

## IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL APRENDIZAJE DE LA PROGRAMACIÓN INFORMÁTICA EN LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON COMPUTER PROGRAMMING LEARNING IN UNIVERSITY STUDENTS

Autores: <sup>1</sup>Daniel Alexander Vera Paredes, <sup>2</sup>Omar Orlando Franco Arias y <sup>3</sup>Luis Cristóbal Córdova Martínez.

<sup>1</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-9033-3399>

<sup>2</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0178-4604>

<sup>3</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3605-429X>

<sup>1</sup>E-mail de contacto: [dverap@unemi.edu.ec](mailto:dverap@unemi.edu.ec)

<sup>2</sup>E-mail de contacto: [ofrancoa@unemi.edu.ec](mailto:ofrancoa@unemi.edu.ec)

<sup>3</sup>E-mail de contacto: [lcordovam@unemi.edu.ec](mailto:lcordovam@unemi.edu.ec)

Afiliación: <sup>1</sup>\*<sup>2</sup>\* <sup>3</sup>\*Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador).

Artículo recibido: 30 de Enero del 2025

Artículo revisado: 1 de Febrero del 2025

Artículo aprobado: 4 de Marzo del 2025

<sup>1</sup>Magister en Administración y Dirección de Empresas adquirida en la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, (Ecuador). Máster Universitario en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos adquirida en la Universidad Internacional de la Rioja, (España). Licenciado en Sistemas de Información adquirida en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, (Ecuador). Analista de Sistemas adquirida en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, (Ecuador)

<sup>2</sup>Doctorado en Sostenibilidad adquirida en la Universidad Politécnica de Catalunya de Barcelona, (España) Magister en Administración y Dirección de Empresas adquirida en la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, (Ecuador). Diplomado Superior en Currículo por Competencia adquirido en Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador). Ingeniero Comercial con mención en Administración Financiera adquirido en la Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador).

<sup>3</sup>Magister en Administración y Dirección de Empresas adquirida en la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, (Ecuador). Magister en Gerencia de Tecnologías de la Información adquirida en la Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador). Especialista en Tecnologías de la Información mención en Comercio y Negocio Electrónico adquirida en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, (Ecuador). Licenciado en Sistemas de Información adquirida en la Escuela Superior Politécnica Litoral, (Ecuador). Tecnólogo en Análisis de Sistemas Informáticos adquirida en la Escuela Politécnica Nacional, (Ecuador)

### Resumen

El aprendizaje de la programación informática en la educación universitaria enfrenta desafíos significativos debido a la complejidad técnica y la necesidad de desarrollar competencias como el pensamiento crítico, razonamiento lógico y la autoeficacia para la resolución de problemas. En este contexto, las herramientas de inteligencia artificial, como ChatGPT, han emergido como recursos prometedores para personalizar la enseñanza y mejorar el aprendizaje. Este artículo tiene como objetivo analizar el impacto longitudinal de estas herramientas en la educación universitaria de un lenguaje de programación mediante una revisión sistemática de la literatura. Se empleó el protocolo PRISMA para la selección y análisis de estudios en bases de datos como Scopus y arXiv, identificando metodologías de evaluación y sus efectos en el desarrollo de habilidades clave. Los hallazgos indican que la IA mejora el rendimiento académico y la eficiencia en la resolución de problemas, aunque también plantea riesgos

como la dependencia excesiva y una comprensión superficial de los conceptos. Se concluye que, si bien la IA puede transformar la enseñanza de la programación informática, su implementación debe ir acompañada de estrategias pedagógicas y de andragogía que fomenten la autonomía y el aprendizaje significativo, equilibrando el uso de estas herramientas con enfoques tradicionales para garantizar una formación integral en los estudiantes.

**Palabras clave:** Impacto, Inteligencia artificial, Aprendizaje, Metodologías, Competencias.

### Abstract

Learning programming in university education faces significant challenges due to technical complexity and the need to develop skills such as critical thinking, self-efficacy, and problem-solving. In this context, artificial intelligence tools like ChatGPT have emerged as promising resources to personalize teaching and enhance

learning. This article aims to analyze the longitudinal impact of these tools on university-level programming education through a systematic literature review. The PRISMA protocol was employed for the selection and analysis of studies in databases such as Scopus and arXiv, identifying evaluation methodologies and their effects on the development of key skills. Findings indicate that AI improves academic performance and efficiency in problem-solving, although it also presents risks such as excessive dependence and a superficial understanding of concepts. It is concluded that, while AI can transform programming education, its implementation should be accompanied by pedagogical strategies that promote autonomy and meaningful learning, balancing the use of these tools with traditional approaches to ensure a comprehensive education for students.

**Keywords: Impact, Artificial intelligence, Learning, Methodologies, Competencies.**

### Sumário

O aprendizado de programação na educação universitária enfrenta desafios significativos devido à complexidade técnica e à necessidade de desenvolver habilidades como pensamento crítico, autoeficácia e resolução de problemas. Nesse contexto, ferramentas de inteligência artificial, como o ChatGPT, surgiram como recursos promissores para personalizar o ensino e melhorar a aprendizagem. Este artigo tem como objetivo analisar o impacto longitudinal dessas ferramentas no ensino de programação em nível universitário por meio de uma revisão sistemática da literatura. O protocolo PRISMA foi empregado para a seleção e análise de estudos em bases de dados como Scopus e arXiv, identificando metodologias de avaliação e seus efeitos no desenvolvimento de habilidades-chave. Os resultados indicam que a IA melhora o desempenho acadêmico e a eficiência na resolução de problemas, embora também apresente riscos como dependência excessiva e uma compreensão superficial dos conceitos. Conclui-se que, embora a IA possa transformar o ensino de programação, sua implementação deve ser acompanhada de estratégias pedagógicas que promovam a

autonomia e a aprendizagem significativa, equilibrando o uso dessas ferramentas com abordagens tradicionais para garantir uma formação abrangente dos estudantes.

**Palavras-chave: Impacto, Inteligência artificial, Aprendizado, Metodologias, Competências.**

### Introducción

El aprendizaje de la programación informática en la universidad se ha convertido en un componente clave para la formación de competencias tecnológicas, críticas y lógicas en la sociedad digital actual (Yusuf et al., 2024). Sin embargo, las dificultades inherentes a esta disciplina, como la complejidad técnica y la necesidad de habilidades de resolución de problemas, representan desafíos significativos para los estudiantes (Zviel-Girshin, 2024). La integración de herramientas de inteligencia artificial (IA), como ChatGPT, ha generado un interés creciente debido a su capacidad para proporcionar retroalimentación inmediata, personalizar procesos de aprendizaje y optimizar la enseñanza de programación mediante el apoyo interactivo basado en lenguaje natural (Deng et al., 2024; Sun, Boudouaia, Zhu, et al., 2024). Estas herramientas tienen el potencial de transformar no solo la forma en que se enseña la programación informática, sino también cómo los estudiantes interactúan con los conceptos fundamentales del uso de un lenguaje de programación cualquiera.

A pesar de los avances significativos en el uso de IA en la educación, persisten importantes vacíos en la literatura, especialmente en la evaluación de su impacto a largo plazo sobre el desarrollo de competencias de programación informática en entornos universitarios. Además, pocos estudios han identificado indicadores clave que permitan medir el progreso de los estudiantes en dimensiones más profundas como el pensamiento crítico, el razonamiento lógico, la autoeficacia para la solución de problemas

(Savelka, Agarwal, Bogart, et al., 2023; Yusuf et al., 2024). Por esta razón, se justifica la necesidad de analizar y sintetizar la evidencia existente que permita evaluar de forma longitudinal el impacto de estas tecnologías en el aprendizaje de la programación informática. El presente artículo aborda estos retos mediante un análisis exhaustivo de las metodologías existentes. Este trabajo tiene como objetivo principal: Analizar el impacto longitudinal de herramientas de inteligencia artificial en el aprendizaje de la programación informática, a través del análisis de metodologías existentes, la identificación de indicadores clave y la síntesis de evidencia sobre el desarrollo de competencias fundamentales como el pensamiento crítico, razonamiento lógico, la autoeficacia para la resolución de problemas.

### **Naturaleza y alcance del problema**

El uso de herramientas de IA en programación, aunque prometedor, aún enfrenta críticas relacionadas con la dependencia excesiva, la falta de entendimiento profundo de conceptos clave y la limitación en el desarrollo de habilidades transferibles (Deng et al., 2024; Zviel-Girshin, 2024). Estas cuestiones se agravan por la falta de consenso metodológico para evaluar su impacto, lo que dificulta la comparación entre estudios y la generalización de hallazgos. La investigación existente, aunque valiosa, carece de un enfoque holístico que considere tanto las métricas tradicionales de aprendizaje como las competencias transversales (Sun, Boudouaia, Zhu, et al., 2024).

### **Desarrollo**

El impacto de la IA, como ChatGPT en la educación en lenguajes de programación ha sido ampliamente estudiado, con enfoques que van desde su eficacia en la generación de código hasta su influencia en la comprensión conceptual de los estudiantes. Diferentes estudios han evaluado sus beneficios, desafíos y limitaciones

en diversos contextos educativos y de evaluación.

Haindl y Weinberger (2024) realizaron un estudio sobre el uso de esta herramienta de IA en los introductorios de programación en Java, evaluando el código de los estudiantes mediante análisis estático (Haindl & Weinberger, 2024). Los resultados mostraron que los estudiantes que utilizaron ChatGPT produjeron código con menos errores sintácticos y una menor complejidad ciclomática en comparación con aquellos que no usaron la herramienta. Sin embargo, también se observó que los estudiantes que dependieron en exceso del asistente virtual IA tenían dificultades para explicar su propio código, lo que plantea desafíos en términos de aprendizaje profundo y comprensión conceptual.

De manera similar, Joshi et al. (2024) realizaron un análisis de desempeño del asistente virtual en preguntas de informática de pregrado y encontraron que, aunque puede generar respuestas plausibles, estas a menudo contienen errores que podrían inducir a los estudiantes a comprender incorrectamente los conceptos fundamentales (Joshi et al., 2024). En adición, otro estudio analizó el rendimiento de GPT-4 en cursos universitarios de programación en Python, concluyendo que el modelo es capaz de generar código funcional para problemas de nivel introductorio, pero enfrenta dificultades con tareas más complejas que requieren abstracción y diseño algorítmico (Savelka, Agarwal, An, et al., 2023).

En la misma línea, en el estudio de Buraphadeja, et al. (2024) se identificó que los estudiantes con acceso al asistente de IA lograban completar más tareas y obtenían mejores calificaciones en comparación con aquellos que no usaban la herramienta, aunque la brecha de aprendizaje conceptual persistía (Buraphadeja & Srisarkun, 2024).

Además, el chatbot de IA permite ofrecer aprendizaje personalizado, adaptando sus respuestas al nivel de cada estudiante y permitiendo un aprendizaje autodirigido más eficiente (Deng et al., 2024). En este sentido, Husain (2024) exploró las percepciones de los instructores de programación sobre el potencial de ChatGPT para complementar métodos tradicionales, resaltando sus capacidades para ofrecer prácticas interactivas y personalizadas en la enseñanza de programación (Husain, 2024). Este tipo de herramientas pueden fomentar un aprendizaje más dinámico y facilitar la comprensión de conceptos complejos a través de simulaciones y ejemplos adaptativos.

Por otro lado, Nascimento et al. (2023) compararon el desempeño de ChatGPT con el de programadores humanos en la resolución de problemas en LeetCode, encontrando que el asistente virtual era más rápido en la generación de código, pero su precisión y eficiencia eran significativamente menores en comparación con las soluciones humanas (Nascimento et al., 2023). Un estudio adicional de Bifulco et al. (2025) evaluó la capacidad de modelos como GPT y Gemini para generar código acompañado de enlaces a fuentes relevantes. Encontraron que solo el 66% de los enlaces proporcionados por Bing CoPilot y el 28% de Google Gemini eran realmente útiles, lo que sugiere limitaciones en la trazabilidad del código generado por IA (Bifulco et al., 2025).

Otros autores realizaron una revisión sistemática y metaanálisis de estudios experimentales sobre el asistente virtual nombrado anteriormente en la educación (Deng et al., 2024). Su investigación concluyó que el uso de ChatGPT mejora el desempeño académico y la motivación de los estudiantes, pero no tiene un impacto significativo en la autoeficacia. Además, destacaron la necesidad de evaluar los efectos a largo plazo de la IA en la adquisición de

conocimientos en programación. Un estudio similar de Malinka et al. (2023) evaluó la capacidad del programa de asistencia para completar exámenes en cursos de seguridad informática, concluyendo que la IA puede responder correctamente a muchas preguntas teóricas, pero falla en problemas que requieren razonamiento crítico y aplicación práctica (Malinka et al., 2023). Desde la perspectiva del docente, se explora que la aceptación de herramientas de IA en la enseñanza de la programación. Su estudio reveló que la alfabetización en IA y la confianza en estas tecnologías son factores clave para su adopción por parte de los profesores (Al-Abdullatif, 2024). Además, destacó la importancia de capacitar a los docentes en el uso de herramientas como ChatGPT para maximizar su efectividad en el aula educativa.

Borges et al. (2024) analizaron la vulnerabilidad de los métodos de evaluación en educación superior frente al uso del asistente virtual, señalando que la mayoría de los exámenes escritos pueden ser resueltos en gran parte por modelos de lenguaje como GPT-4, lo que obliga a rediseñar los procesos de evaluación (Borges et al., 2024). Asimismo, McGee y Sadler (2024) compararon el desempeño de ChatGPT-3.5 y ChatGPT-4 en exámenes de estadística y ciencia de datos, concluyendo que los estudiantes que usan versiones gratuitas pueden estar en desventaja frente a aquellos que tienen acceso a versiones de pago más precisas y completas (McGee & Sadler, 2024).

En el ámbito de la enseñanza de bases de datos y SQL, Tahir et al. (2022) investigaron el uso de gamificación con tutores inteligentes basados en IA. Su estudio mostró que la combinación de gamificación e inteligencia artificial mejora la retención del conocimiento y la motivación de los estudiantes en cursos de bases de datos (Tahir et al., 2022). Esto sugiere que enfoques similares

podrían aplicarse al uso de ChatGPT en la enseñanza de programación para fomentar la participación de los estudiantes. De manera complementaria, Yang et al. (2023) propusieron el desarrollo de robots educativos basados en IA para la enseñanza de la seguridad en laboratorios (Yang et al., 2023). Aunque su estudio no se centra directamente en programación, sus hallazgos resaltan la importancia de integrar estrategias de gamificación e IA en la educación, lo que podría ser relevante para el desarrollo de herramientas interactivas basadas en la educación.

Chen et al. (2023) desarrollaron una herramienta denominada GPTutor, basada en ChatGPT, que permite a los estudiantes recibir explicaciones detalladas de fragmentos de código dentro de Visual Studio Code. Los resultados preliminares indicaron que los estudiantes que utilizaron GPTutor mejoraron su comprensión de los conceptos de programación en comparación con aquellos que solo usaron documentación estándar (E. Chen et al., 2023). Esto infiere que un modelo de aprendizaje híbrido impulsado por las herramientas IA permiten mejorar la participación y compromiso de los estudiantes en curso de programación (Kumar et al., 2021).

Zviel-Girshin (2024) analizó los efectos positivos y negativos del uso de herramientas de IA en cursos introductorios de programación. Su estudio reveló que, si bien los estudiantes se benefician de la retroalimentación instantánea proporcionada por el asistente virtual, existe un riesgo de dependencia que podría afectar el desarrollo de habilidades fundamentales en resolución de problemas y pensamiento computacional (Zviel-Girshin, 2024). En esta misma línea, la investigación de Firat (2023) sugiere que el chatbot inteligente puede ser utilizado como un tutor autodidacta, pero advierte sobre los riesgos éticos de su uso en la educación, incluyendo la posibilidad de que los

estudiantes no desarrollen habilidades críticas de razonamiento y análisis (Alshahrani & Jameel Qureshi, 2024; Lehmann et al., 2024).

Otro desafío importante es la carga cognitiva que pueden generar estos sistemas en los estudiantes. Suryani et al. (2024) destacaron la importancia de gestionar adecuadamente la carga cognitiva en sistemas educativos basados en IA para optimizar el aprendizaje sin sobrecargar a los estudiantes (Suryani et al., 2024). La presentación de información excesiva o poco estructurada por parte de modelos como ChatGPT puede dificultar la asimilación de conceptos clave, en lugar de facilitarlos. Estos estudios resaltan tanto el potencial como los desafíos del uso de ChatGPT en el aprendizaje de la programación. Si bien la IA puede mejorar el aprendizaje y la calidad del código producido por los estudiantes, también es fundamental diseñar estrategias que eviten la dependencia excesiva y fomenten un aprendizaje significativo.

### **Método utilizado en el estudio**

Este artículo adopta un enfoque de revisión sistemática de literatura. Para abordar esta problemática, se realizó el proceso de consulta de información siguiendo el protocolo PRISMA, garantizando un proceso estructurado y replicable. Se utilizaron las bases de datos Scopus y arXiv, seleccionadas por su cobertura en publicaciones revisadas por pares y estudios emergentes en inteligencia artificial y educación de programación.

El proceso PRISMA incluyó las siguientes fases:

- **Identificación:** Se realizaron búsquedas en Scopus y arXiv utilizando ecuaciones booleanas avanzadas con términos clave como "artificial intelligence", "AI", "machine learning", "programming education", "longitudinal impact" y "higher education".

- Selección: Se aplicaron filtros de inclusión y exclusión para garantizar la relevancia de los estudios.
- Elegibilidad: Se eliminaron duplicados y artículos que no cumplieran con los criterios metodológicos establecidos.
- Inclusión: Se analizaron detalladamente 52 artículos que cumplieran con los criterios finales.

Este enfoque permitió garantizar la calidad y validez de la literatura seleccionada, proporcionando una visión completa sobre las metodologías utilizadas para evaluar el impacto de herramientas de IA en la educación de programación en la universidad.

### **Preguntas de investigación**

Para orientar la revisión sistemática, se formularon las siguientes preguntas de investigación:

**RQ1:** ¿Cuáles son las metodologías predominantes utilizadas para evaluar el impacto longitudinal de herramientas de IA en la educación universitaria de programación?

**RQ2:** ¿Qué indicadores clave se han utilizado para medir el desarrollo de competencias como el pensamiento crítico, la autoeficacia y la resolución de problemas en estudiantes de programación?

**RQ3:** ¿Cuáles son los principales hallazgos en cuanto al impacto de herramientas de IA en el rendimiento académico y la retención del conocimiento en educación universitaria de programación?

**RQ4:** ¿Cuáles son las palabras clave más utilizadas en la literatura académica sobre la integración de la inteligencia artificial en la educación en programación?

**RQ5:** ¿Cuáles son los autores más citados en los estudios sobre el impacto de inteligencia artificial en la enseñanza de la programación?

### **Resultados esperados**

Se espera que esta revisión sistemática permita identificar las metodologías predominantes empleadas en la evaluación del impacto a largo plazo de herramientas de inteligencia artificial en la enseñanza de programación. A través de este análisis, se podrán determinar las fortalezas y limitaciones de cada enfoque, proporcionando una visión detallada sobre la evolución del aprendizaje de los estudiantes en entornos mediados por IA.

Además, se prevé que la síntesis de evidencia obtenida en este estudio permita comprender mejor el impacto de herramientas de inteligencia artificial como ChatGPT en el desarrollo de habilidades clave en programación, incluyendo el pensamiento computacional, la resolución de problemas y la capacidad de depuración de código. La revisión contribuirá a identificar los factores que favorecen o dificultan la integración efectiva de la IA en la educación superior.

### **Materiales y Métodos**

#### **Selección de Base de datos**

Para garantizar una cobertura exhaustiva de la literatura, se seleccionaron Scopus y arXiv como principales fuentes de datos. Scopus se eligió debido a su amplio alcance de artículos revisados por pares en ciencias de la computación y educación. arXiv fue incluido para capturar preprints y estudios emergentes sobre inteligencia artificial en educación.

#### **Justificación de criterios de inclusión y exclusión**

El proceso de selección de los artículos estuvo guiado por criterios de inclusión y exclusión. Se consideraron únicamente publicaciones que

cumplieran con los siguientes criterios de inclusión:

- Los estudios publicados entre 2020 y 2025 para garantizar que los hallazgos reflejen las tendencias y avances más recientes en la implementación de herramientas de IA en la educación de programación.
- Artículos revisados por pares y preprints de conferencias relevantes, asegurando que la información analizada provenga de fuentes confiables.
- Estudios que abordaran explícitamente metodologías para medir el impacto a largo plazo de herramientas de inteligencia artificial en la enseñanza de programación universitaria.
- Artículos que incluyeran mediciones cuantitativas o cualitativas sobre el impacto de herramientas de inteligencia artificial como ChatGPT en el aprendizaje de los estudiantes.

Los criterios de exclusión se establecieron para descartar artículos que no aportaran evidencia empírica suficiente o que no se enfocaran en la educación universitaria. Se excluyeron:

- Estudios basados únicamente en percepciones estudiantiles sin una metodología de medición estructurada.
- Artículos que abordaran la IA en niveles educativos inferiores a la educación superior.
- Revisiones de literatura sin análisis sistemático ni enfoque en herramientas de IA.

### **Estrategia de Búsqueda:**

Para identificar los estudios más relevantes, se implementaron ecuaciones booleanas avanzadas que permitieron refinar los resultados en cada base de datos. Estas ecuaciones facilitaron la búsqueda de artículos específicos relacionados con la medición del impacto de herramientas de IA en la educación de programación. Algunos de

los términos clave utilizados fueron "artificial intelligence", "AI", "machine learning", "programming education", "longitudinal impact", "higher education" y "university".

Cada consulta aplicada en las bases de datos seleccionadas se detalla en la Tabla 1, la primera consulta realizada en Scopus produjo un total de 53 artículos, de los cuales 9 fueron seleccionados tras una revisión detallada. Otras ecuaciones booleanas, como la segunda consulta en arXiv produjo 1092 resultados, de los cuales 26 artículos fueron seleccionados, lo infiere una mayor disponibilidad de información en esta base de datos que en comparación con Scopus.

La tendencia de la base de datos arXiv a producir más información en comparación con Scopus, se debe a que Scopus indexa publicaciones académicas revisadas por pares en revistas establecidas, lo que implica un proceso de selección riguroso y tiempos de publicación más largos. Dado que la aplicación de ChatGPT en educación es un área emergente, aún no hay suficientes estudios formalmente revisados en esta base de datos. Por otro lado, arXiv permite la publicación inmediata de investigaciones sin revisión por pares, lo que facilita la rápida difusión de estudios en campos dinámicos como la inteligencia artificial en la educación.

### **Proceso de eliminación de documentos irrelevantes y duplicados**

Para gestionar las referencias y eliminar documentos duplicados, se utilizó Mendeley, una herramienta de gestión bibliográfica ampliamente utilizada en la investigación académica. Se realizó una primera fase de eliminación automática de duplicados seguida de una revisión manual para garantizar la relevancia de los artículos seleccionados. Durante esta etapa, se excluyeron estudios que no cumplían con los criterios de inclusión establecidos.

**Tabla 1.** Operaciones booleanas realizadas en las bases de datos seleccionadas

Consulta	Base de Datos	Resultados Iniciales	Seleccionados
("artificial intelligence" OR "AI" OR "machine learning") AND ("programming education" OR "computer science education") AND ("longitudinal" OR "long-term impact") AND ("higher education" OR "university" OR "undergraduate") AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar"))	Scopus	53	9
LIMIT-TO (OA, "all") AND (PUBYEAR = 2025 OR PUBYEAR = 2024 OR PUBYEAR = 2023)	Scopus	8244	7
-announced_date_first; size: 50; include_cross_list: True; terms: AND all=artificial intelligence; AND all=programming education;	ArXiv	41	8
-announced_date_first; size: 50; date_range: from 2020-01-01 to 2024-12-31; include_cross_list: True; terms: AND all=artificial intelligence; AND all=programming education; AND title=undergraduate; OR title=Gemini; OR title=ChatGPT	ArXiv	1092	26

Fuente: Elaboración propia

### Estadísticas generales de selección

El proceso de selección de literatura se llevó a cabo en 4 fases. Inicialmente, se identificaron 9430 artículos en las bases de datos consultadas. Tras la eliminación de duplicados y la aplicación de filtros de relevancia, se redujo la selección a 62 artículos. Finalmente, luego de una revisión más detallada considerando la alineación con los objetivos del estudio, se incluyeron 52 artículos en el análisis final.

### Resultados y Discusión

**RQ1: ¿Cuáles son las metodologías predominantes utilizadas para evaluar el impacto longitudinal de herramientas de IA en la educación universitaria de programación?**

**Epígrafe:** Métodos de evaluación del impacto de la IA en educación de programación

Diversas metodologías han sido utilizadas para evaluar el impacto longitudinal de herramientas de IA en la educación universitaria de programación. Los estudios correlacionales y exploratorios han sido una de las estrategias más utilizadas para analizar la relación entre el uso de IA y el rendimiento académico de los estudiantes. Por ejemplo, un estudio exploratorio en un curso de administración de bases de datos encontró que los estudiantes con mejor desempeño académico eran quienes más

utilizaban ChatGPT, aunque no se pudo establecer una relación causal definitiva (López-Fernández & Vergaz, 2024).

Otro enfoque utilizado ha sido el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), el cual permite evaluar la percepción de los estudiantes sobre la utilidad y facilidad de uso de herramientas de IA en la enseñanza de programación. Investigaciones han demostrado que una percepción positiva de facilidad de uso y utilidad influye en la adopción de estas herramientas dentro del proceso educativo (Song et al., 2024). Además, los experimentos controlados han sido clave para determinar el impacto real de ChatGPT en la enseñanza de la programación. En un estudio donde se asignaron estudiantes a grupos con y sin acceso a la IA, se encontró que aquellos que utilizaron ChatGPT obtuvieron mejores resultados en sus tareas de programación, aunque con una mayor dependencia de la herramienta (Kiesler & Schiffner, 2023).

De igual modo, otro estudio con una metodología experimental comparable, en el que el grupo sin acceso a la herramienta solo tuvo acceso a libros de texto y notas, demostró que de igual forma el grupo que empleo el chat con inteligencia artificial tuvo mejores puntuaciones en términos de casos de prueba superados, aunque la precisión de su código fue inconsistente



(Qureshi, 2023). Asimismo, se han implementado técnicas de análisis de aprendizaje basado en datos para rastrear el progreso de los estudiantes y evaluar cómo el uso de ChatGPT afecta su desempeño a lo largo del tiempo. Estas técnicas han sido especialmente útiles para identificar patrones de mejora y áreas en las que la IA podría estar limitando la autonomía de los estudiantes (Fraiwan & Khasawneh, 2023). El uso de herramienta de IA en la educación de programación ha sido evaluado mediante experimentos controlados, donde se ha observado que, si bien la herramienta puede proporcionar asistencia en tiempo real, también introduce errores sintácticos que pueden obstaculizar la comprensión (Anagnostopoulos, 2023).

De igual forma, se han implementado técnicas de análisis de aprendizaje adaptativo, en donde ChatGPT actúa como tutor personalizado proporcionando asistencia en tiempo real, aunque se señala que su uso debe ajustarse para evitar la dependencia del estudiante (Aruleba et al., 2023). También, la evaluación del código generado por ChatGPT ha sido otro enfoque adoptado, encontrándose que los estudiantes que revisaban y corregían código generado por la IA desarrollaban mejores habilidades analíticas y críticas (Phung et al., 2023). Los estudios observacionales analizados, resaltan la interacción de los estudiantes con la IA en foros de discusión y entornos de aprendizaje, lo que ha permitido evaluar el impacto de estas herramientas en el aprendizaje colaborativo y el desarrollo de habilidades metacognitivas (He et al., 2024).

Por otro lado, en un estudio en el que ChatGPT fue tratado como uno de los estudiantes y se demostró que podía alcanzar una calificación de B-, ubicándose en el puesto 155 de 314 estudiantes en un curso introductorio de programación funcional. Este enfoque permitió

evaluar su impacto tanto desde la perspectiva del estudiante como del instructor. (Geng et al., 2023)

### **RQ2: ¿Qué indicadores clave se han utilizado para medir el desarrollo de competencias como el pensamiento crítico, la autoeficacia y la resolución de problemas en estudiantes de programación?**

**Epígrafe:** Indicadores clave en la medición de competencias en programación

El desarrollo de competencias como el pensamiento crítico, la autoeficacia y la resolución de problemas en estudiantes de programación ha sido medido a través de una variedad de indicadores. Uno de los métodos más utilizados ha sido la precisión en la resolución de problemas, donde se evalúa la cantidad de errores en los códigos generados antes y después del uso de herramientas de IA. Estudios han encontrado que los estudiantes que utilizan ChatGPT cometen menos errores de sintaxis y lógica, lo que sugiere una mejora en su capacidad de resolución de problemas (Lieh Ouh et al., 2023). Además, los estudiantes con el apoyo de la IA reportaron que experimentaron una mayor confianza en sus habilidades de codificación, aunque algunos mencionaron preocupaciones sobre la dependencia excesiva de la herramienta. (Pereira, 2024)

Otro indicador clave ha sido el tiempo requerido para completar tareas. Se ha documentado que los estudiantes que emplean ChatGPT en sus ejercicios de programación logran terminarlos en menor tiempo, lo que indica un aumento en la eficiencia del aprendizaje (Kiesler & Schiffner, 2023). Asimismo, se ha analizado la frecuencia y calidad de las interacciones con la IA, registrando el número de consultas realizadas y la complejidad de las preguntas formuladas. Este análisis ha permitido evaluar la autonomía de los

estudiantes y su capacidad de formular problemas complejos (He et al., 2024).

Para evaluar el pensamiento crítico, algunos estudios han implementado ejercicios de reflexión en los que los estudiantes comparan y analizan múltiples soluciones generadas por la IA. Este enfoque fomenta una comprensión más profunda de los algoritmos y estructuras de datos y permite a los estudiantes desarrollar habilidades de toma de decisiones informadas (Balajiee Lekshmi-Narayanan & Agus Hendrawan, 2023). Adicionalmente, encuestas de autoeficacia han sido utilizadas para medir la confianza de los estudiantes en sus habilidades de programación antes y después del uso de herramientas de IA, encontrando que su percepción de competencia mejora tras la interacción con ChatGPT (Song et al., 2024). Finalmente, la evaluación del desarrollo de estrategias de resolución de problemas ha sido un área de estudio clave, donde se ha observado que los estudiantes que usan ChatGPT de manera estructurada desarrollan enfoques más eficientes para abordar problemas de programación (López-Fernández & Vergaz, 2024).

### **RQ3: ¿Cuáles son los principales hallazgos en cuanto al impacto de herramientas de IA en el rendimiento académico y la retención del conocimiento en educación universitaria de programación?**

**Epígrafe:** Impacto de la IA en el rendimiento y la retención del conocimiento

El impacto de herramientas de IA como ChatGPT en el rendimiento académico y la retención del conocimiento en programación ha sido ampliamente estudiado. Se ha encontrado que los estudiantes que utilizan ChatGPT generan códigos con menos errores y completan sus tareas con mayor eficiencia en comparación con aquellos que no utilizan esta herramienta

(Lieh Ouh et al., 2023). Además, un análisis reveló que, si bien ChatGPT ayuda en la resolución de problemas de programación, su efectividad disminuye en problemas que requieren razonamiento algorítmico profundo (Deshpande & Szefer, 2023).

Un estudio en educación en bases de datos demostró que los estudiantes que usaron ChatGPT obtuvieron mejores calificaciones en exámenes prácticos, aunque no se encontró una correlación clara con el desarrollo de habilidades avanzadas en la resolución de problemas (López-Fernández & Vergaz, 2024). Aunque, de manera similar, otro estudio encontró que los evaluadores indicaron que las respuestas de la inteligencia artificial eran en su mayoría correctas. Sin embargo, en preguntas más complejas, tendía a proporcionar respuestas incompletas o superficiales. (Schulze Balhorn et al., 2023)

Sin embargo, uno de los principales desafíos identificados es la dependencia de la IA. Algunos estudios han encontrado que los estudiantes tienden a confiar excesivamente en las respuestas generadas por ChatGPT, lo que puede afectar su capacidad para resolver problemas sin asistencia. Esto ha llevado a preocupaciones sobre la retención a largo plazo de los conceptos fundamentales, ya que los estudiantes pueden volverse menos propensos a desarrollar un pensamiento computacional independiente (He et al., 2024).

Por otro lado, se ha observado que cuando el uso de ChatGPT se combina con estrategias de enseñanza estructuradas, los estudiantes logran desarrollar mejores habilidades de razonamiento lógico y resolución de problemas. En un estudio que combinó el uso de IA con ejercicios de reflexión y análisis de código, los estudiantes mostraron una mejora significativa en su capacidad de evaluar la calidad de las soluciones

y optimizar sus estrategias de programación (Balajiee Lekshmi Narayanan & Agus Hendrawan, 2023). Asimismo, Chen et al. (2024) encontraron que los estudiantes que usaban ChatGPT para explicar conceptos a otros mejoraban su propia comprensión y obtenían mejores resultados en exámenes de programación (A. Chen et al., 2024).

Además, las investigaciones han sugerido que el diseño de actividades que equilibren el uso de IA con la enseñanza tradicional puede maximizar los beneficios de la tecnología sin comprometer la autonomía y la creatividad de los estudiantes (Fraiwan & Khasawneh, 2023). En este sentido, Jaiswal, Kuzminykh & Modgil (2024) destacaron que la enseñanza de IA en universidades no está completamente alineada con las necesidades de la industria, y el uso de ChatGPT en la enseñanza de programación podría ayudar a reducir esta brecha (Jaiswal et al., 2024).

López-Pernas, Saqr y Viberg (2021) analizaron las estrategias de aprendizaje de los estudiantes en cursos de programación, encontrando que los alumnos prefieren recursos textuales como diapositivas con fragmentos de código y explicaciones, en lugar de videos, especialmente al resolver tareas prácticas. Esto sugiere que la integración de ChatGPT en la educación en programación podría beneficiarse de interfaces

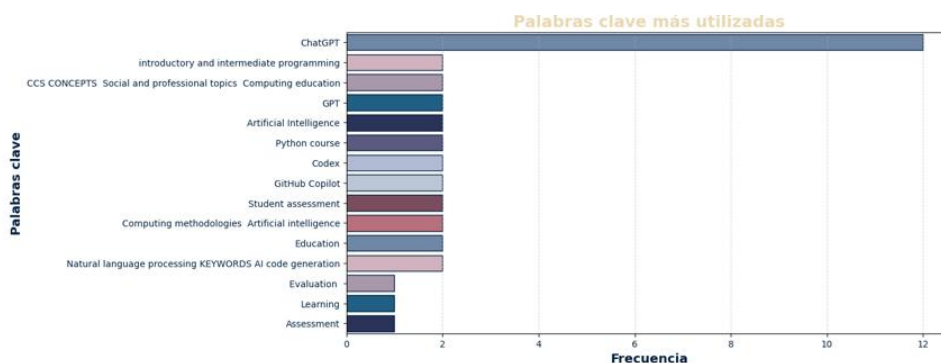
que presenten información textual estructurada y fácilmente navegable (López-Pernas et al., 2021).

#### **RQ4: ¿Cuáles son las palabras clave más utilizadas en la literatura académica sobre la integración de inteligencia artificial en la educación en programación?**

**Epígrafe:** Frecuencia de palabras claves en la literatura.

Para responder esta pregunta, se realizó un análisis de términos clave en los estudios seleccionados, con el objetivo de identificar los conceptos más recurrentes en la literatura revisada. Para ello, se presentan dos visualizaciones complementarias: un histograma de frecuencia de palabras clave y una nube de palabras.

La Figura 1 muestra un histograma con las palabras clave más utilizadas en los estudios analizados. Se observa que "ChatGPT" es la palabra con mayor frecuencia, lo que confirma el enfoque predominante en esta herramienta de inteligencia artificial dentro de la educación en programación. Otras palabras clave recurrentes incluyen "Artificial Intelligence", "Student Assessment", "Python Course", "GitHub Copilot" y "Codex", lo que sugiere un interés significativo en herramientas de IA para la enseñanza y evaluación de la programación.



**Figura 1:** Diagrama de frecuencia de palabras claves en el conjunto de investigación.

Fuente: Elaboración de los autores utilizando el paquete matplotlib de Python



idea de que el impacto de ChatGPT en la educación es un tema de interés en diversas comunidades académicas, abarcando tanto estudios centrados en la inteligencia artificial como en la pedagogía de la programación.

### **Discusión**

#### **Comparación con estudios previos**

Los hallazgos de este estudio sobre el impacto de ChatGPT en la educación de programación universitaria se alinean en varios aspectos con estudios previos, aunque también presentan algunas discrepancias notables. Un estudio reciente sugiere que la herramienta IA puede desempeñar un papel importante en la educación de programación, especialmente en la detección de errores, predicción, correcciones y explicaciones. Esto significa que los estudiantes de programación pueden usar ChatGPT para generar código, corregir errores y utilizarlo como una plataforma de conversación y herramienta de discusión (Ramabu & Malebane, 2024).

La investigación de Hwang et al. (2024) establece un experimento que respalda el argumento anterior, aunque expresa algunas preocupaciones sobre el impacto de ChatGPT en proyectos de desarrollo de software dentro de un contexto educativo. Se encontró que los estudiantes que utilizaron la inteligencia artificial a lo largo del ciclo de vida del desarrollo, desde la planificación hasta las pruebas de calidad, obtuvieron mejores puntuaciones y tasas de finalización de proyectos más altas que aquellos que no lo usaron (Hwang et al., 2024). No obstante, el uso extensivo para depuración de código mostró un patrón de dependencia que, en algunos casos, redujo la capacidad de los estudiantes para resolver problemas sin asistencia externa.

Además, un estudio sobre el impacto de ChatGPT en la educación en programación encontró que su empleo no altera

significativamente los resultados de aprendizaje en cursos introductorios. Sin embargo, se ha observado una reducción en la exploración de otros recursos educativos, lo que genera preocupaciones sobre la dependencia de la herramienta y su efecto en la autonomía de los estudiantes (Xue et al., 2024). Un ejemplo de esta disminución en el uso de recursos alternativos a la IA es el caso de foros de programación como Stack Overflow, donde muchos desarrolladores han comenzado a preferir la herramienta de IA sobre el foro web tradicional (Tayeb et al., 2024). Además, como lo evidencio el estudio anterior, la herramienta de IA mostró un rendimiento inconsistente en problemas más complejos de estructuras de datos y dificultades en preguntas que requieren razonamiento sobre el código (Scholl & Kiesler, 2024).

Por otro lado, Yilmaz y Karaoglan (2023) analizaron el papel de ChatGPT como asistente en cursos de estructuras de datos y algoritmos. Su estudio mostró que, bajo la supervisión de un asistente de enseñanza (TA), los estudiantes que usaron ChatGPT demostraron un mejor desempeño en la resolución de problemas avanzados, en comparación con aquellos que solo recibieron instrucción tradicional (Jamie et al., 2024). Sin embargo, el estudio destacó que la herramienta tenía dificultades con análisis de complejidad algorítmica y la generación de gráficos adecuados para representar conceptos computacionales. Un análisis adicional sobre el rendimiento de ChatGPT en exámenes de programación en español indicó que la herramienta es efectiva en la resolución de ejercicios simples, pero enfrenta dificultades al abordar problemas más avanzados o en la evaluación de respuestas abiertas de estudiantes (Fernández-Saborido et al., 2024). Esto sugiere que su uso como herramienta de evaluación debe ser complementado con

métodos tradicionales para asegurar una correcta valoración del aprendizaje.

En cuanto a su comparación con tutores humanos, un estudio realizado por Ma, et al. (2024) comparó modelos GPT con tutores humanos en problemas de programación en Python y encontró que GPT-4 se acercaba al rendimiento de los tutores humanos en varios escenarios (Ma et al., 2024). Esto sugiere que la IA tiene potencial como herramienta de apoyo educativo, aunque aún enfrenta desafíos en términos de precisión y adaptabilidad a las necesidades individuales de los estudiantes. Por otro lado, las percepciones de los estudiantes sobre ChatGPT varían dependiendo del tipo de interacción.

Investigaciones recientes han demostrado que la herramienta facilita la enseñanza de conceptos complejos incorporando ejemplos de la vida real o situaciones similares. Sin embargo, la precisión de sus respuestas varía dependiendo del tipo de pregunta formulada y la forma en que se estructuran los prompts (Sun, Boudouaia, Yang, et al., 2024). Esta variabilidad sugiere la necesidad de una formación específica en el uso de herramientas de IA para optimizar su aprovechamiento en contextos educativos. Estos hallazgos sugieren que, si bien ChatGPT puede ser una herramienta valiosa en la educación de programación, su uso debe ser supervisado y estructurado para maximizar su efectividad y evitar una dependencia que pueda comprometer el desarrollo de habilidades fundamentales en los estudiantes.

### **Conclusiones**

Los resultados de esta investigación evidencian que el uso de herramientas de inteligencia artificial, como ChatGPT, ha transformado la enseñanza de la programación en el ámbito universitario. Estas tecnologías han facilitado la generación de código, la resolución de errores y

la comprensión conceptual de los estudiantes, optimizando así su proceso de aprendizaje. Sin embargo, su eficacia depende de factores como la complejidad de las tareas y la manera en que los estudiantes interactúan con la herramienta. Si bien se ha observado una mejora en la rapidez y precisión en la resolución de problemas básicos, aún existen limitaciones en ejercicios más avanzados que requieren abstracción y diseño algorítmico.

Uno de los aspectos más relevantes identificados en este estudio es el desarrollo de competencias fundamentales, como el pensamiento crítico, la autoeficacia y la resolución de problemas. Se encontró que los estudiantes que emplearon ChatGPT de manera estructurada lograron avances significativos en estas áreas. No obstante, algunos estudios advierten que una dependencia excesiva de la IA puede restringir el desarrollo de habilidades transferibles, afectando su capacidad para resolver problemas sin asistencia externa. En este sentido, es fundamental establecer estrategias que fomenten un equilibrio entre el apoyo de la IA y el desarrollo autónomo del estudiante.

Se identificaron diferencias en el rendimiento académico entre los estudiantes que utilizaron herramientas de IA y aquellos que no lo hicieron. Los primeros completaron tareas de programación en menor tiempo y con menos errores sintácticos, lo que sugiere que la IA puede ser un recurso valioso para mejorar la eficiencia en la ejecución de tareas. Sin embargo, en problemas que requieren un enfoque más profundo y analítico, se observó que los modelos de IA no siempre generan soluciones óptimas, lo que podría generar una falsa sensación de dominio del contenido por parte del estudiante.

A pesar de los beneficios evidentes, persisten riesgos y desafíos en la integración de la IA en la enseñanza de la programación. La sobre

dependencia de estas herramientas puede limitar la iniciativa y creatividad de los estudiantes, mientras que la falta de estrategias pedagógicas adecuadas puede dificultar su implementación efectiva en el aula. En este sentido, es fundamental que los docentes diseñen actividades que incentiven la reflexión crítica y la validación de las respuestas generadas por la IA, promoviendo así un aprendizaje más significativo y autónomo.

La inteligencia artificial representa un avance significativo en la enseñanza de la programación, con el potencial de mejorar la eficiencia y calidad del aprendizaje. No obstante, su implementación debe ir acompañada de metodologías estructuradas que aseguren un uso responsable de estas herramientas. Integrar ejercicios de análisis y promover la autonomía en la resolución de problemas permitirá maximizar los beneficios de la IA sin comprometer el desarrollo de competencias clave en los estudiantes.

### Referencias Bibliográficas

- Al-Abdullatif, M. (2024). Modeling teachers' acceptance of generative artificial intelligence in higher education: The role of AI literacy, intelligent TPACK, and perceived trust. *Education Sciences*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/educsci14111209>
- Alshahrani, K., & Jameel Qureshi, R. (2024). Review the prospects and obstacles of AI enhanced learning environments: The Role of ChatGPT in education. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 16(4), 71–86. <https://doi.org/10.5815/ijmeecs.2024.04.06>
- Anagnostopoulos, N. (2023). ChatGPT impacts in programming education: A recent literature overview that debates ChatGPT responses. <http://arxiv.org/abs/2309.12348>
- Aruleba, K., Sanusi, T., Obaido, G., & Ogbuokiri, B. (2023). Integrating ChatGPT in a computer science course: Students perceptions and suggestions <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.01640>
- Balajjee Lekshmi Narayanan, A., & Agus Hendrawan, R. (2023). Enhancing programming eTextbooks with ChatGPT generated counterfactual-thinking-inspired questions. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.00551>
- Bifolco, D., Cassieri, P., Scanniello, G., Di Penta, M., & Zampetti, F. (2025). Do LLMs provide links to code similar to what they generate? A Study with Gemini and Bing CoPilot. <http://arxiv.org/abs/2501.12134>
- Borges, B., Foroutan, N., Bayazit, D., Sotnikova, A., Montariol, S., Nazaretzky, T., Banaei, M., Sakhaeirad, A., Servant, P., Neshaei, S. P., Frej, J., Romanou, A., Weiss, G., Mamooler, S., Chen, Z., Fan, S., Gao, S., Ismayilzada, M., Paul, D., Bosselut, A. (2024). Could ChatGPT get an engineering degree? Evaluating higher education vulnerability to AI assistants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(49), 2414955121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2414955121>
- Buraphadeja, V., & Srisarkun, V. (2024). Mastery learning in CS1: a longitudinal study during and post-pandemic. *Discover Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00361-x>
- Chen, A., Wei, Y., Le, H., & Zhang, Y. (2024). Learning-by-teaching with ChatGPT: The effect of teachable ChatGPT agent on programming education. <http://arxiv.org/abs/2412.15226>
- Chen, E., Huang, R., Chen, H.-S., Tseng, H., & Li, Y. (2023). GPTutor: a ChatGPT-powered programming tool for code explanation. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.00237>
- Deng, R., Jiang, M., Yu, X., Lu, Y., & Liu, S. (2024). Does ChatGPT enhance student learning? A systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Computers & Education*, 227, 105224. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2024.105224>
- Deshpande, S., & Szefer, J. (2023). Analyzing ChatGPT's aptitude in an introductory computer engineering course. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.06122>
- Fernández Saborido, P., Fernández Pichel, M., & Losada, E. (2024). ChatGPT as a solver and

- grader of programming exams written in spanish. <http://arxiv.org/abs/2409.15112>
- Fraiwan, M., & Khasawneh, N. (2023). A Review of ChatGPT Applications in education, marketing, software engineering, and healthcare: Benefits, drawbacks, and research directions. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.00237>
- Geng, C., Zhang, Y., Pientka, B., & Si, X. (2023). Can ChatGPT pass an introductory level functional language programming course?; Can ChatGPT pass an introductory level functional language programming course? <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.02230>
- Haindl, P., & Weinberger, G. (2024). Does ChatGPT help novice programmers write better code? Results from static code analysis. *IEEE Access*, 12, 114146–114156. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3445432>
- He, Z., Nguyen, T., Miari, T., Aliasgari, M., Rafatirad, S., & Sayadi, H. (2024). The AI companion in education: Analyzing the pedagogical potential of ChatGPT in computer science and engineering. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.05205>
- Husain, A. (2024). Potentials of ChatGPT in computer programming: Insights from programming instructors. *Journal of information technology education: Research*, 23, 002. <https://doi.org/10.28945/5240>
- Hwang, S., Kim, Y., & Lee, H. (2024). ChatGPT and its educational impact: Insights from a software development competition. 24. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.03779>
- Jaiswal, K., Kuzminykh, I., & Modgil, S. (2024). Understanding the skills gap between higher education and industry in the UK in artificial intelligence sector. <http://arxiv.org/abs/2408.10788>
- Jamie, P., Hajihashemi, R., & Alipour, S. (2024). Utilizing ChatGPT in a data structures and algorithms course: A teaching assistant's perspective. *Proceedings of ACM conference (Conference'17)*, 1. <http://arxiv.org/abs/2410.08899>
- Joshi, I., Kumar, D., Budhiraja, R., Dev, H., Kadia, J., Ataullah, O., Mitra, S., Akolekar, D., & Kumar, D. (2024). (2024). ChatGPT in the Classroom: An analysis of its strengths and weaknesses for solving undergraduate computer science questions. *The 55th ACM technical symposium on computer science education*. <https://doi.org/10.1145/3626252.3630803>
- Kiesler, N., & Schiffner, D. (2023). Large language models in introductory programming education: ChatGPT's performance and implications for assessments. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.08572>
- Kumar, A., Krishnamurthi, R., Bhatia, S., Kaushik, K., Ahuja, J., Nayyar, A., & Masud, M. (2021). Blended learning tools and practices: A comprehensive analysis. *IEEE Access*, 9, 85151–85197. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085844>
- Lehmann, M., Cornelius, B., & Sting, J. (2024). AI meets the classroom: When does ChatGPT harm learning? <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.09047>
- Lieh Ouh, E., Kok Siew Gan, B., & Jin Shim, K. (2023). ChatGPT, can you generate solutions for my coding exercises? An evaluation on its effectiveness in an undergraduate Java programming course. *Proceedings of the 2023 conference on innovation and technology in computer science education V. 1 (ITiCSE 2023)*, July 8–12, 2023, Turku, Finland, 1. <https://doi.org/10.1145/3587102.3588794>
- López Fernández, D., & Vergaz, R. (2024). Adoption and impact of ChatGPT in computer science education: A case study on a database administration course. *AI*, 5(4), 2321–2337. <https://doi.org/10.3390/ai5040114>
- López Pernas, S., Saqr, M., & Viberg, O. (2021). Putting it all together: Combining learning analytics methods and data sources to understand students' approaches to learning programming. *Sustainability*, 13(9), 4825. <https://doi.org/10.3390/su13094825>
- Ma, B., Chen, L., & Konomi, S. (2024). Enhancing programming education with ChatGPT: A case study on student perceptions and interactions in a python



- course. In *communications in computer and information science*: Vol. 2150 CCIS (pp. 113–126). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-64315-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-64315-6_9)
- Malinka, K., Perešini, M., Firc, A., Hujňák, O., & Januš, F. (2023). On the educational impact of ChatGPT: Is artificial intelligence ready to obtain a university degree. *Association for computing machinery, innovation and technology in computer science education*, 47–53. <https://doi.org/10.1145/3587102.3588827>
- McGee, M., & Sadler, B. (2024). Equity in the use of ChatGPT for the classroom: A comparison of the accuracy and precision of ChatGPT 3.5 vs. ChatGPT4 with respect to statistics and data science exams. <http://arxiv.org/abs/2412.13116>
- Nascimento, N., Cheriton, R., Alencar, P., & Cowan, D. (2023). Comparing software developers with CHATGPT: An empirical investigation a preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.11837>
- Pereira, B. (2024). “ChatGPT is here to help, not to replace anybody”-an evaluation of students’ opinions on integrating ChatGPT in CS courses. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.17443>
- Phung, T., Cambronero, J., Gulwani, S., Kohn, T., Majumdar, R., Singla, A., & Soares, G. (2023). Generative AI for programming education: Benchmarking ChatGPT, GPT-4, and human Tutors. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.17156>
- Qureshi, B. (2023). Exploring the use of ChatGPT as a tool for learning and assessment in undergraduate computer science curriculum: Opportunities and challenges. <https://doi.org/10.1145/3613944.3613946>
- Ramabu, T., & Malebane, T. (2024). Guidelines for effective use of ChatGPT in introductory programming education. 2024 IST-Africa Conference (IST-Africa), 1–8. <https://doi.org/10.23919/IST-Africa63983.2024.10569684>
- Savelka, J., Agarwal, A., An, M., Bogart, C., & Sakr, M. (2023). Thrilled by your progress! Large language models (GPT-4) No longer struggle to pass assessments in higher education programming courses. *Proceedings of the 2023 ACM conference on international computing education research V.1*, 78–92. <https://doi.org/10.1145/3568813.3600142>
- Savelka, J., Agarwal, A., Bogart, C., Song, Y., & Sakr, M. (2023). Can generative pre-trained transformers (GPT) pass assessments in higher education programming courses? *Proceedings of the 2023 conference on innovation and technology in computer science education V. 1*, 117–123. <https://doi.org/10.1145/3587102.3588792>
- Scholl, A., & Kiesler, N. (2024). How novice programmers use and experience ChatGPT when solving programming exercises in an introductory course. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.20792>
- Schulze Balhorn, L., Weber, M., Buijsman, S., Hildebrandt, R., Ziefle, M., & Schweidtmann, M. (2023). What does ChatGPT know about natural science and engineering? <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.10048>
- Song, X., Zhang, J., Yan, P., Hahn, J., Kruger, U., Mohamed, H., & Wang, G. (2024). Integrating AI in college education: Positive yet mixed experiences with ChatGPT. *Meta-Radiology*, 2(4). <https://doi.org/10.1016/j.metrad.2024.100113>
- Sun, D., Boudouaia, A., Yang, J., & Xu, J. (2024). Investigating students’ programming behaviors, interaction qualities and perceptions through prompt-based learning in ChatGPT. *Humanities and social sciences communications*, 11(1), 1447. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03991-6>
- Sun, D., Boudouaia, A., Zhu, C., & Li, Y. (2024). Would ChatGPT-facilitated programming mode impact college students’ programming behaviors, performances, and perceptions? An empirical study. *International journal of educational technology in higher education*, 21(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00446-5>
- Suryani, M., Santoso, B., Schrepp, M., Aji, F., Hadi, S., Sensuse, I., Suryono, R., Kautsarina. (2024). Role, methodology, and measurement of cognitive load in computer science and

- information systems research. *IEEE Access*, 12, 190007–190024. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3514355>
- Tahir, F., Mitrovic, A., & Sotardi, V. (2022). Investigating the causal relationships between badges and learning outcomes in SQL-Tutor. *Research and practice in technology enhanced learning*, 17(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s41039-022-00180-4>
- Tayeb, A., Alahmadi, D., Tajik, E., & Haiduc, S. (2024). Investigating developers' preferences for learning and issue resolution resources in the ChatGPT Era. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.08411>
- Xue, Y., Chen, H., Bai, R., Tairas, R., & Huang, Y. (2024). Does ChatGPT Help with introductory programming? An experiment of students using ChatGPT in CS1. *Proceedings of the 46th international conference on software engineering: Software engineering education and training*, 331–341. <https://doi.org/10.1145/3639474.3640076>
- Yang, F., Lian, W., & Zhao, H. (2023). Developing a gamified artificial intelligence educational robot to promote learning effectiveness and behavior in laboratory safety courses for undergraduate students. *International journal of educational technology in higher education*, 20(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00391-9>
- Yusuf, A., Noor, M., & Bello, S. (2024). Using multimodal learning analytics to model students' learning behavior in animated programming classroom. *Education and information technologies*, 29(6), 6947–6990. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12079-8>
- Zviel Girshin, R. (2024). The good and bad of ai tools in novice programming education. *Education sciences*, 14(10), 1089. <https://doi.org/10.3390/educsci14101089>



Esta obra está bajo una licencia de **Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional**. Copyright © Daniel Alexander Vera Paredes, Omar Orlando Franco Arias y Luis Cristóbal Córdova Martínez.

