Revista Colombiana de Computación
Vol. 27, No. 1. Enero – Junio 2026, pp. 41-53
e-ISSN: 2539-2115, https://doi.org/10.29375/25392115.5739

REVISTA COLOMBIANA DE COMPUTACIÓN

Programación en parejas asistida por inteligencia artificial en educación superior de computación: Un estudio de métodos mixtos sobre aceptación estudiantil y dinámicas colaborativas

AI-assisted pair programming in undergraduate computing education: A mixed-methods study on student acceptance and collaborative dynamics

Fabian-Enrique Suarez-Carvajal[1], René Alejandro Lobo Quintero[2], Julian Santiago Santoyo Díaz[1], Javier Pinzón Castellanos[1], Yamid Gabriel Gamba González[1]

[1] Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB, Bucaramanga, Colombia.
[2] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

fsuarez120@unab.edu.co, raloboq@udistrital.edu.co, jsdiaz@unab.edu.co, jpinzon408@unab.edu.co, ygamba@unab.edu.co

(Recibido: 9 Junio 2026; aceptado: 27 Junio 2026; publicado online: 30 Junio 2026)

Resumen. Este artículo presenta una contribución científica que articula la síntesis teórica, el diseño tecnopedagógico y la evaluación empírica de la programación en parejas asistida por Inteligencia Artificial – IA. En una primera fase, se realizó una revisión sistemática de literatura siguiendo la metodología *PRISMA*, a partir de 35 fuentes académicas indexadas en *Springer*, *ACM* y *ScienceDirect*, con el fin de identificar las tendencias, beneficios y limitaciones en el uso de asistentes conversacionales, tutores virtuales y modelos de lenguaje de gran escala –*LLMs*– aplicados a la enseñanza de la programación. Los resultados de esta revisión evidencian que la IA favorece la motivación, reduce la ansiedad y contribuye a mejorar el rendimiento académico, aunque no reemplaza la interacción social propia del aprendizaje colaborativo, y además muestra vacíos en la integración de estas soluciones en sistemas de gestión como *Moodle* y en contextos latinoamericanos. A partir de estas conclusiones, se diseñó un estudio exploratorio en el aula con una herramienta prototipo que combina programación en parejas, IA y un desarrollo tecnológico, cuyo objetivo fue analizar la percepción estudiantil sobre su uso, con la participación de 94 estudiantes de pregrado. Los hallazgos del estudio exploratorio muestran una valoración positiva, destacando la utilidad del soporte automatizado para la retroalimentación inmediata y la reducción de la carga cognitiva, aunque los estudiantes enfatizaron la necesidad de un acompañamiento docente constante y un andamiaje progresivo para consolidar el aprendizaje. Se concluye que la articulación entre programación en parejas, IA y desarrollos tecnológicos constituye una innovación pedagógica prometedora, cuya adopción efectiva depende de políticas institucionales claras y de una implementación responsable.

Palabras clave: Programación en parejas asistida por inteligencia artificial, innovación pedagógica, educación superior, tecnología educativa, aprendizaje colaborativo.

Abstract. This article presents a scientific contribution articulating theoretical synthesis, technopedagogical design, and empirical validation of AI-assisted pair programming. In a first phase, a systematic literature review was carried out following the PRISMA methodology, based on 35 academic sources indexed in Springer, ACM and ScienceDirect, in order to identify trends, benefits and limitations in the use of conversational assistants, virtual tutors, and Large Language Models – LLMs applied to programming teaching. The results of this review show that AI favors motivation, reduces anxiety and contributes to improving academic performance, although it does not replace the social interaction typical of collaborative learning, in addition to showing gaps in the integration of these solutions in management systems such as Moodle and in Latin American contexts. Based on these conclusions, an exploratory classroom study was designed with a prototype tool that combines pair-programming, AI and technological development, the objective of which was to analyze student perceptions about its use. Preliminary findings show a positive assessment, highlighting the usefulness of automated support for immediate feedback and reducing cognitive load, although students emphasized the need for ongoing teacher support and progressive scaffolding to consolidate learning. It is concluded that the integration of pair programming, AI, and technological developments constitutes a promising pedagogical innovation, whose effective adoption depends on clear institutional policies and responsible implementation.

Keywords: AI-assisted pair programming, pedagogical innovation, higher education, educational technology, collaborative learning.

©2026 Universidad Autónoma de Bucaramanga. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-SA 4.0) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

1 Introducción

En los últimos años, la Inteligencia Artificial o IA –*Artificial Intelligence* o *AI*– se ha integrado de forma disruptiva en la educación superior, transformando los paradigmas de enseñanza y aprendizaje mediante herramientas que ofrecen retroalimentación inmediata, personalización y una escalabilidad significativa para las instituciones académicas (Reina-Parrado y otros, 2025). En el ámbito de la instrucción en programación, la metodología de *pair-programming* –programación en parejas– se ha consolidado como una estrategia pedagógica de alto impacto. Esta técnica, al involucrar a dos estudiantes en el desarrollo conjunto de software, fomenta la colaboración y optimiza el aprendizaje entre pares, incrementando además la calidad del código producido. La convergencia de esta estrategia con asistentes de IA ha despertado un interés creciente en la comunidad científica, dado que promete elevar el desempeño académico y optimizar la labor docente (Beck y Andres, 2005). Sin embargo, en las universidades persiste una brecha significativa entre la formación académica y las demandas del sector tecnológico, especialmente en el campo del desarrollo de software (CEPAL, 2022). Mientras la industria demanda profesionales con capacidades para la resolución de problemas complejos y el trabajo colaborativo, la enseñanza tradicional suele centrarse en enfoques teóricos y actividades individuales, lo que podría limitar el desarrollo de competencias técnicas y transversales esenciales para la inserción laboral de los egresados (Azuara Herrera y otros, 2020).

En Colombia, este escenario presenta desafíos aún más agudos respecto a la cobertura educativa en las instituciones de enseñanza superior. Datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE (2024), muestran que el 68% de los jóvenes entre 17 y 21 años se queda por fuera de la educación superior. Ante este escenario, resulta esencial adoptar metodologías innovadoras que faciliten la transferencia y el acceso al conocimiento de manera efectiva. Aunque la metodología de *pair-programming* funciona bien para que dos personas colaboren y aprendan juntas en tiempo real (Beck y Andres, 2005), su implementación en los cursos universitarios suele ser limitada debido al alto número de estudiantes, a la falta de tiempo y a la dificultad de los docentes para supervisar de forma individual a cada pareja. Al mismo tiempo, los avances en inteligencia artificial ofrecen nuevas oportunidades para superar estas limitaciones mediante sistemas que proporcionan asistencia en tiempo real, retroalimentación inmediata y adaptabilidad al ritmo de cada estudiante.

No obstante, en la mayoría de las instituciones de educación superior su integración en el aula sigue siendo escasa (UNESCO, 2021). Un ejemplo de ello es la plataforma TEMA (UNAB, 2025a), basada en *Moodle* (2026), utilizada en la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB, que, si bien resulta útil para la gestión académica, carece de funciones que faciliten la programación colaborativa o la asistencia inteligente, lo que reduce la personalización del aprendizaje y aumenta la carga docente.

Esta problemática incide directamente en dos actores centrales del proceso educativo: a) los estudiantes, quienes requieren soporte técnico continuo y mediaciones que favorezcan la resolución de problemas y el desarrollo de competencias colaborativas; y b) los docentes, que demandan herramientas de supervisión y analítica que les permitan monitorizar el progreso de múltiples grupos y obtener métricas objetivas sobre el desempeño y la participación. El uso de enfoques de *pair-programming* y en particular de variantes asistidas por inteligencia artificial ha mostrado beneficios en la motivación, reducción de ansiedad y mejora del desempeño, así como patrones de diálogo colaborativo que median la autoeficacia en programación (Graßl y Fraser, 2024).

Por consiguiente, la contribución científica de este artículo reside en la articulación sistemática y multidimensional de tres ejes fundamentales:

1. Una síntesis crítica de la literatura sobre IA generativa, agentes conversacionales y *pair-programming*.
2. El diseño tecnopedagógico y despliegue del prototipo ‘Leia’ integrado en entornos de desarrollo reales.
3. El análisis empírico de las interacciones dialógicas, el desempeño técnico, la motivación y la percepción de 94 estudiantes en el contexto de la educación superior colombiana.

Este enfoque integrado permite delimitar el impacto de la mediación automatizada como un andamiaje pedagógico situado (Winkler y Soellner, 2018), que busca mitigar las brechas entre la formación académica y las competencias colaborativas exigidas por la industria tecnológica contemporánea. Bajo esta premisa, y con el fin de profundizar en la efectividad de dicha articulación, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- **RQ1**: ¿Cuál es el nivel de aceptación tecnológica y motivación intrínseca de los estudiantes al utilizar un asistente de IA en dinámicas de *pair-programming*?
- **RQ2**: ¿Qué patrones de interacción predominan en la comunicación entre los estudiantes y el asistente de IA durante la resolución de tareas algorítmicas?
- **RQ3**: ¿Cómo influye la presencia de la IA en las dinámicas colaborativas humanas, específicamente en términos de rotación de roles y resolución de conflictos entre pares?

2 Metodología

La metodología empleada en esta investigación se desarrolló en dos fases complementarias: en primer lugar, una revisión sistemática de literatura siguiendo los lineamientos *PRISMA* –del inglés *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*–, y, en segundo lugar, un estudio exploratorio de tipo aplicado en el aula universitaria, orientado a analizar la percepción estudiantil frente al uso de un prototipo de *pair-programming* asistido por inteligencia artificial.

2.1 Etapa 1. Revisión sistemática de literatura

La primera etapa correspondió a una revisión sistemática de la literatura –ver Figura 1– con el propósito de identificar tendencias, oportunidades y vacíos de investigación en torno a la integración de inteligencia artificial en entornos colaborativos de aprendizaje, particularmente en el *pair-programming* en educación superior, con un total de 35 fuentes revisadas. El proceso se desarrolló conforme a los lineamientos *PRISMA y* buscó favorecer la transparencia, replicabilidad y trazabilidad del procedimiento. Se siguieron las cuatro etapas establecidas:

- Identificación: En primera instancia, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos clave como *SpringerLink*, *ScienceDirect* y *ACM Digital Library*. La estrategia consistió en la combinación de términos en inglés y español orientados específicamente al objeto de estudio, usando conceptos como *artificial intelligence in education*, *AI-assisted pair programming*, *virtual tutors*, *Large Language Model – LLMs in higher education*, *collaborative learning* y *educational technology*.
- Cribado: Posteriormente, se realizó un proceso de depuración sistemático. Se eliminaron los documentos repetidos y se descartaron aquellos estudios que no abordaran directamente el uso de la IA o las dinámicas de trabajo colaborativo en las aulas.
- Elegibilidad: Tras la preselección de los artículos, se procedió a leer los textos completos. El propósito fue garantizar la pertinencia científica del estudio y se priorizó lo publicado entre 2018 y 2025 para contar con un panorama actualizado.
- Inclusión: En la fase final de inclusión, el proceso *PRISMA* derivó en 35 fuentes académicas que superaron los criterios de elegibilidad y revisión de texto completo. De este corpus, se seleccionaron seis estudios para un análisis comparativo profundo debido a su naturaleza empírica y similitud técnica con el prototipo propuesto. Las 29 fuentes restantes se integraron como literatura de soporte teórico y contextual, Sección 3, fundamentando la identificación de la brecha y el diseño pedagógico de la intervención.

Esta revisión sirvió para consolidar el marco teórico y el fundamento conceptual que soporta la segunda fase del proyecto. Resulta significativo destacar que contribuyó a mapear los desafíos críticos que surgen al integrar los asistentes de IA con las plataformas *Learning Management System – LMS* en el entorno universitario.

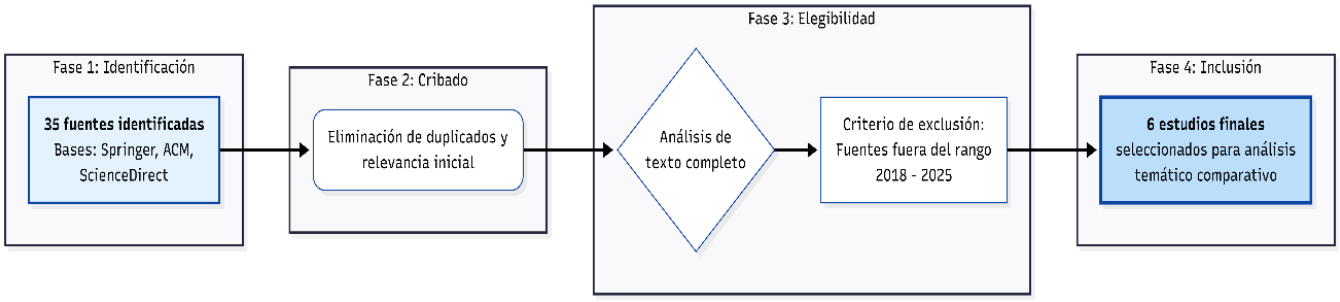


Figura 1. Diagrama de flujo *PRISMA* de la revisión sistemática de literatura –Etapa 1–

2.2 Etapa 2. Diseño del estudio exploratorio

La emergencia de la IA conversacional ha marcado una tendencia decisiva en la educación en programación, ofreciendo herramientas con potencial transformador para mitigar desafíos persistentes como la alta deserción y la necesidad de soporte individualizado en aulas masivas. Sin embargo, a pesar del valor pedagógico documentado de los agentes conversacionales en la instrucción de programación, existía una brecha crítica en la literatura que limitaba la comprensión de su integración sistemática con metodologías colaborativas probadas, como la programación en parejas –*pair-programming*–, en contextos educativos auténticos.

El objetivo principal de este estudio exploratorio fue analizar detalladamente cómo los estudiantes adoptan, perciben y usan 'Leia', un agente conversacional de IA diseñado para dar soporte al *pair programming* en los primeros cursos de ciencias de la computación; ver Figura 2. La pertinencia de la investigación se fundamentó en que resultaba necesario trascender la viabilidad técnica de si la herramienta funcionaba correctamente a nivel técnico y comprender los patrones de uso y la percepción estudiantil en entornos pedagógicos reales. En última instancia, el propósito consistía en caracterizar esos patrones de uso y evaluar si la IA constituía un soporte efectivo o, por el contrario, se volvía un elemento disruptivo para la dinámica de trabajo en equipo. Esto se llevó a cabo, prestando atención a cómo afectaba la motivación intrínseca y su incidencia percibida en la finalización de tareas.

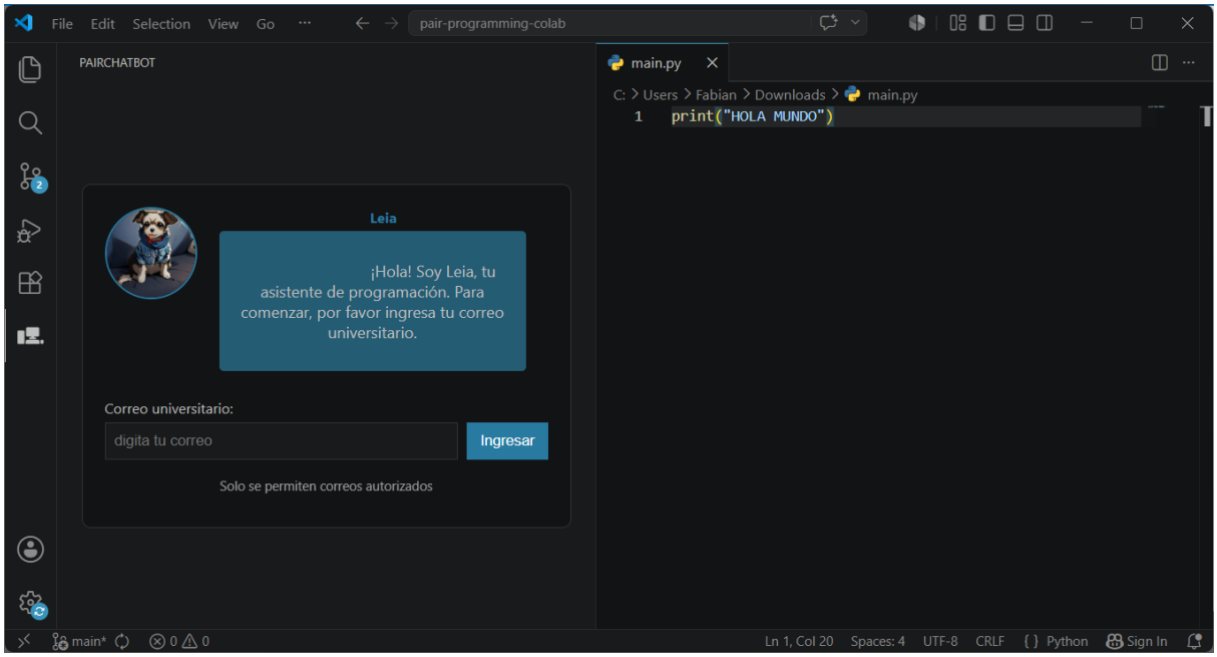


Figura 2. Interfaz de la extensión 'Leia' en *Visual Studio Code*

El diseño de esta etapa exploratoria se enmarcó en un enfoque descriptivo de métodos mixtos con elementos exploratorios, orientado a la triangulación de hallazgos sobre la adopción tecnológica y las dinámicas colaborativas en un entorno educativo; ver Figura 3. La intervención se llevó a cabo en la UNAB, una institución colombiana, específicamente en cursos de 'Fundamentos de Programación' y 'Programación de Computadores', que forman parte del currículo inicial de ingeniería de sistemas.

Para garantizar el rigor del análisis estadístico, se definieron tres unidades de análisis complementarias:

- Individuos ($n = 94$): Para la evaluación de la aceptación tecnológica –*TAM*, del inglés *Technology Acceptance Model*– (Davis, 1989) y el Inventario de Motivación Intrínseca – IMI (Ryan y Deci, 2000).
- Díadas o parejas ($n = 47$): Para el análisis del desempeño técnico y la rotación de roles en la metodología de *pair-programming*.
- Interacciones dialógicas ($n = 1.166$): Para la caracterización de los patrones de comunicación y el andamiaje socrático proporcionado por la IA.

La población de estudio estuvo conformada por 94 estudiantes de pregrado inscritos en dichos cursos, reclutados mediante muestreo por conveniencia. La mayoría de los participantes eran hombres, 83%, con una edad promedio de 19,2 años, y el 66% reportó tener experiencia previa en programación antes de ingresar a la universidad.

El sistema tecnológico central de la intervención fue 'Leia', una extensión nativa para *Visual Studio Code –VS Code–* potenciada por el modelo de lenguaje grande *–LLM Gemini–*. Conceptualmente, Leia fue diseñada bajo un paradigma de andamiaje cognitivo (Winkler y Soellner, 2018) y aprendizaje guiado por el descubrimiento –*discovery-guided learning*–, implementando un *prompt* avanzado para promover la reflexión metacognitiva a través del cuestionamiento socrático, en lugar de ofrecer soluciones directas. La arquitectura pedagógica del sistema estableció una tríada pedagógica compuesta por el *Driver*, implementador; el *Navigator*, revisor estratégico; y el Asistente de IA, facilitador de andamiaje.

Los participantes trabajaron en 47 parejas y se les asignó una tarea algorítmica de complejidad media, niveles 3 y 4 de la taxonomía de Bloom: aplicación-análisis, que consistía en crear un 'Conversor de Reloj Analógico a Tiempo Digital' en un tiempo de trabajo activo de 40 minutos. La recolección de datos se basó en la triangulación de tres fuentes: el registro automático de 1.166 interacciones de chat, los cuestionarios validados de

autopercepción del modelo *TAM* (Davis, 1989) y el inventario IMI (Ryan y Deci, 2000), y notas de observación sistemática para capturar dinámicas cognitivas y colaborativas.

Con el fin de garantizar la transparencia del estudio, es importante precisar la trazabilidad de los datos: la intervención partió de 94 estudiantes –47 parejas– que ejecutaron dos tareas cada una, sumando un total de 94 registros potenciales. Tras un proceso de depuración técnica, se excluyeron 10 registros por fallos en el sistema de guardado o incompletitud de datos, resultando en 84 tareas válidas para el análisis de desempeño técnico –tasa de finalización y tiempo– y un corpus de 1.166 interacciones de chat. De estos 84 registros, 82 sesiones contaron con logs de rotación íntegros para el análisis de dinámicas colaborativas, debido a que dos sesiones adicionales presentaron errores en la marcación de eventos de cambio de rol.

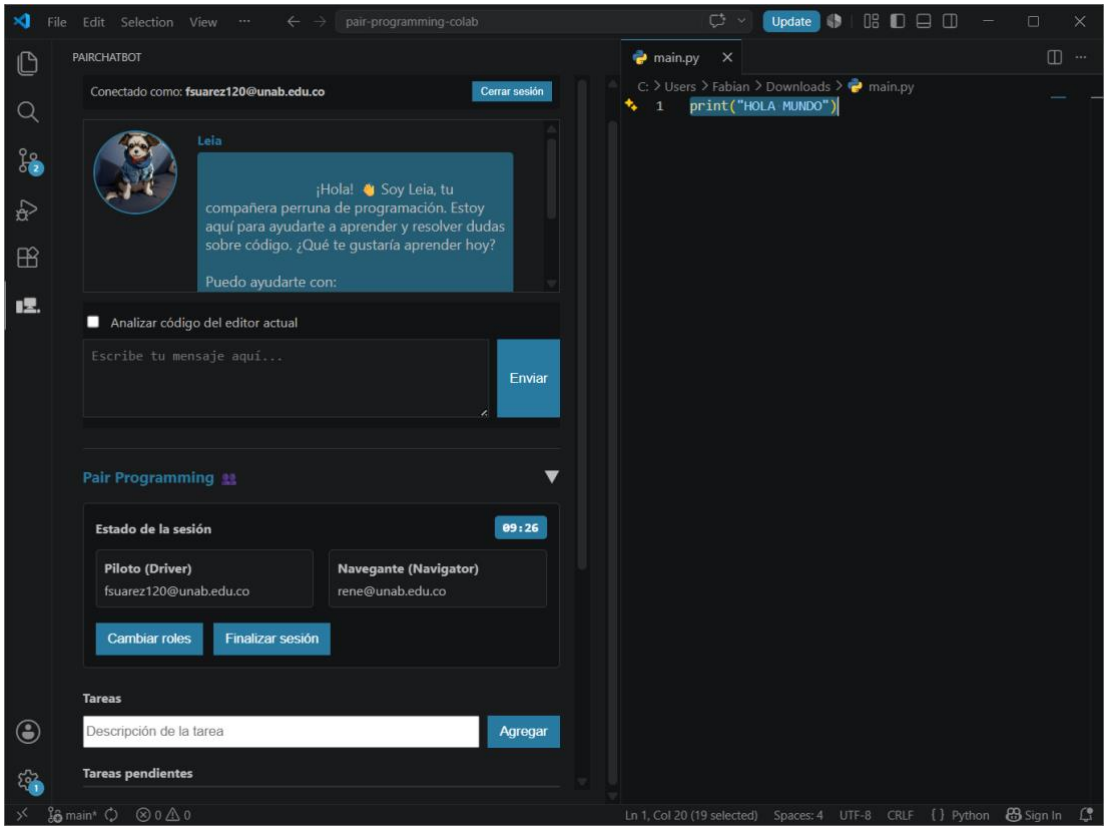


Figura 3. Interfaz de la extensión 'Leia' en *Visual Studio Code*: Integración de la tríada pedagógica –*Driver*, *Navigator* y Asistente de IA–

3 Resultado del estado del arte

El desarrollo de entornos educativos mediados por IA ha cobrado una relevancia significativa en la educación superior. Esta tendencia se fundamenta en el potencial considerable de estas herramientas para dar retroalimentación al instante, personalizar las clases y ofrecer apoyo a gran escala (Crompton y Burke, 2023). En medio de este panorama, el *pair-programming* asistido por IA aparece como una estrategia pedagógica innovadora. El fundamento consiste en integrar la colaboración tradicional entre estudiantes con el respaldo de asistentes inteligentes para mejorar el rendimiento académico y optimizar la experiencia formativa (Hannay y otros, 2009). En las siguientes líneas se revisan los avances más recientes en la integración de la IA en la educación, el uso de *chatbots* o tutores virtuales, y esos retos pedagógicos, técnicos y éticos que representan desafíos significativos para la comunidad académica.

3.1 Inteligencia artificial en la educación superior

Muchos estudios coinciden en que la adopción de la IA en las universidades está entrando en una etapa de madurez, se ha consolidado como una realidad operativa; se usa desde tutores inteligentes hasta sistemas de revisión automatizada y alertas tempranas para la detección temprana de los estudiantes que tienen bajo rendimiento (Alajmi y otros, 2020; Baykasoğlu y otros, 2018). Una revisión reciente subraya que la IA aporta beneficios en

términos de personalización, escalabilidad y eficiencia, pero enfrenta desafíos asociados con la aceptación docente, la privacidad de los datos y la necesidad de marcos éticos claros (Crompton y Burke, 2023). Para el proyecto propuesto en la UNAB con *Moodle*, estos puntos son cruciales. Resulta insuficiente solo el desarrollo de una arquitectura; se necesitan reglas institucionales transparentes para fomentar la aceptabilidad sociotécnica entre los actores y que se apropien de la herramienta.

3.2 *Pair-programming* asistido por IA

La metodología de *pair-programming* tradicional ha demostrado mejorar la comprensión de conceptos y la calidad del código gracias a la colaboración entre pares (Hannay y otros, 2009). Sin embargo, estudios recientes exploran el potencial de integrar asistentes de IA en este proceso. Por ejemplo, Fan y otros (2025) realizaron un experimento con 234 estudiantes de programación y compararon tres escenarios: díadas humanas, interacción humano-IA y trabajo individual. En particular, la IA ayudó a bajar la ansiedad, subió la motivación y dio mejores resultados que el trabajo individual. No obstante, las díadas humanas sintieron una conexión social y de colaboración mucho más fuerte. Esto nos dice que la IA constituye un recurso de apoyo sustancial para complementar la clase; no obstante, no desplaza los beneficios emocionales de hablar con un compañero. Por eso, la plataforma de *pair-programming* diseñada tiene que enfocarse en preservar la cohesión sociocognitiva; hay que definir bien los roles de *driver* y *navigator*, agregar chat en tiempo real y herramientas que obliguen a los estudiantes a interactuar, logrando un equilibrio entre la capacidad computacional y la cognición humana.

3.3 *Chatbots* y tutores virtuales en entornos educativos

La implementación de *chatbots* en el ámbito educativo cuenta con una trayectoria consolidada. Antes del auge exponencial de la IA generativa que vemos hoy, proyectos como ALICE –del inglés *Artificial Linguistic Internet Computer Entity*– ya mostraban que se podía usar la tecnología para guiar a los estudiantes y resolver dudas (AbuShawar y Atwell, 2015). Dicho sistema empleaba reglas sintácticas –AIML– con una alta versatilidad funcional, desde responder las preguntas frecuentes de una universidad hasta incorporar corpus de textos religiosos o soporte multilingüe. Aunque presentaba limitaciones en la comprensión de estructuras semánticas complejas, ALICE abrió el camino. Mostró que un *bot* podía asistir en momentos específicos y desempeñar el rol de un tutor básico. Sin embargo, el salto de esos sistemas basados en reglas rígidas a los modelos de *LLMs* actuales representa una evolución paradigmática; la fluidez, la personalización y el apoyo pedagógico de ahora presentan un nivel de sofisticación superior.

Actualmente, los *chatbots* educativos modernos y los tutores virtuales se utilizan ampliamente como herramientas de acompañamiento académico. Una revisión sistemática realizada por Winkler y Soellner (2018) destaca que los *chatbots* fomentan la motivación estudiantil, facilitan la interacción continua y ofrecen retroalimentación inmediata; sin embargo, también presentan limitaciones relacionadas con la fiabilidad, la naturalidad del lenguaje y la alineación pedagógica. Del mismo modo, Krause-Levy y otros (2022) evidencian que los estudiantes valoran las explicaciones claras, la adaptabilidad de las respuestas y la entrega de *hints* progresivos, en lugar de soluciones completas, lo que refuerza la necesidad de estructurar el rol de la IA como andamiaje pedagógico (Vygotsky, 1980). En este sentido, las plataformas educativas deben implementar niveles de ayuda escalonada que promuevan la autorreflexión y el aprendizaje activo, así como integrar paneles de supervisión docente que permitan revisar las interacciones y detectar posibles errores o sesgos del sistema.

Los *LLMs* como *ChatGPT* o *Claude* amplían las posibilidades de lo que un *bot* tradicional podía hacer. Abren una diversidad de opciones significativas, desde estimular la creatividad hasta automatizar tareas mecánicas y dar soporte a miles de estudiantes al tiempo (Chen y otros, 2020; Gu y otros, 2026; Kasneci y otros, 2023; Kuhail y otros, 2023). No obstante, su adopción también plantea desafíos de carácter técnico y ético, entre los que se encuentran la generación de información incorrecta, la reproducción de sesgos y su posible uso indebido en contextos de evaluación académica (Kasneci y otros, 2023). Para mitigar riesgos operativos y éticos, resulta fundamental establecer mecanismos de control y barandillas –*guardrails*–, asegurando la transparencia y la verificación de lo que genera el sistema. En este proyecto de *pair-programming*, la integración de estas salvaguardas es fundamental para que la herramienta integrada en *Moodle* sea confiable y gane legitimidad frente a toda la comunidad académica.

3.4 Estrategias de diseño, interacción y colaboración en agentes educativos

La literatura reciente subraya que el éxito de las herramientas educativas basadas en inteligencia artificial depende no solo de sus capacidades técnicas, sino también de su diseño pedagógico y de la aceptación docente. Diversos estudios resaltan que factores como la claridad en la interfaz, el andamiaje gradual –*scaffolding*– y el soporte continuo son esenciales para lograr una adopción efectiva y sostenible en contextos de enseñanza. Asimismo, los docentes suelen mostrar reservas frente al uso de IA cuando perciben una pérdida de control en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ello, se recomienda que las plataformas educativas integren mecanismos que permitan a los profesores supervisar las interacciones, configurar los niveles de ayuda de la IA y acceder a reportes detallados sobre el progreso y desempeño de los estudiantes.

Más allá de los componentes técnicos y algorítmicos, la forma en que el estudiante se conecta con el agente define si lo adopta o lo rechaza. La investigación de Cafaro y otros (2016) demuestra que la primera impresión marca el destino de esa relación. En sus pruebas descubrieron que los gestos no verbales en avatares –como una sonrisa, la mirada o la cercanía– influyen significativamente en que el usuario sienta empatía. Su gran conclusión es que la actitud que proyecte el agente pesa más que su 'personalidad' simulada a la hora de generar compromiso –*engagement*– en el usuario. De ahí que los *chatbots* educativos deban cuidar al máximo ese primer saludo para establecer un vínculo de confianza desde el contacto inicial.

En la misma línea, Coronado y otros (2018) desarrollaron un asistente cognitivo para el aprendizaje de Java que combina módulos de *question answering*, diálogo social –*chit-chat*– y sugerencias proactivas. Este sistema adapta rutas de aprendizaje según los conceptos previos y las necesidades del usuario. En su evaluación, los estudiantes que interactuaron con el asistente conversacional mostraron mayor compromiso, frecuencia de interacción y satisfacción en comparación con quienes usaron una interfaz de preguntas y respuestas simples. Los autores concluyen que el diálogo social y el tono empático incrementan la motivación y fortalecen la relación entre el estudiante y el agente, lo que resulta especialmente valioso para plataformas que buscan integrar la inteligencia artificial en procesos colaborativos de programación.

Complementando estos enfoques, Kumar y Rosé (2011) presentan *Basilica*, una arquitectura modular diseñada para crear agentes conversacionales capaces de operar en escenarios de aprendizaje colaborativo. En esta propuesta, los agentes se construyen a partir de componentes conductuales que interactúan y se coordinan para mantener conversaciones coherentes entre múltiples participantes. *Basilica* resuelve conflictos de comportamiento entre componentes activos y permite manejar roles múltiples, intervenciones estratégicas y diálogo grupal. Esta arquitectura proporciona una base técnica sólida para diseñar agentes que coordinen interacciones entre pares humanos y agentes inteligentes, un elemento crucial para el desarrollo de una plataforma de *pair-programming* asistida por IA, donde la colaboración y la comunicación efectiva entre los participantes son esenciales para el éxito del aprendizaje.

3.5 Brecha identificada y aporte del proyecto

Las deficiencias en el corpus de conocimiento se identificaron en cuanto a la carencia de modelos pedagógicos integrados. Existe una cantidad significativa de investigación sobre los beneficios de los *chatbots* educativos (Ait Baha y otros, 2024; Kusal y otros, 2022; Lin y otros, 2023) y, por separado, sobre la eficacia del *Pair-Programming – PP* tradicional (AbuShawar y Atwell, 2015; Hannay y otros, 2009; Kumar y Rosé, 2011). Sin embargo, faltan modelos pedagógicos específicos que definan cómo integrar un agente de IA generativa (Akpan y otros, 2025) como un 'compañero' activo –un *partner*– en la dinámica de PP, en lugar de un simple asistente o tutor (Kuhail y otros, 2023).

Mientras que los estudios sobre *PP* tradicional destacan el desarrollo de habilidades de comunicación, negociación y confianza mutua (Coronado y otros, 2018; Yan y otros, 2024), no está claro cómo la introducción de un agente de IA afecta estas dinámicas sociocognitivas. Se desconoce si la IA actúa como un andamiaje que facilita la colaboración humana o si, por el contrario, fomenta la dependencia y reduce la interacción entre pares humanos (Winkler y Soellner, 2018).

Muchas investigaciones sobre IA en educación (Crompton y Burke, 2023; Kim y Kim, 2022) y sobre *PP* asistido por IA (Chen y otros, 2020; Graßl y Fraser, 2024) tienden a ser estudios a corto plazo, enfocados en la percepción del estudiante o en la eficacia para resolver tareas específicas. Existe una brecha en estudios longitudinales que midan el impacto a largo plazo en el aprendizaje profundo y la retención del conocimiento en entornos de educación superior reales (UNAB, 2025b, 2025a).

Aunque existen análisis sobre el futuro del trabajo (Azuara Herrera y otros, 2020), la brecha digital (CEPAL, 2022) y el estado de la educación en América Latina (UNESCO, 2021), esta literatura contextual rara vez se conecta con la investigación técnica sobre *AI-assisted Pair-Programming – AI-PP*. Faltan estudios que aborden los retos específicos de la implementación de estas tecnologías avanzadas en el contexto de la educación superior colombiana, como la formación docente, la infraestructura y la equidad (DANE, 2024).

4 Resultado del estudio exploratorio

Los hallazgos exploratorios se centraron en las percepciones de los estudiantes, sus patrones de interacción con la IA y la calidad de su colaboración, revelando tanto un sólido éxito en la adopción como tensiones fundamentales entre el diseño pedagógico y el uso real.

4.1 Percepción y motivación

Este análisis se realizó a nivel de individuos, $n = 94$, dado que los instrumentos *TAM* e IMI fueron aplicados de forma personal, como se presenta en la Tabla 1. La aceptación de la tecnología por parte de los estudiantes fue notablemente alta. La puntuación general del *TAM* (Davis, 1989) alcanzó una media de 3,87, en una escala de 5, destacando fuertemente la Facilidad de Uso Percibida ($m = 3{,}95$) y la Utilidad Percibida ($m = 3{,}81$). Este consenso sobre la accesibilidad sugiere un diseño de interfaz con alta aceptabilidad percibida y una integración fluida dentro del entorno familiar de *VS Code*. Similarmente, la motivación intrínseca fue elevada en IMI general ($m = 3{,}87$). Los estudiantes reportaron los valores más altos en Interés/Disfrute ($m = 3{,}97$) y Esfuerzo/Importancia ($m = 3{,}98$). Esta combinación de alto esfuerzo con disfrute sugiere que el andamiaje de la IA parece haber facilitado una lucha productiva en lugar de reducir el aprendizaje a un consumo pasivo de soluciones. Sin embargo, la dimensión de Presión/Tensión ($m = 3{,}38$) invertida fue la más baja y variable, indicando que aproximadamente el 28% de los estudiantes experimentó estrés durante la actividad de 40 minutos, lo que demanda atención.

Tabla 1. Resultados de las dimensiones de percepción *TAM* y motivación IMI

Instrumento	Dimensión Evaluada	Media (m)	Interpretación
TAM	Facilidad de Uso Percibida	3,95	Alta aceptabilidad de la interfaz en VS Code
	Utilidad Percibida	3,81	Valoración positiva del soporte de la IA
	Promedio General *TAM*	**3,87**	**Aceptación tecnológica sólida**
IMI	Interés / Disfrute	3,97	Alto compromiso con la actividad
	Esfuerzo / Importancia	3,98	Lucha productiva en el aprendizaje
	Presión / Tensión	3,38	28% de estudiantes experimentó estrés
	Promedio General *IMI*	**3,87**	**Alta motivación intrínseca**

4.2 Patrones de interacción con la IA

La unidad de análisis corresponde a las 1.166 interacciones dialógicas registradas por el sistema. El análisis de los 652 *queries* de los estudiantes reveló una predominancia abrumadora de preguntas conceptuales generales, 89,6%. Esta pauta sugiere que los programadores novatos utilizan la IA principalmente para obtener andamiaje fundacional y claridad conceptual '¿Cómo itero a través de una lista?' en lugar de realizar consultas específicas de depuración o *debugging*, solo 8,4%. Existe una tensión crítica entre la intención pedagógica del diseño y la realidad del uso. A pesar de que la IA fue instruida para evitar soluciones directas y priorizar el aprendizaje guiado por el descubrimiento, el agente generó ejemplos de código en el 71% de sus respuestas. Esta alta tasa de provisión de código, aun cuando solo el 27% de las consultas de los estudiantes incluían fragmentos de código, sugiere una limitación inherente en el comportamiento del *LLM Gemini* para adherirse estrictamente a las pautas socráticas, o bien una necesidad real de ejemplos concretos por parte de los novatos.

4.3 Dinámicas colaborativas y desempeño

La tasa de finalización de tareas fue de $70{,}2\%, 59$ de 84 tareas, con un tiempo medio de finalización de 8,1 minutos, como se presenta en la Tabla 2. Los datos mostraron que una consulta más frecuente a la IA se asoció con una finalización más rápida ($\beta = -0{,}28, p = 0{,}005$), lo que sugiere una correlación positiva entre el uso del andamiaje y la eficiencia en la resolución de tareas. No obstante, la implementación de la programación en parejas fue incompleta. A pesar de contar con una interfaz para la rotación de roles, solo el 50% de las 84 sesiones válidas incluyó alguna rotación de roles. El promedio de rotaciones válidas en las sesiones que sí cambiaron fue bajo,

1,51. Las notas de observación confirmaron que esta baja frecuencia estaba ligada a patrones asimétricos de participación, incluyendo el 'navegador pasivo' o la dominación por parte del *Driver*, lo que provocaba patrones de colaboración menos estructurados. Es notable observar que la IA coincidió con la aparición de una nueva dinámica, actuando en el 23% de los desacuerdos como un 'árbitro' para resolver debates entre los compañeros, aunque en un 26% de las sesiones también interrumpió el flujo dialógico productivo.

Para fortalecer el rigor del hallazgo sobre la eficiencia, se aplicó un modelo de Regresión Lineal Simple tomando como base las 84 tareas válidas ($n = 84$). Se definió la 'Frecuencia de consulta a la IA' como variable independiente y el 'Tiempo de resolución' como variable dependiente. El coeficiente $\beta = -0{,}28$ indica una relación inversamente proporcional: a mayor interacción con el asistente, el tiempo de ejecución disminuye. El valor $p = 0{,}005$ confirma la significancia estadística ($p < 0{,}01$), lo cual sugiere que el andamiaje de 'Leia' es un factor asociado a la mejora de la agilidad operativa de las parejas.

Tabla 2. Métricas de desempeño técnico y dinámicas de colaboración asistida por IA

Dimensión de Análisis	Indicador / Métrica	Valor Obtenido	Interpretación Pedagógica
Desempeño Técnico	Tasa de finalización de tareas	70,2%	Eficacia operativa sólida del andamiaje.
	Tiempo medio de resolución	8,1 *min*	Resolución ágil mediada por el asistente.
	Correlación, uso IA vs. Tiempo	$\beta = -0{,}28$*	A mayor consulta, menor tiempo de ejecución.
Colaboración Humana	Frecuencia de rotación de roles	50,0%	Baja adherencia a la metodología de pares.
	Promedio de rotaciones válidas	1,51	Interacción asimétrica entre *Driver/Navigator*.
Interacción con IA	IA como 'árbitro' en debates	23,0%	La IA media en desacuerdos humanos.
	Interrupción de flujo dialógico	26,0%	Riesgo de disrupción en la reflexión grupal.

4.4 Síntesis y análisis de hallazgos

Los primeros datos sugieren que integrar un asistente de IA conversacional en las clases de programación en parejas muestra indicios de efectividad, en tanto se observa una correlación positiva con la motivación estudiantil. No obstante, los hallazgos evidencian tensiones críticas; el estudio evidencia tensiones significativas que requieren ser abordadas cuando se rediseñe la estrategia educativa.

La principal tensión reside en el desajuste entre la intención pedagógica del andamiaje socrático y la tendencia de la IA a proporcionar código. El predominio de consultas conceptuales por parte de los estudiantes, 89,6%, y la respuesta dominante de la IA con código, 71%, sugieren que los novatos buscan, y la herramienta está predispuesta a ofrecer, ejemplos concretos en lugar de embarcarse en un proceso de descubrimiento puro. Esto requiere que las fases de diseño iterativo tecnopedagógico se enfoquen en implementar controles más estrictos y un andamiaje sofisticado y gradual –por ejemplo, *fading*– que se ajuste dinámicamente, proporcionando progresivamente menos código a medida que el estudiante avanza, para evitar la dependencia y el consumo pasivo.

En cuanto a la colaboración, el hallazgo de que el 50% de las parejas no rotaron roles subraya una conclusión crítica: la infraestructura tecnológica por sí sola es insuficiente para garantizar prácticas colaborativas efectivas. Los hallazgos indican que la intervención pedagógica debe incluir la instrucción explícita en la metodología de programación en parejas y, potencialmente, la implementación de protocolos estructurados de rotación –por ejemplo, señalados por el sistema– en fases futuras del proyecto para garantizar la calidad y la equidad de la participación. Además, la existencia de un subconjunto de estudiantes que experimentaron Presión/Tensión demanda la exploración de estrategias de apoyo diferenciado y la introducción gradual de la herramienta para mitigar la carga cognitiva en los aprendices con menor experiencia.

En conclusión, la evidencia sugiere que la IA se presenta como un posible dinamizador de la motivación. No obstante, la efectividad pedagógica no depende exclusivamente de la capacidad computacional del modelo, sino de la estructuración de la mediación dialógica entre los estudiantes y el asistente. Solo así se logra un aprendizaje real a largo plazo. Las fases subsiguientes de la investigación deben desarrollar diseños experimentales y estudios longitudinales para ver el impacto real en la mente del estudiante, trascendiendo la mera eficiencia en la ejecución de tareas.

5 Discusiones

El análisis de las fuentes revela una transición desde el estudio de herramientas de IA instructivas (como los agentes conversacionales para tutoría (Kusal y otros, 2022) hacia herramientas colaborativas (IA generativa como compañera de programación (Akpan y otros, 2025; Graßl y Fraser, 2024). La literatura sobre *Pair-Programming – PP* tradicional ha establecido sus beneficios pedagógicos, como la mejora en la calidad del código, la reducción de errores y el fomento del aprendizaje colaborativo (Coronado y otros, 2018; Hannay y otros, 2009; Kumar y Rosé, 2011). Paralelamente, la investigación sobre *chatbots* educativos confirma mejoras en el compromiso y la resolución de dudas (Ait Baha y otros, 2024; Lin y otros, 2023).

El nexo de estas dos corrientes es el *AI-assisted Pair-Programming – AI-PP*. Los estudios emergentes sugieren que esta modalidad puede acelerar la finalización de tareas y mejorar la autoeficacia de los estudiantes (Chen y otros, 2020; Kasneci y otros, 2023). Sin embargo, surge una tensión fundamental: el PP tradicional valora el 'proceso' de colaboración humana (Yan y otros, 2024), mientras que las herramientas de *AI-PP* actuales a menudo priorizan el producto o código (Graßl y Fraser, 2024).

Las metodologías empleadas en las fuentes varían. Los estudios sobre *chatbots* y PP tradicional a menudo utilizan revisiones sistemáticas (Kusal y otros, 2022; Lin y otros, 2023) o experimentos controlados (Coronado y otros, 2018). Por otro lado, la investigación más reciente sobre IA generativa en programación (Graßl y Fraser, 2024; Kuhail y otros, 2023) suele basarse en estudios de caso o análisis de percepción (Kim y Kim, 2022), reflejando la novedad del campo.

Una contradicción notable es el rol de la IA. Algunas fuentes la ven como una herramienta de apoyo que reduce la carga cognitiva (Baykasoğlu y otros, 2018; Fan y otros, 2025), mientras que otras implícitamente advierten sobre una posible 'caja negra' que los estudiantes usan sin comprender, lo cual entra en conflicto con los objetivos de la educación STEM (Fan y otros, 2025).

Finalmente, la integración de estas herramientas en plataformas de gestión del aprendizaje (Moodle, 2026) presenta una baja complejidad técnica, frente a una elevada complejidad pedagógica. Los desafíos identificados por organismos como UNESCO (2021) y CEPAL (2022) sobre la equidad y la preparación para la IA en América Latina, sugieren que las oportunidades del *AI-PP* no se materializarán sin abordar las brechas estructurales y la formación docente (Alajmi y otros, 2020; Reina-Parrado y otros, 2025), un aspecto poco tratado en la literatura técnica (Cafaro y otros, 2016; Guerrero Escudero y otros, 2025; Krause-Levy y otros, 2022).

6 Conclusiones

Este estudio constituye una contribución científica que articula sistemáticamente tres dimensiones fundamentales:

1. La síntesis teórica de la literatura sobre IA generativa y *pair-programming*.
2. El diseño tecnopedagógico del prototipo 'Leia'.
3. El análisis empírico de interacciones, motivación y percepción en un contexto educativo real.

A partir de esta integración, se evidencia que tanto la metodología de pares tradicional como los agentes conversacionales ofrecen beneficios tangibles; no obstante, la irrupción de la IA generativa exige una arquitectura que trascienda la mera eficiencia operativa para priorizar el aprendizaje profundo. Este análisis de las fuentes proporcionadas permite sintetizar el estado actual de la innovación pedagógica mediante *pair-programming* asistido por IA en la educación superior, identificando logros, vacíos y direcciones futuras. Este estudio concluye que tanto el *pair-programming* tradicional (Cafaro y otros, 2016; Hannay y otros, 2009; Kumar y Rosé, 2011) como el uso de agentes conversacionales de IA (Ait Baha y otros, 2024; Kusal y otros, 2022; Lin y otros, 2023) ofrecen beneficios pedagógicos tangibles de forma independiente. La irrupción de la IA generativa (Akpan y otros, 2025) está redefiniendo la colaboración, y estudios preliminares sobre *AI-PP* (Chen y otros, 2020; Graßl y Fraser, 2024; Kasneci y otros, 2023) indican un alto potencial para mejorar la eficiencia y la motivación en tareas de programación.

Las brechas identificadas mediante esta articulación son de naturaleza pedagógica, social y contextual. No se sabe cómo diseñar pedagógicamente la colaboración humano-IA para asegurar el aprendizaje profundo y evitar la dependencia. Se desconoce el impacto a largo plazo de esta modalidad en el desarrollo de habilidades blandas – comunicación, negociación– cruciales en la ingeniería de software (Yan y otros, 2024). Además, faltan estudios que evalúen la implementación de estas herramientas en el contexto específico de las instituciones de educación superior latinoamericanas, considerando sus desafíos socioeconómicos y de infraestructura (Azuara Herrera y otros, 2020; CEPAL, 2022; UNESCO, 2021).

Líneas futuras de investigación, basadas en las brechas detectadas, se proponen las siguientes líneas:

- Diseño y evaluación de marcos pedagógicos específicos para *AI-PP* que equilibren la eficiencia de la IA con el aprendizaje profundo del estudiante.

- Estudios comparativos longitudinales –Humano-Humano *PP* vs. Humano-*AI PP*– que midan no solo la calidad del código, sino también el desarrollo de habilidades sociales y la carga cognitiva (Coronado y otros, 2018; Kuhail y otros, 2023).
- Investigación sobre el rol del docente en el aula de *AI-PP*, incluyendo el desarrollo de programas de formación docente (Reina-Parrado y otros, 2025), para integrar estas herramientas (Graßl y Fraser, 2024) de manera crítica y efectiva.
- Estudios contextualizados que exploren la adopción y adaptación del *AI-PP* en universidades de América Latina, abordando los retos de equidad digital (CEPAL, 2022) y pertinencia curricular (DANE, 2024; UNAB, 2025b).

En conclusión, el estudio aporta evidencia que respalda la pertinencia de este enfoque integrado; los hallazgos sugieren que la aceptación de la IA conversacional en el contexto estudiado fue alta. Sin embargo, el análisis de las interacciones reales exige que las futuras iteraciones de diseño se enfoquen en estructurar rigurosamente las respuestas de la IA para preservar la guía socrática y asegurar una colaboración equitativa entre pares, orientando la IA como un recurso de apoyo para la reflexión y no como un reemplazo de la construcción dialógica del conocimiento.

6.1 Limitaciones del estudio

A pesar de la solidez de los hallazgos reportados, esta investigación presenta limitaciones inherentes que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, el alcance exploratorio del estudio y el uso de un muestreo por conveniencia en una única institución colombiana restringen la generalización de las conclusiones a otras poblaciones o contextos educativos diversos. En segundo lugar, la ausencia de un grupo de control impide establecer comparaciones directas sobre la efectividad del sistema 'Leia' frente a métodos de enseñanza tradicionales, centrando el análisis principalmente en la experiencia de adopción y las dinámicas internas de las parejas.

Asimismo, la duración de la intervención, 40 minutos, constituye una ventana temporal limitada que permite capturar la percepción inicial y patrones de interacción inmediatos, pero no permite observar el impacto en el aprendizaje profundo o la evolución de las habilidades colaborativas a largo plazo. Adicionalmente, los datos sobre motivación y aceptación tecnológica se basan en instrumentos de autopercepción –*TAM* e IMI–, los cuales pueden estar sujetos a sesgos de respuesta o deseabilidad social por parte de los estudiantes. Por último, el desempeño del asistente estuvo estrictamente vinculado al modelo de IA subyacente –Gemini–; su tendencia observada a proporcionar fragmentos de código, a pesar de las pautas de andamiaje socrático, condicionó los patrones de diálogo y la autonomía de las parejas en la resolución de tareas.

Consideraciones éticas y de rigor

La investigación cumplió con los principios éticos de respeto, beneficencia y confidencialidad. Todos los participantes fueron informados del propósito del estudio y autorizaron su participación de forma voluntaria.

El rigor metodológico se aseguró mediante triangulación de fuentes e instrumentos, validación de expertos y documentación transparente del proceso, conforme a las recomendaciones *PRISMA* y los estándares de investigación educativa.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con respecto a la investigación, autoría o publicación de este artículo.

ORCID ID

Fabian-Enrique Suarez-Carvajal https://orcid.org/0009-0002-2977-5005
René Alejandro Lobo Quintero https://orcid.org/0000-0003-2989-5357
Julian Santiago Santoyo Díaz https://orcid.org/0000-0001-9947-1109
Javier Pinzón Castellanos https://orcid.org/0000-0003-3956-5749
Yamid Gabriel Gamba González https://orcid.org/0009-0008-2610-3549

Referencias

AbuShawar, B., y Atwell, E. (2015). ALICE Chatbot: Trials and Outputs. *Computación y Sistemas*, *19*(4). https://doi.org/10.13053/cys-19-4-2326

Ait Baha, T., El Hajji, M., Es-Saady, Y., y Fadili, H. (2024). The impact of educational chatbot on student learning experience. *Education and Information Technologies*, *29*(8), 10153-10176. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12166-w

Akpan, I. J., Kobara, Y. M., Owolabi, J., Akpan, A. A., y Offodile, O. F. (2025). Conversational and generative artificial intelligence and human–chatbot interaction in education and research. *International Transactions in Operational Research*, *32*(3), 1251-1281. https://doi.org/10.1111/itor.13522

Alajmi, Q., Al-Sharafi, M. A., y Abuali, A. (2020). Smart Learning Gateways for Omani HEIs Towards Educational Technology: Benefits, Challenges and solutions. *International Journal of Information Technology and Language Studies*, *4*(1). https://ijitls.com/index.php/ijitls/article/view/123

Azuara Herrera, O., Fazio, M. V., Hand, A., Keller, L., Rodríguez Tapia, C., y Silva Porto, M. T. (2020). *The Future of Work in Latin America and the Caribbean: How Can Technology Facilitate Job Recovery after COVID-19? (Interactive version)*. Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0002646

Baykasoğlu, A., Özbel, B. K., Dudaklı, N., Subulan, K., y Şenol, M. E. (2018). Process mining based approach to performance evaluation in computer-aided examinations. *Computer Applications in Engineering Education*, *26*(5), 1841-1861. https://doi.org/10.1002/cae.21971

Beck, K., y Andres, C. (2005). *Extreme programming explained: Embrace change* (2nd ed). Addison-Wesley Professional.

Cafaro, A., Vilhjálmsson, H. H., y Bickmore, T. (2016). First Impressions in Human—Agent Virtual Encounters. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, *23*(4), 1-40. https://doi.org/10.1145/2940325

CEPAL. (2022). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2022: Dinámica y desafíos de la inversión para impulsar una recuperación sostenible e inclusiva*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://hdl.handle.net/11362/48077

Chen, L., Chen, P., y Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, *8*, 75264-75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510

Coronado, M., Iglesias, C. A., Carrera, Á., y Mardomingo, A. (2018). A cognitive assistant for learning java featuring social dialogue. *International Journal of Human-Computer Studies*, *117*, 55-67. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.02.004

Crompton, H., y Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *20*(1), 22. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8

DANE. (2024). *DANE - Fuerza laboral y educación*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/educacion/fuerza-laboral-y-educacion

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, *13*(3), 319-340. https://doi.org/10.2307/249008

Fan, G., Liu, D., Zhang, R., y Pan, L. (2025). The impact of AI-assisted pair programming on student motivation, programming anxiety, collaborative learning, and programming performance: A comparative study with traditional pair programming and individual approaches. *International Journal of STEM Education*, *12*(1), 16. https://doi.org/10.1186/s40594-025-00537-3

Graßl, I., y Fraser, G. (2024). Equitable Student Collaboration in Pair Programming. *Proceedings of the 46th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training*, 274-285. https://doi.org/10.1145/3639474.3640086

Gu, J.-H., Chen, S.-C., Hui, L., Thaipisutikul, T., Hung, H.-S., Du, H., y Yeh, C.-C. (2026). Evaluating Design Strategies for AI Virtual Teaching Assistants and Immersive Learning Scaffolding in Programmed Teaching Games. En L. Hui, C.-H. Hsu, y S. Ruengittinun (Eds.), *Ubi-Media Computing, Pervasive*

Systems, Algorithms and Networks (Vol. 2379, págs. 283-295). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-6294-4_21

Guerrero Escudero, R., Gallardo Hernández, F. J., y Flores Guevara, S. (2025). Percepción de los estudiantes y docentes respecto al uso de la IA como complemento o reemplazo en la educación. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, (267). https://doi.org/10.18682/cdc.vi267.12460

Hannay, J. E., Dybå, T., Arisholm, E., y Sjøberg, D. I. K. (2009). The effectiveness of pair programming: A meta-analysis. *Information and Software Technology*, *51*(7), 1110-1122. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2009.02.001

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., … Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, *103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Kim, N. J., y Kim, M. K. (2022). Teacher's Perceptions of Using an Artificial Intelligence-Based Educational Tool for Scientific Writing. *Frontiers in Education*, *7*, 755914. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.755914

Krause-Levy, S., Lim, R. S., Villegas Molina, I., Cao, Y., y Porter, L. (2022). An Exploration of Student-Tutor Interactions in Computing. *Proceedings of the 27th ACM Conference on on Innovation and Technology in Computer Science Education Vol. 1*, 435-441. https://doi.org/10.1145/3502718.3524786

Kuhail, M. A., Alturki, N., Alramlawi, S., y Alhejori, K. (2023). Interacting with educational chatbots: A systematic review. *Education and Information Technologies*, *28*(1), 973-1018. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11177-3

Kumar, R., y Rosé, C. P. (2011). Architecture for Building Conversational Agents that Support Collaborative Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *4*(1), 21-34. https://doi.org/10.1109/TLT.2010.41

Kusal, S., Patil, S., Choudrie, J., Kotecha, K., Mishra, S., y Abraham, A. (2022). AI-Based Conversational Agents: A Scoping Review From Technologies to Future Directions. *IEEE Access*, *10*, 92337-92356. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3201144

Lin, C.-C., Huang, A. Y. Q., y Yang, S. J. H. (2023). A Review of AI-Driven Conversational Chatbots Implementation Methodologies and Challenges (1999–2022). *Sustainability*, *15*(5), 4012. https://doi.org/10.3390/su15054012

Moodle. (2026). *Home | Moodle.org*. Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment. https://moodle.org/

Reina-Parrado, M., Román-Graván, P., y Hervás-Gómez, C. (2025). Revisión PRISMA sobre el aprendizaje automático en la educación: Retos sociales y oportunidades en la formación de ciudadanos del mañana. *European Public & Social Innovation Review*, *11*, 1-26. https://doi.org/10.31637/epsir-2026-1620

Ryan, R. M., y Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, *55*(1), 68-78. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68

UNAB. (2025a). *Home | TEMA*. Universidad Autónoma de Bucaramanga. https://tema.unab.edu.co/

UNAB. (2025b). *Semana de Ingeniería | Quiero ser UNAB*. Universidad Autónoma de Bucaramanga. https://unab.edu.co/semana-de-ingenieria/

UNESCO. (2021). *Reimaginar juntos nuestros futuros: Un nuevo contrato social para la educación*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379381_spa

Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes* (M. Cole, V. Jolm-Steiner, S. Scribner, y E. Souberman, Eds.). Harvard University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4

Winkler, R., y Soellner, M. (2018). Unleashing the Potential of Chatbots in Education: A State-Of-The-Art Analysis. *Academy of Management Proceedings*, *2018*(1), 15903. https://doi.org/10.5465/AMBPP.2018.15903abstract

Yan, W., Nakajima, T., y Sawada, R. (2024). Benefits and Challenges of Collaboration between Students and Conversational Generative Artificial Intelligence in Programming Learning: An Empirical Case Study. *Education Sciences*, *14*(4), 433. https://doi.org/10.3390/educsci14040433