. Los estudios contextuales ampliaron la comprensión de los usos reales, pero sus medidas autoinformadas y diseños no controlados impiden atribuir efectos a la herramienta. Tampoco se dispuso de evidencia suficiente sobre transferencia, retención, equidad, rediseño evaluativo o gobernanza, ni de una valoración formal de la certeza. La ausencia de una síntesis cuantitativa y la prudencia de las conclusiones están, por tanto, metodológicamente justificadas (Campbell et al., 2020).

Entre las fortalezas de la revisión se encuentran la delimitación explícita de la población, la intervención, los comparadores, los resultados y el seguimiento; la prioridad concedida a resultados objetivos sin asistencia; y la separación entre evidencia comparativa y contextual, en concordancia con una síntesis narrativa transparente (Campbell et al., 2020; Page et al., 2021). La restricción idiomática, el flujo documental todavía no conciliado, la separabilidad incierta de algunos resultados por disciplina y la ausencia de una valoración formal de la certeza reducen, no obstante, la completitud de la revisión y obligan a considerar provisionales sus conclusiones.Se requieren estudios prerregistrados que comparen configuraciones abiertas y salvaguardadas, midan el desempeño sin asistencia, la transferencia y la retención, y documenten la fidelidad, la contaminación, la equidad y la gobernanza. Hasta que se disponga de esa evidencia, la IAG debería utilizarse como andamiaje verificable y de retirada progresiva, no como sustituto del razonamiento ni como evidencia automática de competencia individual, con preservación de la agencia y la protección del alumnado (Miao y Holmes, 2023; Zhang et al., 2026).

Conclusiones

En estudiantes de educación secundaria que emplearon IAG para resolver problemas de matemáticas o física, la evidencia revisada no permitió establecer un beneficio uniforme para el aprendizaje independiente. El apoyo estructurado mostró señales favorables durante la práctica o en el conocimiento inmediato, pero la entrega abierta de soluciones pudo mejorar el producto asistido sin asegurar que el desempeño se mantuviera al retirar la herramienta. Su valor educativo depende, por ello, de que funcione como andamiaje para analizar, justificar y verificar, no como sustituto del razonamiento del estudiante.

Estas conclusiones son provisionales debido a la escasez de estudios comparativos directamente pertinentes, la brevedad de las intervenciones y la heterogeneidad de poblaciones, disciplinas, tareas, configuraciones, comparadores e instrumentos. La evidencia sobre motivación, autorregulación y mediación docente fue principalmente contextual y no permitió atribuir efectos causales. La transferencia, la retención, la equidad, el rediseño de la evaluación, la privacidad y la gobernanza permanecieron insuficientemente estudiados. La ausencia de una valoración formal de la certeza y las inconsistencias pendientes en la delimitación del

corpus también restringen la interpretación. Si se incorpora en la práctica educativa, conviene exigir un intento previo, proporcionar pistas graduadas, solicitar justificaciones y comprobaciones independientes, y retirar progresivamente la ayuda bajo mediación docente. La evaluación del aprendizaje debería priorizar el proceso, la resolución supervisada y el desempeño posterior sin asistencia. Las instituciones, a su vez, deben documentar el modelo, la versión, la configuración y los flujos de datos, y proteger la información de los menores.

La investigación futura debe comparar configuraciones abiertas y salvaguardadas mediante estudios prerregistrados que midan la comprensión conceptual, la transferencia, la retención, la detección de errores y la calibración metacognitiva, además de la fidelidad, la contaminación y los efectos diferenciales entre grupos. Hasta disponer de evidencia más sólida, la IAG debe considerarse un apoyo pedagógico condicionado y verificable, no una garantía de aprendizaje ni una evidencia automática de competencia individual.

Referencias Bibliográficas

Alfarwan, A. (2025). Generative AI use in K-12 education: A systematic review. *Frontiers in Education*, *10*, Article 1647573. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1647573

Atuahene, E., & Boateng, F. O. (2026). Mathematics teachers' awareness, perceptions, and challenges in using ChatGPT. *Discover Education*, *5*, Article 88. https://doi.org/10.1007/s44217-025-01083-4

Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakcı, Ö., & Mariman, R. (2025). Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *122*(26), Article e2422633122. https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122

Busuttil, L., & Calleja, J. (2025). Teachers' beliefs and practices about the potential of ChatGPT in teaching mathematics in secondary schools. *Digital Experiences in Mathematics Education*, *11*, 140–166. https://doi.org/10.1007/s40751-024-00168-3

Campbell, M., McKenzie, J. E., Sowden, A., Katikireddi, S. V., Brennan, S. E., Ellis, S., Hartmann-Boyce, J., Ryan, R., Shepperd, S., Thomas, J., Welch, V., & Thomson, H. (2020). Synthesis without meta-analysis (SWiM) in systematic reviews: Reporting guideline. *BMJ*, *368*, Article l6890. https://doi.org/10.1136/bmj.l6890

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

Fütterer, T., Bardach, L., Kuhn, J., Keller, S. D., & Gerjets, P. (2026). Enhancing school students' self-regulated learning through generative AI support: A randomized controlled trial. *Educational Psychology Review*, *38*, Article 42. https://doi.org/10.1007/s10648-026-10133-8

Inowe, Z. N. (2025). ChatGPT on STEM 12 students' perception, motivation, engagement and understanding graphs in kinematics: An exploration. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, *9*(7), 2283–2314. https://doi.org/10.47772/IJRISS.2025.907000188

Kortemeyer, G. (2023). Could an artificial-intelligence agent pass an introductory physics course? *Physical Review Physics Education Research*, *19*(1), Article 010132. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010132

Lintner, T., Juhaňák, L., Žáková, M., Plch, L., & Ropovik, I. (2026). Generative AI use and academic achievement: A cross-sectional study of Czech seventh-grade students. *Education and Information Technologies*, Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s10639-026-14002-3

Liu, B., Zhang, W., & Wang, F. (2026). Can generative artificial intelligence effectively enhance students' mathematics learning outcomes?—A meta-analysis of empirical

studies from 2023 to 2025. *Education Sciences*, *16*(1), Article 140. https://doi.org/10.3390/educsci16010140

Lnenicka, M., & Coufal, P. (2026). Navigating AI in STEM: What secondary students actually do with generative AI-driven tools. *International Journal of STEM Education*, *13*, Article 36. https://doi.org/10.1186/s40594-026-00637-8

Martin, F., Zhuang, M., & Schaefer, D. (2024). Systematic review of research on artificial intelligence in K-12 education (2017–2022). *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *6*, Article 100195. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100195

Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research.* UNESCO. https://doi.org/10.54675/EWZM9535

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*(4), 1328–1353. https://doi.org/10.1111/bjet.13454

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

Pan, E. Z., Glick, D., & Xu, Y. (2026). *How motivation relates to generative AI use: A large-scale survey of Mexican high school students* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2603.19263

Trung, L. T. B. T., Thanh Trung, T., & Dung, T. M. (2025). ChatGPT in Vietnamese math classrooms: What are the influencing factors behind teachers' adoption? *Journal of Pedagogical Research*, *9*(2), 72–88. https://doi.org/10.33902/JPR.202531924

Wang, K. D., Burkholder, E., Wieman, C., Salehi, S., & Haber, N. (2024). Examining the potential and pitfalls of ChatGPT in science and engineering problem-solving. *Frontiers in Education*, *8*, Article 1330486. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1330486

Xing, W., Song, Y., Li, C., Liu, Z., Zhu, W., & Oh, H. (2025). Development of a generative AI-powered teachable agent for middle school mathematics learning: A design-based research study. *British Journal of Educational Technology*, *56*(5), 2043–2077. https://doi.org/10.1111/bjet.13586

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*(2), Article e3489. https://doi.org/10.1002/rev3.3489

Zhang, P., & Tur, G. (2024). A systematic review of ChatGPT use in K-12 education. *European Journal of Education*, *59*(2), Article e12599. https://doi.org/10.1111/ejed.12599

Zhang, T., Lai, Y. C., & Yu, P. L. H. (2026). Generative artificial intelligence in K-12 education: A systematic review. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, *21*, Article 34. https://doi.org/10.58459/rptel.2026.21034

Zhao, J., Chapman, E., & Ghassemi Pour Sabet, P. (2024). Generative AI and educational assessments: A systematic review. *Education Research & Perspectives*, *51*, 124–155. https://doi.org/10.70953/ERPv51.2412006

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Luis Teodoro Zambrano Rodríguez, Hansel Francisco Camacho Vega, Marlon Mauricio Mayea Macias y Jessenia Rosario Vela Aguilar.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT).

Luis Teodoro Zambrano Rodríguez: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

Hansel Francisco Camacho Vega: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

Marlon Mauricio Mayea Macias: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

Jessenia Rosario Vela Aguilar: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.

Declaración de financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.

Declaración del editor

El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.

Declaración de los revisores

Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.

Declaración ética de la investigación

Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.