

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE EDUCACIÓN**



**El uso de aplicaciones de la Inteligencia Artificial Generativa en la
enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas a nivel universitario:
aspectos favorables y desfavorables**

Tesis para obtener el título profesional de Licenciado en Educación con
especialidad en Educación para el Desarrollo que presenta:

Luis Fernando Diaz Basurco

Asesora:

Elizabeth Milagro Advincula Clemente


Lima, 2025

Informe de Similitud

Yo, Elizabeth Milagro Advíncula Clemente, docente de la Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado “*El Uso de Aplicaciones de la Inteligencia Artificial Generativa en la Enseñanza-Aprendizaje de las Matemáticas a Nivel Universitario: Aspectos Favorables y Desfavorables*”, del autor Luis Fernando Díaz Basurco, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 5 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 08/08/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

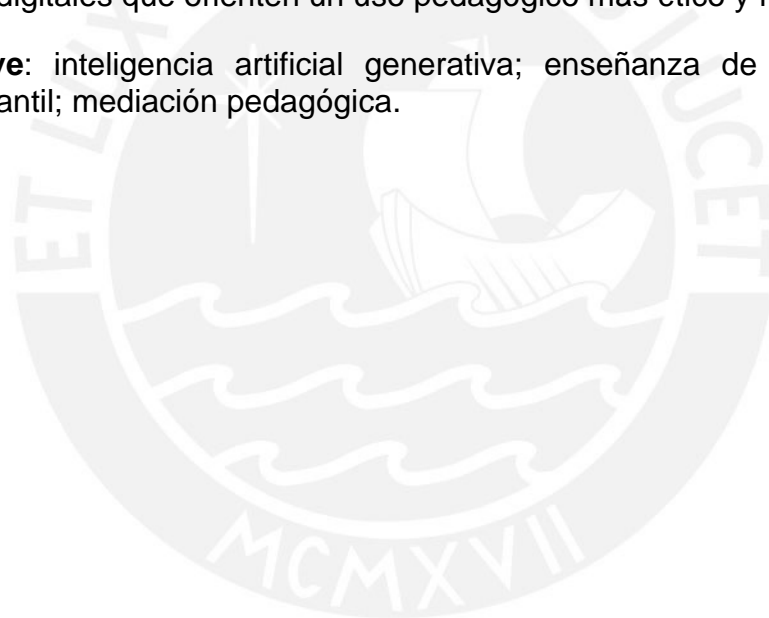
Lugar y fecha: Lima, 8 de agosto de 2025

Apellidos y nombres de la asesora: <u>Advíncula Clemente, Elizabeth Milagro</u>	
DNI: 09849904	Firma 
ORCID: 0000-0003-3941-3139	

RESUMEN

El presente trabajo aborda el impacto pedagógico de la inteligencia artificial generativa (IAG) en cursos universitarios de matemática. Su uso se ha extendido con rapidez entre los estudiantes, lo que plantea preguntas urgentes sobre sus efectos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El objetivo principal es analizar los aspectos favorables y desfavorables de esta integración, considerando el contexto académico y las prácticas docentes actuales. La metodología se basa en una revisión crítica de 24 investigaciones publicadas entre 2023 y 2025, seleccionadas en Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore y Google Scholar. Los estudios incluidos presentan enfoques teóricos, descriptivos, fenomenológicos, experimentales y empíricos, todos centrados en el uso didáctico de la IAG en matemática universitaria. Los hallazgos muestran que la IAG favorece la personalización del aprendizaje, estimula la resolución de problemas y agiliza la retroalimentación. Sin embargo, también se evidencian riesgos como la dependencia excesiva, la pérdida de autonomía intelectual y la disminución de la fiabilidad en ciertos contenidos. A partir de estos hallazgos, se propone reforzar el rol docente, revisar las políticas institucionales y promover competencias digitales que orienten un uso pedagógico más ético y reflexivo.

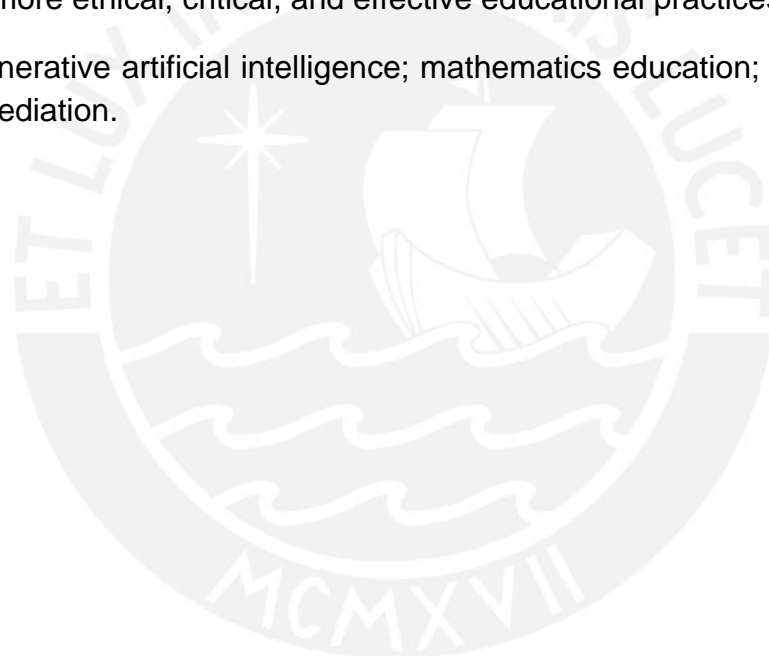
Palabras clave: inteligencia artificial generativa; enseñanza de la matemática; agencia estudiantil; mediación pedagógica.



ABSTRACT

This research explores the pedagogical impact of generative artificial intelligence (GAI) in university-level mathematics courses. As GAI becomes increasingly embedded in student learning practices, urgent questions arise about its role in shaping the teaching–learning process. The main objective is to analyze both the favorable and unfavorable aspects of GAI integration within higher education, emphasizing the need for pedagogical and institutional reflection. Methodologically, the study is based on a critical review of 24 research articles published between 2023 and 2025, selected from databases such as Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore, and Google Scholar. These sources present theoretical, descriptive, phenomenological, experimental, and empirical approaches, all focused on the educational use of GAI in mathematics. Findings suggest that GAI supports the personalization of learning, encourages problem-solving skills, and speeds up feedback mechanisms. However, risks are also identified, including technological dependence, decreased student autonomy, and issues with content reliability. In response, the study highlights the importance of active teaching mediation, institutional policies, and digital competencies that can guide GAI usage toward more ethical, critical, and effective educational practices.

Keywords: generative artificial intelligence; mathematics education; student agency; pedagogical mediation.



ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO 1.....	12
ASPECTOS FAVORABLES DE LA IAG EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS UNIVERSITARIAS.....	12
1.1 PERSONALIZACIÓN DEL APRENDIZAJE.....	12
1.1.1 La personalización desde la perspectiva teórica.....	13
1.1.2 La personalización desde revisiones bibliográficas.....	14
1.1.3 La personalización desde la percepción de los usuarios	15
1.1.4 La personalización desde las voces de los usuarios.....	16
1.1.5 La personalización desde el aula: evidencias empíricas recientes	18
1.2 RETROALIMENTACIÓN INMEDIATA	20
1.2.1 Retroalimentación inmediata desde la perspectiva teórica	20
1.2.2 Retroalimentación inmediata desde una revisión de estudios	22
1.2.3 Retroalimentación inmediata desde las percepciones de los usuarios	23
1.2.4 Retroalimentación inmediata desde la experiencia de los usuarios	25
1.2.5 Retroalimentación inmediata desde la experiencia en aula	26
1.3 DESARROLLO DE HABILIDADES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	28
1.3.1 La IAG en la fase de comprensión del problema	28
1.3.2 La IAG en la planificación de la solución del problema	29
1.3.3 La IAG como asistente en la ejecución de la solución	31
1.3.4 La IAG para verificar y profundizar el aprendizaje	32
CAPÍTULO 2.....	35
ASPECTOS DESFAVORABLES DE LA IAG EN LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS UNIVERSITARIAS	35
2.1 DEPENDENCIA EXCESIVA	35
2.1.1 Dependencia de la IAG desde un enfoque teórico.....	36
2.1.2 Dependencia de la IAG desde una perspectiva fenomenológica	38
2.1.3 Dependencia de la IAG desde la percepción del usuario.....	38
2.1.4 Dependencia de la IAG desde la experiencia en el aula.....	40
2.2 RIESGOS DE PLAGIO Y FALTA DE ORIGINALIDAD.....	42
2.2.1 Naturaleza del problema	42
2.2.2 Factores agravantes: alucinaciones y validación acrítica.....	42
2.2.3 Estrategias de mitigación propuestas	42
2.3 FALTA DE PRECISIÓN Y FIABILIDAD EN EL USO DE LA IAG	44

2.3.1	Enfoques teóricos sobre la falta de precisión y fiabilidad.....	44
2.3.2	Enfoques descriptivos orientados a la supervisión y validación.....	46
2.3.3	Enfoques que transforman la imprecisión en oportunidad.....	48
2.3.4	Enfoques de acción guiada frente a la imprecisión de la IAG.....	49
CONCLUSIONES.....		52
REFERENCIAS.....		54



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Tipología de las fuentes analizadas en la revisión bibliográfica</i>	10
Tabla 2	<i>Aportes desde enfoques teóricos a la personalización mediada por la IAG</i>	13
Tabla 3	<i>Aporte desde las revisiones a la personalización mediada por IAG</i>	15
Tabla 4	<i>Aportes desde las percepciones a la personalización mediada por IAG</i>	16
Tabla 5	<i>Aportes desde los usuarios a la personalización mediada por IAG</i>	17
Tabla 6	<i>Aportes desde el aula a la personalización mediada por IAG</i>	18
Tabla 7	<i>Dimensiones de la personalización en matemáticas mediada por IAG</i>	19
Tabla 8	<i>Aportes según enfoques teóricos a la retroalimentación mediada por IAG</i>	21
Tabla 9	<i>Aportes según las revisiones a la retroalimentación mediada por IAG</i>	22
Tabla 10	<i>Aportes desde las percepciones a la retroalimentación mediada por IAG</i>	24
Tabla 11	<i>Aporte desde la experiencia a la retroalimentación mediada por IAG</i>	25
Tabla 12	<i>Aportes desde el aula a la retroalimentación mediada por IAG</i>	26
Tabla 13	<i>Dimensiones y aportes de la retroalimentación mediada por IAG</i>	27
Tabla 14	<i>Limitaciones de la IAG para la comprensión de los problemas</i>	29
Tabla 15	<i>Aportes de la IAG en la planificación de la resolución de problemas</i>	30
Tabla 16	<i>Aportes de la IAG en la ejecución de la resolución de problemas</i>	31
Tabla 17	<i>Aportes de la IAG en la verificación de los problemas</i>	32
Tabla 18	<i>Aportes de la IAG en las cuatro fases de la resolución de problemas</i>	33
Tabla 19	<i>Efectos de la dependencia de la IAG en el aprendizaje matemático</i>	36
Tabla 20	<i>Aspectos de la dependencia a la IAG desde enfoques teóricos</i>	37
Tabla 21	<i>Riesgos de la dependencia a la IAG desde las percepciones</i>	39
Tabla 22	<i>Experiencias en aula sobre dependencia de la IAG</i>	40
Tabla 23	<i>Dimensiones del riesgo por dependencia y roles docentes de mitigación</i>	41
Tabla 24	<i>Dimensiones afectadas por la falta de originalidad en el uso de IAG</i>	43
Tabla 25	<i>Aportes para mitigar la falta de fiabilidad en el uso de la IAG</i>	50

INTRODUCCIÓN

La adopción acelerada de herramientas como ChatGPT por parte de los estudiantes universitarios contrasta con la respuesta aún incipiente de muchas instituciones para adaptar sus modelos pedagógicos (Heung & Chiu, 2025). Aunque estas tecnologías permiten —entre otras funciones— generar soluciones paso a paso o simular problemas contextualizados (Vankúš, 2024), su integración efectiva requiere más que entusiasmo: demanda una revisión crítica del rol docente. Como advierten Riemer & Peter (2024), el verdadero desafío no reside en la tecnología en sí, sino en evitar que su implementación derive en respuestas automáticas que prioricen la eficiencia sobre el aprendizaje significativo.

Esta versatilidad técnica, sin una mediación adecuada, conlleva riesgos pedagógicos. La literatura identifica tres efectos problemáticos asociados al uso no regulado de la IAG en matemáticas: (a) el debilitamiento de la autonomía cognitiva, observable en la disminución de intentos por resolver problemas de forma independiente (Serrano & Moreno-García, 2024); (b) la pérdida de autonomía intelectual, señalada por Darvishi et al. (2024); y (c) la aceptación acrítica de contenidos erróneos. Sobre este último punto, Hernández (2025) documenta casos en los que la IAG aplica de manera incorrecta teoremas básicos, como el de Pitágoras, generando ecuaciones “sin relación lógica” (p. 23).

En este contexto, la presente investigación persigue un doble propósito: (a) sistematizar las oportunidades pedagógicas que ofrecen herramientas como ChatGPT, Gemini o Copilot en la enseñanza de las matemáticas universitarias, y (b) proponer estrategias de implementación fundamentadas en hallazgos empíricos que permitan minimizar sus riesgos. Este estudio, a partir de diversas experiencias investigativas, busca mostrar cómo se está utilizando la inteligencia artificial generativa (IAG) en el aprendizaje de las matemáticas universitarias. Esta revisión da a conocer propuestas prácticas y teóricas que pueden servir a los docentes y a las instituciones a integrar el uso de estas herramientas en la formación matemática universitaria de forma responsable sin comprometer los principios de calidad académica.

A partir de este marco, se establece la pregunta central que guía el estudio:

¿Cuáles son los aspectos favorables y desfavorables del uso de la inteligencia artificial generativa en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas a nivel universitario?

De donde se desprende el objetivo general del estudio: Analizar los aspectos favorables y desfavorables del uso de la inteligencia artificial generativa en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en el nivel universitario.

Además, se desprenden los siguientes objetivos específicos:

1. Describir los beneficios potenciales que ofrece la inteligencia artificial generativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en el contexto universitario.
2. Examinar los principales desafíos y riesgos asociados con el uso de estas tecnologías en dicho ámbito.

En vista de que en este estudio está de por medio las herramientas de IAG, es necesario comprender que lo hace diferentes a las otras herramientas IA tradicionales (IA) para ello hacer un recuento breve de su historia resulta esclarecedor.

Los intentos del hombre por encontrar tecnologías que puedan interactuar con el hombre se remontan desde los inicios de la aparición de la inteligencia artificial. Fue a partir de mediados del siglo XX, que la relación entre las personas y los sistemas digitales cambió notablemente. Un ejemplo temprano fue ELIZA (Weizenbaum, 1966.), un programa sencillo que simulaba diálogos fue el que sentó las bases para las futuras herramientas de interacción conversacional. Los avances continuaron como el de ALICE en los años noventa, y 'más recientemente los modelos generativos actuales, que usan redes neuronales y grandes volúmenes de datos para generar respuestas dieron un gran cambio al uso de estas herramientas con repercusiones muy útiles desde una perspectiva didáctica (Serrano & Moreno-García, 2024).

Las herramientas de inteligencia artificial tradicional han sido usadas en el contexto educativo, si bien ha tenido acogida en algunos ámbitos, su aceptación no ha sido de la forma que lo ha tenido las herramientas IA generativas. La gran diferencia es clave para dimensionar su aplicación educativa. Mientras la IA clásica trabaja con reglas fijas, la IAG tiene capacidad de dialogar, crea respuestas nuevas basadas en texto o imágenes, adaptándose al usuario (Ng et al., 2025). Esto en el campo educativo tiene un gran impacto porque permite crear experiencias de aprendizaje más personalizadas, ajustadas al ritmo y estilo de cada estudiante.

Desde la perspectiva docente, la práctica demuestra que la IAG facilita el diseño de tareas, ejercicios y materiales según el nivel del estudiante, liberando al docente del tiempo necesario para dedicarse a otros aspectos que el diseño de estrategias de aprendizaje usando estas herramientas. (Monzón, 2023; Wijaya et al., 2024). Ofreciendo además aportes concretos frente a métodos convencionales, como simulaciones matemáticas y el desarrollo de problemas matemáticos auténticos que desarrollen habilidades como el pensamiento crítico y la creatividad (Lindfors, 2024)

Desde la perspectiva del estudiante, su facilidad y disponibilidad conlleva a riesgos por una confianza excesiva que genera dependencia y afecta la autoconfianza y el juicio crítico del estudiante (Wijaya et al., 2024). Por eso hay la necesidad de un acompañamiento mediado por un docente capacitado para guiar su uso con protocolos institucionales que apunten al desarrollo de habilidades cognitivas y fortalezcan autorregulación (Monzón, 2023).

Este estudio se inscribe en la línea de investigación sobre currículo y didáctica, y se basa en una revisión crítica de literatura académica sobre el uso de la IAG en la enseñanza universitaria de las matemáticas. Se adoptó un enfoque cualitativo y se aplicaron tres estrategias: (1) selección intencional de estudios centrados en beneficios y riesgos pedagógicos, (2) análisis temático de aspectos didácticos, cognitivos y éticos, y (3) triangulación entre teoría, práctica docente y experiencias en diverso curso de matemática universitaria como cálculo, ecuaciones diferenciales, cálculo multivariable, geometría, álgebra probabilidades y también en el diseño de tareas matemáticas por parte de docentes.

Se analizaron 24 estudios seleccionados de bases académicas como Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore y Google Scholar, publicados entre 2023 y 2025, en español o inglés. Se incluyeron investigaciones teóricas, reflexivas, de revisión bibliográfica, descriptivas basada en encuestas o entrevistas, descriptivas basadas en experiencias empíricas, experimentales, de acción guiada, siempre relacionadas con el uso de la IAG en educación matemática superior en contextos STEM. Se excluyeron trabajos no universitarios que no aborden directamente el uso de la IAG sin enfoque pedagógico claro o sin acceso completo.

Siguiendo principios de transparencia Nakagawa et al. (2023), se aclara que la IAG solo se usó como apoyo técnico: para revisar sintaxis, dar formato a citas y ordenar el texto. El análisis y las decisiones metodológicas fueron realizadas completamente por el autor.

La siguiente tabla resume los enfoques metodológicos más relevantes de los estudios analizados y ofrece ejemplos representativos de cada uno.

Tabla 1

Tipología de las fuentes analizadas en la revisión bibliográfica.

Enfoque metodológico	Cantidad	Ejemplo representativo
Teórico-reflexivos	4	Análisis crítico de marcos pedagógicos para la IAG
Auto etnográfico	1	Visión crítica de la IAG en matemáticas
Revisiones sistemáticas	2	Metaanálisis sobre compromiso académico
Descriptivos	7	Encuestas sobre adopción docente en 12 universidades
Fenomenológicos	2	Experiencias estudiantiles con tutores de IA
Experimentales	2	Ensayo controlado sobre ingeniería de <i>prompts</i>
Empíricos no experimentales	6	Estudios de caso en cálculo multivariable
Total	24	

Nota. Elaboración propia.

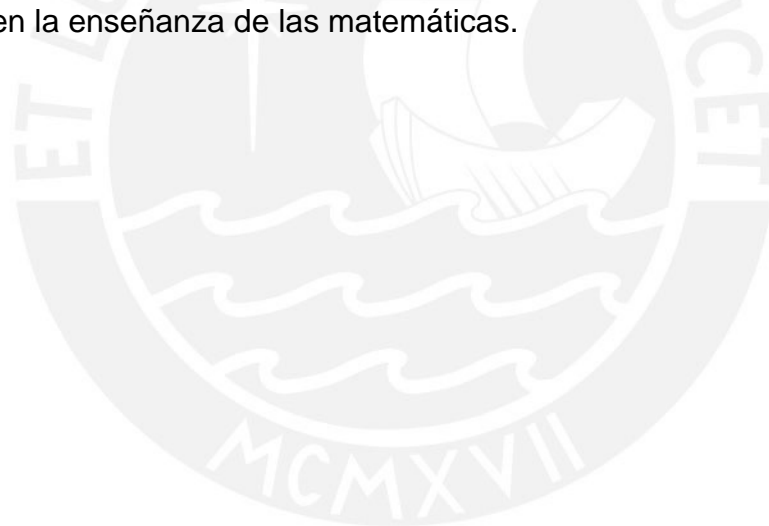
El análisis, contiene dos capítulos que responden a los objetivos del estudio, estos a su vez se organizaron en secciones siguiendo una secuencia metodológica progresiva según enfoques metodológicos, empezando por estudios con enfoques teóricos reflexivos, luego de revisiones sistemáticas, fenomenológicos, descriptivos, experimentales y empíricos con el objetivo de vincular las conceptualizaciones teóricas con su aplicación en el aula.

La sección Desarrollo de Habilidades en la Resolución de Problemas, tuvo un tratamiento diferenciado, se centró en el papel de la IAG dentro de las etapas de resolución de problemas propuestas por Pólya (2004) también en la sección de cómo

afecta la IAG en el Plagio y Falta de Originalidad se vio desde una perspectiva formadora más que ética. en clave formativa más que ética.

El estudio muestra desde diferentes visiones el notable potencial de la IAG en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, resaltando que un adecuado acompañamiento pedagógico, ayuda a fortalecer habilidades cognitivas profundas como es la resolución de problemas auténticos y transferibles. También se identifican riesgos que no se atribuyen tanto a la herramienta en sí, sino a su uso sin guía pedagógica adecuada.

La mayor parte de los estudios provienen de diferentes nacionalidades y están en inglés y pocos en español lo que refleja un comportamiento global del uso de estas herramientas y no necesariamente se pueden extender a casos locales. Cabe señalar que varias áreas de la matemática aún no han sido abordadas, hay muchas que no se han incluido, que presentan diferencias tanto por su contenido como por nivel de profundidad, lo que da lugar a una gran oportunidad para explorar y ver sus implicaciones en la enseñanza de las matemáticas.



CAPÍTULO 1

ASPECTOS FAVORABLES DE LA IAG EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS UNIVERSITARIAS

Los aspectos favorables del uso de IAG en la enseñanza de las matemáticas universitarias se abordarán desde tres dimensiones. La primera se centra en cómo estas herramientas pueden adaptarse al ritmo y estilo cognitivo, emocional y conductual de cada estudiante, favoreciendo una personalización del aprendizaje. La segunda analiza su capacidad para ofrecer retroalimentación inmediata y cómo esta puede aprovecharse en los procesos de enseñanza y aprendizaje. La tercera examina de qué forma la IAG puede contribuir al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas matemáticos.

1.1 PERSONALIZACIÓN DEL APRENDIZAJE

En esta sección se revisarán diversos estudios que analizan el aporte de la IAG en la personalización del aprendizaje matemático en la educación superior. Esta perspectiva va más allá de adaptar el ritmo de las clases; implica responder a las distintas formas de pensar, comprender y sentir que influyen en cómo aprende cada estudiante (Bulger, 2016; Serrano & Moreno-García, 2024). Como advierte Sharma (2024), también requiere atender los bloqueos afectivos que generan ansiedad y frustración matemática, factores comunes en este campo y que deben ser abordados desde una perspectiva formadora.

Desde esta mirada, personalizar supone lo siguiente:

- Diagnosticar con claridad el nivel de comprensión conceptual
- Ajustar ritmos y formas de presentación según el estilo de aprendizaje
- Representar los contenidos en distintos formatos (simbólico, visual, verbal)
- Ofrecer estrategias de resolución adaptadas a las necesidades individuales (Bonilla Marín et al., 2024; Govender, 2024; Sharma, 2024).

El objetivo no es solo favorecer la comprensión de los contenidos matemáticos, sino también contribuir al desarrollo de estudiantes autónomos, críticos y seguros en sus procesos de pensamiento.

1.1.1 La personalización desde la perspectiva teórica

Los estudios analizados coinciden en que la IAG permite personalizar el aprendizaje ajustándose al ritmo, intereses, conocimiento previo y estilo cognitivo de los usuarios. El cuadro que a continuación se presenta, compara los marcos analíticos más relevantes sobre personalización del aprendizaje, señalando su convergencia funcional y las diferentes orientaciones teóricas que la sustentan.

Tabla 2

Aportes desde enfoques teóricos a la personalización mediada por la IAG.

Autor/es	Enfoque teórico y metodológico	Aporte distintivo
Blake (2023)	Constructivismo + conectivismo	Considera a la IAG un "nodo crítico" para crear trayectorias de aprendizaje individualizadas (p. 11, traducción propia)
Govender (2024)	Análisis instruccional práctico	Destaca su capacidad para ajustar dificultad, detectar lagunas y mantener fluidez de aprendizaje
Rane (2023)	Modelo aplicado en resolución matemática	Subraya el uso de la IAG como facilitador de estrategias adaptativas
Opesemowo & Ndlovu (2024)	Auto etnografía crítica con enfoque sociotécnico	Exploran tensiones, riesgos y oportunidades, destacando la importancia de guiar su implementación

Nota. Elaboración propia.

Aunque hay consenso entre los autores en torno al amplio potencial que tiene la IAG en la enseñanza de las matemáticas, coinciden también en señalar sus límites. Al tratarse de una tecnología sin emociones ni sensibilidad, no puede reemplazar el vínculo humano que el docente establece con sus estudiantes en el plano motivacional, afectivo y ético.

Además, alertan sobre el uso irreflexivo de las respuestas automatizadas, que, si se aceptan sin análisis, pueden afectar el pensamiento crítico del estudiante. Sumado a esto, la calidad de la información generada por la IAG no siempre es fiable,

lo que requiere validación constante por parte de un profesional con criterio pedagógico.

En cuanto al rol del docente en este contexto, las posturas varían según los autores: Se tienen distintas propuestas:

- Blake (2023) lo concibe como mediador reflexivo de los saberes que produce la IAG.
- Govender (2024) lo plantea como diseñador pedagógico.
- Rane (2023) destaca su función en el fomento de la autonomía intelectual.
- Opesemowo & Ndlovu (2024) lo describen como garante ético y crítico del entorno educativo.

Los estudios teóricos coinciden en que la IAG tiene un gran potencial para personalizar el aprendizaje de las matemáticas. Sin embargo, su aplicación efectiva requiere la presencia de un docente consciente, capaz de promover la autonomía del estudiante y asegurar un uso ético y pedagógico de estas herramientas.

1.1.2 La personalización desde revisiones bibliográficas

Resaltamos dos estudios de la revisión bibliográfica, Heung & Chiu (2025) y Salih et al. (2024), que analizan el impacto de la IAG en la personalización del aprendizaje universitario. Si bien adoptan enfoques metodológicos distintos, comparten puntos de coincidencia y presentan matices que enriquecen la comprensión del tema, los cuales presentamos a continuación:

- La IAG permite tutorías adaptativas y rutas de aprendizaje individualizadas
- Favorece el acompañamiento personalizado y la generación de contenidos según desempeño. Así,
 - “ChatGPT ofrece retroalimentación inmediata y apoyo individualizado” (Heung & Chiu, 2025, p. 7, traducción propia)
 - “Estas herramientas pueden crear rutas de aprendizaje adaptativas según el desempeño del estudiante” (Salih et al., 2024, p. 10, traducción propia)

Ambos estudios destacan la necesidad de una mediación crítica, como bien señala Heung y Chiu (2025, p. 8, traducción propia): “Estas herramientas deben contar con la guía adecuada de los docentes” y lo confirma Salih et al. (2024) al mencionar que “El profesorado debe actuar como garante ético y diseñador de experiencias significativas”.

La siguiente tabla compara dos revisiones recientes sobre el uso educativo de la IAG, destacando su coincidencia en torno a la personalización del aprendizaje y el papel estratégico del docente, desde perspectivas metodológicas complementarias.

Tabla 3

Aporte desde las revisiones a la personalización mediada por IAG.

Estudio	Enfoque metodológico	Aporte distintivo	Rol docente propuesto
Heung y Chiu (2025)	Revisión sistemática con metaanálisis (17 estudios)	Efecto positivo en el compromiso cognitivo ($g = 0.55$; $p < 0.05$)	Supervisar y acompañar el uso de IAG para prevenir dependencia
Salih et al. (2024)	Revisión conceptual	Introduce la ingeniería de prompts como competencia docente clave	Curador, diseñador, guía crítico y garante ético del proceso

Nota. Elaboración propia.

Mientras Salih et al., resalta la generación de contenidos adaptativos y la necesidad de que el docente domine la ingeniería de prompts, Heung y Chiu (2025) enfatiza su valor como soporte para la atención personalizada en contextos de alta demanda. Ambos coinciden en que, pese a sus ventajas, la IAG presenta limitaciones importantes: carencia de inteligencia emocional, poca eficacia ante problemas complejos y riesgo de dependencia si no se aplica bajo una mediación docente crítica y sostenida.

1.1.3 La personalización desde la percepción de los usuarios

Dos estudios recientes, Chan y Hu (2023) y Youssef et al. (2024), ofrecen una mirada complementaria sobre cómo los estudiantes universitarios viven la personalización del aprendizaje mediada por IAG, especialmente a través de herramientas como ChatGPT. Aunque sus enfoques metodológicos son distintos, ambos coinciden en una idea central: la experiencia de contar con un “tutor virtual” que se adapta al ritmo, las necesidades y el estilo de aprendizaje del usuario (Chan & Hu, 2023, p. 9, traducción propia).

La siguiente tabla compara cómo ambos estudios, centrados en la experiencia estudiantil, abordan el valor de la IAG en la personalización del aprendizaje. Si bien coinciden en reconocer su impacto positivo, difieren en los mecanismos que destacan y en la manera en que conciben el rol docente como factor clave para su efectividad.

Tabla 4

Aportes desde las percepciones a la personalización mediada por IAG.

Estudio	Enfoque metodológico	Aporte destacado sobre personalización	Rol docente propuesto
Chan y Hu (2023)	Modelo 3P de Biggs + análisis mixto	Enfatizan el estímulo a la creatividad y pensamiento crítico	Mediador crítico y garante de uso ético
Youssef et al. (2024)	PLS-SEM constructivismo social	+ Destacan el fortalecimiento de la autorregulación, confianza y compromiso	Formador de competencias profundas, orientador de materiales

Nota. Elaboración propia

La tabla muestra los énfasis particulares de cada estudio según sus respectivos enfoques. Por un lado, Chan y Hu (2023) según el modelo de las 3P de Biggs, la IAG al personalizar la experiencia educativa según las necesidades y capacidades del estudiante, puede mejorar sus percepciones positivas del entorno y promover mejores resultados de aprendizaje. Por otro lado, Youssef et al. (2024), desde una perspectiva constructivista, subrayan el fortalecimiento de la autonomía, la autorregulación y la confianza del estudiante, documentando cómo la IAG puede asistir en la generación de material educativo personalizado. Ambos estudios coinciden en que el desarrollo de habilidades cognitivas profundas sigue dependiendo, de forma esencial, de la intervención pedagógica humana.

1.1.4 La personalización desde las voces de los usuarios

Desde la perspectiva estudiantil, Patac y Patac (2025), mediante entrevistas a 61 universitarios, aplican la Teoría de la Carga Cognitiva para identificar tres efectos principales: una reducción de la carga cognitiva intrínseca al descomponer problemas

complejos, una disminución de la carga extrínseca gracias a explicaciones claras y ordenadas, y un fortalecimiento de la carga germánica al facilitar la construcción de esquemas mentales. Como resumen los propios autores: “ChatGPT puede simplificar tareas complejas [...] reduciendo así la carga cognitiva intrínseca” (Patac & Patac, 2025, p. 6, traducción propia). Estas mejoras se asocian con un uso guiado por docentes que fomentan la autonomía y el manejo ético de la herramienta.

Desde el punto de vista docente, Del Mundo et al. (2024) recogen testimonios de profesores de áreas STEM que emplean la IAG para diseñar materiales adaptativos, facilitar simulaciones y explicar conceptos abstractos. No obstante, advierten riesgos como la deshonestidad académica, la dependencia excesiva y errores conceptuales, lo que refuerza la necesidad de marcos institucionales claros y una mediación ética activa.

La tabla que sigue sintetiza dos enfoques fenomenológicos que, desde perspectivas distintas, evidencian el valor de la IAG para personalizar el aprendizaje. Coinciden en que dicho valor solo se realiza mediante una mediación docente crítica.

Tabla 5

Aportes desde los usuarios a la personalización mediada por IAG

Estudio	Enfoque / sujeto principal	Aportes destacados	Advertencias y posición docente
Patac y Patac (2025)	Estudiantes Teoría de la Carga Cognitiva	/ Reducción de carga cognitiva, apoyo a la autonomía	Docente como facilitador del uso ético y autorregulado
Del Mundo et al. (2024)	Docentes Entrevistas STEM	/ Diseño de materiales en simplificación conceptual, mediación tecnológica	Docente como regulador institucional y garante ético

Nota. Elaboración propia.

Patac y Patac (2025) señalan que la IAG ayuda a reducir la carga cognitiva del estudiante y a fomentar su autonomía, siempre que el docente actúe como guía que oriente su uso con ética y sentido pedagógico. Esto permite fortalecer la autorregulación y el esfuerzo personal. Del Mundo et al. (2024) también destacan que la IAG puede facilitar la creación de materiales adaptativos, pero advierten que el rol del docente es clave: debe supervisar críticamente los contenidos, corregir posibles errores y evitar que el estudiante dependa demasiado de la herramienta

1.1.5 La personalización desde el aula: evidencias empíricas recientes

Cinco estudios recientes que presentamos a continuación: Torres-Peña et al. (2024), Pavlova (2024), Gouia-Zarrad y Gunn (2024), Bonilla Marín et al. (2024) y Pochulu y Moll (2025), muestran que la IAG, especialmente mediante herramientas como ChatGPT, está cambiando la forma de enseñar y aprender matemáticas en contextos reales. Aunque cada estudio se enfoca en diferentes aspectos, todos coinciden en destacar las posibilidades de personalización que esta tecnología ofrece, junto con sus límites y condiciones para un uso efectivo.

Los autores que se analizan presentan diferentes recursos didácticos que demuestran la flexibilidad que tiene la IAG para diseñar estrategias didácticas adaptando contenidos y estilos de aprendizaje de acuerdo con sus exigencias, reconocen su utilidad en promover autonomía y facilitar la comprensión de conceptos matemáticos, haciendo inca pie la presencia indispensable del docente mediador y garante de la calidad educativa.

A continuación, se presenta una tabla que resume los principales aportes y matices del uso de la IAG en el aula. La comparación de enfoques permite ver cómo distintas estrategias contribuyen a una personalización más rica, siempre que esté acompañada por una intervención docente reflexiva.

Tabla 6

Aportes desde el aula a la personalización mediada por IAG.

Autor/es	Aporte principal
Torres-Peña et al. (2024)	Personalización mediante herramientas como ChatGPT y MathGPT que adaptan ejercicios y explicaciones al nivel del estudiante; énfasis en la creación conjunta de prompts.
Pavlova (2024)	Promueve el pensamiento crítico a través de diálogo reflexivo guiado por el docente; la IAG actúa como disparador en prácticas socráticas.
Gouia-Zarrad & Gunn (2024)	Favorece el aprendizaje autodirigido y contextualizado; advierten sobre el riesgo de reducir la interacción humana.
Bonilla Marín et al. (2024)	Integra personalización en el diseño pedagógico a través de guías éticas y reflexivas; mejora percepción estudiantil sobre flexibilidad del proceso.

Autor/es	Aporte principal
Pochulu y Moll (2025)	Usa la IAG como oponente didáctico en la formación docente; promueve el diseño de tareas más idóneas según las características del estudiantado.

Nota. Elaboración propia.

Como podemos observar, cada autor tiene propuestas diferentes sobre el rol del docente:

- Torres-Peña et al. (2024): Constructor de estrategias junto al estudiante; guía en el diseño de prompts.
- Pavlova (2024): Facilitador del dialógico; promotor del pensamiento crítico mediante la confrontación.
- Gouia-Zarrad y Gunn (2024): Acompañante activo que asegura el equilibrio entre autonomía y orientación.
- Bonilla Marín et al. (2024): Diseñador pedagógico consciente que integra la IAG a través de guías, desde una mirada ética y reflexiva.
- Pochulu y Moll (2025): Formador conceptual que entrena a futuros docentes en el diálogo didáctico con la IAG.

Estas evidencias empíricas confirman que la personalización mediada por IAG adquiere su mayor potencial cuando se implementa en aulas de matemáticas con acompañamiento pedagógico reflexivo. La diversidad de estrategias, que va desde el diseño de prompts hasta el uso de la IAG como interlocutor conceptual, revela que la tecnología puede enriquecer el aprendizaje, pero requiere de una guía docente que fomente la autonomía, el pensamiento crítico y la apropiación significativa del conocimiento matemático. Es en esta interacción dinámica entre tecnología, contenido disciplinar y mediación humana donde la personalización cobra sentido y profundidad formativa.

La siguiente síntesis organiza los hallazgos centrales en torno a cinco dimensiones clave de la personalización educativa facilitada por IAG. Cada beneficio reportado se sustenta en investigaciones con marcos teóricos diferenciados, que confluyen en una visión pedagógica de la personalización como construcción guiada, crítica y situada.

Tabla 7

Dimensiones de la personalización en matemáticas mediada por IAG

Dimensión de la personalización	Beneficios atribuidos a la IAG	Enfoques teóricos o metodológicos asociados
Adaptación al ritmo y nivel	Ajuste del contenido y dificultad según la comprensión del estudiante.	Constructivismo, teoría de la carga cognitiva (Patac & Patac, 2025).
Estilo y formato de aprendizaje	Uso de representaciones múltiples (visual, simbólica, verbal); adaptación a preferencias cognitivas.	Conectivismo, modelado 3P (Chan & Hu, 2023; Blake, 2023).
Apoyo en la autorregulación	Desarrollo de la autonomía, confianza académica y toma de decisiones personalizadas.	Teoría de Zimmerman y Schunk; PLS-SEM (Youssef et al., 2024).
Acompañamiento emocional y motivacional	Reducción de frustración, mejora en autoeficacia, percepción de compañía tutorial.	Fenomenología estudiantil (Sharma, 2024; Govender, 2024).
Diseño pedagógico personalizado	Creación de materiales adaptativos, revisión de consignas, retroalimentación ajustada.	Formación docente y enfoques didáctico-críticos (Pochulu & Moll, 2025).

Nota. Elaboración propia.

1.2 RETROALIMENTACIÓN INMEDIATA

La capacidad de la IAG para ofrecer respuestas inmediatas ante dudas conceptuales, ejercicios o problemas matemáticos complejos, mediante explicaciones paso a paso, permite identificar errores en el razonamiento y adaptar las respuestas al nivel de comprensión del estudiante (Patac & Patac, 2024). Esta dimensión será analizada desde distintos enfoques metodológicos, considerando su impacto en la retroalimentación en tiempo real.

1.2.1 Retroalimentación inmediata desde la perspectiva teórica

Los tres estudios revisados coinciden en que la retroalimentación inmediata que ofrece la IAG es clave para personalizar el aprendizaje, mejorar el compromiso del

estudiante y favorecer su avance en matemáticas. Como plantea Blake (2023), “la retroalimentación graduada comienza con sugerencias sutiles y avanza según las necesidades del estudiante” (p. 38, traducción propia), lo que respalda la idea de una tutoría progresiva y adaptativa.

No obstante, cada autor pone el acento en aspectos distintos: Govender destaca su valor para ajustar la dificultad de los ejercicios en función del rendimiento, reforzando el rol docente en la evaluación formativa; Blake aporta una mirada más pedagógica, conectando esta retroalimentación con el conductismo por su refuerzo inmediato, y con el constructivismo social por su carácter de andamiaje; mientras que Rane subraya su dimensión interactiva, al referirse a los “diálogos instructivos” (p. 1, traducción propia) que ayudan al estudiante a resolver problemas matemáticos en tiempo real.

La siguiente tabla comparativa resume los aportes diferenciados de cada autor según sus marcos conceptuales.

Tabla 8

Aportes según enfoques teóricos a la retroalimentación mediada por IAG.

Autor	Enfoque teórico y metodológico	Aporte distintivo de la retroalimentación
Govender (2024)	Perspectiva práctica	Mejora la evaluación formativa; ajusta dificultad y detecta brechas de comprensión
Blake (2023)	Perspectiva pedagógica y crítica (conductismo + constructivismo)	Propone la retroalimentación + escalonada; alerta sobre imprecisiones y sobrecarga terminológica
Rane (2023)	Enfoque adaptativo e interactivo (IA como diálogo en evolución)	Resalta el valor de los <i>diálogos interactivos</i> que se ajustan al usuario en tiempo real

Nota. Elaboración propia.

Los estudios coinciden en que la retroalimentación inmediata ofrecida por la IAG aporta algo nuevo al aprendizaje de las matemáticas: respuestas rápidas, personalizadas y ajustadas al nivel de cada estudiante. Pero lo importante no es solo la velocidad, sino cómo estas respuestas ayudan a entender mejor los errores, avanzar en la comprensión y mejorar el proceso de aprendizaje. Govender (2024)

señala que esta retroalimentación hace que la evaluación sea más flexible y útil en tiempo real. Blake (2023) advierte que, sin acompañamiento docente, pueden surgir confusiones o errores que no se corrigen. Rane (2023), por su parte, propone ver a la IAG como un interlocutor que aprende junto al estudiante. Todos coinciden en algo esencial: la retroalimentación por sí sola no basta; necesita del criterio pedagógico del docente para promover el pensamiento crítico, la autonomía y una comprensión profunda. Por eso, el rol del docente es indispensable para que esta tecnología tenga un impacto realmente educativo.

1.2.2 Retroalimentación inmediata desde una revisión de estudios

Los estudios de Salih et al. (2024) y Heung y Chiu (2025) coinciden en destacar el papel transformador de la retroalimentación inmediata proporcionada por la IAG. Aunque ambos reconocen beneficios comunes, cada uno ofrece matices diferenciados según su enfoque metodológico. A continuación, se comparan sus aportes centrales que analizan los efectos de la retroalimentación inmediata mediada por IAG. Salih et al. (2024) lo hacen desde el diseño pedagógico y el rol del docente; Heung y Chiu (2025) desde la experiencia estudiantil y el impacto emocional y motivacional.

Tabla 9

Aportes según las revisiones a la retroalimentación mediada por IAG

Autor	Enfoque metodológico y teórico	Aportes específicos sobre la retroalimentación inmediata
Salih et al. (2024)	Revisión teórico-conceptual; enfoque ampliado hacia el rol docente	Mejora eficiencia, satisfacción y diseño pedagógico. Destacan la ingeniería de prompts como competencia docente clave: “La calidad de la retroalimentación depende en gran medida de la habilidad del usuario para formular buenas indicaciones.” (p. 19, traducción propia)
Heung y Chiu (2025)	Revisión sistemática con participación y metaanálisis de personalizada	Evidencia que reduce la ansiedad, fomenta la tutoría inteligente y actúa como tutoría inteligente personalizada: “Los diálogos interactivos reducen

Autor	Enfoque metodológico y teórico	Aportes específicos sobre la retroalimentación inmediata
17	estudios cuantitativos	barreras emocionales y promueven una participación sostenida en el aprendizaje matemático.”(p. 12, traducción propia)

Nota. Elaboración propia.

Ambos estudios coinciden en que la retroalimentación inmediata proporcionada por la IAG mejora la personalización del aprendizaje, aumenta la participación de los estudiantes y refuerza el papel del docente sin reemplazarlo. No obstante, cada uno aporta matices distintos que se complementan.

Heung y Chiu (2025) destacan los beneficios directos en el estudiante como, la reducción de la ansiedad y el apoyo constante, especialmente útil en matemáticas, facilitando su participación activa y continua en las actividades de aprendizaje, lo que fortalece su compromiso conductual.

En cambio, Salih et al. (2024) centran su atención en la responsabilidad del docente, señalando que la calidad de la retroalimentación depende más del diseño pedagógico que de la tecnología en sí. Su propuesta de ingeniería de *prompts* muestra que el valor del feedback está en cómo lo guía el docente. En conjunto, estos enfoques coinciden en que la retroalimentación mediada por IAG es una oportunidad educativa que requiere orientación profesional, intención didáctica y criterios éticos claros.

1.2.3 Retroalimentación inmediata desde las percepciones de los usuarios

Los estudios de Chan y Hu (2023), y Youssef et al. (2024) exploran las percepciones de las estudiantes sobre la retroalimentación inmediata proporcionada por la IAG, en particular mediante ChatGPT. A pesar de basarse en marcos teóricos distintos, ambos coinciden en que esta herramienta tiene un alto potencial educativo.

Señalan que las respuestas en tiempo real ayudan a reducir la ansiedad, aumentar la confianza y mejorar la experiencia de aprendizaje. Un estudiante citado por Chan y Hu (2023) afirma: “cuando tengo dudas y no puedo encontrar a otras personas que me ayuden, ChatGPT parece una buena opción” (p. 9, traducción propia). Para estos autores, la IAG funciona como un tutor virtual siempre accesible,

(Chan & Hu,2023). Mientras que Youssef et al. (2024) la definen como un acompañante pedagógico presente durante todo el proceso formativo. Ambos estudios destacan, además, que esta tecnología permite personalizar el aprendizaje, adaptarse al ritmo de cada estudiante y fomentar la autonomía, al no depender de horarios ni de la disponibilidad constante del docente.

A continuación, se presenta una síntesis comparativa de estos dos estudios, que muestran cómo la retroalimentación inmediata transforma la experiencia del aprendizaje combinando rapidez con acompañamiento continuo.

Tabla 10

Aportes desde las percepciones a la retroalimentación mediada por IAG.

Autor	Enfoque teórico y metodológico	Aporte distintivo desde la percepción estudiantil
Chan y Hu (2023)	Modelo 3P de Biggs + enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo)	Analizan cómo las percepciones influyen en los enfoques de aprendizaje. Destacan a ChatGPT como soporte emocional y cognitivo inmediato.
Youssef et al. (2024)	Constructivismo + modelado PLS-SEM (cuantitativo)	Evidencian efectos en compromiso, pensamiento crítico y rendimiento académico. El feedback activa la reflexión: “Dudaban de su validez, lo que me motivó a buscar más información...” (p. 9, traducción propia).

Nota. Elaboración propia.

Un aspecto clave que emerge en ambos estudios es que, si bien la retroalimentación inmediata de la IAG es muy valorada por los estudiantes, también reconocen que su precisión no siempre está garantizada. Esta misma limitación, como señala Youssef et al. (2024), puede convertirse en un motor para el desarrollo del pensamiento crítico, al impulsar a los estudiantes a verificar y contrastar las respuestas. Chan y Hu (2023) también advierten que, aunque estas herramientas pueden ser útiles, “su uso requiere supervisión humana” (p. 3, traducción propia), lo que reafirma la importancia del juicio docente para orientar y enriquecer el aprendizaje mediado por inteligencia artificial.

1.2.4 Retroalimentación inmediata desde la experiencia de los usuarios

Desde la experiencia de estudiantes y docentes, Wardat et al. (2023), Patac y Patac (2025) y Del Mundo et al. (2024) coinciden en que uno de los aspectos más valorados de la IAG es su velocidad y capacidad para ofrecer retroalimentación inmediata y adaptativa. Su impacto, según la perspectiva de cada autor, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11

Aporte desde la experiencia a la retroalimentación mediada por IAG.

Autor/es	Perspectiva sobre la retroalimentación inmediata de la IAG
Wardat et al. (2023)	Valoran la rapidez y disponibilidad de ChatGPT como recurso más eficaz que los métodos tradicionales para resolver dudas.
Patac & Patac (2025)	Enfatizan su utilidad para gestionar la carga académica y comprender procesos matemáticos complejos paso a paso.
Del Mundo et al. (2024)	Destacan su aporte a la comprensión de conceptos mediante modelos y simulaciones, facilitando un aprendizaje visual y directo.

Nota. Elaboración propia.

Además, los tres estudios destacan que la retroalimentación inmediata de la IAG suele ajustarse al ritmo y nivel de cada estudiante. Wardat et al. (2023) describen a ChatGPT como un “asistente de aprendizaje personalizado” (p. 5, traducción propia), mientras que Del Mundo et al. (2024) observan que permite generar ejercicios adaptados a las habilidades individuales.

En cuanto a la validación de respuestas y resolución de problemas, Patac y Patac (2025) señalan que los estudiantes emplean ChatGPT para verificar sus soluciones y profundizar en los fundamentos que las respaldan. De forma complementaria, Wardat et al. (2023) destacan su utilidad para enfrentar problemas matemáticos complejos.

Estos estudios ofrecen perspectivas distintas pero convergentes sobre cómo la retroalimentación inmediata contribuye a una experiencia de aprendizaje más accesible, personalizada y enriquecida. No obstante, todos advierten que la rapidez de las respuestas no garantiza precisión, y que es fundamental cultivar habilidades críticas más allá de la eficiencia técnica.

1.2.5 Retroalimentación inmediata desde la experiencia en aula

Los estudios de Gouia-Zarrad y Gunn (2024), Pavlova (2024) y Torres-Peña et al. (2024) ofrecen distintas aproximaciones empíricas sobre cómo se recibe, interpreta y aplica la retroalimentación inmediata en el aula. Cada uno aporta matices propios sobre el papel de la IAG en este proceso, que se sintetizan a continuación:

Tabla 12

Aportes desde el aula a la retroalimentación mediada por IAG.

Autor/es	Perspectiva central
Gouia-Zarrad & Gunn (2024)	La IAG como un tutor personal: ofrece retroalimentación inmediata y personalizada, promueve autonomía y entusiasmo.
Pavlova (2024)	Los errores de la IAG pueden transformarse en recursos didácticos que potencian el pensamiento crítico mediante el diálogo reflexivo.
Torres-Peña et al. (2024)	Valoran la capacidad adaptativa de la IAG, pero advierten sobre su dificultad para detectar errores de procedimiento; proponen mejorar los prompts para optimizar resultados.

Nota. Elaboración propia.

Los tres estudios coinciden en que la retroalimentación inmediata brinda apoyo constante. Gouia-Zarrad y Gunn (2024) destacan a ChatGPT como un tutor personal que adapta sus respuestas al nivel del estudiante. Pavlova (2024) señala que los comentarios rápidos favorecen un aprendizaje fluido, y Torres-Peña et al. (2024) valoran su utilidad para corregir errores en tiempo real durante ejercicios de cálculo.

Desde lo motivacional, Gouia-Zarrad y Gunn (2024, p. 29, traducción propia) observan un “mayor compromiso y entusiasmo” en los estudiantes. Pavlova (2024, p. 2, traducción propia) indica que “hace más agradable el aprendizaje”, y Torres-Peña et al. (2024, p. 1) lo describen como un “entorno de aprendizaje dinámico y adaptativo”.

También se destaca su capacidad de personalización. Permite aprender a ritmo propio (Gouia-Zarrad & Gunn, 2024), adaptarse a distintos niveles de dificultad (Pavlova, 2024) y ajustar el nivel de ayuda según el progreso del estudiante (Torres-Peña et al., 2024).

Finalmente, los tres estudios coinciden en que la retroalimentación inmediata favorece la comprensión de temas complejos, el descubrimiento de nuevos aprendizajes y el desarrollo de habilidades cognitivas.

Estos tres estudios proporcionan evidencia empírica coherente sobre el valor de la retroalimentación inmediata en el aula: su rapidez, capacidad adaptativa, aporte a la motivación y contribución al desarrollo conceptual. Sin embargo, también visibilizan riesgos como la dependencia excesiva, los errores no detectados o la falta de revisión crítica. Cada uno aporta una mirada particular —desde el uso de errores como insumo didáctico Pavlova (2024), la importancia de ajustar iterativamente los prompts Torres-Peña et al. (2024) o el impulso de la motivación y la autonomía Gouia-Zarrad & Gunn (2024)— configurando una visión integrada y realista del fenómeno.

La retroalimentación inmediata se consolida como uno de los aportes más relevantes de la IAG en el aprendizaje universitario de las matemáticas. Los estudios revisados revelan que su implementación adopta formas diversas, según los enfoques teóricos, metodológicos o experienciales considerados. Para articular estas perspectivas, se presenta a continuación una tabla que sintetiza sus principales beneficios, evidenciando cómo se entrelazan aspectos cognitivos, motivacionales y pedagógicos en la construcción de experiencias de aprendizaje más ágiles, adaptativas y reflexivas.

Tabla 13

Dimensiones pedagógicas y aportes de la retroalimentación mediada por IAG.

Dimensión pedagógica	Aportes de la IAG	Estudios representativos
Corrección de errores	Identificación automática de errores conceptuales o de procedimiento.	Patac & Patac (2025); Torres-Peña et al. (2024)
Clarificación conceptual	Explicaciones ajustadas en tiempo real sobre temas complejos.	Blake (2023); Del Mundo et al. (2024); Pavlova (2024)
Andamiaje personalizado	Retroalimentación escalonada y adaptativa al nivel del usuario.	Blake (2023); Rane (2023); Wardat et al. (2023)

Dimensión pedagógica	Aportes de la IAG	Estudios representativos
Motivación y compromiso	Reducción de ansiedad, aumento del entusiasmo y autonomía.	Chan & Hu (2023); Gouia-Zarrad & Gunn (2024); Heung & Chiu (2025)
Apoyo al docente	Generación automática de ejercicios y retroalimentación para enseñanza.	Salih et al. (2024); Del Mundo et al. (2024)
Pensamiento crítico	Impulso a la verificación activa ante errores o respuestas imprecisas.	Pavlova (2024); Youssef et al. (2024); Wardat et al. (2023)

Nota. Elaboración propia.

1.3 DESARROLLO DE HABILIDADES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La incorporación de la IAG ha redefinido la enseñanza de la resolución de problemas matemáticos, al acompañar a los estudiantes en las cuatro etapas propuestas por Pólya (2004): comprender, planificar, ejecutar y verificar. Tanto la evidencia empírica como los enfoques teóricos coinciden en que la IAG opera como guía pedagógica, asistente reflexivo y andamiaje cognitivo, fortaleciendo el razonamiento lógico y la comprensión conceptual en matemáticas.

1.3.1 La IAG en la fase de comprensión del problema

En la fase de comprensión del problema, la IAG apoya en los siguientes aspectos:

- Organización de la información
 - Estructura datos, condiciones y objetivos (Hernández, 2025)
 - Destaca relaciones no evidentes (ej. simetrías geométricas)
 - Proporciona esquemas visuales para favorecer la interpretación espacial.
- Personalización de explicaciones
 - Ajuste del contenido al conocimiento previo (Bonilla Marín et al., 2024)
 - Selección de recursos según el estilo de aprendizaje (GeoGebra, Symbolab, etc.).

- Modelado de conceptos abstractos
 - Apoyo en comprensión de nociones complejas, como derivadas o integrales (Torres-Peña et al., 2024).
 - Uso articulado de ChatGPT, MathGPT o Wolfram Alpha para descomponer ideas difíciles.
- Apoyo teórico y conceptual
 - “La IAG no reemplaza la comprensión humana, pero amplía los puntos de entrada al conocimiento matemático” (Blake, 2023, p. 35).
 - Funciona como “centro dinámico en la red de aprendizaje” (Blake, 2023), facilitando la exploración conceptual (Govender, 2024).

El cuadro siguiente, sintetiza algunos de los desafíos más frecuentes identificados por los autores en relación con el uso de IAG para la comprensión de problemas matemáticos. Su efectividad depende de la capacidad del usuario para identificar errores, gestionar la información y mantener una actitud crítica.

Tabla 14

Limitaciones de la IAG para la comprensión de los problemas.

Problema identificado	Estudio que lo reporta	Descripción breve
Alucinaciones matemáticas	Hernández (2025)	Aplicación incorrecta de fórmulas o propiedades, generando resultados sin sentido
Sobrecarga de información	Bonilla Marín et al. (2024)	Saturación cognitiva al consultar múltiples herramientas y fuentes simultáneamente
Necesidad de pensamiento crítico	Youssef et al. (2024); Pavlova (2024)	Imprecisiones o ambigüedades que exigen contrastar, validar y discutir activamente

Nota. Elaboración propia.

1.3.2 La IAG en la planificación de la solución del problema

En la fase de planificación, cuando los estudiantes deciden cómo resolver un problema, la IAG se convierte en una herramienta útil para explorar diferentes caminos, reducir la carga mental y tomar mejores decisiones. Hernández (2025)

muestra que el modelo 'o1' puede proponer varias estrategias, como usar geometría o álgebra, y que combinarlas con programas como GeoGebra permite ver gráficamente ideas abstractas. También se sugiere el uso de técnicas como prompts efectivos, división de pasos, comparación de métodos, práctica autónoma y retroalimentación automática.

Según Patac y Patac (2025), la IAG ayuda a simplificar los problemas y ordenar los conceptos clave, lo que libera espacio mental para pensar mejor y construir ideas sólidas. Además, los docentes también se benefician: Pochulu y Moll (2025) la describen como un "oponente didáctico" (p. 4), que les permite prever dificultades, crear nuevas actividades y reflexionar sobre la enseñanza.

Schorcht et al. (2024) probaron estrategias como Chain-of-Thought Prompting y Ask-me-Anything, que mejoran la visibilidad de los pasos usados por la IA. La técnica Few-Shot Scenario, por ejemplo, mostró resultados significativos ($p = 0.002$), lo que indica avances concretos en la planificación.

El cuadro que sigue resume cómo la IAG apoya la planificación de problemas matemáticos, ofreciendo herramientas adaptativas, ayuda visual, descomposición en pasos simples y acompañamiento tanto para estudiantes como docentes.

Tabla 15

Aportes de la IAG en la planificación de la resolución de problemas.

Dimensión analizada	Aportes de la IAG	Fuentes
Generación de estrategias	Propone múltiples caminos de resolución (geométrico, algebraico, visual).	Hernández (2025); GeoGebra
Reducción de carga cognitiva	Divide problemas complejos en pasos simples y jerarquiza ideas clave.	Patac y Patac (2025)
Potencial docente	Permite anticipar errores, reescribir consignas y simular clases mediante escenarios didácticos.	Pochulu y Moll (2025)
Mejora del pensamiento heurístico	Técnicas como Chain-of-Thought y Few-Shot mejoran la claridad de los pasos estratégicos.	Schorcht et al. (2024)

Nota. Elaboración propia.

1.3.3 La IAG como asistente en la ejecución de la solución

Durante la fase de ejecución, la IAG se consolida como una herramienta valiosa que acompaña paso a paso el desarrollo de soluciones matemáticas, aportando soporte técnico, retroalimentación inmediata y estrategias para fortalecer el pensamiento analítico. Su intervención no solo ayuda a validar respuestas, sino que estimula la reflexión sobre los procedimientos implementados, sus aportes clave en la fase de ejecución son:

- Validación paso a paso: Permite revisar en tiempo real los procedimientos intermedios, corrigiendo errores menores (Torres-Peña et al., 2024).
- Soporte algorítmico especializado: Ayuda en lenguajes como MATLAB para modelar fenómenos reales (Gouia-Zarrad & Gunn, 2024).
- Simplificación de procesos complejos: Reduce la carga operativa mediante softwares combinados (Bonilla Marín et al., 2024).
- Fortalecimiento del pensamiento metacognitivo: Promueve explicaciones argumentadas y análisis reflexivo de los resultados. (Hernández, 2025).

A continuación, se presenta una tabla que sintetiza mecanismos operativos y estrategias pedagógicas que integran el uso de la IAG en la ejecución matemática, potenciando el pensamiento analítico, la argumentación lógica y el aprendizaje autónomo supervisado.

Tabla 16

Aportes de la IAG en la ejecución de la resolución de problemas.

Estrategia / mecanismo	Aportes de la IAG	Fuente
Prompting estructurado	Permite solicitar operaciones complejas de forma precisa y comprensible	Bonilla Marín et al. (2024)
Retroalimentación diferencial	Ajusta procedimientos y favorece construcción con acompañamiento docente	Bonilla Marín et al. (2024)
Técnica 50/50	Promueve el análisis comparativo entre solución humana e IA	(Gouia-Zarrad & Gunn, 2024).
Explicación inversa	Fomenta comprensión al requerir al estudiante justificar los pasos propuestos por la IAG	Hernandez (2025)

Estrategia / mecanismo	Aportes de la IAG	Fuente
Errores intencionales	Entrena la detección crítica mediante respuestas con fallos controlados	(Torres-Peña et al., 2024)

Nota. Elaboración propia.

1.3.4 La IAG para verificar y profundizar el aprendizaje

En la etapa de verificación, la inteligencia artificial generativa (IAG) pasa de ser solo un medio para comprobar respuestas a convertirse en una herramienta que ayuda a reforzar y profundizar el aprendizaje matemático. Hernández (2025) señala que la IAG no solo valida resultados, sino que también propone nuevas versiones de los problemas y plantea desafíos adicionales que amplían las posibilidades de aprendizaje. Pavlova (2024) introduce la idea de una pedagogía del error, donde los errores se ven como oportunidades para reflexionar y mejorar la comprensión. Schorcht et al. (2024) explican que técnicas como el *Chain-of-Thought Prompting* permiten descomponer el proceso de resolución en pasos visibles y ordenados. Esta estructura no solo hace transparente el razonamiento, sino que ayuda al estudiante a interiorizar estrategias heurísticas al observar cómo se construye una solución de forma progresiva.

La siguiente tabla sintetiza los aportes de la IAG en esta fase, evidenciando su potencial como instancia de reflexión y fortalecimiento metacognitivo.

Tabla 17

Aportes de la IAG en la verificación de los problemas.

Fuente	Aporte en la etapa de verificación
Hernández (2025)	La IAG genera variaciones del problema original y estimula la formulación de nuevas preguntas conceptuales.
Pavlova (2024)	Los errores de la IAG fortalecen habilidades como la autorregulación, el juicio crítico y la revisión activa.
Schorcht et al. (2024)	Técnicas como <i>Chain-of-Thought</i> permiten visibilizar el proceso heurístico y promover revisión consciente.
Barana et al. (2023)	La revisión colaborativa de respuestas de IAG potencia la evaluación conjunta con orientación docente.

Fuente	Aporte en la etapa de verificación
Blake (2024)	La IAG facilita la navegación de paisajes informativos complejos, ampliando la comprensión y adaptación.

Nota. Elaboración propia.

En esta etapa de verificación, el objetivo no es únicamente confirmar un resultado correcto, sino revisar el proceso, reconocer nuevas conexiones y fortalecer el juicio matemático. La IAG, integrada con la reflexión crítica y el acompañamiento docente, favorece una evaluación más profunda y significativa del pensamiento del estudiante.

La tabla 18 presenta los aportes de la IAG en cada una de las fases del proceso de resolución de problemas matemáticos, según el enfoque de Pólya. En cada etapa, se evidencian distintas formas de aprovechar estas herramientas, dependiendo de la estrategia didáctica que proponga el docente. Su presencia resulta clave para diseñar problemas auténticos y transferibles, que favorezcan el desarrollo de habilidades cognitivas, metacognitivas y autorreguladoras en los estudiantes.

Tabla 18

Aportes de la IAG en las cuatro fases de la resolución de problemas.

Etapas según Pólya	Aportes principales de la IAG	Estudios representativos
1. Comprender	Organización visual y lógica de la información, adaptación al conocimiento previo, modelado conceptual	al Blake (2023); Bonilla Marín et al. (2024); Hernández (2025)
2. Planificar	Generación de estrategias diversas, reducción de carga cognitiva, estimulación heurística y reflexión pedagógica	Schorcht et al. (2024); Patac & Patac (2025); Pochulu & Moll (2025)
3. Ejecutar	Validación de procedimientos, asistencia algorítmica, resolución guiada, retroalimentación diferenciada	Torres-Peña et al. (2024); Gouia-Zarrad & Gunn (2024); Bonilla Marín et al. (2024)

Etapa según Pólya	Aportes principales de la IAG	Estudios representativos
4. Verificar	Fomento de metacognición, análisis de errores, expansión de aprendizaje, reflexión crítica	Pavlova (2024); Blake (2024); del Schorcht et al. (2024); Barana et al. (2023)

Nota. Elaboración propia.



CAPÍTULO 2

ASPECTOS DESFAVORABLES DE LA IAG EN LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS UNIVERSITARIAS

Después de revisar las muchas ventajas que tiene la AG en la enseñanza de las matemáticas universitarias, también es importante detenerse en los riesgos que puede traer su uso. Estos desafíos no quitan valor a los beneficios, pero muestran que, si se integra sin una mirada crítica, puede afectar partes importantes del proceso educativo.

Los estudios recientes señalan preocupaciones que van desde lo pedagógico hasta lo ético. Entre ellas, se mencionan la posible dependencia excesiva de los estudiantes, la pérdida de pensamiento crítico, la circulación de respuestas incorrectas difíciles de detectar y nuevas formas de deshonestidad académica que van más allá del plagio tradicional.

Este capítulo se enfocará en tres puntos clave que aparecen con frecuencia en la literatura: (1) cómo puede disminuir la autonomía intelectual del estudiante, (2) los riesgos para la originalidad del trabajo académico, y (3) los problemas de precisión que aún tienen los modelos generativos. La idea no es generar preocupación innecesaria, sino entender bien estos retos para buscar formas de enfrentarlos desde la práctica educativa.

Enseñar matemáticas en la universidad requiere encontrar un equilibrio: aprovechar lo que ofrece la tecnología sin perder de vista los procesos mentales que siguen siendo esenciales para desarrollar un pensamiento profundo.

2.1 DEPENDENCIA EXCESIVA

Usar IAG sin una mirada crítica en educación puede generar dependencia y afectar el desarrollo de habilidades intelectuales. Si el estudiante ve a ChatGPT solo como un proveedor de respuestas, y no como un interlocutor que impulsa el pensamiento, pueden perder fuerza la autonomía, la autorregulación y el pensamiento crítico. (Darvishi et al., 2024).

Varios estudios han observado este problema en el aprendizaje matemático en la universidad. La siguiente tabla resume los principales riesgos que se asocian con el uso excesivo o sin acompañamiento docente de la IAG. Aunque reconocen su valor

educativo, advierten que, sin equilibrio, esta herramienta puede limitar la participación activa del estudiante y empobrecer su proceso de aprendizaje.

Tabla 19

Efectos de la dependencia de la IAG en el aprendizaje matemático.

Estudio	Riesgo identificado	Cita textual relevante
Patac y Patac Jr. (2025)	Sustitución del aprendizaje activo y obstáculo al pensamiento independiente	“Confiar en la asistencia de la IAG en lugar de aprender de ella” (p. 3, traducción propia).
Serrano y Moreno-García (2024)	Promoción de aprendizaje superficial y comprensión limitada	“Aprendizaje superficial que impide una participación intelectual profunda” (p. 11, traducción propia).
Torres-Peña et al. (2024)	Disminución del trabajo colaborativo entre pares	Desincentivar la interacción entre estudiantes y la práctica de tarea”.
Heung y Chiu (2025)	Aislamiento académico y reducción de vínculos humanos	“Reducir la interacción humana entre sus compañeros y tutores humanos” (p. 13, traducción propia).

Nota. Elaboración propia.

Como muestran los estudios, depender demasiado de la IAG no es solo un problema secundario, sino una situación compleja que plantea retos importantes en la enseñanza. Para entender mejor cómo afecta el aprendizaje de matemáticas en la universidad, se analizan diferentes tipos de investigaciones: estudios teóricos, revisiones sistemáticas, trabajos que recogen la opinión de estudiantes y docentes, y experiencias concretas en el aula. Esta variedad de enfoques ayuda a tener una mirada más clara y crítica sobre los riesgos de usar la IAG sin una reflexión pedagógica adecuada.

2.1.1 Dependencia de la IAG desde un enfoque teórico

Desde el enfoque teórico, varios autores analizan los riesgos de depender demasiado de la IAG en la enseñanza de matemáticas. La siguiente tabla compara tres propuestas que abordan este tema. Aunque cada una tiene un énfasis distinto, todas coinciden en alertar que, sin intervención docente, el uso de la IAG puede afectar negativamente el pensamiento independiente del estudiante.

Tabla 20*Aspectos de la dependencia a la IAG desde enfoques teóricos.*

Aspecto	Rane (2023)	Govender (2024)	Opesemowo & Ndlovu (2024)
Concepción de la dependencia	“Podría disminuir las habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, llevando a una comprensión superficial” (p. 2).	“La excesiva dependencia [...] podría socavar la capacidad de los estudiantes para desarrollar sus propias habilidades” (p. 2).	“La dependencia de la IA [...] puede sofocar la capacidad de los alumnos para pensar de forma independiente y resolver problemas de forma crítica” (p. 340).
Efectos en el aprendizaje	Fomenta aprendizaje superficial; impide el desarrollo de conocimientos profundos.	Socava la capacidad de resolver problemas por cuenta propia.	Limita la resolución de problemas no rutinarios; genera sedentarismo cognitivo.
Propuesta de mitigación	Promover uso equilibrado entre IAG e inteligencia humana; alfabetización digital.	Integración reflexiva y ética; uso de IAG como complemento.	Formación docente ética, pensamiento computacional, mentalidad de crecimiento y proyectos con IAG.

Nota. Elaboración propia.

Rane (2023) y Govender (2024) proponen que la IAG se integre de forma ética y equilibrada, como complemento del trabajo intelectual del estudiante. Opesemowo y Ndlovu (2024) amplían esta mirada sugiriendo acciones concretas para docentes y estudiantes, como fortalecer el pensamiento computacional, formar en el uso crítico de la IAG y diseñar experiencias centradas en el crecimiento personal.

Los tres enfoques teóricos revisados coinciden en que depender demasiado de la IAG puede afectar el desarrollo completo del estudiante, en especial su autonomía intelectual, pensamiento crítico y capacidad para resolver problemas. Aunque cada autor destaca aspectos distintos, todos señalan que el verdadero valor educativo de

esta tecnología no está en que esté disponible, sino en cómo se usa en el proceso de enseñanza.

2.1.2 Dependencia de la IAG desde una perspectiva fenomenológica

Desde una mirada fenomenológica y cognitiva, Patac y Patac (2025) analizan cómo la dependencia de la IAG, en particular, ChatGPT afecta el aprendizaje de las matemáticas. En su estudio, los estudiantes manifiestan una fuerte conexión afectiva y funcional con esta herramienta, al punto de declarar: “Uso ChatGPT cada vez que tengo una tarea” o “No puedo vivir sin la asistencia de ChatGPT” (p. 4, traducción propia). Esta interiorización emocional del uso de la IA, que los autores denominan sobre dependencia, plantea riesgos claros para el desarrollo de habilidades de aprendizaje autónomo.

El análisis también se articula desde la Teoría de la Carga Cognitiva de Sweller et al. (2010), al examinar cómo el uso de la IAG influye en las tres formas de carga: intrínseca, extrínseca y germana. En condiciones favorables, ChatGPT puede simplificar tareas complejas (reduciendo la carga intrínseca), ofrecer explicaciones claras (disminuyendo la carga extrínseca), y ayudar a construir esquemas mentales sólidos (estimular la carga germana). Sin embargo, cuando sus respuestas son ambiguas, erróneas o técnicamente difíciles de interpretar —por ejemplo, al ingresar notación matemática—, estos beneficios se revierten: aumenta la frustración, se inhibe la comprensión conceptual y se produce una sobrecarga que deteriora la experiencia de aprendizaje.

Esta doble dimensión, emocional y cognitiva, exige una lectura crítica de la herramienta. Lejos de ser un recurso neutral, la IAG activa procesos internos que pueden facilitar o entorpecer el aprendizaje matemático. Como advierten los propios autores, “fomentar un uso equilibrado de ChatGPT” implica integrarlo como un apoyo complementario, pero no como sustituto del razonamiento ni de la práctica reflexiva (Patac & Patac, 2025, p. 7). En este sentido, el rol docente resulta clave para mediar estas interacciones y sostener el equilibrio entre asistencia tecnológica y esfuerzo intelectual propio del estudiante.

2.1.3 Dependencia de la IAG desde la percepción del usuario

Desde la perspectiva de los actores educativos, los estudios de Chan y Hu (2023) y Del Mundo et al. (2024) analizan cómo la dependencia excesiva de la IAG es

percibida por estudiantes y docentes. Ambos coinciden en que confiar excesivamente en estas herramientas puede debilitar habilidades cognitivas centrales como el pensamiento crítico y la resolución de problemas, como lo mencionan en los siguientes fragmentos:

“Depender de la IA generativa puede desalentar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, ya que los estudiantes se vuelven dependientes del contenido generado [...] en lugar de involucrarse activamente con el tema.” (Del Mundo et al., 2024, p. 10, traducción propia).

“Esto puede llevar a una disminución del pensamiento crítico y a tomar decisiones basándose únicamente en la información que la IA les proporciona.” (Chan & Hu, 2023, p. 11, traducción propia)

La tabla 21 compara los dos estudios centrados en la percepción de la dependencia, uno con foco ético (docente) y otro pedagógico (estudiantil), ambos coincidentes en advertir sobre el debilitamiento de habilidades críticas ante un uso desbalanceado de la IAG.

Tabla 21

Riesgos de la dependencia a la IAG desde las percepciones.

Estudio	Enfoque y énfasis	Riesgos identificados	Propuestas para mitigar la dependencia
Del Mundo et al. (2024)	Perspectiva docente; enfoque ético	Facilitación del plagio, pérdida de originalidad y debilitamiento del pensamiento crítico	Políticas claras, monitoreo ético y de fomento de transparencia
Chan y Hu (2023)	Perspectiva estudiantil; enfoque pedagógico	Estancamiento de competencias holísticas; pasividad intelectual	Desarrollo de alfabetización en IAG y competencias superiores

Nota. Elaboración propia.

Aunque desde enfoques distintos, ambos estudios llegan a una conclusión compartida: la dependencia de la IAG compromete el desarrollo intelectual si no se media críticamente su uso. La prevención no pasa por restringir el acceso, sino por

integrar estas tecnologías con sentido ético, pedagógico y formativo, en una cultura que valore la autoría, el pensamiento propio y la autonomía intelectual.

2.1.4 Dependencia de la IAG desde la experiencia en el aula

Distintos estudios en contextos reales de enseñanza universitaria confirman que, aunque las herramientas de IAG potencian el aprendizaje en matemáticas, su uso sin guía crítica puede derivar en una forma de dependencia funcional. Esta se traduce en aceptación pasiva de soluciones, uso acrítico de respuestas y pérdida de autonomía cognitiva.

La tabla 22 sintetiza experiencias en aula que evidencian riesgos de dependencia excesiva de la IAG en matemáticas, junto con intervenciones pedagógicas que promueven el uso crítico, reflexivo y formativo de estas herramientas.

Tabla 22

Experiencias en aula sobre dependencia de la IAG.

Estudio	Riesgo identificado	Estrategia de mitigación implementada
Bonilla Marín et al. (2024)	Aceptación de soluciones sin comprensión de los pasos intermedios	Guías para formular prompts efectivos Evaluaciones en dos fases con énfasis en la comprensión
Hernández (2025)	Uso acrítico y falta de validación disciplinar	Promoción del conocimiento disciplinar como filtro crítico Verificación, contraejemplos y variantes
Torres-Peña et al. (2024)	Débil reflexión sobre errores y uso mecánico de la IAG	Corrección de errores cometidos por la IA Enseñanza de prompting como estrategia cognitiva

Nota. Elaboración propia.

Los estudios coinciden en que mitigar la dependencia requiere una pedagogía activa que combine acompañamiento docente, fortalecimiento del criterio disciplinar y

diseño instruccional centrado en el razonamiento. La clave no está en limitar el acceso a la IAG, sino en enseñar a interactuar con ella de manera reflexiva, ética y exigente.

La revisión muestra que el problema no está en usar la IAG, sino en cómo se la usa. Para evitar una dependencia excesiva, es necesario diseñar estrategias pedagógicas que promuevan su uso crítico, el desarrollo de habilidades cognitivas y una formación ética. El desafío, más que técnico, es pedagógico. A continuación, se presenta una tabla con las dimensiones afectadas, los riesgos que conllevan y el papel que puede asumir el docente para reducir su impacto.

Tabla 23

Dimensiones del riesgo por dependencia y roles docentes de mitigación

Dimensión afectada	Riesgo principal	Rol docente propuesto
Cognitiva	Reducción del pensamiento crítico; estancamiento intelectual	Promotor de autonomía, razonamiento y resolución reflexiva de problemas
Epistémica	Aprendizaje superficial; memorización sin comprensión	Facilitador del juicio conceptual; mediador del sentido matemático
Socioafectiva	Aislamiento; disminución de la colaboración e interacción humana	Creador de espacios de diálogo y aprendizaje colaborativo
Ética / formativa	Plagio, deshonestidad académica, dependencia de respuestas automáticas	Diseñador de ambientes con integridad y claridad normativa
Instrumental	Uso mecánico de herramientas; aceptación pasiva de resultados sin validación	Formador en alfabetización digital y uso crítico de tecnologías

Nota. Elaboración propia.

2.2 RIESGOS DE PLAGIO Y FALTA DE ORIGINALIDAD

2.2.1 Naturaleza del problema

Para los docentes de matemáticas universitarias, asignar trabajos académicos plantea hoy un desafío particular: cada vez resulta más difícil discernir si los productos entregados son auténticos o generados por herramientas de IAG (Chan, 2023). Esta aparente originalidad, al no reflejar elaboración cognitiva real ni referencias válidas, puede afectar el desarrollo de competencias fundamentales como el razonamiento matemático, la argumentación lógica y la autonomía intelectual. Como advierten Chan (2023) y Salih et al. (2024), esta dificultad de verificación plantea nuevos desafíos éticos y metodológicos para la evaluación académica.

2.2.2 Factores agravantes: alucinaciones y validación acrítica

Uno de los riesgos más preocupantes del uso de la IAG en entornos educativos es la generación de alucinaciones: respuestas erróneas, referencias inexistentes o datos inventados que, sin una supervisión adecuada, pueden ser aceptados como válidos por estudiantes sin formación matemática suficiente para detectar inconsistencias (Hernández, 2025; Bonilla et al., 2024; Salih et al., 2024). Como advierte Hernández (2025), “al usar una IA generativa hay que tener una visión crítica que permita valorar las respuestas”, ya que desechar las propuestas incorrectas requiere conocimiento disciplinar (p. 79).

El uso acrítico de estas herramientas no solo puede conducir al plagio involuntario, sino también a la incorporación de contenidos erróneos y el debilitamiento del juicio matemático y el pensamiento reflexivo del estudiante.

2.2.3 Estrategias de mitigación propuestas

En el aprendizaje de matemáticas universitarias, el uso de IAG plantea desafíos que van más allá de lo técnico: también involucra temas éticos, pedagógicos y de evaluación. Chan y Hu (2023) proponen un enfoque centrado en el estudiante, donde la alfabetización digital no se limita al manejo de herramientas, sino que incluye el desarrollo de habilidades críticas. Es clave que los estudiantes aprendan a analizar las respuestas que reciben, cuestionar sus fundamentos, reconocer sus implicancias éticas y adaptarse a entornos educativos cada vez más marcados por esta tecnología.

A nivel institucional, Salih et al. (2024) hacen hincapié en la necesidad de establecer criterios claros que orienten el uso ético de estas tecnologías en entornos

académicos, especialmente para prevenir situaciones de fraude. Bonilla et al. (2024) amplían esta línea al proponer que los trabajos académicos incluyan de forma explícita la declaración del uso de herramientas de IAG, además de señalar qué partes fueron generadas y qué plataformas fueron utilizadas. Esta medida no solo favorece la transparencia, sino que también invita a reflexionar sobre el rol que estas tecnologías deben tener en los procesos formativos. Además, subrayan que es “responsabilidad del profesorado generar espacios donde los estudiantes no solo demuestren lo que aprendieron, sino también expliquen cómo lo hicieron” (p. 10).

Del Mundo et al. (2024) refuerzan esta visión institucional, señalando la importancia de fomentar políticas de transparencia en los trabajos académicos y capacitar al estudiantado para revisar de forma crítica los contenidos generados por IA, evitando así la sobreconfianza, el plagio no intencional y la pérdida de autenticidad intelectual.

Con el fin de sistematizar los principales riesgos asociados al uso de la IAG en el aprendizaje matemático universitario, así como las estrategias de mitigación propuestas en la literatura, la siguiente tabla resume las dimensiones afectadas, sus manifestaciones más frecuentes y las intervenciones recomendadas por distintos autores. Esta síntesis permite visibilizar el carácter multidimensional del problema y la necesidad de respuestas pedagógicas, éticas e institucionales articuladas.

Tabla 24

Dimensiones afectadas por la falta de originalidad en el uso de IAG.

Dimensión afectada	Manifestación del riesgo	Intervención propuesta
Autoría y originalidad	Producción generada que aparenta ser propia, sin elaboración cognitiva real	Declarar el uso de IAG; citar herramientas utilizadas (Bonilla et al., 2024)
Veracidad y precisión	Alucinaciones: errores plausibles, datos inventados, referencias inexistentes	Validación crítica basada en conocimiento disciplinar (Hernández, 2025)
Evaluación académica	Dificultad para evaluar procesos de comprensión, más allá del resultado final	Rediseño evaluativo enfocado en procesos y argumentación (Del Mundo et al., 2024)

Dimensión afectada	Manifestación del riesgo	Intervención propuesta
Alfabetización y ética	Uso acrítico de la IAG por desconocimiento de su funcionamiento y limitaciones	Formación en IAG, usos éticos y responsabilidad académica (Chan y Hu, 2023; Salih et al., 2024)
Diseño instruccional	Prompts mal formulados que inducen a errores, confusión o ambigüedad en respuestas	Enseñanza de <i>prompt engineering</i> como competencia pedagógica (Bonilla et al., 2024)

Nota. Elaboración propia.

2.3 FALTA DE PRECISIÓN Y FIABILIDAD EN EL USO DE LA IAG

Aunque la IAG ha mostrado avances significativos, sus limitaciones de precisión aún comprometen su utilidad en el aprendizaje matemático universitario. Errores en los cálculos, razonamientos defectuosos o el uso inapropiado de la notación afectan tanto la validez lógica como la confiabilidad de los resultados (Wardat et al., 2023). Estas deficiencias se agravan frente a problemas complejos, especialmente cuando el modelo no logra explicar sus procedimientos (efecto de caja negra) o genera respuestas plausibles sin fundamento verificable (alucinaciones), que en muchos casos no son detectadas por los estudiantes y disminuyen su valor como recurso didáctico (Schorcht et al., 2024).

A pesar de ello, Vankúš (2024) plantea que muchas de estas limitaciones podrían ser transitorias, pues los modelos muestran una mejora progresiva; entre 2023 y 2024, por ejemplo, se observó un avance notable en la capacidad de ChatGPT para elaborar demostraciones matemáticas más precisas.

Comprender cómo abordar estas limitaciones requiere analizarlas desde distintos marcos conceptuales, con el fin de explorar sus riesgos, alcances y posibilidades pedagógicas. Las secciones siguientes examinan el fenómeno desde diversas perspectivas orientadas al uso crítico de la IAG en contextos educativos.

2.3.1 Enfoques teóricos sobre la falta de precisión y fiabilidad

Las consultas mal formuladas, ya sea por notación confusa o por el uso de términos imprecisos, suelen generar respuestas poco útiles o directamente incorrectas por parte de la IAG. Esta observación no es aislada. Estudios como el de Patac y

Patac (2024) muestran que muchos estudiantes, especialmente al inicio de su formación, tienen dificultades para expresar con claridad sus preguntas. Uno de los estudiantes entrevistados comenta: “No sé cómo ingresar símbolos y ecuaciones en el chat” (p. 6, traducción propia), lo que evidencia que no siempre se trata de desconocimiento matemático, sino de una falta de familiaridad con la herramienta misma.

Esa brecha en la formulación influye no solo en la calidad de la respuesta, sino también en la carga cognitiva que asume el estudiante. Si la pregunta es ambigua o está incompleta, el modelo puede generar una solución incorrecta que el estudiante no logra identificar, lo cual termina afectando su aprendizaje. En lugar de asumir esta dinámica como inevitable, varios autores sugieren fomentar habilidades comunicativas orientadas al uso técnico de la IAG, especialmente en lo que respecta al lenguaje simbólico y lógico propio de las matemáticas. Enseñar a formular preguntas más precisas podría convertirse en una oportunidad pedagógica para mejorar tanto la comprensión conceptual como la interacción crítica con las respuestas generadas.

Rane (2024), y Patac y Patac (2024) coinciden en que uno de los principales desafíos para los sistemas de IAG es interpretar con claridad las consultas planteadas, especialmente en contextos como la educación matemática, donde cada símbolo puede tener significados distintos según el marco teórico. Esta dificultad no se resuelve solo con mejoras técnicas; lo que se necesita es que los modelos sean capaces de comprender el lenguaje propio de cada disciplina y adaptarse a su lógica para generar respuestas coherentes y útiles.

Desde la teoría de los compromisos, esto podría generar un cambio importante: si la respuesta de la IAG es más coherente con el problema planteado, el estudiante no solo entiende mejor el concepto, sino que se involucra más activamente. En ese proceso, aparece algo valioso: la interacción ya no es solo con la respuesta, sino con los pasos, las relaciones y los fundamentos que sostienen la solución.

En la enseñanza de las matemáticas el resultado, por sí solo, no es suficiente. Lo que realmente permite transferir conocimiento es comprender cómo se llega allí: el camino lógico, los errores posibles, las conexiones intermedias. Esta forma de pensar encaja bien con lo que propone el modelo 3P, que relaciona las condiciones iniciales, los procesos cognitivos y los resultados esperados. Sin embargo, al trabajar con herramientas de IAG he notado, y varios autores coinciden, que a menudo la lógica

detrás de la respuesta permanece oculta. Opesemowo y Ndlovu (2024) lo llaman opacidad, y explican que esta falta de transparencia complica que los estudiantes reconstruyan el razonamiento paso a paso, lo que a su vez debilita su comprensión.

Para contrarrestar este problema, los autores sugieren desarrollar el pensamiento computacional desde etapas tempranas: enseñar a descomponer problemas, identificar patrones y resolverlos con apoyo de algoritmos. No se trata solo de técnica, sino de formar una actitud interrogativa ante lo que la IAG propone. Lo que me parece particularmente acertado es que esta pedagogía no pone al estudiante en un rol pasivo, sino que lo invita a reformular, revisar y entender el fundamento detrás de cada solución. Como ellos mismos señalan, es clave “fomentar una mentalidad de crecimiento... y no ver a la IA como un reemplazo del pensamiento” (Opesemowo y Ndlovu, 2024, p. 10, traducción propia).

2.3.2 Enfoques descriptivos orientados a la supervisión y validación

Al trabajar con modelos de IAG para diseñar problemas en cursos universitarios, cuando los *prompts* son imprecisos, las respuestas suelen desviarse o perder sentido matemático. Los estudios revisados coinciden: para que la inteligencia artificial sea útil en educación matemática, necesita una mediación constante. No basta con el uso técnico; se requieren estrategias que aseguren su integración, en línea con la teoría de los compromisos y el desarrollo de la agencia del estudiante.

En áreas como geometría, esta situación se agrava. Wardat et al. (2023) señalan que la IAG aún carece de una representación interna que permita visualizar objetos matemáticos con profundidad. Es decir, puede describir correctamente un triángulo, pero no siempre logra transmitir lo que ese triángulo significa desde una perspectiva espacial o intuitiva. A la vez, Dahal et al. (2024) advierten que el problema no se limita a lo gráfico. También hay fallas al interpretar los matices semánticos propios del lenguaje matemático, y eso, desde lo que plantea el modelo 3P, puede afectar directamente cómo se procesa y consolida el aprendizaje.

Aunque en temas teóricos la herramienta funciona con bastante precisión — como lo muestra Sánchez-Ruiz et al. (2023) en su estudio sobre GPT-4 en cursos de Ingeniería Aeroespacial, al revisar cálculos concretos con Wolfram Mathematica aparecen errores que pueden pasar desapercibidos. Desde la perspectiva de la carga cognitiva, que el estudiante recurra a otra herramienta para validar los resultados

puede aliviar el esfuerzo mental, pero no necesariamente aclara el proceso ni evita la confusión.

Cuando se trabaja con estudiantes que aún están familiarizándose con la notación formal, se presentan situaciones donde el modelo llega a generar respuestas que suenan correctas pero que contienen errores ocultos, llamadas alucinaciones, que pueden alterar el aprendizaje si no se identifican a tiempo. Gouia-Zarrad y Gunn (2024), al estudiar problemas con ecuaciones diferenciales, señalan este mismo fenómeno y alertan sobre su impacto en la comprensión matemática.

Algo observando en el uso de IAG: más allá de los resultados, lo que muchas veces falta es una explicación clara de cómo se llegó allí. Esa ausencia de razonamiento, lo que Oh (2024) describe como opacidad, no es un problema menor. Cuando el modelo responde, lo hace a partir de patrones estadísticos, sin que haya un razonamiento conceptual detrás. Esa forma de operar, más asociativa que lógica, puede ser un obstáculo para el aprendizaje, especialmente si el estudiante no logra reconstruir el camino que llevó a esa solución. Desde el modelo 3P, esta falta de claridad compromete la profundidad del proceso formativo: sin entender los pasos, es difícil comprender los fundamentos.

Gouia-Zarrad y Gunn (2024) sugieren enfrentar este tipo de limitaciones aprovechando lo que la IAG hace bien, como ofrecer retroalimentación rápida o adaptar tareas a distintos niveles, pero bajo una guía docente que dé sentido a esas propuestas. Ese acompañamiento marca la diferencia. No se trata solo de corregir errores, sino de fomentar una actitud crítica. El estudiante deja de asumir que lo que dice la IAG es válido por defecto y aprende a ponerlo en duda, reconstruir el razonamiento y comprender cómo llegó allí. Es entonces cuando la herramienta deja de ser solo un apoyo técnico y se convierte en un recurso pedagógico con verdadero valor formativo.

También al afinar los *prompts*, las respuestas son más claras. Pero ese ajuste técnico, por sí solo, no basta. Lo fundamental es que el estudiante no se quede con la respuesta, sino que entienda el proceso que la generó, cuestione su lógica y sea capaz de conectarla con lo que ya sabe. Esa mediación pedagógica no solo mejora el resultado, sino que fortalece la autonomía intelectual del estudiante. Dahal et al. (2024) y Oh (2024) advierten sobre este punto. Para ellos, el docente cumple un rol fundamental al guiar la formulación de preguntas más precisas y revisar con criterio las respuestas generadas.

2.3.3 Enfoques que transforman la imprecisión en oportunidad

En lugar de ver estos errores como fallas técnicas, muchos investigadores los interpretan como oportunidades para Barana et al. (2023) el aprendizaje. Si se abordan con una mirada pedagógica, pueden activar procesos reflexivos, fomentar el análisis crítico y fortalecer la autonomía del estudiante. Esta perspectiva se vincula tanto con la teoría de los compromisos como con la noción de agencia: el error no bloquea el aprendizaje, lo provoca.

En el estudio experimental realizado por Barana et al. (2023) con 40 estudiantes universitarios que resolvieron problemas combinatorios mediante ChatGPT, los errores generados por la IAG impulsaron a los participantes a corregirlos, asumir un rol más activo y reflexionar sobre los procesos. Desde el modelo 3P, esto representa una alineación entre el proceso y el resultado de aprendizaje. El cruce entre equivocación y corrección es una forma de aprender que no depende de la perfección, sino de la participación.

En educación matemática es importante tanto el resultado como el razonamiento para llegar a esos resultados. Cuando se trabaja con IAG se hace evidente una opacidad en ese razonamiento. Esto es confirmado por Schorcht et al. (2024) al evaluar GPT en tareas sencillas: identificaron errores numéricos y respuestas sin explicación. Para enfrentar este desafío, proponen estrategias como Chain-of-Thought, que obliga al modelo a desglosar su razonamiento, y Ask-me-Anything, que abre espacio para el diálogo con el estudiante. Estas prácticas pueden ayudar a organizar el pensamiento y disminuir el esfuerzo mental.

Dahal et al. (2024) plantea que cuando la IAG comete un error, hay que considerarlo como una oportunidad para que el estudiante se vea en la necesidad de reformular sus preguntas. Buscar mayor precisión y revisar sus propios razonamientos no es una pérdida, ese proceso activa su rol como sujeto del aprendizaje. Propone como estrategia, ajustar los *prompts* para mejorar las respuestas, pero eso no garantiza que la información generada tenga sentido pedagógico. Por eso, cada resultado necesita ser revisado cuidadosamente. Es claro: si no hay una mediación docente que guíe, interprete y transforme lo que ofrece la herramienta, su valor educativo se diluye.

En el ámbito de la formación docente, Vankúš (2024), desde la Universidad Comenius, utilizó fallos en ejercicios de probabilidad para trabajar el análisis crítico y fortalecer la alfabetización digital. Pavlova (2024), en la Universidad Konstantin

Preslavsky, presenta una estrategia didáctica: el diálogo invertido, donde los errores de la IAG no se ocultan, sino que se emplean como disparadores de discusión colectiva. Ambas propuestas, que se alinean a la teoría de los compromisos, buscan activar el protagonismo del estudiante y revalorizar la mediación docente como guía en ese proceso.

Estos ejemplos, junto con los estudios de Barana et al. (2023) y Schorcht et al. (2024), confirman que, con una supervisión adecuada, las fallas de la IAG se pueden convertir en oportunidades para el desarrollo del pensamiento matemático.

2.3.4 Enfoques de acción guiada frente a la imprecisión de la IAG

Desde la práctica en aula varios de los estudios revisados detectan la presencia de las alucinaciones y la incapacidad de la IAG para detectar errores procedimentales complejos que afectan la validez del contenido, esto abre espacios valiosos para el aprendizaje, si se abordan de forma estratégica. Desde la teoría de los compromisos y el enfoque de agencia estudiantil, estas fallas pueden transformarse en oportunidades para pensar, cuestionar y reconstruir ideas.

Los autores proponen diversas estrategias que pueden aplicarse en el aula, las cuales presentamos a continuación:

- Hernández (2025) sugiere incorporar herramientas como GeoGebra para analizar visualmente las respuestas de la IA. Esto no solo reduce la carga cognitiva, sino que promueve una indagación más activa.
- Bonilla et al. (2024) plantean la necesidad de formar a los estudiantes en la redacción de prompts precisos. Cuanto más claro es el prompt, más útil y comprensible es la respuesta generada.
- Torres-Peña et al. (2024) proponen mantener la revisión manual como parte del proceso docente, junto con el desarrollo de técnicas que permitan mejorar el razonamiento matemático de los modelos.

Las propuestas que abordan las limitaciones de la IAG en el aula convergen en tres pilares que pueden marcar una diferencia real: la validación experta del docente, el diseño de consultas claras y precisas, y una integración complementaria de la IAG que no reemplace, sino amplifique el aprendizaje. Desde el modelo 3P, estas estrategias no solo estructuran la enseñanza, sino que la potencian cuando se vinculan con los procesos cognitivos del estudiante.

Los estudiantes cuando se enfrenta a una respuesta incorrecta generada por IAG, al contar con acompañamiento para entenderla o corregirla, su involucramiento cambia. Ya no se trata de recibir información, sino de dialogar con ella. Lo que antes parecía un obstáculo se transforma en una ocasión para pensar más allá de la solución: para analizar, contrastar y comprender. Es ahí, en esa tensión entre el razonamiento humano y la propuesta tecnológica, donde emerge un aprendizaje matemático más autónomo y profundamente colaborativo.

Tabla 25

Aportes para mitigar la falta de fiabilidad en el uso de la IAG.

Autor(es)	Aporte destacado
Wardat et al. (2023)	Señalan limitaciones de la IAG para representar visualmente conceptos geométricos, dificultando la comprensión espacial.
Dahal et al. (2024)	Alertan sobre la dificultad de la IAG para captar matices semánticos del lenguaje matemático; destacan la importancia de guiar y revisar las respuestas.
Sánchez-Ruiz et al. (2023)	Muestran que GPT-4 funciona bien en teoría, pero puede fallar en cálculos concretos; validación con herramientas como Wolfram es clave.
Gouia-Zarrad y Gunn (2024)	Identifican alucinaciones en tareas matemáticas complejas; sugieren retroalimentación rápida bajo supervisión docente.
Oh (2024)	Señala la opacidad en el razonamiento de la IAG, lo que afecta el entendimiento del proceso; propone descomponer el razonamiento (<i>Chain-of-Thought</i>).
Barana et al. (2023)	Los errores de la IAG activan procesos reflexivos y mejoran la formulación simbólica cuando se abordan pedagógicamente.
Schorcht et al. (2024)	Confirman que respuestas incorrectas impulsan el análisis crítico; recomiendan técnicas como <i>Ask-me-Anything</i> .
Vankúš (2024)	Utiliza errores de IAG en probabilidad para fortalecer la alfabetización digital y el pensamiento crítico.
Pavlova (2024)	Propone diálogo invertido: usar errores de IAG como disparadores para la discusión colectiva.

Autor(es)	Aporte destacado
Hernández (2025)	Sugiere incorporar herramientas como GeoGebra para validar visualmente respuestas de la IA, reduciendo la carga cognitiva.
Bonilla et al. (2024)	Propone enseñar <i>prompt engineering</i> para mejorar la calidad de respuestas y fortalecer la autonomía del estudiante.
Torres-Peña et al. (2024)	Insiste en mantener revisión manual y en desarrollar técnicas para mejorar el razonamiento matemático de la IAG.

Nota. Elaboración propia.



CONCLUSIONES

Los aspectos favorables del uso de la IAG en la enseñanza de las matemáticas universitarias se concretan principalmente en tres dimensiones: la personalización del aprendizaje, el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas y la capacidad de respuesta rápida. Estas ventajas técnicas, presentes en diversos enfoques investigativos, facilitan el acceso a contenidos matemáticos ajustados al perfil del estudiante (Torres-Peña et al., 2024), promueven la participación activa en entornos dinámicos y adaptativos (Bonilla Marín et al., 2024) y ayudan a diseñar problemas matemáticos auténticos y transferibles (Pochulu & Font, 2025).

Entre los aspectos desfavorables se destacan la dependencia excesiva, la disminución de la originalidad en las producciones académicas y la falta de fiabilidad en algunas respuestas generadas. Advierten sobre el riesgo de que los estudiantes deleguen el razonamiento a la herramienta, debilitando la agencia estudiantil. (Opesemowo & Ndlovu, 2024), fomenta la deshonestidad académica (Del Mundo et al., 2024) y se presentan riesgos de fiabilidad y precisión (Hernández, 2025).

Asimismo, el rol del docente resulta insustituible para potenciar los beneficios de la IAG y mitigar sus debilidades. Tanto en la formulación de *prompts* (Dahal et al., 2024) como en la revisión de respuestas, el acompañamiento pedagógico permite transformar la herramienta en un recurso formativo. La mediación docente activa fortalece la agencia estudiantil (Youssef et al., 2024), promueve la reflexión sobre el proceso y convierte el error en oportunidad para aprender. (Pavlova, 2024).

Los fundamentos teóricos que sustentan las ventajas y desventajas del uso de la IAG permiten comprender mejor su impacto educativo. Modelos como el conectivismo (Blake, 2023), las 3P de Biggs (Chan & Hu, 2023), la teoría de los compromisos (Heung y Chiu, 2025), la teoría de la carga cognitiva (Patac & Patac, 2025) ofrecen marcos interpretativos que explican cómo la tecnología incide en las condiciones, procesos y resultados del aprendizaje. Esta integración conceptual es clave para orientar las prácticas docentes hacia una enseñanza más reflexiva y contextualizada.

Finalmente, garantizar un uso ético y formativo de la IAG exige el desarrollo de políticas institucionales claras, así como programas de alfabetización digital crítica dirigidos tanto a estudiantes como a docentes. Del Mundo et al. (2024) y Bonilla (2024) destacan la necesidad de formar comunidades universitarias capaces de utilizar estas

herramientas con criterio, conciencia y responsabilidad, asegurando la integridad académica y el protagonismo intelectual de quienes aprenden.



REFERENCIAS

- Barana, A., Marchisio, M., & Roman, F. (2023). *Fostering Problem Solving and Critical Thinking in Mathematics Through Generative Artificial Intelligence* (ERIC). Actas de International Association for Development of the Information Society. <https://eric.ed.gov/?id=ED636445>
- Blake, J. (2023). Unleashing the potential: Positive impacts of generative AI on learning and teaching. In *Generative AI in Teaching and Learning* (pp. 31–45). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0074-9.ch002>
- Bonilla Marín, A., Márquez Díaz, J. E., Benavides Ramírez, L. G., & Gutiérrez Arévalo, F. R. (2024). Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en la educación matemática. In ACOFI (Ed.), *ACOFI* (pp. 1–12). ACOFI. <https://doi.org/10.26507/paper.3672>
- Bulger, M. (2016). *Personalized Learning: The Conversations We're Not Having The Promise of Personalized Learning*. https://www.datasociety.net/pubs/ecl/PersonalizedLearning_primer_2016.pdf
- Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), Article-41. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-8>
- Darvishi, A., Khosravi, H., Sadiq, S., Gašević, D., & Siemens, G. (2024). Impact of AI assistance on student agency. *Computers and Education*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104967>
- Del Mundo, M., Delos Reyes, E. F., Gervacio, E. M., Manalo, R. B., Book, R. J. A., Chavez, J. V., Espartero, M. M., & Sayadi, D. S. (2024). Discourse analysis on experience-based position of science, mathematics, and Tech-Voc educators on generative AI and academic integrity. *Environment and Social Psychology*, 9(8), Article-3028. <https://doi.org/10.59429/esp.v9i8.3028>
- Gouia-Zarrad, R., & Gunn, C. (2024). Enhancing students' learning experience in mathematics class through ChatGPT. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 19(3). <https://doi.org/10.29333/iejme/14614>
- Govender, R. (2024). A reflection on the use of artificial intelligence tools for the meaningful learning of mathematics. *Pythagoras*, Article-a831. <https://doi.org/10.4102/pythagoras.v45i1.831>

- Hernández, A. (2025). IA en la Resolución de Problemas Matemáticos. *Cuadernos de Investigación y Formación Matemática*, 18, 22–37. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/>
- Heung, Y. M. E., & Chiu, T. K. F. (2025). How ChatGPT impacts student engagement from a systematic review and meta-analysis study. In *Computers and Education: Artificial Intelligence* (Vol. 8, p. Article-100361). <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100361>
- Lindfors, J. (2024). *Exploring the Potential of AI for Personalized Mathematics Education*. <https://joakimlindfors.com/wp-content/uploads/2024/01/Potential-of-AI-in-Mathematics-Education.pdf>
- Monzón, Á. (2023). *Inteligencia Artificial en el aula: oportunidades y desafíos para la didáctica de la matemática y física universitaria*. <https://orcid.org/0009-0007-7470-9046>
- Nakagawa, S., Ivimey-Cook, E. R., Grainger, M. J., O’Dea, R. E., Burke, S., Drobniak, S. M., Gould, E., Macartney, E. L., Martinig, A. R., Morrison, K., Paquet, M., Pick, J. L., Pottier, P., Ricolfi, L., Wilkinson, D. P., Willcox, A., Williams, C., Wilson, L. A. B., Windecker, S. M., ... Lagisz, M. (2023). Method Reporting with Initials for Transparency (MeRIT) promotes more granularity and accountability for author contributions. In *Nature Communications* (Vol. 14, Issue 1). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37039-1>
- Ng, D. T. K., Chan, E. K. C., & Lo, C. K. (2025). Opportunities, challenges and school strategies for integrating generative AI in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100373>
- Oh, S. (2024). Evaluating Mathematical Problem-Solving Abilities of Generative AI Models: Performance Analysis of ChatGPT 4o1 and ChatGPT 4o Using the Korean College Scholastic Ability Test. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3523703>
- Opesemowo, O. A. G., & Ndlovu, M. (2024). Artificial intelligence in mathematics education: The good, the bad, and the ugly. *Journal of Pedagogical Research*, 8(3), 333–346. <https://doi.org/10.33902/JPR.202426428>
- Patac, L. P., & Patac, A. V. (2025). Using ChatGPT for academic support: Managing cognitive load and enhancing learning efficiency – A phenomenological approach. *Social Sciences and Humanities Open*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101301>

- Pavlova, N. H. (2024). Flipped dialogic learning method with ChatGPT: A case study. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 19(1). <https://doi.org/10.29333/iejme/14025>
- Pochulu, D. M., & Moll, V. F. (2025). Idoneidad didáctica de tareas de matemáticas reformuladas con inteligencia artificial Didactic suitability of mathematics tasks reformulated with artificial intelligence. *Paradigma*. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2025.e2025021.id1621>
- Pólya, G. (2004). *How to solve It. A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Dover Publications.
- Rane, N. (2023). Enhancing Mathematical Capabilities through ChatGPT and Similar Generative Artificial Intelligence: Roles and Challenges in Solving Mathematical Problems. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4603237>
- Riemer, K., & Peter, S. (2024). Conceptualizing generative AI as style engines: Application archetypes and implications. *International Journal of Information Management*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102824>
- Salih, S., Husain, O., Hamdan, M., Abdelsalam, S., Elshafie, H., & Motwakel, A. (2024). Transforming education with AI: A systematic review of ChatGPT's role in learning, academic practices, and institutional adoption. In *Results in Engineering* (Vol. 25). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103837>
- Sánchez-Ruiz, L. M., Moll-López, S., Nuñez-Pérez, A., Moraño-Fernández, J. A., & Vega-Fleitas, E. (2023). ChatGPT Challenges Blended Learning Methodologies in Engineering Education: A Case Study in Mathematics. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/app13106039>
- Schorcht, S., Buchholtz, N., & Baumanns, L. (2024). Prompt the problem – investigating the mathematics educational quality of AI-supported problem solving by comparing prompt techniques. *Frontiers in Education Scopu*s, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1386075>
- Serrano, J. L., & Moreno-García, J. (2024). Artificial Intelligence and Personalized Learning: Educational Innovation or Revived Promises? In *EduTec* (Issue 89). GTE-Educational Technology Group, University of the Balearic Islands. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.89.3577>
- Sharma, P. (2024). *Revolutionizing Math Education: The Power of Personalized Learning*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED646968.pdf>

- Sweller, J., van Gog, T., & Paas, F. (2010). Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives. In *Educational Psychology Review* (Vol. 22, Issue 2, pp. 115–121). <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9133-8>
- Torres-Peña, R. C., Peña-González, D., Chacuto-López, E., Ariza, E. A., & Vergara, D. (2024). Updating Calculus Teaching with AI: A Classroom Experience. *Education Sciences*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/educsci14091019>
- Vankúš, P. (2024). Generative Artificial Intelligence on Mobile Devices in the University Preparation of Future Teachers of Mathematics. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(18), 19–33. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i18.51221>
- Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R., & Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education - Scopus*, 19(7). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13272>
- Weizenbaum, J. (1966). *ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine*. <https://doi.org/10.1145/365153.365168>
- Wijaya, T. T., Yu, Q., Cao, Y., He, Y., & Leung, F. K. S. (2024). Latent Profile Analysis of AI Literacy and Trust in Mathematics Teachers and Their Relations with AI Dependency and 21st-Century Skills. *Behavioral Sciences*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/bs14111008>
- 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>