

“Evolución temporal y tendencias emergentes en la investigación sobre IAG en la enseñanza de la física: un análisis bibliométrico (2023-2025)”

“Temporal evolution and emerging trends in IAG research in physics teaching: a bibliometric analysis (2023-2025)”

AUTORES

Lcda. Leonor Mercedes Sánchez Alvarado Mgtr.

Universidad Estatal de Milagro

Guayas - Ecuador

lsancheza4@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-1549-0440>

Mgtr. Marcos Francisco Guerrero Zambrano PhD.

Universidad Estatal de Milagro

Guayas - Ecuador

mguerreroz@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5617-6836>

Ing. Bryan Stalin Valarezo Chamba Mgtr.

Universidad Estatal de Milagro

Guayas - Ecuador

bvalarezoc@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-3907-247X>

Como citar:

“Evolución temporal y tendencias emergentes en la investigación sobre IAG en la enseñanza de la física: un análisis bibliométrico (2023-2025)”. (2025). *Prospherus*, 2(3), 665-692.

Fecha de recepción: 2025-06-18

Fecha de aceptación: 2025-07-18

Fecha de publicación: 2025-08-22



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Resumen

La irrupción de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) desde el año 2023 ha marcado un cambio significativo en la investigación educativa, particularmente en la enseñanza de la física, una disciplina caracterizada por su alto nivel de abstracción y el uso intensivo de representaciones visuales y simbólicas. Este fenómeno ha generado un creciente interés en el uso de modelos de lenguaje como GPT-3.5, GPT-4 y sus versiones multimodales para ofrecer retroalimentación formativa, apoyar la resolución de problemas y evaluar competencias visuales. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar la evolución de la producción científica sobre IAG en la enseñanza de la física durante el periodo 2023–2025, identificando los países, autores, instituciones y revistas más influyentes, así como las líneas temáticas emergentes. Para ello, se llevó a cabo un análisis bibliométrico descriptivo y relacional basado en 42 artículos obtenidos de la base de datos Scopus, aplicando criterios de inclusión estrictos y utilizando herramientas como Bibliometrix y Biblioshiny para el procesamiento de los datos. Los resultados revelan un crecimiento anual del 85,16 % en la producción científica, con una fuerte concentración en países como Estados Unidos, China, Alemania y Reino Unido, aunque también destaca el ascenso de actores latinoamericanos como Brasil, Colombia y Ecuador, siendo la Universidad Estatal de Milagro un referente regional. Las temáticas dominantes incluyen retroalimentación automatizada, evaluación visual, tutoría con IA y aceptación docente. Las publicaciones más citadas datan de 2023 y se han convertido en referentes clave del campo. Las revistas especializadas *Physical Review Physics Education Research* y *Physics Education* lideran la difusión académica. Este estudio concluye que la IAG se consolida como un eje transformador de la enseñanza de la física, aunque su integración pedagógica requiere marcos éticos sólidos, formación docente especializada y políticas educativas inclusivas.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Enseñanza De La Física, Bibliometría.



Abstract

The emergence of generative artificial intelligence (GAI) since 2023 has marked a significant shift in educational research, particularly in the teaching of physics a discipline known for its high level of abstraction and intensive use of visual and symbolic representations. This phenomenon has sparked growing interest in the use of language models such as GPT-3.5, GPT-4, and their multimodal versions to provide formative feedback, support problem-solving, and assess visual competencies. In this context, the present study aims to analyze the evolution of scientific production on GAI in physics education during the period 2023–2025, identifying the most influential countries, authors, institutions, and journals, as well as the emerging thematic lines. To this end, a descriptive and relational bibliometric analysis was conducted based on 42 articles retrieved from the Scopus database, applying strict inclusion criteria and using tools such as Bibliometrix and Biblioshiny for data processing. The results reveal an annual growth rate of 85.16% in scientific output, with a strong concentration in countries such as the United States, China, Germany, and the United Kingdom, while also highlighting the rise of Latin American contributors like Brazil, Colombia, and Ecuador, particularly the State University of Milagro as a regional reference. Dominant themes include automated feedback, visual assessment, AI-assisted tutoring, and teacher acceptance. The most cited publications date back to 2023 and have become key references in the field. Specialized journals such as *Physical Review Physics Education Research* and *Physics Education* lead in academic dissemination. This study concludes that GAI is consolidating as a transformative force in physics education; however, its pedagogical integration demands robust ethical frameworks, specialized teacher training, and inclusive educational policies.

Keywords: Artificial Intelligence, Physics Education, Bibliometrics.



Introducción

Desde el año 2023, la aparición de la IAG ha marcado un punto de inflexión en la investigación en didáctica de las ciencias, particularmente en el ámbito de la enseñanza de la física. Esta disciplina, caracterizada por su alto nivel de abstracción conceptual, la necesidad de modelización y el uso de múltiples representaciones, ha comenzado a explorar cómo la IAG puede ofrecer apoyos cognitivos significativos y generar retroalimentaciones formativas de calidad. Durante el período 2023–2025, el enfoque en esta área ha evolucionado desde un uso inicial exploratorio de modelos de lenguaje de gran escala (LLM, por sus siglas en inglés) hacia aplicaciones más estructuradas. Entre estas, destacan el desarrollo de retroalimentación en tareas abiertas (Wan y Chen, 2024), el acompañamiento mediante colaboración entre humanos y sistemas IA en la resolución de problemas (Tong et al., 2025), y la evaluación de habilidades visuales dentro de pruebas conceptuales (Polverini et al., 2025). Asimismo, se evidencia investigaciones que se centran en la aceptación de estas tecnologías por parte del profesorado y su incorporación en el currículo escolar (Wattanakasiwich et al., 2025). En ese sentido, esta tendencia se ha visibilizado en ciertos números de revistas académicas referentes a educación y a ciencias, donde la IAG se presenta como una herramienta prometedora para la mejora de procesos didácticos, aunque también se subraya la necesidad de evaluar críticamente sus limitaciones y posibles riesgos (Avila et al., 2024); (López-Simó y Rezende, 2024).

En el ámbito de la instrucción, la implementación de IAG ha arrojado resultados alentadores, aunque también ha revelado matices importantes. Un ejemplo de ello es el uso de GPT-3.5 para generar retroalimentación formativa a partir de técnicas como el *prompt engineering* y el *few-shot learning*, estrategia que demostró ser funcional para fomentar la comprensión conceptual en física. No obstante, este enfoque también evidenció una alta dependencia del diseño instruccional y subrayó la necesidad de supervisión docente para garantizar la calidad del contenido generado (Wan y Chen, 2024). Investigaciones más recientes han centrado su atención en el rendimiento de modelos multimodales, como ChatGPT-4 y 4o, al ser aplicados en pruebas conceptuales que integran múltiples representaciones visuales. Los hallazgos indican que estos modelos superaron en desempeño a grupos estudiantiles en tareas de interpretación gráfica, lo que sugiere un potencial significativo en términos de apoyo al aprendizaje visual (Tschisgale et al., 2025; Wei, 2024). Sin embargo, aún persisten dudas importantes en torno a la validez ecológica



de estos resultados y su aplicabilidad efectiva en contextos escolares reales (Polverini et al., 2025). Por otro lado, se han observado efectos diversos cuando la IAG es empleada como agente colaborador en la resolución de problemas científicos por parte de estudiantes. Si bien algunos estudios reportan mejoras en el rendimiento, también se ha advertido el riesgo de que los estudiantes desarrollen una confianza excesiva en las respuestas generadas por la IA, incluso cuando estas son incorrectas o imprecisas, lo que plantea desafíos pedagógicos asociados a la evaluación crítica y la formación en pensamiento científico (Tong et al., 2025).

En el campo de la formación docente, la IAG ha comenzado a ser investigada como una herramienta de apoyo en el diseño de actividades didácticas de física por parte de futuros profesores. En este contexto, se ha observado que la IAG puede contribuir en la elaboración de ítems y propuestas de andamiaje pedagógico. Sin embargo, también se han identificado limitaciones importantes, especialmente en cuanto a la especificidad disciplinar y la adecuación contextual de los problemas que produce (Küchemann et al., 2023). De manera complementaria, algunos trabajos recientes han abordado su uso en escenarios didácticos cotidianos, proponiendo estrategias de integración al aula, pero también señalando la necesidad de establecer marcos éticos y pedagógicos sólidos que orienten su utilización de manera responsable (Avila et al., 2024). Por otro lado, los estudios que analizan la adopción de estas tecnologías desde la perspectiva de la teoría de difusión de innovaciones indican que el profesorado de física atraviesa un proceso de incorporación que transcurre por distintas etapas, desde el conocimiento inicial hasta la persuasión y la adopción efectiva. Este proceso está influenciado en gran medida por la percepción de autoeficacia tecnológica del docente, así como por la disponibilidad de evidencias claras sobre el impacto de estas herramientas en el aprendizaje del estudiantado (Wattanakasiwich et al., 2025).

La diversidad de enfoques y hallazgos que conforman el estado actual de la investigación en torno a la IAG en la enseñanza de la física pone de manifiesto una brecha todavía no resuelta: si bien existen aportes empíricos de gran valor, falta establecer un estudio de carácter bibliométrico que permita describir la evolución temporal de esta línea de investigación entre 2023 y 2025. En particular, se requiere una caracterización detallada que identifique los países e instituciones con mayor productividad, los artículos y autores



más influyentes, así como una cartografía temática que revele los núcleos conceptuales del campo. Tópicos como retroalimentación automatizada, ingeniería de *prompts*, evaluación visual, tutoría con sistemas IAG y aceptación docente aparecen de forma recurrente, pero aún no han sido sistematizados en un marco estructurado que permita comprender la arquitectura intelectual de esta área emergente. En respuesta a esta necesidad, el presente estudio plantea un doble objetivo: por un lado, cuantificar el crecimiento de la producción científica y detectar los momentos de mayor actividad editorial durante el periodo analizado; y por otro, mapear las principales líneas temáticas y tendencias emergentes, con el propósito de ofrecer insumos que orienten futuras investigaciones, decisiones curriculares y estrategias de integración pedagógica de la IAG en la enseñanza de las ciencias.

En resumen, el presente trabajo plantea una revisión bibliométrica orientada a responder interrogantes clave que permitan comprender el estado actual del conocimiento sobre IAG en la enseñanza de la física. Entre las preguntas que guían este análisis destacan: ¿cómo ha variado la producción científica en este campo entre los años 2023 y 2025?, ¿qué países, instituciones, autores y publicaciones lideran la discusión académica?, y ¿cuáles son las palabras clave y ejes temáticos que definen y proyectan el desarrollo de este dominio?, a través de esta aproximación, se busca consolidar y sistematizar un conjunto de evidencias recientes que, aunque relevantes, permanecen dispersas en distintas fuentes. De esta forma, el estudio pretende ofrecer una visión integrada y actualizada del campo, que resulte valiosa tanto para investigadores especializados, como para formadores de docentes y responsables de diseñar políticas educativas con enfoque en innovación tecnológica. En las secciones siguientes se exponen los fundamentos conceptuales que sustentan el análisis bibliométrico desarrollado.



Abordaje teórico de la investigación

IAG y su desarrollo reciente

La IAG se entiende como un conjunto de sistemas capaces de producir contenido original, como textos, imágenes, secuencias de código o simulaciones, a partir de grandes volúmenes de datos previamente entrenados y en respuesta a instrucciones específicas proporcionadas por el usuario, conocidas como *prompts* (Wan y Chen, 2024). A diferencia de otras ramas de la inteligencia artificial que se enfocan principalmente en tareas de clasificación o predicción, los modelos generativos tienen la capacidad de crear nuevas representaciones, lo que los convierte en herramientas particularmente versátiles para su aplicación en entornos educativos. Entre los años 2023 y 2025, los avances en modelos de lenguaje de gran escala (LLM), como GPT-3, GPT-4 y sus versiones multimodales, han ampliado notablemente las posibilidades de integrar la IAG en contextos de enseñanza y aprendizaje, especialmente en disciplinas como la física, donde la abstracción conceptual y el uso de múltiples representaciones requieren apoyos pedagógicos sofisticados (Avila et al., 2024).

En el ámbito educativo, la IAG ha comenzado a posicionarse como una herramienta con múltiples aplicaciones pedagógicas. Entre sus principales aportes se destacan su capacidad para automatizar procesos de retroalimentación personalizada, generar simulaciones interactivas que favorecen el aprendizaje activo, diseñar problemas contextualizados que responden a situaciones reales, y brindar asistencia en la resolución de problemas complejos, particularmente en áreas donde el razonamiento abstracto y la toma de decisiones desempeñan un papel central (Polverini et al., 2025); (Tong et al., 2025).

Desafíos en la enseñanza y aprendizaje de la física

La enseñanza de la física se caracteriza por exigir un alto nivel de pensamiento abstracto, así como la comprensión integrada de diversas formas de representación, incluyendo gráficos, expresiones matemáticas y lenguaje verbal. Además, requiere habilidades de modelización que permiten interpretar fenómenos complejos desde un enfoque científico (López-Simó y Rezende, 2024). No obstante, continúan presentes desafíos estructurales y cognitivos, como la persistencia de ideas previas incorrectas, niveles reducidos de motivación estudiantil y limitaciones en el acceso a experiencias experimentales auténticas, especialmente en contextos con recursos restringidos. Frente a este panorama, la



incorporación de herramientas basadas en IAG abre nuevas posibilidades didácticas. En particular, se ha documentado su utilidad para producir explicaciones ajustadas al nivel del estudiante, así como para generar recursos visuales interactivos que pueden adaptarse a diferentes estilos de aprendizaje y suplir parcialmente la falta de laboratorios físicos (Küchemann et al., 2023).

Diversos estudios recientes han evidenciado que el uso de herramientas basadas en IAG puede contribuir positivamente al desarrollo de habilidades en la interpretación de representaciones visuales, así como a la mejora en la calidad de la argumentación científica por parte del estudiantado. Estas tecnologías parecen facilitar el acceso a explicaciones más claras y a estructuras discursivas más elaboradas durante la resolución de tareas complejas. No obstante, también se ha señalado que este tipo de avances debe ir acompañado de una supervisión activa por parte del profesorado, con el fin de prevenir una aceptación acrítica de los resultados generados por la IA, los cuales, aunque plausibles, no siempre son correctos o pertinentes en términos científicos (Polverini et al., 2025); (Tong et al., 2025).

Aplicaciones de la IAG en física educativa

Una de las áreas más exploradas en la aplicación de IAG en la enseñanza de la física es aquella orientada a ampliar las estrategias didácticas y potenciar el aprendizaje del estudiantado desde diversas perspectivas. Dentro de estas iniciativas, destaca especialmente el uso de la retroalimentación automatizada, en la cual se combinan técnicas como el *prompt engineering* y el *few-shot learning* para generar respuestas adaptadas al contexto específico de cada estudiante. Este enfoque ha demostrado ser eficaz no solo por su capacidad para acelerar los tiempos de retroalimentación, sino también por su potencial para ofrecer explicaciones personalizadas que promueven una comprensión más profunda de los conceptos clave, contribuyendo así a reducir brechas de aprendizaje y mejorar el seguimiento pedagógico (Wan y Chen, 2024).

Otra línea de investigación que ha cobrado relevancia en el contexto educativo es la resolución colaborativa de problemas asistida por IAG. En este enfoque, modelos multimodales y sistemas capaces de procesar texto e imagen funcionan como compañeros de aprendizaje, brindando apoyo a los estudiantes durante el abordaje de tareas complejas. Estas tecnologías permiten no solo ampliar el repertorio de estrategias disponibles, sino



también explorar visualmente distintas vías de solución, lo cual resulta especialmente valioso en disciplinas como la física. Sin embargo, junto con estos beneficios, también emergen riesgos pedagógicos importantes, como la posibilidad de que los estudiantes desarrollen una dependencia excesiva del sistema o que acepten sin cuestionamiento las respuestas propuestas por la IA, aun cuando estas puedan contener errores conceptuales o interpretaciones engañosas (Tong et al., 2025).

En el contexto de la formación inicial del profesorado, la IAG ha sido investigada como una herramienta de apoyo para el diseño de tareas didácticas, facilitando la elaboración de ítems, guías instruccionales y situaciones problemáticas ajustadas a diversos niveles educativos. Esta capacidad para generar recursos pedagógicos representa una oportunidad valiosa para fortalecer habilidades relacionadas con el diseño instruccional y la planificación didáctica entre docentes en formación. No obstante, si bien las aplicaciones de la IAG muestran potencial en términos de eficiencia y creatividad, persisten desafíos significativos vinculados a la relevancia contextual de los materiales producidos y a la calidad pedagógica del contenido generado, lo que exige una supervisión crítica y una adecuada formación en su uso (Küchemann et al., 2023).

Entre las aplicaciones emergentes de la IAG en educación es la evaluación de competencias visuales, particularmente en lo que respecta a la interpretación de representaciones gráficas y diagramas científicos propios de la física. En este tipo de tareas, la IAG ha sido evaluada en condiciones comparativas con estudiantes humanos, arrojando resultados destacados en ciertos indicadores de desempeño, especialmente en aspectos relacionados con la lectura y descripción de gráficos. Sin embargo, también se han identificado limitaciones importantes, sobre todo cuando se trata de representaciones visuales más complejas o abstractas, donde la interpretación requiere de un nivel elevado de contextualización y razonamiento disciplinar (Polverini et al., 2025).

Un elemento clave para la incorporación efectiva de la IAG en contextos educativos es la aceptación e implementación por parte del profesorado. Factores como la percepción de utilidad de estas herramientas, el nivel de autoeficacia tecnológica del docente y la claridad respecto a su impacto real en el aprendizaje influyen de manera directa en cómo y en qué medida la IAG se integra en las prácticas pedagógicas cotidianas (Wattanakasiwich et al.,



2025). En este sentido, el aprovechamiento exitoso de estas tecnologías en la enseñanza de la física no está determinado únicamente por su sofisticación técnica, sino también por un conjunto de condiciones humanas, éticas y organizativas que definen el contexto en el cual se despliegan. La comprensión y gestión adecuada de estos factores resulta esencial para garantizar una implementación pedagógicamente significativa y sostenible.

Tendencias emergentes y necesidad de estudios bibliométricos

El notable aumento en la producción científica relacionada con la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en la enseñanza de la física ha hecho necesaria una síntesis sistemática y cuantitativa. Esta síntesis debería identificar claramente los patrones de publicación, los principales actores involucrados y las temáticas que estructuran el campo. En este contexto, los estudios bibliométricos se presentan como una herramienta metodológica valiosa, ya que posibilitan el análisis del volumen de publicaciones, así como la exploración de redes de coautoría y la coocurrencia de palabras clave. Estos elementos permiten no solo reconstruir la evolución temporal del área, sino también detectar tendencias emergentes y orientar futuras líneas de investigación (Avila et al., 2024); (Wattanakasiwich et al., 2025).

Hasta el momento, si bien se han desarrollado análisis bibliométricos de carácter general sobre el uso de inteligencia artificial en el ámbito educativo, no se ha llevado a cabo un estudio específico y detallado que examine la evolución de la IAG en la enseñanza de la física durante el periodo comprendido entre 2023 y 2025. Esta laguna en la literatura especializada justifica la pertinencia del presente trabajo, cuya búsqueda documental y análisis de coocurrencia se orientan a identificar la presencia y distribución de categorías temáticas clave como retroalimentación automatizada, evaluación visual, tutoría con IAG, entre otras. Estos hallazgos servirán como base para continuar con el análisis de resultados, así como para desarrollar una discusión crítica y presentar conclusiones que contribuyan al fortalecimiento de futuras investigaciones en el área.



Materiales y Métodos

El presente estudio se desarrolla bajo un diseño bibliométrico de tipo descriptivo y relacional, centrado en el análisis de la producción científica vinculada al uso de IAG en la enseñanza de la física. Su propósito principal fue examinar la evolución temporal de las publicaciones, identificar a los actores con mayor influencia en el campo y detectar las temáticas emergentes que han ganado relevancia entre los años 2023 y 2025. Este tipo de enfoque resulta especialmente adecuado para cartografiar áreas de investigación en expansión, ya que permite no solo medir indicadores cuantitativos clave, sino también explorar redes de colaboración académica y patrones de coocurrencia temática que revelan la estructura intelectual del campo (Akhmetova et al., 2025); (El Fathi et al., 2025).

Para la recopilación de datos, se optó por utilizar la base de datos Scopus, debido a su amplia cobertura temática y multidisciplinar, así como por su reconocida indexación de revistas de alto impacto en áreas clave como Física y Astronomía, Educación y Ciencias de la Computación. Además, esta plataforma ofrece la posibilidad de exportar metadatos en formatos estandarizados, lo que resulta fundamental para realizar análisis bibliométricos rigurosos y comparables. Con el propósito de asegurar la reproducibilidad del estudio y facilitar el acceso abierto a las fuentes primarias, se estableció como criterio de inclusión que todas las publicaciones seleccionadas estuvieran disponibles bajo alguna de las modalidades de acceso abierto (ya fuera *gold*, *green*, *bronze* o *hybrid*), lo cual garantiza la transparencia y trazabilidad del corpus analizado.

La búsqueda se realizó el 14 de agosto del 2025 empleando la función avanzada de Scopus con la siguiente cadena:

TITLE-ABS-KEY("generative artificial intelligence" OR "generative AI" OR "large language model*" OR "ChatGPT" OR "GPT-4" OR "multimodal generative AI") AND ("physics education" OR "physics teaching" OR "physics learning")

En el proceso de selección de literatura para este estudio, se establecieron criterios rigurosos que permitieran garantizar tanto la relevancia temática como la calidad científica de las publicaciones analizadas. En primer lugar, se consideraron únicamente aquellos **artículos**



originales que hubieran sido sometidos a revisión por pares, publicados dentro del período comprendido entre **2023 y 2025**, lo cual asegura la actualidad de los enfoques y resultados discutidos. Además, se exigió que los textos estuvieran **disponibles en acceso abierto dentro de la base de datos Scopus**, con el objetivo de garantizar la trazabilidad y transparencia del corpus. Un tercer criterio fundamental fue que cada publicación incluyera una **vinculación explícita con la aplicación de IAG en contextos educativos relacionados con la enseñanza o el aprendizaje de la física**, garantizando así la alineación temática con los objetivos del presente estudio.

En cuanto a los criterios de exclusión, se descartaron todos aquellos documentos que **no contaran con revisión por pares**, dado que no cumplieran con los estándares mínimos de validación académica. Asimismo, se excluyeron los estudios cuyo enfoque principal estuviera centrado en **formas de inteligencia artificial no generativa**, por no corresponder al marco conceptual específico de este trabajo. También se eliminaron aquellas publicaciones **sin contenido educativo relacionado con la disciplina de la física**, con el fin de preservar la especificidad temática del análisis. Finalmente, fueron excluidos todos los registros bibliográficos que **presentaran metadatos incompletos**, dado que estos dificultan la correcta indexación, recuperación e interpretación de los datos durante el proceso de revisión sistemática.

La fase inicial del proceso de búsqueda permitió recuperar un total de 42 documentos científicos, distribuidos en 21 fuentes de publicación distintas. Estos registros fueron exportados en formato CSV y posteriormente analizados mediante el uso del paquete Bibliometrix (Aria y Cuccurullo, 2017), utilizando su interfaz gráfica Biblioshiny, que facilita la visualización y manipulación de datos bibliométricos. Como parte del procesamiento, se llevaron a cabo tareas de limpieza y normalización de los metadatos, con el objetivo de unificar variantes en los nombres de autores, afiliaciones institucionales, títulos de revistas y otras etiquetas relevantes, siguiendo las recomendaciones metodológicas propuestas por (Zupic y Čater, 2015). Este procedimiento fue esencial para asegurar la consistencia y precisión en los análisis posteriores. Con el propósito de ofrecer una visión comprehensiva del panorama actual sobre el uso de IAG en la enseñanza de la física, se llevó a cabo un análisis multifacético del corpus seleccionado. Esta aproximación permitió no solo describir cuantitativamente la producción científica, sino también



identificar patrones de impacto, actores clave, fuentes relevantes y evaluar la calidad de los datos recopilados.

En primer lugar, se desarrolló un **análisis de producción científica**, que contempló tanto la **evolución anual de publicaciones** durante el período 2023–2025 como la **distribución geográfica de la producción por países**. Este enfoque permitió reconocer tendencias temporales y localizar núcleos de actividad investigadora a nivel global.

Posteriormente, se abordó un **análisis de impacto**, centrado en la identificación de los **documentos con mayor número de citas globales**. Este componente del estudio resultó fundamental para destacar aquellas contribuciones que han generado mayor influencia en el campo y, por ende, ofrecen un mayor grado de legitimidad académica.

El siguiente eje fue el **análisis de actores**, en el cual se examinaron las **afiliaciones institucionales más recurrentes**, así como los **autores con mayor presencia en la producción científica**. Este enfoque permitió identificar comunidades académicas activas y redes de colaboración que lideran el avance en esta área emergente.

Asimismo, se llevó a cabo un **análisis de fuentes**, orientado a determinar cuáles han sido las **revistas y medios de publicación más relevantes** para la diseminación de estos estudios. Dicha exploración permite reconocer los canales editoriales que están dando mayor visibilidad a la integración de IAG en el ámbito educativo de la física.

Finalmente, se incorporó un **análisis de calidad de datos**, enfocado en el **estado de los metadatos presentes en el corpus analizado**. Esta revisión técnica fue esencial para evaluar la integridad informacional de los registros, así como para detectar carencias críticas que pudieran influir en la fiabilidad de los resultados extraídos del análisis bibliométrico.



Resultados

La Figura 1 muestra la evolución anual de la producción científica relacionada con la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) aplicada a la enseñanza de la física durante el periodo 2023–2025. Los datos indican un crecimiento sostenido y acelerado, lo que posiciona esta temática como un campo en consolidación dentro de la investigación educativa.

En el año 2023, se registraron 7 publicaciones, correspondientes a estudios pioneros que exploraban las primeras aplicaciones de modelos generativos como GPT-3.5 en tareas vinculadas a retroalimentación automática, evaluación conceptual y generación de recursos didácticos. Para 2024, el número de artículos aumentó a 11, lo que marca una transición hacia investigaciones más estructuradas, con diseños metodológicos más robustos y un mayor compromiso con la validación pedagógica (Avila et al., 2024); (Wattanakasiwich et al., 2025).

Este crecimiento se intensificó en 2025, con un total de 24 publicaciones, lo que representa una tasa de crecimiento acumulado del 85,16 % respecto al año anterior. Esta cifra no solo evidencia un aumento cuantitativo significativo, sino que también refleja un proceso de consolidación intelectual, en el cual la IAG ha dejado de ser un tópico emergente para convertirse en una línea prioritaria de investigación en didáctica de las ciencias, particularmente en física.

La expansión de la producción científica en este campo puede atribuirse a varios factores convergentes: el perfeccionamiento de modelos multimodales como GPT-4/4o, el interés creciente por parte de revistas académicas en publicar investigaciones relacionadas con tecnología educativa, y el impulso institucional por integrar herramientas de IA en los procesos de enseñanza y aprendizaje de disciplinas STEM (Küchemann et al., 2023); (Polverini et al., 2025).

En conjunto, los datos permiten afirmar que el estudio de la IAG en contextos educativos de física ha entrado en una fase de madurez temprana, y que su desarrollo futuro probablemente estará marcado por la especialización temática, la colaboración internacional y la integración curricular progresiva.



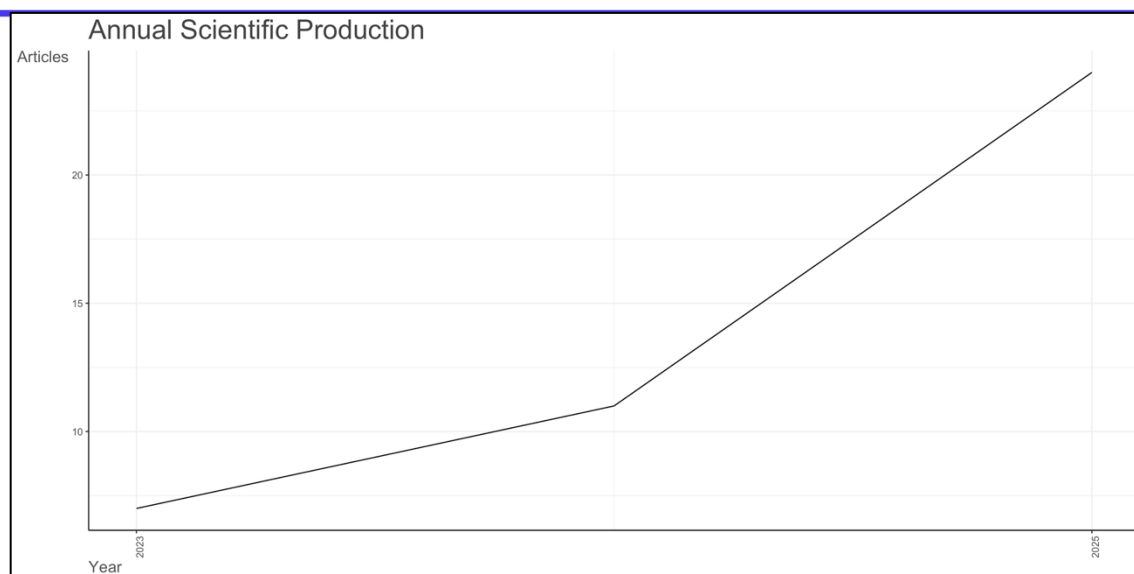


Figura 1. Producción científica anual (2023–2025).

El análisis del impacto científico de las publicaciones sobre IAG (IAG) en la enseñanza de la física revela patrones significativos en cuanto a su recepción en la comunidad académica. La **Figura 2** presenta una visualización clara de los **documentos con mayor número de citas globales**, permitiendo identificar aquellos trabajos que han ejercido mayor influencia dentro del campo.

Los resultados evidencian que los artículos con **más alto impacto fueron publicados en el año 2023**, lo cual puede atribuirse al mayor tiempo disponible para acumular citas en comparación con publicaciones más recientes. En particular, dos estudios destacan por encima del resto, superando **las 100 citas globales cada uno**, lo que los posiciona como referencias clave en la literatura emergente. Ambas publicaciones se encuentran en **revistas reconocidas por su alto factor de impacto en los ámbitos de educación contemporánea y tecnología**, lo cual refuerza su visibilidad y credibilidad en la comunidad científica.

Además, se observa un **grupo intermedio de publicaciones** que oscilan entre las 50 y 65 citas, lo que indica una recepción notable en corto tiempo, reflejando el creciente interés por comprender cómo la IAG puede incorporarse de manera significativa en contextos de enseñanza de la física. Estos estudios, aunque no tan citados como los líderes, han contribuido a consolidar líneas de trabajo en torno a la retroalimentación automatizada, la colaboración humano-IA y la evaluación de competencias específicas.

La figura también ilustra una **larga cola de artículos con menor volumen de citaciones**, muchos de ellos de 2024 y 2025, lo cual es esperable dada su reciente aparición. Este comportamiento es consistente con los ciclos naturales de citación en ciencias sociales y educación, donde los trabajos requieren tiempo para ser leídos, aplicados y citados en nuevas investigaciones.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que los primeros estudios que abordaron explícitamente la integración de IAG en entornos educativos de física han establecido un precedente teórico y metodológico que sigue siendo referenciado y extendido en investigaciones posteriores. La **alta citación de estos artículos pioneros** evidencia su papel central en la conformación del campo y destaca la necesidad de seguir monitoreando el impacto a medida que se desarrollan nuevas propuestas y aplicaciones.

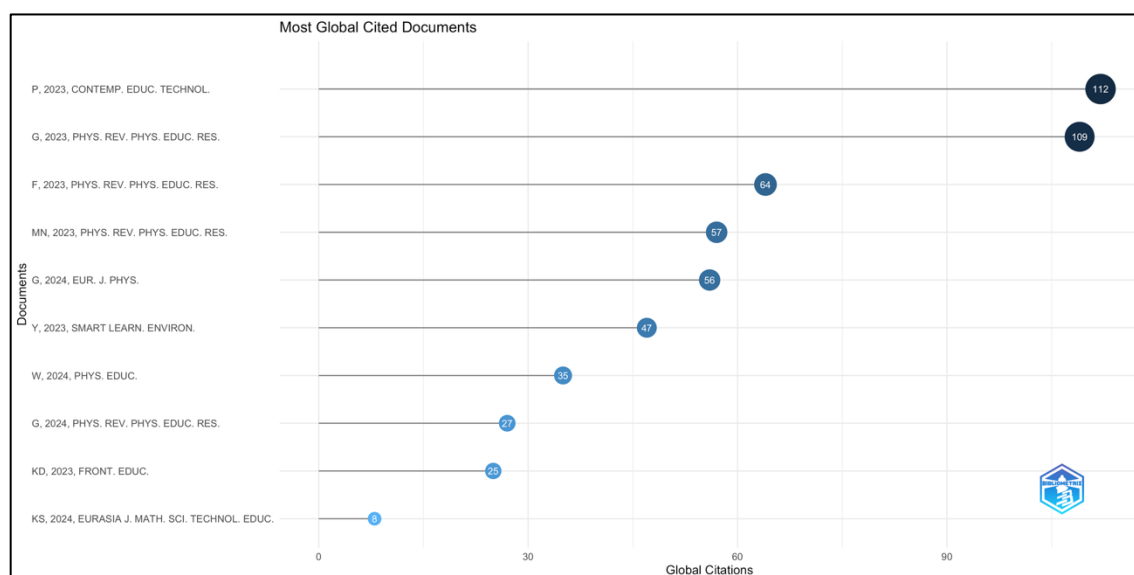


Figura 2. Documentos con mayor número de citas globales.

La Figura 3 muestra la producción científica por país en el ámbito de la IAG aplicada a la enseñanza de la física, correspondiente al periodo 2023–2025. El mapa evidencia una concentración notable de publicaciones en países tecnológicamente desarrollados, con fuertes sistemas de educación superior y consolidada trayectoria en investigación en ciencias y tecnología.

Entre los países más productivos destacan Estados Unidos, China, Alemania y el Reino Unido, que lideran tanto en volumen de publicaciones como en impacto académico. Esta preeminencia puede atribuirse a la combinación de capacidades tecnológicas avanzadas y ecosistemas científicos activos, que permiten no solo la experimentación con modelos generativos, sino también su implementación y evaluación en contextos educativos reales (Avila et al., 2024); (Wattanakasiwich

et al., 2025). Estas naciones han sido clave en la generación de estudios pioneros sobre retroalimentación automatizada, evaluación visual y tutoría asistida por IA en física.

En el contexto latinoamericano, la figura revela una presencia aún emergente, pero en crecimiento sostenido. Brasil y Colombia se posicionan como los principales contribuyentes regionales, participando activamente en iniciativas de innovación educativa con IA. Un caso especialmente destacable es el de la Universidad Estatal de Milagro en el Ecuador), cuya contribución a este campo refleja una inserción cada vez más visible de instituciones latinoamericanas en redes globales de investigación, a pesar de las limitaciones estructurales y presupuestarias que enfrentan.

El mapa también muestra actividad en países del sudeste asiático, Escandinavia, y Europa del Este, lo que sugiere que el interés por integrar la IAG en la enseñanza de la física no se limita a los centros tradicionales del conocimiento, sino que comienza a diversificarse geográficamente.

En resumen, la distribución geográfica de la producción científica revela que la investigación sobre IAG en la educación en física está caracterizada por una dinámica global, aunque con desigualdades regionales. Esto sugiere la necesidad de promover políticas de cooperación, transferencia tecnológica y fortalecimiento institucional en regiones menos representadas.

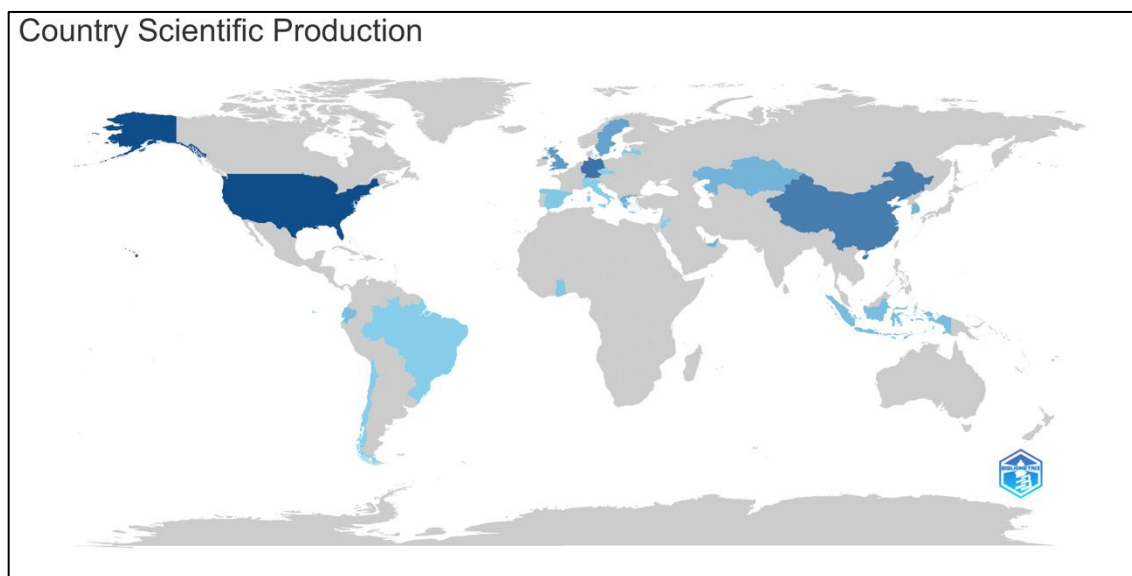


Figura 3. Producción científica por país.

La identificación de las instituciones académicas más activas en la investigación sobre IAG aplicada a la enseñanza de la física permite reconocer los principales nodos de producción científica y colaboración a nivel internacional. En la **Figura 4** se presenta el análisis de las

afiliaciones institucionales más relevantes del corpus, expresadas en función del número de artículos publicados por cada institución durante el período 2023–2025.

Encabezando el ranking se encuentran dos universidades europeas de reconocido prestigio: la **Ludwig-Maximilians-Universität München** (Alemania) y la **Uppsala Universitet** (Suecia), ambas con un total de **ocho publicaciones** registradas. Esta elevada producción científica sugiere la existencia de grupos de investigación consolidados en dichas instituciones, con líneas activas en torno a la integración de tecnologías emergentes, como la IAG, en contextos educativos STEM. A estas instituciones les siguen la **University College London**, con **siete artículos**, y la **Portland State University**, con **seis**, lo que evidencia una participación destacada del mundo anglosajón, particularmente de Reino Unido y Estados Unidos, en esta línea de investigación emergente.

Resulta particularmente relevante la presencia de instituciones provenientes de regiones no anglófonas que también muestran una participación activa. Tal es el caso de la **Tongji University** (China) y la **University of Thessaly** (Grecia), ambas con cuatro o cinco publicaciones, lo que indica un creciente interés global por el potencial pedagógico de la IAG en la enseñanza de ciencias.

En el contexto latinoamericano, destaca la **Universidad Estatal de Milagro** (Ecuador), que aparece con **cuatro publicaciones**, posicionándose como una de las pocas instituciones de la región con una presencia significativa en este campo. Su inclusión en esta visualización no solo evidencia su productividad científica, sino que también sugiere una **inserción activa en redes internacionales de colaboración** en investigación educativa y tecnológica, lo cual representa un avance importante para el fortalecimiento de capacidades regionales.

Asimismo, instituciones con fuerte tradición en investigación científica y tecnológica, como la **Cornell University Laboratory of Atomic and Solid State Physics**, y universidades alemanas como **Georg-August-Universität Göttingen** y **Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover**, aparecen con una producción inicial (1 publicación cada una), posiblemente asociada a proyectos piloto o contribuciones interdisciplinarias.



En términos generales, estos datos permiten visibilizar un mapa institucional diverso, donde conviven universidades líderes a nivel global con instituciones emergentes que están empezando a consolidarse como actores relevantes en la integración de IAG en la educación de la física. Este patrón sugiere que, si bien el liderazgo se concentra en ciertos centros académicos tradicionales, **la distribución de la producción científica comienza a mostrar un grado creciente de descentralización y apertura a nuevas geografías.**

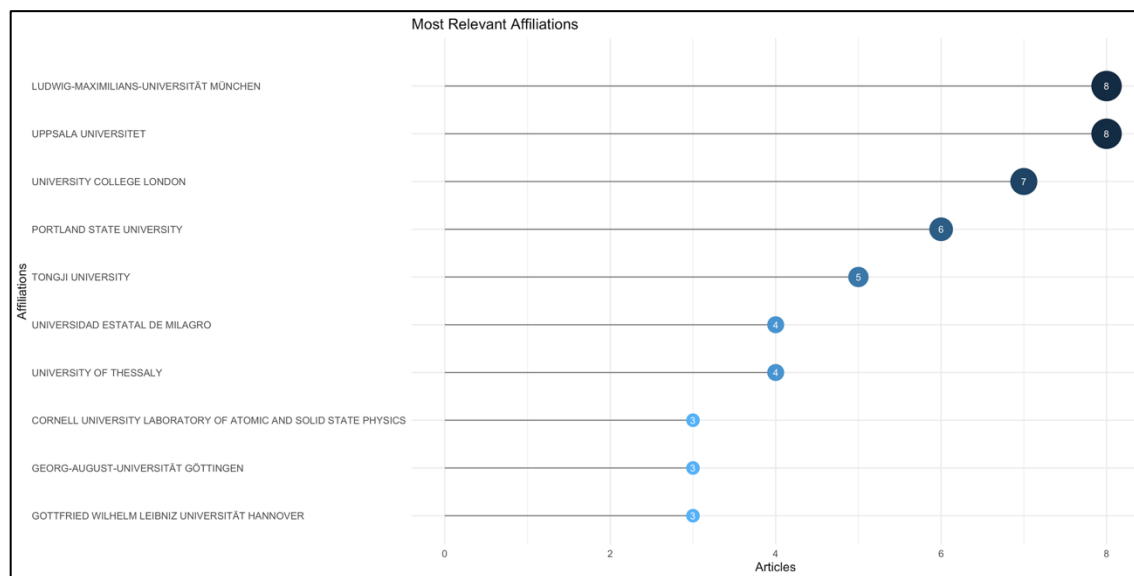


Figura 4. Afiliaciones más relevantes.

La Figura 5 muestra la productividad autorial en el área de la IAG aplicada a la enseñanza de la física, destacando a los investigadores que han contribuido con un mayor número de publicaciones durante el período 2023–2025.

Encabezan la lista Bor Gregorcic y Giulia Polverini, ambos con tres artículos publicados, lo que los posiciona como referentes en esta línea de investigación emergente. Gregorcic ha centrado sus estudios en el uso de modelos generativos para optimizar procesos de enseñanza en física, particularmente en estrategias como el *prompt engineering* y la colaboración humano-IA. Por su parte, Polverini ha liderado investigaciones sobre evaluación de competencias visuales, explorando cómo la IAG puede facilitar la interpretación de representaciones gráficas en entornos educativos de ciencias (Polverini et al., 2025).

A continuación, se identifica un grupo de autores con dos publicaciones, entre ellos Hyewon Jang, Jochen Kuhn, Stefan Küchemann, Víctor López-Simó y Ralf Widenhorn. Estos investigadores han abordado temáticas especializadas que van desde la generación automática de retroalimentación

conceptual hasta la aplicación didáctica de modelos multimodales en física. Su presencia refleja un nivel creciente de especialización y diversificación temática dentro del campo, así como la consolidación de pequeñas redes de investigación en torno a subtemas como tutoría inteligente, aceptación docente y evaluación visual (Küchemann et al., 2023); (López-Simó y Rezende, 2024).

También se observa un conjunto de autores con una sola publicación, como Abola Anda, Daniel Kwasi Adjekum y Benjamin Agyare, quienes representan contribuciones puntuales pero significativas, muchas veces vinculadas a estudios de caso, proyectos institucionales o colaboraciones interregionales. Su inclusión en la figura sugiere una ampliación progresiva del campo, con nuevas voces que comienzan a incorporarse a la discusión científica global sobre IAG y educación en física.

Si bien la figura permite visualizar una estructura autoral aún incipiente, pero en crecimiento, con liderazgos definidos y un núcleo de investigadores activos que está configurando las bases teóricas, metodológicas y éticas de este campo en consolidación.

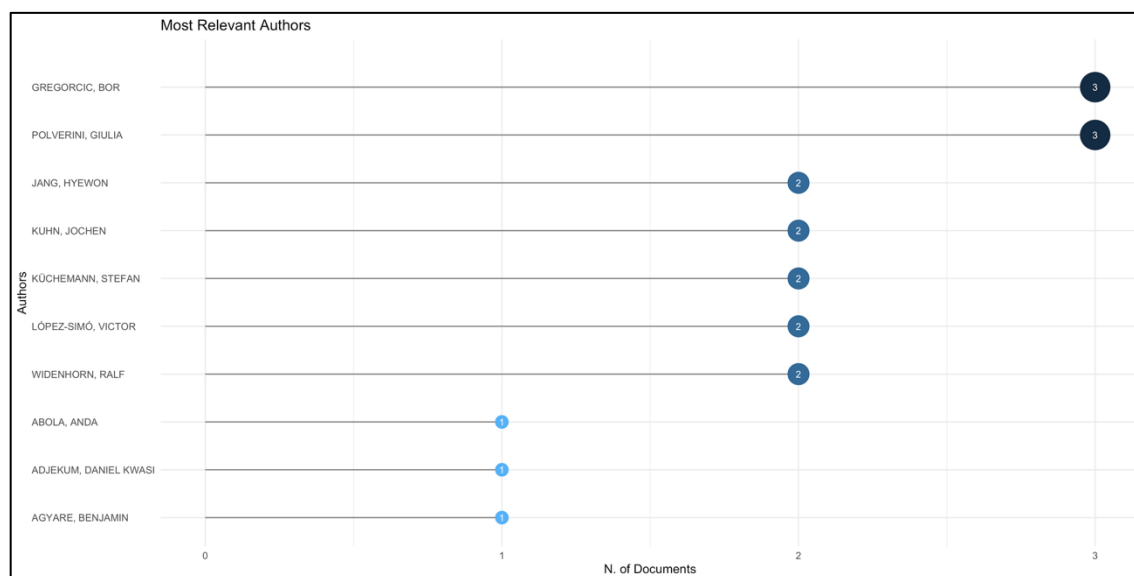


Figura 5. Autores más relevantes.

La Figura 6 presenta las fuentes de publicación más destacadas en el campo de la IAG aplicada a la enseñanza de la física, correspondiente al periodo 2023–2025. El análisis de las revistas permite identificar los canales de difusión más influyentes y establecer el grado de legitimación académica que ha adquirido esta línea de investigación.

En primer lugar, se encuentra la revista *Physical Review Physics Education Research*, con 9 artículos publicados, seguida muy de cerca por *Physics Education*, que acumula 8 contribuciones en el mismo periodo. Ambas revistas son ampliamente reconocidas dentro de la comunidad internacional de investigación en enseñanza de la física, y su protagonismo en la difusión de trabajos

sobre IAG evidencia que esta temática ha sido acogida en medios de referencia especializados, lo que le otorga un respaldo importante en términos de visibilidad y calidad académica (Avila et al., 2024); (Wattanakasiwich et al., 2025).

En tercer lugar, aparece *New Physics: SAE Mulli*, con 3 publicaciones, lo que refleja un interés emergente por parte de nuevas plataformas de divulgación científica. Asimismo, revistas con enfoque tecnológico y educativo como *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *Contemporary Educational Technology*, *Education Sciences*, y *Journal of Science Education and Technology* cuentan con 2 artículos cada una, lo cual indica una diversificación en los medios de publicación, integrando tanto revistas centradas en educación como en inteligencia artificial.

Cabe destacar además la presencia de revistas como *Discover Artificial Intelligence*, *EPJ Quantum Technology* y *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, cada una con un único artículo, lo que sugiere que esta línea temática ha comenzado a captar la atención de publicaciones con perfiles editoriales más amplios o interdisciplinarios.

Los hallazgos evidencian que el desarrollo de la IAG aplicada a la física no solo presenta un crecimiento sostenido en volumen de producción, sino que también está recibiendo validación académica a través de su publicación en revistas de alto prestigio, lo que refuerza su posicionamiento como un campo emergente con creciente legitimidad científica.

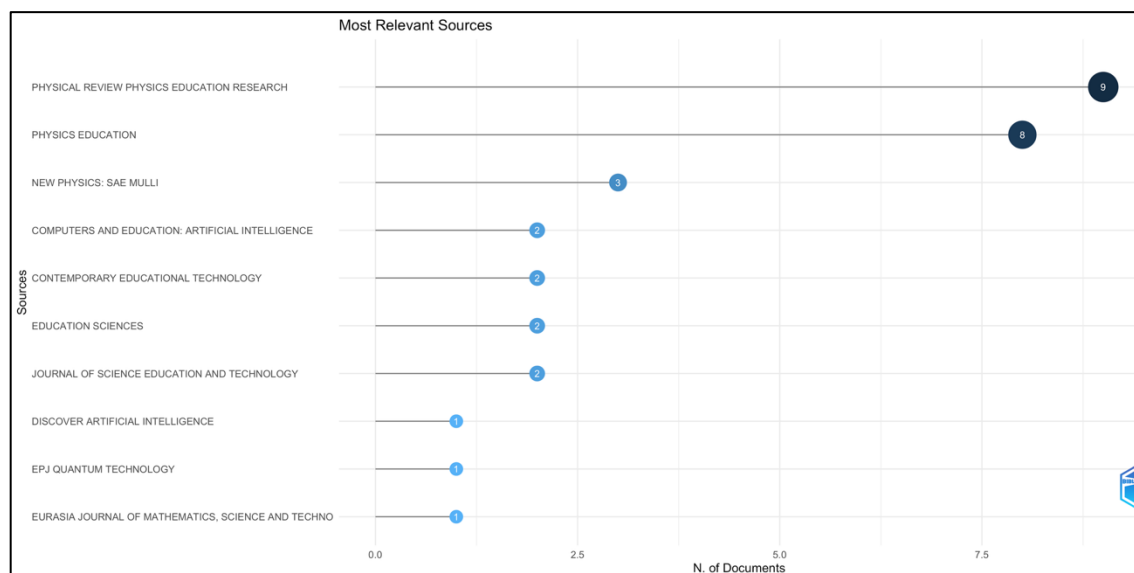


Figura 6. Fuentes más relevantes.

El análisis detallado de la calidad de los metadatos, presentado en la Figura 7, revela que la información disponible es, en general, de excelente calidad. Campos fundamentales

como el DOI, el resumen, el autor y la afiliación institucional presentan una cobertura del 100%, lo que garantiza la solidez de los aspectos esenciales para la identificación, trazabilidad y validación de las publicaciones.

Sin embargo, también se identifican **carencias críticas** que pueden impactar en la **capacidad de análisis semántico y temático** del corpus. En particular, el campo **“Keywords Plus” presenta un 83,33 % de ausencia**, lo que limita la posibilidad de realizar estudios de enriquecimiento temático automático o de recuperación avanzada por conceptos derivados de referencias. Aún más preocupante es la **ausencia total (100 %) de las “Science Categories”**, que imposibilita la clasificación disciplinaria de los documentos dentro de esquemas como Scopus. Esto puede dificultar considerablemente los **análisis de coocurrencia temática, clustering de disciplinas**, o la **visualización de mapas de conocimiento**.

Si bien la base la estructura básica del metadato es sólida, **estas omisiones limitan el potencial analítico más profundo** de la base de datos, especialmente en estudios bibliométricos y cienciométricos avanzados que requieren campos temáticos normalizados.

Metadata	Description	Missing Counts	Missing %	Status
AB	Abstract	0	0.00	Excellent
C1	Affiliation	0	0.00	Excellent
AU	Author	0	0.00	Excellent
CR	Cited References	0	0.00	Excellent
DI	DOI	0	0.00	Excellent
DT	Document Type	0	0.00	Excellent
SO	Journal	0	0.00	Excellent
LA	Language	0	0.00	Excellent
PY	Publication Year	0	0.00	Excellent
TI	Title	0	0.00	Excellent
TC	Total Citation	0	0.00	Excellent
DE	Keywords	10	23.81	Poor
ID	Keywords Plus	35	83.33	Critical
RP	Corresponding Author	42	100.00	Completely missing
WC	Science Categories	42	100.00	Completely missing

Figura 7. Estado de metadatos en el corpus analizado.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio bibliométrico confirman un notable crecimiento en la producción científica sobre el uso de IAG en la enseñanza de la física, lo que refleja un proceso de maduración en el abordaje de esta tecnología dentro del ámbito educativo. Este ascenso, evidenciado por una tasa de incremento anual del 85,16 %, se alinea con las transformaciones tecnológicas que han acompañado la aparición de modelos como GPT-3.5 y GPT-4, especialmente en sus versiones multimodales, los cuales han generado nuevas posibilidades para el diseño instruccional, la retroalimentación automatizada y la evaluación del aprendizaje en física.

Desde una perspectiva geográfica, se constata que la investigación sigue estando liderada por países con una fuerte infraestructura científica y tecnológica, como Estados Unidos, China, Alemania y Reino Unido. No obstante, resulta significativo el ascenso de actores regionales como Brasil, Colombia y Ecuador, este último con la Universidad Estatal de Milagro desempeñando un rol destacado. Este fenómeno sugiere una apertura progresiva hacia la descentralización del conocimiento y resalta la importancia de fortalecer redes de cooperación entre regiones con distintos niveles de desarrollo investigativo, tal como lo plantea (Moral-Muñoz et al., 2020) al destacar el valor estratégico de la colaboración internacional para la innovación educativa.

Los datos también permiten observar que los artículos con mayor impacto fueron publicados en 2023, lo cual responde tanto al mayor tiempo de circulación académica como a su condición de trabajos pioneros en el campo. Estas publicaciones iniciales han contribuido a establecer las bases conceptuales y metodológicas sobre las cuales se han edificado las investigaciones más recientes, confirmando lo que plantean (van Eck y Waltman, 2010) respecto a la centralidad de los documentos fundacionales en la conformación de campos científicos emergentes.

Por otro lado, la concentración de publicaciones en revistas especializadas como *Physical Review Physics*, *Education Research* y *Physics Education* indica que la discusión sobre IAG no se dispersa en medios generalistas de tecnología educativa, sino que se está institucionalizando en foros académicos consolidados dentro del ámbito de la enseñanza de



las ciencias. Esta focalización permite que los debates sobre IAG mantengan un anclaje disciplinar sólido, lo cual es esencial para su apropiación crítica por parte de comunidades educativas específicas (Zupic y Čater, 2015).

Sin embargo, el análisis también pone en evidencia algunas limitaciones importantes que afectan la calidad de los estudios bibliométricos, particularmente la escasa presencia de campos como “Keywords Plus” y la ausencia total de “Science Categories” en la base de datos analizada. Estas carencias reducen la capacidad para generar visualizaciones temáticas más profundas y dificultan la categorización automatizada de los estudios dentro de áreas disciplinares específicas, tal como advierten (Aria y Cuccurullo, 2017). En este sentido, se subraya la necesidad de avanzar hacia una mayor estandarización en los procesos de indexación, como requisito indispensable para el fortalecimiento de la investigación cuantitativa.

A partir de estos resultados, puede sostenerse que la IAG ha comenzado a consolidarse como un apoyo didáctico con implicaciones significativas en la enseñanza de la física. No obstante, su incorporación plena en los entornos educativos exige mucho más que avances tecnológicos: requiere también una infraestructura ética, políticas claras y formación docente que garanticen un uso consciente y orientado al aprendizaje profundo.



Conclusiones

El presente análisis bibliométrico demuestra que la investigación sobre Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en la enseñanza de la física ha evolucionado, en un lapso breve, de ser un tema emergente a consolidarse como una línea prioritaria dentro de la didáctica de las ciencias.

En relación con la primera pregunta de investigación, los resultados muestran un crecimiento acelerado de la producción científica, con un aumento del 85,16 % anual entre 2023 y 2025. Este patrón confirma que la IAG ha dejado de ser una curiosidad experimental para convertirse en un eje central de debate y exploración pedagógica.

Respecto a la segunda pregunta, se identificó que los países con mayor liderazgo son Estados Unidos, China, Alemania y Reino Unido, acompañados de una presencia creciente de Brasil, Colombia y Ecuador, con la Universidad Estatal de Milagro como institución latinoamericana destacada. Asimismo, las revistas especializadas en educación en física concentran los principales artículos influyentes, y autores como Bor Gregorcic y Giulia Polverini figuran como referentes académicos.

En cuanto a la tercera pregunta, aunque el análisis de palabras clave se vio limitado por la ausencia de “Keywords Plus” en buena parte de los registros, se lograron identificar temáticas dominantes como la retroalimentación automatizada, la resolución colaborativa de problemas, la evaluación de competencias visuales y la aceptación docente. Estas líneas sugieren que la investigación se orienta hacia la integración práctica y pedagógica de la IAG, con un énfasis creciente en su impacto formativo y ético.

De manera transversal, los hallazgos subrayan tanto las oportunidades como los riesgos asociados a la implementación de la IAG. Por un lado, se reconoce su potencial para mejorar la comprensión conceptual y ampliar las estrategias didácticas en física; por otro, se advierte sobre la necesidad de acompañamiento docente y marcos éticos que eviten la dependencia acrítica de las respuestas generadas por la IA.



En síntesis, este trabajo confirma la relevancia de los estudios bibliométricos para comprender la estructura y dinámica de un campo en rápida expansión. Se concluye que el futuro de la IAG en la enseñanza de la física dependerá de la consolidación de redes internacionales de colaboración, del fortalecimiento de la formación docente en el uso crítico de estas herramientas y de la calidad de la investigación empírica que evalúe su impacto en contextos educativos diversos. Solo así la IAG podrá evolucionar desde una promesa tecnológica hacia un recurso pedagógico sólido, sostenible y equitativo.



Referencias Bibliográficas

- Akhmetova, A. I., Sovetkanova, D. M., Komekbayeva, L. K., Abdrakhmanov, A. E., Yessenuly, D., & Serikova, O. S. (2025). A systematic review of artificial intelligence in high school STEM education research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(4), em2623. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16222>
- Aria, M., y Cuccurullo, C. (2017). *bibliometrix*: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Avila, K. E., Steinert, S., Ruzika, S., Kuhn, J., y Küchemann, S. (2024). Using ChatGPT for teaching physics. *The Physics Teacher*, 62(6), 536-537. <https://doi.org/10.1119/5.0227132>
- El Fathi, T., Saad, A., Larhzil, H., Lamri, D., y Al Ibrahmi, E. M. (2025). Integrating generative AI into STEM education: Enhancing conceptual understanding, addressing misconceptions, and assessing student acceptance. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 7(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s43031-025-00125-z>
- Küchemann, S., Steinert, S., Revenga, N., Schweinberger, M., Dinc, Y., Avila, K. E., y Kuhn, J. (2023). Can ChatGPT support prospective teachers in physics task development? *Physical Review Physics Education Research*, 19(2), 020128. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020128>
- López-Simó, V., y Rezende, M. F., Jr. (2024). Challenging ChatGPT with Different Types of Physics Education Questions. *The Physics Teacher*, 62(4), 290-294. <https://doi.org/10.1119/5.0160160>
- Moral-Muñoz, J. A., Herrera-Viedma, E., Santisteban-Espejo, A., y Cobo, M. J. (2020). Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. *Profesional de La Información*, 29(1). <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>
- Polverini, G., Melin, J., Önerud, E., y Gregorcic, B. (2025). Performance of ChatGPT on tasks involving physics visual representations: The case of the brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Physics Education Research*, 21(1), 010154. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.010154>



Tong, D., Jin, B., Tao, Y., Ren, H., Atiquil Islam, A. Y. M., y Bao, L. (2025). Exploring the role of human-AI collaboration in solving scientific problems. *Physical Review Physics Education Research*, 21(1), 010149.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.010149>

Zupic, I., y Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472.
<https://doi.org/10.1177/1094428114562629>



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>