



COMUNICACION CORTA

Impacto de simuladores educativos basados en inteligencia artificial en el aprendizaje de ciencias computacionales

Impact of educational simulators based on artificial intelligence on computational science learning.

Ricardo M. Candanedo Yau

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Panamá Este, La Chorrera, Panamá.

ricardo.candanedo@up.c.pa

<https://orcid.org/0009-0002-5017-9830>

Fecha de recepción: 1 de octubre de 2025

Fecha de aceptación: 17 de noviembre de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v28n1.a8960>

RESUMEN

La enseñanza de las ciencias computacionales ha enfrentado desafíos derivados de la naturaleza abstracta de conceptos como la inteligencia artificial (IA), la interacción persona-computador y los gráficos por computadora. Este estudio evaluó la eficacia de un simulador educativo de código abierto denominado AI-CodeCraft, diseñado para fomentar el aprendizaje activo y personalizado. Se empleó un diseño cuasiexperimental con 45 estudiantes distribuidos en un grupo experimental ($n = 30$) y un grupo control ($n = 15$), durante tres semanas de sesiones prácticas. Los resultados indicaron que el grupo experimental mejoró su rendimiento académico en un 22 %, frente al 8 % del grupo control ($t = 3.27$; $p < 0.01$). Además, el 78 % de los participantes reportó un incremento en la motivación y el 91 % valoró positivamente la retroalimentación adaptativa. Se identificaron limitaciones relacionadas con los requerimientos de hardware y la curva de aprendizaje del simulador. Estos hallazgos sugirieron que los simuladores de educación basados en inteligencia artificial (IA) y la simulación como estrategia de tecnología educativa pueden potenciar la comprensión conceptual y la motivación estudiantil, aunque su generalización depende de la infraestructura tecnológica disponible y de la duración de la intervención.

PALABRAS CLAVE

Aprendizaje activo, educación, inteligencia artificial, simulación, tecnología educativa.

ABSTRACT

Computer science education has faced challenges stemming from the abstract nature of concepts such as artificial intelligence (AI), human-computer interaction, and computer graphics. This study evaluated the effectiveness of an open-source educational simulator called AI-CodeCraft, designed to foster active and personalized learning. A quasi-experimental design was used with 45 students divided into an experimental group ($n = 30$) and a control group ($n = 15$) during three weeks of practical sessions. The results indicated that the experimental group improved their academic performance by 22%, compared to 8% in the control group ($t = 3.27$; $p < 0.01$). Furthermore, 78% of participants reported increased motivation, and 91% positively valued adaptive feedback. Limitations related to the hardware requirements and the simulator's learning curve were identified. These findings suggested that artificial intelligence (AI)-based educational simulators and simulation as an educational technology strategy can enhance conceptual understanding and student motivation, although their generalization depends on the available technological infrastructure and the duration of the intervention.

KEYWORDS

Active learning, artificial intelligence, education, educational technology, simulation.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de ciencias computacionales presenta dificultades pedagógicas debido a la complejidad de conceptos como inteligencia artificial (IA), interacción persona-computador (HCI) y gráficos por computadora, los cuales requieren razonamiento lógico, pensamiento crítico y resolución de problemas complejos (Alves & Leal, 2019; Russell & Norvig, 2020). Los métodos tradicionales, como clases magistrales y ejercicios estáticos, suelen ser insuficientes para fomentar comprensión profunda y motivación estudiantil.

Los simuladores educativos ofrecen entornos seguros para experimentar con modelos abstractos, manipular variables en tiempo real y visualizar procesos dinámicos. La incorporación de IA permite mejorar la enseñanza de las ciencias computacionales mediante la retroalimentación adaptativa y personalización de la dificultad (Alonso & Ruiz, 2022; Chen et al., 2020; Franklin et al., 2025; Gaitantzi & Kazanidis, 2025; Manorat et al., 2025). Asimismo, la integración de HCI y gráficos interactivos facilita la comprensión de algoritmos complejos, entrenamiento de redes neuronales y ajuste de hiperparámetros (Norman, 2019; Shneiderman et al., 2017).

Este estudio evaluó el impacto del simulador educativo de código abierto denominado AI-CodeCraft en el aprendizaje de ciencias computacionales, centrando el análisis en comprensión conceptual, motivación y diseño de interacción persona-computador.

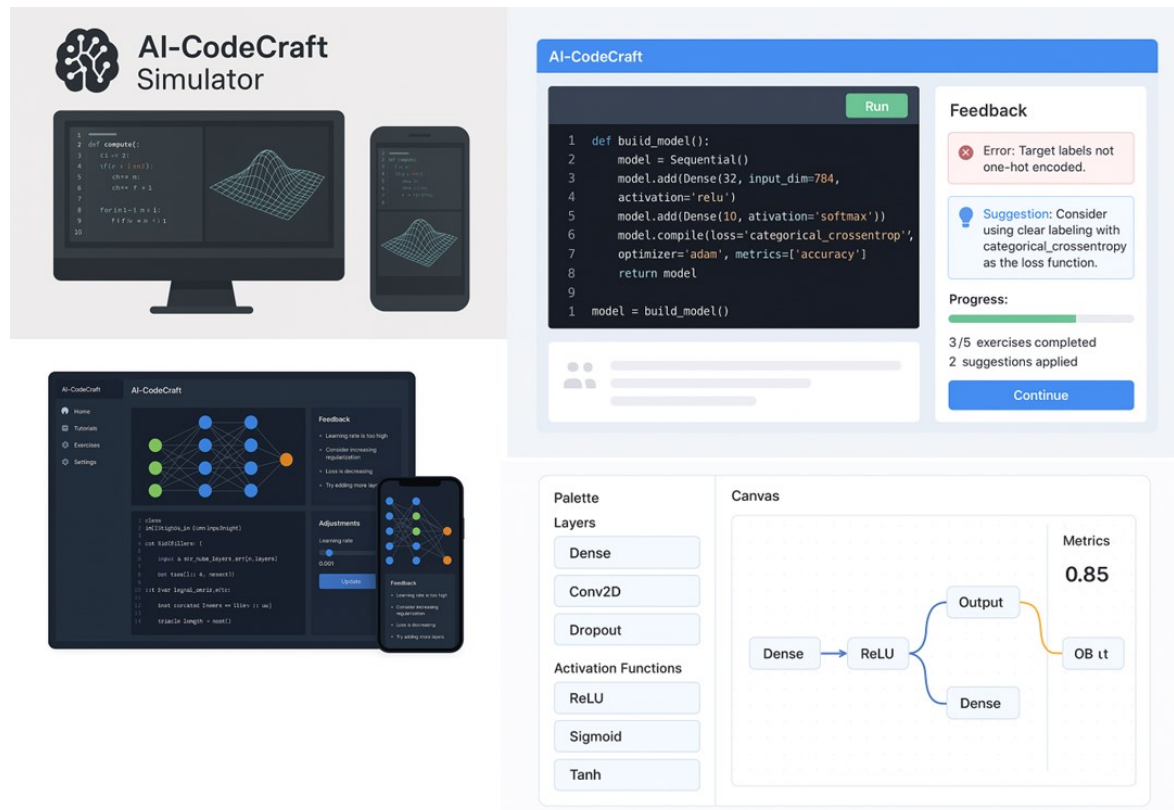
MATERIALES Y MÉTODOS

El simulador educativo denominado AI-CodeCraft (Figura 1) fue concebido como una plataforma de aprendizaje inmersiva y de código abierto, orientada a la visualización interactiva del entrenamiento de modelos de *machine learning*. Su arquitectura se estructuró en tres componentes interdependientes: una inteligencia artificial adaptativa, que proporcionó retroalimentación inmediata, ajustó progresivamente la complejidad de los ejercicios y generó recomendaciones personalizadas; un sistema de interacción persona-computador basado en una interfaz gráfica intuitiva, que incluyó elementos *drag-and-drop*, visualizaciones interactivas y ayudas contextuales; y un módulo de gráficos por computadora, que permitió la representación tridimensional de redes neuronales, la visualización de flujos de datos y la animación de procesos de propagación de errores y ajuste de pesos. La implementación técnica se realizó utilizando Python, con las bibliotecas TensorFlow y PyTorch, React para el desarrollo de la interfaz web, y Unity para la visualización tridimensional.

La investigación se llevó a cabo con 45 estudiantes entre ellos de tercer y cuarto año de la Licenciatura en Informática para la Gestión Educativa y Empresarial de la Universidad de Panamá, quienes fueron asignados aleatoriamente a un grupo experimental de 30 estudiantes (tercer año), que trabajó con el simulador educativo en sesiones prácticas, y a un grupo control de 15 estudiantes (cuarto año), que recibió instrucción tradicional mediante clases magistrales y ejercicios escritos. Para garantizar la comparabilidad inicial de ambos grupos, se aplicó una prueba diagnóstica previa y se realizaron análisis estadísticos de homogeneidad, incluyendo la prueba de Levene y la prueba t de Student para muestras independientes.

Figura 1.

Interfaz y visualización 3D de la evolución de pesos en una red neuronal del simulador educativo AI-CodeCraft en dispositivos de escritorio y móviles, módulo de retroalimentación adaptativa y construcción de modelos mediante drag-and-drop. Pantalla principal del simulador para escritorio y móvil. Muestra una red neuronal tridimensional con flujo de datos. Incluye un módulo de retroalimentación adaptativa en tiempo real y una interfaz de arrastrar y soltar para construir modelos de machine learning (capas, nodos y conexiones).

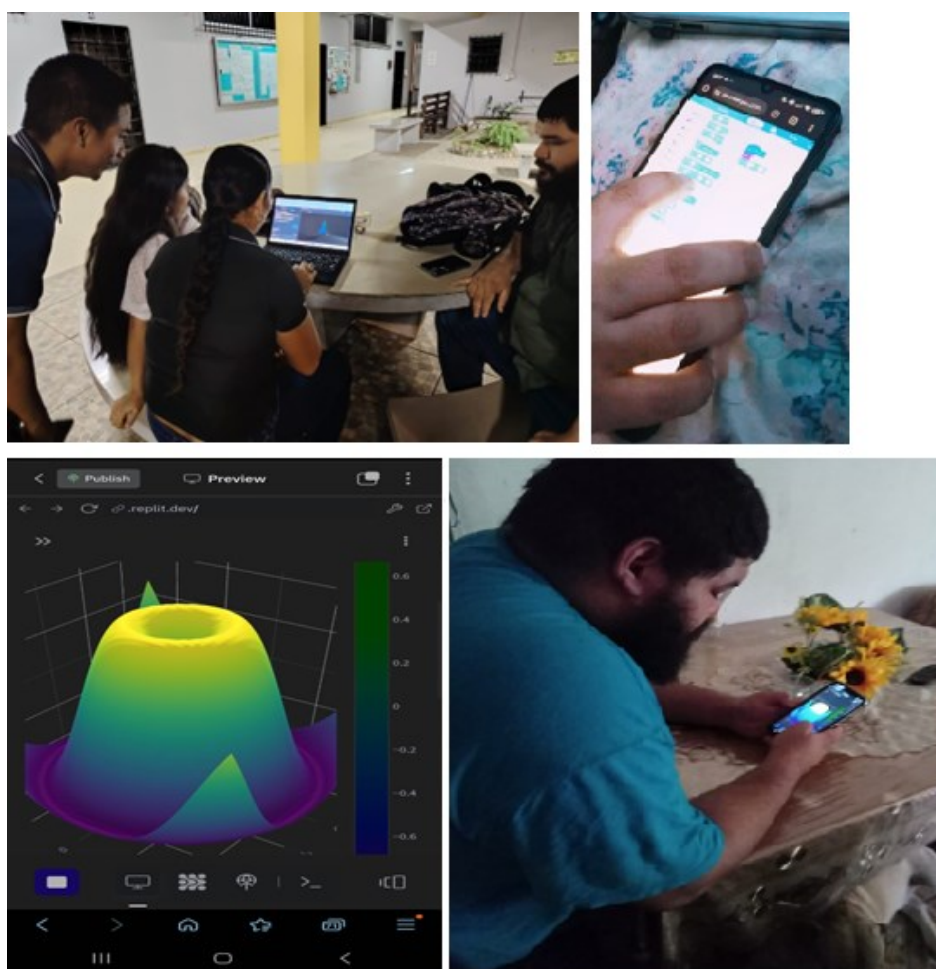


La intervención se desarrolló en tres fases consecutivas. La primera, correspondiente a la inducción, consistió en la presentación del simulador educativo, acompañada de un manual de apoyo a las actividades y una sesión práctica de orientación. La segunda fase, relativa a la intervención propiamente dicha, incluyó la exploración de algoritmos de *machine learning*, la modificación de hiperparámetros y la resolución de ejercicios prácticos; en paralelo, el grupo control trabajó los mismos contenidos mediante métodos pedagógicos tradicionales (Figura 2). Finalmente, en la fase de evaluación, ambos grupos completaron pruebas de conocimiento y encuestas de percepción, mientras que en el caso del grupo experimental se registraron métricas de interacción generadas automáticamente por el simulador.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos incluyeron pruebas de conocimiento, diseñadas para evaluar la comprensión conceptual y las habilidades prácticas; encuestas de percepción basadas en escalas Likert y en una adaptación del *System Usability Scale* (SUS) para valorar motivación, satisfacción y usabilidad; métricas del simulador, como tiempo de uso, intentos por ejercicio, progresión en los niveles de dificultad y frecuencia de uso de las visualizaciones tridimensionales; y entrevistas semiestructuradas y grupos focales, que permitieron obtener información cualitativa sobre la experiencia de aprendizaje, los beneficios percibidos y los desafíos identificados por los estudiantes.

Figura 2.

Evidencias visuales de la intervención estudiantil en el uso del simulador AI-CodeCraft: interacción colaborativa, ejecución de actividades y resultados gráficos en 3D



El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva e inferencial para los datos cuantitativos, incluyendo pruebas t de Student para muestras independientes y análisis de varianza unidireccional (ANOVA) con un nivel de significación de $p < 0,05$. Los datos cualitativos fueron sometidos a análisis temático, identificando categorías emergentes y patrones recurrentes. El estudio contó con el consentimiento informado de todos los participantes y con la aprobación del comité docente del Centro Regional Universitario de Panamá Este de la Universidad de Panamá.

RESULTADOS

Los hallazgos del estudio con 45 estudiantes evidenciaron un impacto positivo del simulador AI-CodeCraft en la enseñanza de contenidos avanzados de ciencias computacionales. La interfaz principal del simulador, optimizada para computadoras y dispositivos móviles, combina código, visualizaciones gráficas y retroalimentación automatizada, facilitando la comprensión de conceptos abstractos y fomentando la motivación del estudiantado.

El análisis de las pruebas de conocimiento pre y post intervención mostró un incremento promedio del 22% en el rendimiento académico del grupo experimental, mientras que el grupo control experimentó un aumento del 8%, (ver Tabla 1). Esta diferencia resultó estadísticamente significativa ($t=3,27$; $p<0,01$), lo que confirma la efectividad del simulador para mejorar la comprensión de conceptos de machine learning, especialmente en áreas como algoritmos de búsqueda, clasificación y ajuste de hiperparámetros de redes neuronales.

Tabla 1.

Resultados de las pruebas de conocimiento pre y post-intervención por grupo

Grupo	N	Promedio Pre-test ± SD	Promedio Post-test ± SD	Incremento (%)	Valor p
Experimental (simulador)	30	62.4 ± 8.1	84.5 ± 7.3	+22%	<0,01
Control (tradicional)	15	63.1 ± 7.5	71.1 ± 6.8	+8%	<0,05

Nota. El grupo experimental mostró un incremento significativamente mayor que el grupo control. SD = desviación estándar. Los valores p corresponden a la prueba t para muestras independientes.

En cuanto a la percepción de la experiencia de uso (Tabla 2), el 87% de los estudiantes consideró la interfaz “intuitiva y fácil de manejar” y un 91% valoró la retroalimentación adaptativa como “muy útil” para corregir errores en tiempo real. Los elementos más apreciados incluyeron el sistema drag-and-drop para construir modelos, la visualización en tiempo real de métricas de rendimiento y la interacción directa con parámetros configurables.

Asimismo, un 78% de los estudiantes reportó mayor motivación frente a los métodos tradicionales, un resultado respaldado por las métricas de interacción: un promedio de 42,5 minutos de uso por sesión, 3,2 intentos por ejercicio y un alto uso de las visualizaciones 3D (76%). Los errores más frecuentes se relacionaron con el ajuste de hiperparámetros, evidenciando la complejidad del tema y el valor del simulador como herramienta de práctica iterativa.

Tabla 2.

Percepciones de los estudiantes sobre el simulador AI-CodeCraft

Dimensión evaluada	N	% de respuestas positivas (4–5)
Usabilidad de la interfaz	30	87%
Retroalimentación adaptativa	30	91%
Motivación para el aprendizaje	30	78%
Claridad de las visualizaciones gráficas	30	85%

Nota. Los estudiantes valoraron positivamente la facilidad de uso y la retroalimentación adaptativa. N = número de participantes del grupo experimental.

Entre las limitaciones reportadas (Tabla 3), se encuentran los requerimientos de hardware avanzado (36%), la curva inicial de aprendizaje de la interfaz (29%), dificultades con la manipulación del espacio 3D (22%) y problemas de conectividad (13%). Estos factores sugieren la necesidad de optimizar el rendimiento gráfico, ofrecer versiones más ligeras o basadas en la nube y brindar capacitación inicial para mejorar la accesibilidad del simulador.

Tabla 3.

Métricas de interacción del grupo experimental

Métrica observada	Promedio \pm SD	Observaciones adicionales
Tiempo de uso por sesión (min)	42.5 \pm 10.3	Incluye exploración de todos los módulos
Número de intentos por ejercicio	3.2 \pm 1.1	Repetición de ejercicios evidencia aprendizaje iterativo
Funcionalidad más usada	76%	Visualizaciones 3D
Errores frecuentes identificados	—	Ajuste de hiperparámetros

Nota. Los datos muestran interacción activa con el simulador y experimentación iterativa.

Tabla 4.*Dificultades reportadas por los estudiantes en el uso del simulador*

Tipo de dificultad	N afectados	% de estudiantes afectados
Requerimientos de hardware altos	11	36%
Curva de aprendizaje inicial	9	29%
Dificultades con interfaz 3D	7	22%
Problemas de conectividad	4	13%

Nota. Aunque las dificultades fueron menores, resaltan la necesidad de optimizar la accesibilidad y ofrecer capacitación inicial. N = número de estudiantes del grupo experimental.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman que los simuladores educativos basados en inteligencia artificial constituyen una estrategia pedagógica innovadora y eficaz para la enseñanza de ciencias computacionales. La mejora significativa en el rendimiento académico del grupo experimental y los altos niveles de motivación y satisfacción reportados sugieren que la integración de inteligencia artificial, principios de interacción persona-computador y gráficos por computadora supera la eficacia de los métodos pedagógicos tradicionales (Figura 5). Este enfoque es particularmente efectivo para la comprensión de conceptos abstractos y dinámicos, como el entrenamiento de redes neuronales, donde la visualización y la experimentación activa son fundamentales. La interacción directa y adaptativa con el simulador permite internalizar conceptos complejos, convirtiendo la teoría en experiencias comprensibles, mientras que la valoración positiva de la interfaz y la retroalimentación inmediata confirma que un diseño centrado en el usuario incrementa significativamente el *engagement* y promueve aprendizaje activo.

Tabla 5.*Herramientas que cubren funcionalidades similares a AI-CodeCraft.*

Función	Herramienta / Proyecto	Qué hace	Limitaciones	Plataforma soportada
Editor visual drag-and-drop de redes neuronales	Fabrik	Permite importar, editar y compartir redes usando interfaz gráfica drag-and-drop	No ofrece visualización 3D ni retroalimentación adaptativa avanzada	Web
Visualización interactiva de redes neuronales	TorchExplorer	Inspección interactiva de módulos, histogramas y gradientes	Enfocado en análisis y depuración, no simulación 3D	Desktop
Visualización de modelos (interactiva)	Netron	Explora gráficamente estructura de redes, capas, pesos y configuraciones	No realiza animaciones dinámicas ni retroalimentación adaptativa	Web/Desktop
Plataforma drag-and-drop + diseño visual de modelos	Deep Learning Studio	Interfaz gráfica para diseñar modelos con arrastrar y soltar	Limitado a 2D, no visualización 3D ni feedback adaptativo	Desktop/Web
Herramientas de visualización educativa	TensorFlow Playground	Simula redes simples, permite ajustar parámetros y observar cambios visuales	Limitado en escala y sin visualización 3D ni feedback adaptativo	Web
Herramienta de visualización minimalista	nn_vis	Visualización de conexiones, pesos y flujo de datos en Python/OpenGL	Simple, no incluye retroalimentación adaptativa ni multiplataforma	Desktop

Nota. Elaboración Propia. Ninguna herramienta integra todas las características de AI CodeCraft (visualización 3D, retroalimentación adaptativa y diseño drag-and-drop).

El incremento del 22 % en las calificaciones del grupo experimental frente al 8 % del grupo control evidencia que la manipulación de variables y la observación de sus efectos en tiempo real facilitan una comprensión más profunda de los procesos complejos. Desde la perspectiva

pedagógica, AI-CodeCraft funciona como un tutor virtual inteligente, ofreciendo andamiaje adaptativo que fomenta autonomía, aprendizaje profundo y pensamiento crítico. La integración de metodologías basadas en problemas dentro del entorno simulado refuerza la comprensión causal de los fenómenos computacionales y potencia la capacidad de resolución de problemas.

En términos tecnológicos, la optimización de gráficos y recursos computacionales es fundamental para garantizar accesibilidad y fluidez en distintos dispositivos. Además, el desarrollo de versiones multiplataforma o en la nube y la incorporación de algoritmos más sofisticados permitirá personalizar aún más las rutas de aprendizaje según estilos cognitivos individuales, ampliando el alcance y la efectividad de estas herramientas. No obstante, el estudio presenta limitaciones relacionadas con la duración corta de la intervención, el tamaño y la representatividad de la muestra, así como la dependencia tecnológica. Estas restricciones evidencian la necesidad de futuras investigaciones con muestras más amplias, estudios longitudinales, evaluaciones interculturales y el desarrollo de simuladores más accesibles y multiplataforma, que incorporen mayor inmersión mediante realidad aumentada o virtual.

CONCLUSIONES

El presente estudio evidencia que los simuladores educativos basados en inteligencia artificial representan una estrategia pedagógica eficaz e innovadora para la enseñanza de ciencias computacionales. La mejora significativa del rendimiento académico del grupo experimental, junto con altos niveles de motivación y satisfacción, demuestra que la integración de inteligencia artificial, principios de interacción persona-computador y gráficos avanzados supera la efectividad de los métodos tradicionales. El incremento del rendimiento académico, la valoración positiva de la retroalimentación adaptativa y la facilidad de uso de la interfaz indican que la interacción personalizada y en tiempo real con el simulador facilita la comprensión conceptual de procesos complejos. Además, el simulador funciona como un tutor virtual inteligente, promoviendo aprendizaje activo, autonomía y pensamiento crítico.

El simulador educativo de código abierto denominado AI-CodeCraft mejoró significativamente el rendimiento académico (+22%) y la motivación del grupo experimental, funcionando como tutor virtual inteligente que promueve aprendizaje activo y pensamiento crítico. Se recomienda optimizar gráficos 3D, garantizar compatibilidad con dispositivos menos potentes y desarrollar versiones multiplataforma o en la nube, incorporando algoritmos avanzados que permitan personalizar las rutas de aprendizaje según estilos cognitivos individuales. Asimismo, futuras investigaciones deberían incluir estudios longitudinales, muestras más amplias y evaluaciones interculturales para consolidar la validez, generalización y efectividad de los simuladores educativos basados en inteligencia artificial (IA).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios misericordioso por concederme la vida, la salud y la fortaleza que me permiten levantarme cada día para perseguir mis metas; sin su guía constante, la realización de este trabajo no habría sido posible. Mi gratitud se extiende profundamente a mis familiares y seres queridos, cuyo apoyo incondicional y motivación constante fueron esenciales para dedicar el tiempo necesario a completar este ensayo científico con éxito. Finalmente, deseo expresar mi reconocimiento al grupo de estudiantes que participaron activamente en la investigación. Su compromiso fue fundamental para obtener los resultados del estudio, ya que algunos se dedicaron a utilizar intensamente el simulador, de igual forma a los otros estudiantes, conformando el grupo control, que recibieron instrucción sobre los mismos contenidos a través de métodos tradicionales, como clases teóricas expositivas y ejercicios escritos o de programación básica, sin interactuar con la herramienta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J., & Ruiz, M. (2022). Sistemas adaptativos en la educación superior: Un enfoque desde la inteligencia artificial. *Revista Iberoamericana de Tecnología Educativa*, 15(2), 45–61. <https://doi.org/10.1234/rjte.2022.15.2.45>
- Alves, G. A., & Leal, D. (2019). The use of simulators in computer science education: A systematic mapping study. *Journal of Universal Computer Science*, 25(2), 177–198. <https://doi.org/10.3217/jucs-025-02-0177>
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Harvard University Press.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *Education Technology & Society*, 23(3), 1–13. <https://www.j-ets.net/ETS>
- Franklin D, Denny P, Gonzalez-Maldonado DA, & Tran M. (2025). *Generative AI in Computer Science Education: Challenges and Opportunities*. Cambridge University Press.
- Gaitantzi, A., & Kazanidis, I. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Computer Science Education: A Systematic Review with a Focus on Database Instruction. *Applied Sciences*, 15(7), 3960. <https://doi.org/10.3390/app15073960>

- Manorat, P., Tuarob, S., & Pongpaichet, S. (2025) Artificial intelligence in computer programming education: A systematic literature review, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, ISSN 2666-920X, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100403>.
- Norman, D. (2019). *The design of everyday things* (Rev. ed.). Basic Books.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., Jacobs, S., Elmqvist, N., & Diakopoulos, N. (2017). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction* (6th ed.). Pearson.