

La Inteligencia artificial como apoyo educativo en el aprendizaje de la programación en los estudiantes de ingeniería de sistemas de la Universidad Santo Tomás

Héctor Mauricio Bravo Cepeda
Doctor, Juan Francisco Mendoza Moreno

Resumen

Aprender a programar suele ser complicado para los estudiantes debido a factores como la motivación, los estilos de aprendizaje y la experiencia previa. Sin embargo, la inteligencia artificial (IA) se presenta como una solución prometedora para enfrentar estos retos. Este artículo identifica y analiza las herramientas de IA más relevantes, como ChatGPT, GitHub Copilot, GPTutor y OpenAI Codex, y su capacidad para apoyar el aprendizaje de la programación.

Mediante una revisión sistemática basada en la metodología PRISMA, se exploró cómo estas herramientas facilitan el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería de sistemas, proporcionando asistencia en la identificación y corrección de errores, creación de código y comprensión de conceptos complejos. Los resultados indican que estas tecnologías no solo mejoran el proceso de aprendizaje, sino que también enriquecen la experiencia educativa. Sin embargo, se destacan desafíos como la variabilidad en la precisión de las herramientas y el riesgo de uso indebido, lo que resalta la necesidad de actualizar políticas educativas y fomentar un uso responsable.

Palabras claves: Inteligencia artificial; aprendizaje; programación; herramientas de IA; aprendizaje asistido.

Abstract

Learning to code is often difficult for students due to factors such as motivation, learning styles, and prior experience. However, artificial intelligence (AI) is presented as a promising solution to address these challenges. This article identifies and analyzes the most relevant AI tools, such as ChatGPT, GitHub Copilot, GPTutor, and OpenAI Codex, and their ability to support programming learning.

Through a systematic review based on the PRISMA methodology, it was explored how these tools facilitate the learning of systems engineering students, providing assistance in identifying and correcting errors, creating code, and understanding complex concepts. The results indicate that these technologies not only improve the learning process, but also enrich the educational experience. However, challenges such as variability in the accuracy of the tools and the risk of

misuse are highlighted, highlighting the need to update educational policies and encourage responsible use.

Keywords: Artificial intelligence; learning; programming; AI tools; assisted learning.

Introducción

Para muchos estudiantes aplicar los fundamentos de la programación puede ser un desafío, independientemente del lenguaje de programación utilizado. Estas dificultades suelen estar relacionadas con factores como los diferentes estilos de aprendizaje, la experiencia previa y la falta de motivación [1]. Este último es especialmente relevante, ya que la motivación es fundamental para el éxito educativo [2]. Además, la complejidad de los temas a estudiar y la cantidad de formas en que se puede escribir el código también contribuyen a estos desafíos [3].

El aprendizaje asistido por inteligencia artificial (IA) ha ganado relevancia por su capacidad para transformar la enseñanza de la programación [4]. La IA se define como la capacidad de una máquina para realizar tareas que requieren inteligencia humana, ha sido conceptualizada por John McCarthy como "la ciencia y la ingeniería de crear máquinas inteligentes" [5]. Este enfoque ofrece a los estudiantes un apoyo interactivo y en tiempo real, haciendo que la experiencia educativa sea más atractiva y motivadora [6]. Además, proporciona sugerencias para mejorar en áreas como la creatividad, el pensamiento algorítmico, el pensamiento crítico y la resolución de problemas [7].

La IA está integrándose rápidamente en muchos aspectos de la vida cotidiana, y se ha convertido en una herramienta fundamental, similar a los servicios públicos esenciales [8]. Esta tecnología también es altamente valorada por empleadores en una amplia gama de sectores, desde la tecnología hasta la educación [7].

En paralelo, la programación ha adquirido una importancia comparable a la lectura, la escritura y las matemáticas, lo que ha llevado a más de veinticuatro países a incluirla en los planes de estudio de las escuelas primarias y secundarias para enfrentar los desafíos de la era digital [8]. Esta importancia se evidencia en la creciente demanda de carreras en ciencias de la computación, con una proyección de crecimiento del 22% en la próxima década. Sin embargo, aunque más estudiantes se inscriben en cursos de programación, la tasa de abandono sigue siendo alta, y un 33% de los estudiantes dicen que dejan los cursos por su dificultad [9].

En este contexto, herramientas como ChatGPT, lanzado por OpenAI en noviembre de 2022, han captado una considerable atención debido a su capacidad para mantener conversaciones sorprendentemente naturales y asistir en tareas cotidianas, como escribir correos electrónicos o ayudar con la programación [10]. Su accesibilidad, disponible en múltiples dispositivos lo hace especialmente útil en el ámbito educativo [11].

Aun así, muchas personas desconocen todo lo que puede hacer la IA y terminan usando dispositivos con estas herramientas de manera básica, esto hace que la tecnología no se aproveche al máximo, especialmente en países en desarrollo [12], por lo que es importante educar a las próximas generaciones en los fundamentos de la IA para enfrentar los desafíos tecnológicos del presente y futuro [13], este proceso comienza con la comprensión de los conceptos clave de IA, seguido de la evaluación crítica de esos conceptos, y finalmente, su aplicación en la resolución de problemas del mundo real [14].

En la enseñanza de la programación, ChatGPT se destaca por su capacidad para identificar errores, hacer predicciones, proporcionar correcciones y ofrecer explicaciones detalladas [15]. Imagina un entorno en el que los estudiantes reciben respuestas inmediatas a sus preguntas sobre programación y tienen acceso a ejemplos prácticos que facilitan la comprensión de conceptos complejos [16]. Estudios destacan la habilidad de ChatGPT en realizar pruebas de software con un alto índice de respuestas correctas y explicaciones claras [17], donde ha mostrado efectividad en el manejo de lenguajes como C++, Python y Matlab. No obstante, tiene algunas limitaciones con el uso de bibliotecas desconocidas [18], lo que subraya la importancia de un uso crítico y de verificar la precisión de las respuestas [19].

Muchos docentes perciben la IA como una imitación del pensamiento y comportamiento humano, y aunque reconocen su potencial, también identifican riesgos, como la falta de control y los dilemas éticos asociados a su uso [20]. Por ello, enseñar la implementación de estas herramientas con un enfoque ético es clave para que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento crítico [21].

Tabla 1. Planteamiento de las preguntas de investigación.

Id	Pregunta de Investigación	Razón
PI1	¿Cuáles son las herramientas de inteligencia artificial más relevantes para el apoyo al proceso educativo de estudiantes de ingeniería de sistemas en el área de la programación?	Para entender cuáles herramientas pueden tener un impacto significativo en el proceso educativo de la programación.
PI2	¿Qué papel desempeña la inteligencia artificial (IA) en el fortalecimiento de las habilidades de aprendizaje de programación en estudiantes?	Para determinar de qué manera estas tecnologías pueden facilitar el entendimiento de la programación.
PI3	¿Qué casos exitosos de implementación de inteligencia artificial en el aprendizaje de la programación se han encontrado en esta área?	Para proporcionar ejemplos prácticos de cómo las herramientas de IA han mejorado el proceso educativo de la programación.

Aunque varios estudios mencionan herramientas de IA, no se ha profundizado en cómo éstas contribuyen al fortalecimiento de las habilidades de aprendizaje de los estudiantes. Este vacío es precisamente lo que esta investigación aborda.

Este artículo tiene como objetivo principal identificar las herramientas más relevantes de inteligencia artificial (IA) que apoyan el aprendizaje de programación en estudiantes de ingeniería de sistemas, mediante un análisis bibliométrico de la literatura científica. Las secciones restantes del artículo se dividen de la siguiente manera: la sección 2 detalla la metodología utilizada en la revisión sistemática de la literatura científica, la sección 3 muestra los resultados principales, la sección 4 presenta la discusión de los resultados. Finalmente, la sección 5 incluye las conclusiones de la investigación.

Tabla 2. Cadenas de búsqueda.

Tema	Total	Seleccionado
programming AND students AND ((artificial AND intelligence) OR ai)	1.162	46
Otras fuentes	4	4
TOTAL	1.166	50

Metodología de análisis

La presente revisión emplea la metodología PRISMA [\[22\]](#) para la recopilación y organización de la información. El procedimiento se enfocó en identificar los factores que dificultan que los estudiantes apliquen y comprendan la programación. Posteriormente, se evaluó cómo la inteligencia artificial puede servir como herramienta de aprendizaje para ayudar a los estudiantes.

Los pasos seguidos durante la revisión sistemática de la literatura, conforme a las recomendaciones de [\[23\]](#), fueron los siguientes: 1) plantear las preguntas que orientarán la revisión; 2) identificar palabras clave y comenzar la búsqueda bibliográfica; 3) seleccionar estudios; y 4) examinar y recopilar los resultados.

1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La [Tabla 1](#) expone tres preguntas de investigación que abarcan los temas relevantes para este estudio, además de ofrecer una breve descripción de las razones que motivaron a generar esta pregunta.

2. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

a. FUENTES DE DATOS

La investigación se llevó a cabo mediante una búsqueda en tres bases de datos electrónicas especializadas: IEEE-Xplore, Scopus y Springer Link. Al revisar los resultados, la investigación se enfocó en la información más reciente sobre inteligencia artificial, aplicando filtros de fecha para asegurarse de que los datos fueran actuales. También se filtró por palabras clave e idioma, y se revisaron artículos de revistas e informes de conferencias para obtener una visión completa del tema.

b. CADENAS DE BÚSQUEDA

Para esta búsqueda, se usaron las palabras 'programming' y 'students' combinadas con el operador lógico 'and'. Los términos clave incluidos fueron: 'artificial intelligence' (o 'AI'). La [Tabla 2](#) presenta una organización y resumen de las combinaciones de palabras clave utilizadas en la investigación. Estos resultados fomentaron el avance de la investigación.

3. SELECCIÓN DE ESTUDIOS

Para la selección de los estudios, primero se hizo una búsqueda inicial en la base de datos encontrando 1.162 estudios publicados entre 2014 y 2024. Se aplicó algunos filtros, como el idioma, inglés o español, que fueran publicaciones a partir de 2014 y que provinieran de revistas o conferencias. Luego, se descargó el archivo CSV con los resultados y se subió al software VOSviewer, que ayudó a visualizar mapas de redes bibliométricas, identificando conexiones términos clave, después con Scientopy se pudo organizar y seleccionar los más relevantes, basándome en el número de citas, el año de publicación y su relación con mi tema. Finalmente, se buscaron los estudios seleccionados en Rabbit Research para comenzar a leerlos y extraer la información útil para la investigación.

4. EXTRACCIÓN DE DATOS

Se creó una tabla para extraer datos relevantes de los estudios seleccionados. Las características recopiladas incluyeron: a) referencia, b) año de publicación, c) tipo de publicación, d) contribución, e) trabajo a futuro, d) temática. Los hallazgos basados en estas características se detallan en la sección de resultados.

Resultados

Tabla 3. Resumen de los estudios seleccionados.

Id	Referencia	Año	Tipo	Contribución	Sugerencia a futuro	Temática
1	[24]	2024	Revista	El artículo muestra cómo ChatGPT no solo ayuda a los estudiantes a identificar y corregir errores en el código, sino que también ofrece explicaciones detalladas, lo que facilita el proceso de aprendizaje al guiar a los estudiantes.	Sugiere que sería útil comparar esta herramienta con otras similares, como Claude 2.0 de Anthropic y Bard de Google, para entender mejor su impacto en el aprendizaje.	ChatGPT
3	[26]	2024	Revista	Este artículo respalda la idea de que ChatGPT puede ser una herramienta eficaz para resolver dudas, practicar habilidades y entender conceptos complejos.	Recomienda que los instructores utilicen recursos educativos basados en IA de manera reflexiva, asegurándose de ofrecer explicaciones claras y ejemplos prácticos de programación.	
4	[27]	2023	Revista	Destaca que ChatGPT no solo ayuda a los estudiantes a entender mejor los conceptos de programación, sino que también personaliza el proceso de aprendizaje, haciéndolo más dinámico.	Plantea que, con el progreso de los generadores de código impulsados por inteligencia artificial (IA), es crucial que los profesores de informática reevalúen sus métodos de enseñanza de programación.	
5	[28]	2022	Conferencia	El artículo destaca la capacidad de ChatGPT (versión GPT-3) para apoyar la enseñanza de programación al identificar y corregir errores, brindando explicaciones detalladas sobre el proceso de corrección.	Propone poner a prueba estas explicaciones de la IA en clases con el fin de identificar qué aspectos funcionan mejor y qué errores se suelen cometer. Esto podría facilitar el aprendizaje de la programación para los estudiantes principiantes.	

6	[29]	2023	Revista	Este artículo destaca ChatGPT en su versión GPT-3.5 su potencial como herramienta educativa en la programación, pero también subrayando sus limitaciones en términos de precisión y confiabilidad.	Es importante ofrecer a los estudiantes formación sobre el uso responsable de ChatGPT y las normas académicas relacionadas, así como explicarles las consecuencias de no cumplir con estas directrices.	
7	[42]	2023	Revista	El artículo destaca cómo ChatGPT mejora las habilidades de aprendizaje de programación en los estudiantes al ofrecer retroalimentación personalizada y asistencia en tiempo real.	Es importante que estudiantes, educadores e investigadores reconozcan las limitaciones de herramientas como ChatGPT y las utilicen como apoyo, no como sustitutos.	
8	[43]	2024	Revista	El artículo presenta evidencia de cómo ChatGPT es percibido positivamente por los estudiantes en un contexto educativo específico, en este caso, un curso de programación en Java.	Recomienda realizar un análisis de los prompts de los estudiantes para mejorar la enseñanza sobre cómo personalizar sus interacciones con ChatGPT.	
9	[50]	2024	Revista	El artículo aporta datos cuantitativos sobre la percepción de los estudiantes hacia ChatGPT en el contexto de la programación en C, un lenguaje frecuentemente utilizado en los cursos de introducción a la programación.	Menciona la necesidad de investigar cómo estructurar las preguntas para obtener respuestas más precisas y entender las dificultades que enfrentan los estudiantes al utilizar la herramienta.	
10	[25]	2023	Conferencia	El artículo explica cómo GitHub Copilot mejora el aprendizaje al ayudar a los estudiantes a generar casos de prueba, una tarea clave para asegurar que el código funcione correctamente en diferentes escenarios.	Resalta la importancia de seguir mejorando los sistemas de retroalimentación en el proceso de aprendizaje integrando estas nuevas tecnologías en los entornos educativos.	Copilot

11	[30]	2023	Conferencia	Este artículo menciona la capacidad de Copilot para generar fragmentos de código y reducir errores de sintaxis es una herramienta útil para mejorar la eficiencia de los estudiantes.	Es importante que los educadores adopten estas herramientas y eduquen a los estudiantes y colegas sobre sus ventajas y limitaciones.	
12	[31]	2023	Revista	El artículo menciona la dependencia de herramientas como Copilot puede limitar el desarrollo de habilidades críticas en los estudiantes, lo cual es un tema importante a considerar.	Sugiere estudiar el uso a largo plazo de Copilot por parte de los estudiantes, por ejemplo, durante un semestre completo, para entender cómo evoluciona la interacción con Copilot a medida que los estudiantes adquieren más habilidades en programación.	
13	[36]	2023	Conferencia	El estudio analiza la efectividad de GitHub Copilot como herramienta de inteligencia artificial para ayudar a los estudiantes en la resolución de problemas de programación en cursos introductorios.	Plantea preguntas sobre la ética del uso de Copilot por parte de los estudiantes	
14	[40]	2019	Conferencia	El artículo subraya cómo los chatbots pueden ser herramientas efectivas para mejorar la comprensión de la programación, al ofrecer asesoramiento personalizado y permitir a los estudiantes aclarar sus dudas.	Recomienda agregar más características, como la posibilidad de programar citas con los profesores cuando los estudiantes lo requieran.	Chatbot
15	[41]	2018	Conferencia	La posibilidad de interactuar de manera constante con un chatbot en tiempo real no solo optimiza el aprendizaje autónomo, sino que también apoya el desarrollo de habilidades.	Sugiere que en el futuro se debe trabajar en la creación de una base de datos más completa para el chatbot.	

16	[49]	2021	Conferencia	El estudio examina el uso de inteligencia artificial en un sistema educativo personalizado para mejorar la enseñanza de la programación, adaptándose a las necesidades individuales de los estudiantes según su nivel de conocimiento	Sugiere que en el futuro se implemente el modelo propuesto y se extienda para incluir asistencia en otras materias de ingeniería de software.	
17	[32]	2024	Conferencia	El artículo menciona cómo GPTutor no solo brinda explicaciones detalladas y personalizadas del código, lo que facilita la comprensión de los estudiantes, sino que también proporciona retroalimentación en tiempo real.	Propone evaluar la efectividad de GPTutor en el mundo real observando cómo los estudiantes interactúan con él para completar tareas de programación	GPTutor
18	[33]	2023	Conferencia	El artículo compara GPTutor con otras herramientas populares como ChatGPT y GitHub Copilot, resaltando que GPTutor proporciona respuestas más precisas.	Sugiere mejorar el rendimiento y la personalización de GPTutor mediante la programación de prompts	
19	[34]	2022	Conferencia	Este artículo proporciona una evaluación detallada de OpenAI Codex, una herramienta de inteligencia artificial avanzada que ha demostrado ser efectiva en el aprendizaje de la programación.	Se propone revisar y actualizar las metodologías de estudio para integrar estas tecnologías, diseñando tareas desafiantes que promuevan el aprendizaje en lugar la copia en los estudiantes.	Codex
20	[35]	2023	Conferencia	Este artículo resalta la habilidad de Codex para producir código en varios lenguajes de programación, lo que resulta esencial para ayudar en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.	Es importante enfocarse en la educación y discutir explícitamente el uso de estas herramientas en clase junto con las pautas de integridad académica.	

21	[47]	2022	Conferencia	El estudio ofrece un caso práctico de cómo Codex se integra en un curso de programación creativa, proporcionando un contexto real en el que se evaluó la herramienta de IA	Se recomienda implementar entornos de diseño que integre la IA y la creatividad humana para que los usuarios comprendan mejor cómo trabajar con la IA.	
22	[37]	2023	Revista	El artículo destaca el potencial de esta tecnología para fomentar la creatividad de los estudiantes al ofrecer distintas soluciones y enfoques alternativos para resolver problemas de programación.	Sugiere que, en lugar de prohibir las herramientas de inteligencia artificial, debemos educar a los estudiantes para que comprendan cómo funcionan	IA y Programación
23	[38]	2023	Conferencia	El artículo señala que la inteligencia artificial está transformando la forma en que los estudiantes aprenden programación, al permitirles ser más productivos y resolver problemas	Se sugiere que el modelo puede ser expandido para incluir otras áreas de la ingeniería de software, lo que podría enriquecer aún más el aprendizaje de los estudiantes.	
24	[39]	2023	Conferencia	Enfatiza el impacto positivo de las herramientas de inteligencia artificial en la educación al reducir la carga de trabajo de los estudiantes y proporcionar recursos adicionales.	Sugiere que los métodos de evaluación y los planes de estudio en la educación en computación deben actualizarse para incluir herramientas de inteligencia artificial generativa	
25	[44]	2022	Conferencia	Aborda una de las ventajas clave del uso de inteligencia artificial en la educación: la personalización del aprendizaje.	Se destaca la importancia de analizar el comportamiento de aprendizaje con IA para motivar a los estudiantes a aprender y lograr buenos resultados	

26	[45]	2023	Conferencia	Explora cómo las herramientas de inteligencia artificial optimizan el rendimiento académico y juegan un papel importante en mantener la motivación el proceso de aprendizaje	Se debe considerar la integración de herramientas de codificación de IA en los planes de estudio de programación, con el fin de preparar a los estudiantes para futuros empleos.	
27	[46]	2024	Revista	El estudio aporta evidencia de cómo los estudiantes dejaron de ver la IA solo como una herramienta y empezaron a considerarla un "compañero" en su proceso de aprendizaje, lo que es clave para tu investigación sobre el rol de la IA en el apoyo al aprendizaje de programación.	Es importante trabajar en el equilibrio entre entender el código que se genera y seguir avanzando en el desarrollo.	

Herramientas IA más relevantes para el aprendizaje de programación.

Según [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35] estas son las herramientas más relevantes para el apoyo al proceso educativo de estudiantes en el área de la programación

- a. ChatGPT es una herramienta de chat avanzada que te asiste, desde definir los pasos hasta ofrecer soluciones ejemplares listas para usar, puede identificar y explicar errores en el código, guiándonos hacia las soluciones correctas [24]. Los estudiantes también pueden conversar con el chatbot para aclarar dudas y obtener ejemplos prácticos, lo que les ayuda a comprender mejor y mejorar sus resultados de aprendizaje [25].

La integración de ChatGPT en la enseñanza de programación marca una diferencia significativa en el aprendizaje de los estudiantes. Esta tecnología avanzada beneficia tanto a los profesores, al facilitar la enseñanza y ofrecer recursos didácticos innovadores, como a los estudiantes, ayudándoles a entender conceptos complejos, resolver dudas al instante y practicar habilidades de programación de manera guiada [26]. Así, ChatGPT no solo mejora la comprensión y el rendimiento en programación, sino que también enriquece la experiencia educativa al hacer el proceso de aprendizaje más dinámico y personalizado [27].

Aunque ChatGPT en su versión GPT-3 puede ser una herramienta valiosa al identificar y corregir errores en el código, explicar cómo se hicieron esas correcciones, también puede enumerar conceptos importantes de programación y predecir lo que aparecerá en la consola [\[28\]](#).

En el ámbito educativo la versión GTP-3.5 no siempre es precisa ni confiable en sus respuestas y plantea desafíos, como el riesgo de que los estudiantes lo utilicen para hacer sus tareas sin una comprensión adecuada, lo que ha llevado a algunas instituciones a restringir su uso. Es crucial actualizar las políticas educativas, fortalecer la detección de plagio y educar tanto a profesores como a estudiantes sobre el uso responsable de esta tecnología [\[29\]](#).

- b. GitHub Copilot representa un avance significativo en el aprendizaje de programación. Esta herramienta se encuentra en Visual Studio y permite a los estudiantes crear casos de prueba de manera eficiente, asegurando el correcto funcionamiento del código en diferentes situaciones. Además, facilita la comprensión del código existente mediante explicaciones claras. Al ofrecer sugerencias para corregir errores, contribuye al desarrollo de habilidades de depuración y mejora la calidad del código [\[25\]](#).

Copilot también sugiere fragmentos de código que reducen el tiempo de escritura y ayudan a evitar errores de sintaxis, sin embargo, es crucial que los estudiantes aprendan a leer y comprender el código por sí mismos para poder evaluar y modificar las sugerencias de manera efectiva [\[30\]](#). Sin embargo, hay preocupaciones sobre la capacidad de los estudiantes para entender el código generado automáticamente y sobre la dependencia que pueden desarrollar de la herramienta [\[31\]](#).

- c. GPTutor es una extensión para Visual Studio Code que utiliza la API de ChatGPT para brindar explicaciones detalladas y personalizadas del código, facilitando la comprensión de los estudiantes sobre lo que están programando. Además, su capacidad para ofrecer retroalimentación en tiempo real permite a los estudiantes detectar errores y corregirlos de manera más eficiente [\[32\]](#).

A diferencia de herramientas como ChatGPT y GitHub Copilot, GPTutor ofrece respuestas más precisas y proporciona aclaraciones paso a paso, adaptadas al nivel de conocimiento del usuario, ayudando a entender conceptos complejos. Tanto estudiantes como profesores han señalado que las explicaciones de GPTutor son adecuadas a sus necesidades educativas ya que ofrece una comprensión profunda de la lógica del código [\[33\]](#).

- d. OpenAI Codex es una versión más avanzada del modelo GPT-3, cuenta con millones de repositorios de github en sus bases de datos. Esto le permite generar código en varios lenguajes a partir de instrucciones sencillas en inglés. Codex es el motor detrás de GitHub Copilot, una herramienta de IA que funciona como un "compañero de programación", ayudando a los estudiantes experimentar con diferentes lenguajes de programación y obtener retroalimentación inmediata sobre la lógica detrás del código que escriben [\[34\]](#).

Lo que hace especial a Codex es su capacidad para generar código en diferentes lenguajes de programación, traducir código entre estos lenguajes y explicar en inglés cómo funciona el código, lo que indica su potencial para ayudar en la educación en ciencias de la computación [\[35\]](#).

Fortalecimiento de las habilidades de programación mediante IA.

La inteligencia artificial, actúa como un "asistente" que apoya a los estudiantes en la resolución de problemas de programación, generando código automáticamente a partir de indicaciones en lenguaje natural. Esto no solo les ayuda a identificar y corregir errores, sino también a traducir sus ideas en pasos concretos, mejorando su capacidad de pensamiento lógico [\[36\]](#), esta tecnología tiene el potencial de estimular la creatividad de los estudiantes al proporcionar diferentes soluciones y enfoques alternativos para abordar problemas de programación [\[37\]](#), cambiando la forma en que los estudiantes aprenden programación, ya que la utilizan para ser más productivos y resolver problemas, de manera similar a como usan Google o GitHub [\[38\]](#).

Las herramientas de IA ayudan a los estudiantes considerablemente al disminuir la carga de trabajo en las tareas académicas y proporcionar perspectivas, recursos adicionales que enriquecen el aprendizaje [\[39\]](#). Herramientas como chatbots brindan asesoramiento personalizado a los estudiantes, permitiéndoles resolver sus dudas sin la presión del aula [\[40\]](#).

Además, tienen la libertad de hacer preguntas específicas sobre el curso en cualquier momento, lo que favorece un aprendizaje más autónomo y fortalece sus habilidades de programación [\[41\]](#). Por su parte, ChatGPT potencia las habilidades de aprendizaje de programación al facilitar que los estudiantes practiquen y perfeccionen sus habilidades de programación mediante la creación de ejemplos de código [\[42\]](#).

Por ejemplo, en un estudio que investigó las experiencias de estudiantes que utilizaron ChatGPT en un curso de programación en Java, la mayoría valoró positivamente su uso para aprender conceptos [\[43\]](#). Asimismo, la inteligencia artificial se ajusta a las necesidades particulares de cada estudiante, permitiéndoles avanzar y aprender a su propio ritmo [\[44\]](#), lo que puede mejorar tanto su rendimiento como su motivación en el aprendizaje de la programación, al mantener su interés y compromiso a lo largo del proceso [\[45\]](#).

Implementación de la IA en el aprendizaje de la programación.

- a. Un estudio que se llevó a cabo en la Universidad de Tohoku, específicamente en la Graduate School of Education y el Institute for Excellence in Higher Education, se diseñó una clase de programación con el objetivo de mejorar la comunicación y colaboración de los estudiantes con la inteligencia artificial generativa (Gen AI), analizando sus experiencias de aprendizaje y el impacto de esta interacción.

Los resultados revelaron que los estudiantes dejaron de percibir a la IA como solos receptores y comenzaron a considerarla como un "compañero", lo que mejoró significativamente su comunicación interpersonal y su capacidad de pensamiento crítico. Implementaron estrategias como la auto evaluación y la división de tareas complejas, fortaleciendo así sus habilidades meta-cognitivas y autorreguladas. Gen AI facilitó el aprendizaje al proporcionar respuestas rápidas e imparciales, promoviendo un enfoque más interactivo.

No obstante, los estudiantes enfrentaron desafíos al corregir errores de comunicación con Gen AI y al establecer objetivos de aprendizaje compartidos, especialmente debido a diferencias en sus niveles de habilidades autorreguladas. En conclusión, la colaboración con Gen AI puede mejorar las habilidades de aprendizaje, prevenir un aprendizaje superficial y fomentar la autonomía en los estudiantes, destacando la importancia de apoyarlos para que mantengan su independencia y liderazgo en sus interacciones con Gen AI [\[46\]](#).

- b. En un curso de Programación Creativa, orientado a estudiantes de tercer semestre en diseño de interacción, se llevó a cabo un estudio sobre el uso de la IA en la programación. El estudio incluyó un taller en el que participaron 21 estudiantes, quienes realizaron dos tareas: generar un dibujo de un as de diamantes y desarrollar una expresión visualmente interesante. Durante el taller, se introdujo el modelo Codex de GPT-3, que los estudiantes utilizaron para crear código a partir de descripciones en lenguaje natural.

De los 13 proyectos entregados, 12 contenían código funcional y la mayoría eran animaciones que cambiaban con el tiempo. Tres proyectos fueron interactivos, respondiendo a las entradas del ratón. Aunque el taller no especificaba que se esperaban animaciones o interactividad, los estudiantes lograron incorporarlas. Los participantes usaron el sistema Codex para generar código JavaScript a partir de instrucciones en lenguaje natural.

Aunque la mayoría del código generado era correcto desde el punto de vista técnico, a menudo no coincidía con lo que los estudiantes esperaban. Codex producía código que

funcionaba, pero no siempre cumplía con las intenciones originales de los estudiantes, mostrando que la herramienta debe ser vista como un colaborador en el proceso creativo, en lugar de una herramienta que sigue instrucciones exactas [\[47\]](#).

- c. El estudio se enfocó en analizar cómo GitHub Copilot, una herramienta de inteligencia artificial, puede ayudar a los estudiantes a resolver problemas de programación en cursos introductorios (CS1). La investigación se realizó con un grupo de estudiantes que enfrentaron un total de 166 problemas de programación.

Se evaluó la capacidad de Copilot para generar soluciones a partir de instrucciones en lenguaje natural, y también se examinó el impacto de ajustar esas instrucciones (ingeniería de prompts) para mejorar las respuestas generadas [\[48\]](#). Los resultados mostraron que Copilot logró resolver 79 problemas en su primer intento, con una tasa de éxito del 47.6%. Sin embargo, cuando los estudiantes modificaron sus descripciones, la tasa de éxito subió al 60%, lo que destaca la importancia de la interacción entre los estudiantes y la herramienta para mejorar el aprendizaje y la capacidad de resolución de problemas en programación [\[36\]](#).

- d. En un estudio sobre un sistema educativo personalizado, se utilizó inteligencia artificial para mejorar la enseñanza de la programación, adaptándose a las necesidades de los estudiantes según sus niveles de conocimiento. El proceso comenzó con una evaluación, donde se realizó una prueba de conocimientos para clasificar a los estudiantes y detectar las áreas en las que necesitaban más apoyo. A partir de esta evaluación, se ofrecieron recursos educativos adaptados a cada uno, que incluían notas de profesores, enlaces a videos y materiales de aprendizaje en línea.

Además, los estudiantes tuvieron la oportunidad de trabajar en ejercicios prácticos adaptados a sus habilidades, y contaron con un chatbot de inteligencia artificial que les brindaba asistencia en tiempo real, respondiendo a sus preguntas y guiándolos en la resolución de problemas. En los resultados se evidenció una mejora significativa de los estudiantes en la comprensión de los conceptos de programación y un avance en sus habilidades para resolver problemas, gracias a la práctica guiada y el acceso a recursos personalizados [\[49\]](#).

- e. Un estudio evaluó la percepción de los estudiantes sobre el uso de ChatGPT para resolver problemas de programación en C, prestando especial atención a si lo emplearían de manera responsable. En la fase clave, se realizaron encuestas organizadas en dos grupos: el primer grupo evaluó la percepción general de ChatGPT como herramienta de apoyo, mientras que el otro grupo se enfocó en su uso específico en la enseñanza de programación.

Los resultados mostraron que el 45% de los estudiantes consideraron útil la asistencia de ChatGPT, aunque el 29.7% expresó preocupación por una posible dependencia excesiva que podría afectar su aprendizaje, especialmente en evaluaciones. Además, más del 20% de los estudiantes no estuvo de acuerdo con las respuestas proporcionadas

por ChatGPT, lo que destacó la necesidad de mejorar la formulación de preguntas para obtener respuestas más precisas [\[50\]](#).

Discusión

Esta investigación llevó a cabo una revisión sistemática para identificar las herramientas de inteligencia artificial (IA) más importantes que apoyan el aprendizaje de programación en estudiantes de ingeniería de sistemas, donde se resalta que herramientas como ChatGPT, GitHub Copilot y OpenAI Codex son muy efectivas para ayudar a los estudiantes en la resolución de problemas, la generación de código y la depuración de errores. La interacción con la IA puede fomentar el pensamiento crítico y la creatividad, sin embargo, para lograr un aprendizaje significativo, siempre será necesaria la supervisión y el apoyo de los profesores, quienes desempeñan un papel complementario en el proceso educativo.

a. OPORTUNIDADES Y PROBLEMAS

Las herramientas de IA ofrecen muchas oportunidades en el aprendizaje de la programación, como la posibilidad de personalizar la educación, adaptarse a diferentes ritmos de estudio y fomentar un aprendizaje más autónomo [\[20\]](#). Sin embargo, también presentan ciertos problemas como el riesgo de que los estudiantes se vuelvan dependientes de estas tecnologías, usándolas como "copia y pega" para resolver problemas sin comprender realmente los conceptos. Además, algunas respuestas pueden no ser precisas, algo que se ha visto en versiones más tempranas de modelos como GPT-3.5 [\[13\]](#).

b. TEMA ÉTICO

El uso ético de ChatGPT es válido cuando se utiliza para apoyar el aprendizaje y la investigación, ayudando a fomentar la creatividad y el pensamiento crítico. Sin embargo, se vuelve problemático cuando se emplea para hacer trampa en tareas o exámenes [\[13\]](#), ya que el código generado por IA puede dificultar la evaluación del conocimiento real de los estudiantes y crear confusión sobre qué constituye una violación de la integridad académica [\[15\]](#), además la forma en que funciona la inteligencia artificial y cómo toma decisiones no está clara, lo que dificulta saber a quién se debe responsabilizar si ocurren errores o se generan resultados incorrectos [\[27\]](#). Por lo anterior, es importante educar a los estudiantes sobre el uso responsable de estas herramientas IA y los riesgos de no hacerlo.

c. APOYO HUMANO vs APOYO IA

Aunque la IA es útil para resolver problemas de programación al identificar y corregir errores, e incluso generar código automáticamente a partir de instrucciones en lenguaje natural [\[19\]](#), el apoyo humano es crucial para complementarla ya que esto garantiza que los estudiantes reciban la orientación, seguimiento y retroalimentación necesarias para lograr un aprendizaje significativo y duradero. La inteligencia artificial puede ser de gran ayuda especialmente en cursos numerosos, donde el profesor puede apoyarse en ella para ofrecer asistencia personalizada a los estudiantes, responder preguntas frecuentes y facilitar la comprensión de conceptos complejos.

Sin embargo, el docente desempeña un papel fundamental al determinar el estilo lógico de cada estudiante al programar, realizando la mayor parte de la enseñanza.

A largo plazo, será fundamental encontrar un equilibrio entre la independencia que puede ofrecer la IA y la guía pedagógica que solo los educadores pueden brindar [\[24\]](#).

Conclusión

La inteligencia artificial está transformando el aprendizaje de la programación, pero es clave entenderla como una herramienta que apoya el aprendizaje, no que reemplaza el proceso educativo como tal. Aunque su uso puede facilitar muchos aspectos, como la resolución de problemas o la generación de código, los estudiantes deben seguir desarrollando sus habilidades de pensamiento crítico e independencia. No se puede permitir que la IA haga todo el trabajo, porque se corre el riesgo de crear programadores dependientes y no creativos.

Desde el punto de vista ético, el uso de la IA plantea retos importantes. ¿Hasta qué punto está bien que un estudiante use IA para sus tareas? Aquí es donde las instituciones educativas deben intervenir, creando políticas claras que orienten el uso responsable de estas tecnologías. No se trata solo de prevenir el plagio, sino de fomentar una cultura donde la IA sea vista como una ayuda, no una vía rápida para evitar el esfuerzo.

El rol del profesor sigue siendo insustituible. Ninguna herramienta puede reemplazar el valor del apoyo humano en la educación, especialmente cuando se trata de guiar a los estudiantes en el uso adecuado de la IA. Si bien la tecnología es potente, el acompañamiento y el contexto que brinda un docente son irremplazables para asegurar que el aprendizaje sea significativo.

Por otro lado, el uso de la IA está cambiando la forma de enseñar y aprender programación. Las herramientas actuales permiten a los estudiantes interactuar con tecnologías avanzadas y entender conceptos complejos de manera más accesible, pero esto requiere una estrategia pedagógica bien elaborada que integre tanto las habilidades técnicas como la comprensión profunda de los conceptos que estas herramientas ofrecen.

Referencias

1. Muñoz, R., Barría, M., Noël, R., Providel, E., & Quiroz, P. (2012). Determinando las dificultades en el aprendizaje de la primera asignatura de programación en estudiantes de ingeniería civil informática. En Conferencia presentación en Congreso Internacional de Informática Educativa (Vol. 17, pp. 1-7).
2. Huang, A. Y., Lu, O. H. y Yang, S. J. (2023). Efectos de las recomendaciones personalizadas basadas en inteligencia artificial en el compromiso, la motivación y los resultados de aprendizaje de los alumnos en una clase invertida. *Computadoras y educación*, 194, 104684.
3. Rivers, K., y Koedinger, K. R. (2017). Generación de pistas basada en datos en amplios espacios de soluciones: un tutor de programación en Python que se mejora a sí mismo. *Revista internacional de inteligencia artificial en educación*, 27, 37-64.
4. Saari, M., Rantanen, P., Nurminen, M., Kilamo, T., Systä, K. y Abrahamsson, P. (junio de 2022). Encuesta sobre el uso de herramientas de IA en cursos de programación: primeras observaciones. En la Conferencia internacional sobre desarrollo ágil de software (págs. 182-191). Cham: Springer Nature Suiza.
5. Álvarez-Dionisi, L. E., Mittra, M. y Balza, R. (2019). Enseñanza de inteligencia artificial y robótica a estudiantes de ingeniería de sistemas de grado. *Revista internacional de educación moderna y ciencias de la computación*, 11(7), 54-63.
6. Speth, S., Meißner, N. y Becker, S. (agosto de 2023). Investigación del uso de ejercicios generados por IA para cursos de programación para principiantes e intermedios: un estudio de caso de ChatGPT. En la 35.ª Conferencia Internacional sobre Educación y Capacitación en Ingeniería de Software (CSEE&T) del IEEE de 2023 (págs. 142-146). IEEE.
7. Yilmaz, R., y Yilmaz, F. G. K. (2023). El efecto del uso de herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) generativa en las habilidades de pensamiento computacional, la autoeficacia en programación y la motivación de los estudiantes. *Computadoras y Educación: Inteligencia Artificial*, 4, 100147.
8. Zhao, H., Liu, X., Gong, X., Li, Q., Jing, S. y Xue, Y. (octubre de 2021). Plataforma de aprendizaje de programación gráfica de IA para niños. En el Congreso de Automatización de China (CAC) de 2021 (págs. 8149-8153). IEEE.
9. Carreira, G., Silva, L., Mendes, A. J., y Oliveira, H. G. (noviembre de 2022). Pyo, un asistente de chatbot para estudiantes de introducción a la programación. En el Simposio Internacional de Informática en Educación (SIIE) de 2022 (págs. 1-6). IEEE.
10. Popovici, MD (2023). ChatGPT en el aula. Explorando su potencial y limitaciones en un curso de programación funcional. *Revista internacional de interacción humano-computadora*, 1-12.

11. Ramabu, T., y Malebane, T. (mayo de 2024). Pautas para el uso eficaz de ChatGPT en la enseñanza de la programación introductoria. En la Conferencia IST-Africa de 2024 (IST-Africa) (págs. 1-8). IEEE.
12. Kahn, K., Megasari, R., Piantari, E. y Junaeti, E. (septiembre de 2018). Programación de IA por parte de niños mediante la programación en bloques Snap! en un país en desarrollo. En la decimotercera conferencia europea sobre aprendizaje mejorado con tecnología (vol. 11082). Springer.
13. Estevez, J., Gárate, G., y Graña, M. (2019). Introducción suave a la inteligencia artificial para estudiantes de secundaria usando Scratch. Acceso IEEE, 7, 179027-179036.
14. Kong, S. C., Cheung, W. M. Y., y Zhang, G. (2021). Evaluación de un curso de alfabetización en inteligencia artificial para estudiantes universitarios con diversos antecedentes académicos. Computadoras y Educación: Inteligencia Artificial, 2, 100026.
15. Al Ahmed, Y., y Sharo, A. (junio de 2023). Sobre el efecto educativo de CHATGPT: ¿La IA CHATGPT dominará la profesión educativa? En la Conferencia Internacional sobre Computación Inteligente, Comunicación, Redes y Servicios (ICCNS) de 2023 (págs. 79-84). IEEE.
16. Kosar, T., Ostojić, D., Liu, Y. D., y Mernik, M. (2024). Educación en Ciencias de la Computación en la Era ChatGPT: Experiencias de un Experimento en un Curso de Programación para Programadores Novatos. Matemáticas, 12(5), 629.
17. Jalil, S., Rafi, S., LaToza, T. D., Moran, K. y Lam, W. (abril de 2023). Chatgpt y educación en pruebas de software: promesas y peligros. En la conferencia internacional IEEE de 2023 sobre talleres de prueba, verificación y validación de software (ICSTW) (págs. 4130-4137). IEEE.
18. Kashefi, A., y Mukerji, T. (2023). ChatGPT para la programación de métodos numéricos. Revista de aprendizaje automático para modelado y computación, 4 (2).
19. Amaro, I., Barra, P., Della Greca, A., Francese, R. y Tucci, C. (2023). ¿Crees en la inteligencia artificial? Un estudio de usuarios sobre el impacto de la información falsa de ChatGPT. Transacciones IEEE sobre sistemas sociales computacionales.
20. Lindner, A., y Berges, M. (octubre de 2020). ¿Puedes explicarme la IA? Preconceptos de los docentes sobre la inteligencia artificial. En la conferencia Fronteras en educación (FIE) (págs. 1-9). IEEE.
21. Williams, R., Ali, S., Devasia, N., DiPaola, D., Hong, J., Kaputsos, S. P., ... y Breazeal, C. (2023). Currículos de ética de IA+ para jóvenes de secundaria: lecciones aprendidas de tres currículos basados en proyectos. Revista internacional de inteligencia artificial en educación, 33(2), 325-383.

22. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., y Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la presentación de informes de revisión sistemática. *bmj*, 372.
23. Pratisto, E. H., Thompson, N., y Potdar, V. (2022). Tecnologías inmersivas para el turismo: una revisión sistemática. *Tecnologías de la información y turismo*, 24(2), 181-219.
24. Hartley, K., Hayak, M. y Ko, U. H. (2024). Inteligencia artificial que apoya el aprendizaje independiente de los estudiantes: un estudio de caso evaluativo de ChatGPT y Aprendiendo a programar. *Ciencias de la educación*, 14(2), 120.
25. Johanyák, Z. C., Cserkó, J. y Pásztor, A. (agosto de 2023). Educación en programación universitaria asistida por IA en la práctica. En 2023, 35.^a Conferencia Internacional del IEEE sobre Educación y Formación en Ingeniería de Software (CSEE&T) (págs. 185-186). IEEE.
26. Sun, D., Boudouaia, A., Zhu, C. et al. ¿El modo de programación facilitado por ChatGPT afectaría las conductas, el desempeño y las percepciones de programación de los estudiantes universitarios? Un estudio empírico. *Int J Educ Technol High Educ* 21, 14 (2024).
27. Jacques, L. (2023). Enseñanza de CS-101 en los albores de ChatGPT. *Revista ACM*, 14(2), 40-46.
28. MacNeil, S., Tran, A., Mogil, D., Bernstein, S., Ross, E. y Huang, Z. (agosto de 2022). Generación de diversas explicaciones de código utilizando el modelo de lenguaje grande gpt-3. En *Actas de la Conferencia ACM de 2022 sobre investigación educativa en informática internacional*, volumen 2 (págs. 37-39).
29. Lo, CK (2023). ¿Cuál es el impacto de ChatGPT en la educación? Una revisión rápida de la literatura. *Ciencias de la Educación*, 13(4), 410.
30. Wermelinger, M. (marzo de 2023). Uso de Github Copilot para resolver problemas de programación simples. En *Actas del 54.º Simposio Técnico de la ACM sobre Educación en Ciencias de la Computación*, vol. 1 (págs. 172-178).
31. Prather, J., Reeves, B. N., Denny, P., Becker, B. A., Leinonen, J., Luxton-Reilly, A., ... y Santos, E. A. (2023). “Es extraño que sepa lo que quiero”: usabilidad e interacciones con Copilot para programadores novatos. *Transacciones ACM sobre interacción computadora-humano*, 31(1), 1-31.
32. Chen, E., Lee, J. E., Lin, J. y Koedinger, K. (julio de 2024). GPTutor: un gran tutor personalizado con grandes modelos de lenguaje para la generación de contenido de aprendizaje personalizado. En *Actas de la undécima conferencia de la ACM sobre aprendizaje a gran escala* (págs. 539-541).

33. Chen, E., Huang, R., Chen, H. S., Tseng, Y. H., y Li, L. Y. GPTutor: una herramienta de programación impulsada por ChatGPT para la explicación de código. arXiv 2023. preimpresión de arXiv arXiv:2305.01863.
34. Finnie-Ansley, J., Denny, P., Becker, B. A., Luxton-Reilly, A. y Prather, J. (2022, febrero). Los robots están llegando: exploración de las implicaciones del código OpenAI en la programación introductoria. En las Actas de la 24.^a Conferencia de Educación Informática de Australasia (págs. 10-19).
35. Finnie-Ansley, J., Denny, P., Luxton-Reilly, A., Santos, E. A., Prather, J. y Becker, B. A. (enero de 2023). Mi IA quiere saber si esto estará en el examen: Prueba del código de OpenAI en ejercicios de programación CS2. En Actas de la 25.^a Conferencia de Educación Informática de Australasia (págs. 97-104).
36. Denny, P., Kumar, V. y Giacaman, N. (marzo de 2023). Conversando con Copilot: Explorando la ingeniería rápida para resolver problemas de CS1 usando lenguaje natural. En Actas del 54.^o Simposio Técnico de la ACM sobre Educación en Ciencias de la Computación, vol. 1 (págs. 1136-1142).
37. Steele, JL (2023). ¿GPT o no GPT? Cómo capacitar a nuestros estudiantes para que aprendan con IA. Computadoras y Educación: Inteligencia Artificial, 5, 100160.
38. Smolansky, A., Cram, A., Radulescu, C., Zeivots, S., Huber, E. y Kizilcec, R. F. (julio de 2023). Perspectivas de educadores y estudiantes sobre el impacto de la IA generativa en las evaluaciones en la educación superior. En Actas de la décima conferencia de la ACM sobre Learning Scale (págs. 378-382).
39. Zastudil, C., Rogalska, M., Kapp, C., Vaughn, J. y MacNeil, S. (2023). IA generativa en la educación informática: perspectivas de estudiantes e instructores. (2023). Preimpresión arXiv arXiv:2308.04309.
40. Ismail, M., y Ade-Ibijola, A. (noviembre de 2019). Aprendiz de profesor: un chatbot para ayudar a programadores novatos. En la conferencia internacional multidisciplinaria de tecnología de la información e ingeniería (IMITEC) de 2019 (pp. 1-8). IEEE.
41. Verleger, M., y Pembridge, J. (octubre de 2018). Un estudio piloto que integra un chatbot impulsado por IA en un curso de introducción a la programación. En la conferencia sobre fronteras en educación (FIE) del IEEE de 2018 (pp. 1-4). IEEE.
42. Rahman, M. M., y Watanobe, Y. (2023). ChatGPT para la educación y la investigación: oportunidades, amenazas y estrategias. Ciencias Aplicadas, 13(9), 5783.
43. Haindl, P. y Weinberger, G. (2024). Experiencias de estudiantes en el uso de ChatGPT en un curso de programación de pregrado. Acceso IEEE, 12, 43519-43529.
44. Haderer, B., y Ciolacu, M. (2022). Educación 4.0: Sistema de planificación de tareas y tiempo asistido por inteligencia artificial. Procedia informática, 200, 1328-1337.

45. Lau, S. y Guo, P. (agosto de 2023). De "Prohibirlo hasta que lo entendamos" a "Resistir es inútil": cómo los instructores de programación universitaria planean adaptarse a medida que más estudiantes usan herramientas de generación y explicación de código de IA como ChatGPT y GitHub Copilot. En Actas de la Conferencia ACM de 2023 sobre investigación educativa en informática internacional, volumen 1 (págs. 106-121).
46. Yan, W., Nakajima, T. y Sawada, R. (2024). Beneficios y desafíos de la colaboración entre estudiantes y la inteligencia artificial generativa conversacional en el aprendizaje de la programación: un estudio de caso empírico. Ciencias de la Educación, 14(4), 433.
47. Jonsson, M. y Tholander, J. (junio de 2022). Descifrando el código: codificación conjunta con IA en la educación en programación creativa. En Actas de la 14.^a Conferencia sobre Creatividad y Cognición (págs. 5-14).
48. Denny, P., Leinonen, J., Prather, J., Luxton-Reilly, A., Amarouche, T., Becker, B. A. y Reeves, B. N. (marzo de 2024). Problemas de indicación: un nuevo ejercicio de programación para la era de la IA generativa. En Actas del 55.^o Simposio Técnico de la ACM sobre Educación en Ciencias de la Computación, vol. 1 (págs. 296-302).
49. Rathore, A. S., Sharma, A. y Massoudi, M. (octubre de 2021). Modelo de educación en ingeniería personalizado basado en inteligencia artificial para el aprendizaje de la programación. En 2021, 6.^a Conferencia Internacional sobre Informática, Comunicación y Seguridad (ICCCS) (pp. 1-10). IEEE.
50. Silva, C. A. G. D., Ramos, F. N., de Moraes, R. V. y Santos, E. L. D. (2024). ChatGPT: Desafíos y beneficios en la programación de software para la educación superior. Sostenibilidad, 16(3), 1245.