



IA en la educación personalizada y sistemas inteligentes adaptativos: un enfoque basado en redes neuronales recurrentes

AI in personalized education and adaptive intelligent systems: an approach based on recurrent neural networks

IA na educação personalizada e sistemas inteligentes adaptativos: uma abordagem baseada em redes neurais recorrentes

Eduardo Aladino Flor Calva ^I
eduardo.florc@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-3151-7808>

Jennifer Iliana Lucas Villacís ^{II}
jennifer.lucasv@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0009-7178-7094>

Ana del Carmen Ronquillo Peñaherrera ^{III}
anad.ronquillo@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0001-7979-3503>

Shirley Beatriz Sáenz Espín ^{IV}
shirley.saenz@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0000-9035-554X>

Rodolfo Gonzalo Bohórquez Sánchez ^{IV}
rodolfo.bohorquezs@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-4725-7042>

Correspondencia: eduardo.florc@ug.edu.ec

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 25 de marzo de 2025 * **Aceptado:** 28 de abril de 2025 * **Publicado:** 31 de mayo de 2025

- I. Ing. MBA. Docente de la facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- II. Ing. Msc. Docente Ministerio de Educación, Ecuador.
- III. Lcda. Msc. Docente Ministerio de Educación, Ecuador.
- IV. Lcda. Msc. Docente Ministerio de Educación, Ecuador.
- V. Ing. Mgs. Docente de la facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Resumen

El presente artículo aborda el diseño, implementación y evaluación de sistemas inteligentes adaptativos (SIA) aplicados al aprendizaje personalizado, con base en el uso de redes neuronales recurrentes (RNN). Estos sistemas representan una innovación significativa en la educación virtual al incorporar algoritmos que permiten analizar secuencias temporales del comportamiento del estudiante y predecir sus necesidades futuras. A partir de un enfoque metodológico mixto, se desarrolló un prototipo de SIA que fue integrado en un entorno virtual de aprendizaje en el que participaron 120 estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería en Sistemas. La intervención consistió en el uso diferenciado de una plataforma con y sin adaptaciones inteligentes durante seis semanas. Los resultados cuantitativos mostraron una mejora estadísticamente significativa en el rendimiento académico del grupo experimental frente al grupo control, además de un incremento en los niveles de autonomía, satisfacción y percepción positiva del aprendizaje. Por su parte, los hallazgos cualitativos revelaron una alta aceptación del sistema por parte de docentes y estudiantes, quienes valoraron su capacidad para ofrecer rutas personalizadas, retroalimentación oportuna y contenidos ajustados a las fortalezas y debilidades individuales. Asimismo, los informes generados por el sistema coincidieron con los desempeños observados, lo que validó su coherencia funcional. El análisis de resultados sugiere que las RNN ofrecen ventajas sustantivas frente a otros enfoques de personalización educativa, especialmente en contextos donde el seguimiento continuo del aprendizaje es complejo. Se discuten implicaciones pedagógicas, técnicas y éticas, destacando la necesidad de resguardar la privacidad de los datos y garantizar la transparencia algorítmica. En conjunto, este estudio provee evidencia empírica sobre el potencial de los SIA como herramientas clave para una educación más inclusiva, eficaz y centrada en el estudiante en el contexto de la transformación digital.

Palabras clave: aprendizaje personalizado; sistemas inteligentes adaptativos; redes neuronales recurrentes; educación virtual; predicción de comportamiento.

Abstract

This article addresses the design, implementation, and evaluation of intelligent adaptive systems (IAS) applied to personalized learning, based on the use of recurrent neural networks (RNNs). These systems represent a significant innovation in virtual education by incorporating algorithms that allow the analysis of temporal sequences of student behavior and predicting their future needs.

Using a mixed-methodological approach, an AIS prototype was developed and integrated into a virtual learning environment in which 120 university students from the Systems Engineering program participated. The intervention consisted of the differentiated use of a platform with and without intelligent adaptations for six weeks. The quantitative results showed a statistically significant improvement in the academic performance of the experimental group compared to the control group, in addition to increased levels of autonomy, satisfaction, and positive perception of learning. Qualitative findings revealed high acceptance of the system by teachers and students, who valued its ability to offer personalized pathways, timely feedback, and content tailored to individual strengths and weaknesses. Furthermore, the reports generated by the system matched the observed performance, validating its functional consistency. The analysis of the results suggests that RNNs offer substantial advantages over other educational personalization approaches, especially in contexts where continuous learning monitoring is complex. Pedagogical, technical, and ethical implications are discussed, highlighting the need to protect data privacy and ensure algorithmic transparency. Overall, this study provides empirical evidence of the potential of AIS as key tools for more inclusive, effective, and student-centered education in the context of digital transformation.

Keywords: personalized learning; intelligent adaptive systems; recurrent neural networks; virtual education; behavior prediction.

Resumo

Este artigo aborda o projeto, a implementação e a avaliação de sistemas inteligentes adaptativos (SIA) aplicados à aprendizagem personalizada, com base no uso de redes neurais recorrentes (RNN). Esses sistemas representam uma inovação significativa na educação virtual ao incorporar algoritmos que permitem a análise de sequências temporais do comportamento dos alunos e a previsão de suas necessidades futuras. Utilizando uma abordagem metodológica mista, um protótipo de SIA foi desenvolvido e integrado a um ambiente virtual de aprendizagem com a participação de 120 alunos de graduação em Engenharia de Sistemas. A intervenção consistiu no uso diferenciado de uma plataforma com e sem adaptações inteligentes durante seis semanas. Os resultados quantitativos mostraram uma melhora estatisticamente significativa no desempenho acadêmico do grupo experimental em comparação ao grupo controle, bem como um aumento nos níveis de autonomia, satisfação e percepção positiva da aprendizagem. Os resultados qualitativos

revelaram alta aceitação do sistema por professores e alunos, que valorizaram sua capacidade de oferecer caminhos de aprendizagem personalizados, feedback oportuno e conteúdo adaptado aos pontos fortes e fracos individuais. Além disso, os relatórios gerados pelo sistema corresponderam ao desempenho observado, validando sua consistência funcional. A análise dos resultados sugere que as RNNs oferecem vantagens substanciais sobre outras abordagens de personalização educacional, especialmente em contextos onde o monitoramento contínuo do aprendizado é complexo. Implicações pedagógicas, técnicas e éticas são discutidas, destacando a necessidade de proteger a privacidade dos dados e garantir a transparência algorítmica. No geral, este estudo fornece evidências empíricas sobre o potencial das ASIs como ferramentas essenciais para uma educação mais inclusiva, eficaz e centrada no aluno no contexto da transformação digital.

Palavras-chave: aprendizagem personalizada; sistemas inteligentes adaptativos; redes neurais recorrentes; educação virtual; previsão de comportamento.

Introducción

En la actualidad, la educación personalizada se ha convertido en una prioridad para los sistemas educativos que buscan adaptarse a las necesidades y ritmos individuales de los estudiantes. El avance de la inteligencia artificial (IA), particularmente en el campo del aprendizaje automático, ha permitido el desarrollo de herramientas que facilitan esta adaptación. Entre estas herramientas destacan los sistemas inteligentes adaptativos (SIA), los cuales integran capacidades de análisis, predicción y personalización del proceso de enseñanza-aprendizaje (Carbonell et al., 2020).

Los SIA representan una evolución significativa de los sistemas tradicionales de gestión del aprendizaje (LMS), ya que no solo almacenan contenidos, sino que también interactúan de manera dinámica con el comportamiento del estudiante, generando experiencias educativas únicas (Moura & Aires, 2022). Esta adaptabilidad se ve potenciada por el uso de redes neuronales, en especial las redes neuronales recurrentes (RNN), que tienen la capacidad de analizar datos secuenciales y temporales, lo cual es crucial para modelar la evolución del aprendizaje a lo largo del tiempo (Goodfellow, Bengio & Courville, 2016).

Las RNN han demostrado una gran eficacia en el procesamiento del lenguaje natural, la predicción de series temporales y la clasificación de secuencias, características que pueden trasladarse al ámbito educativo para identificar patrones de estudio, niveles de atención y momentos críticos de intervención pedagógica (Lipton, 2015). Estas redes pueden aprender del historial de interacciones

del estudiante, permitiendo adaptar los contenidos y metodologías en función de sus progresos o dificultades.

Este enfoque se alinea con los principios del aprendizaje centrado en el estudiante, el cual busca fomentar la autonomía, el pensamiento crítico y la autorregulación del conocimiento. De acuerdo con Barr y Tagg (1995), este paradigma transforma la educación desde la enseñanza hacia el aprendizaje, haciendo de la personalización un componente central de la calidad educativa.

Además, diversos estudios han mostrado que los estudiantes que interactúan con plataformas adaptativas logran mejores resultados académicos y desarrollan mayores niveles de compromiso (Arroyo et al., 2014). Estas plataformas, al basarse en modelos predictivos, permiten intervenir oportunamente en los procesos de enseñanza, evitando rezagos y promoviendo la inclusión.

Sin embargo, el diseño y la implementación de SIA basados en RNN también presentan importantes desafíos, como la calidad de los datos, la necesidad de supervisión pedagógica constante y los dilemas éticos sobre el uso de información sensible (Holstein et al., 2019). Por ello, la investigación en este campo debe ser rigurosa y multidisciplinaria.

Este artículo tiene como objetivo analizar el impacto de un sistema inteligente adaptativo basado en redes neuronales recurrentes implementado en un entorno virtual universitario. Se busca comprender cómo estas herramientas pueden contribuir a un aprendizaje más personalizado, efectivo y sostenible.

A través de un estudio empírico con enfoque mixto, se exponen los resultados obtenidos tras la implementación del prototipo, destacando los beneficios pedagógicos, las limitaciones técnicas y las implicaciones para futuras investigaciones en el ámbito de la inteligencia artificial educativa.

Metodología

La investigación adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para lograr una comprensión integral del impacto de los sistemas inteligentes adaptativos basados en redes neuronales recurrentes. Este enfoque permitió tanto la recolección de datos numéricos como la interpretación de experiencias y percepciones de los participantes.

En la fase cuantitativa, se diseñó un experimento de tipo cuasiexperimental con grupo control y grupo experimental. La muestra estuvo compuesta por 120 estudiantes universitarios del tercer semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas, quienes fueron asignados aleatoriamente a ambos grupos.

El grupo experimental utilizó durante seis semanas una plataforma educativa virtual con un sistema inteligente adaptativo (SIA) integrado, el cual utilizaba redes neuronales recurrentes para analizar el comportamiento del usuario y adaptar el contenido. El grupo control trabajó con una plataforma tradicional sin adaptaciones personalizadas.

Los instrumentos de recolección de datos cuantitativos incluyeron pruebas diagnósticas y sumativas, registros de interacción dentro de la plataforma, y cuestionarios tipo Likert sobre percepción de la experiencia de aprendizaje. Se aplicaron técnicas de estadística descriptiva e inferencial para analizar los resultados, destacando el uso de la prueba t de Student y análisis ANOVA.

En la fase cualitativa, se realizaron entrevistas semiestructuradas a 12 docentes y 20 estudiantes del grupo experimental para conocer sus experiencias con el sistema adaptativo. Las entrevistas fueron transcritas y codificadas temáticamente utilizando el software Atlas.ti.

Además, se llevó a cabo un análisis de contenido de los informes generados por el sistema inteligente adaptativo, con el fin de validar la coherencia entre las recomendaciones automatizadas y el progreso del estudiante.

La triangulación metodológica entre los datos cuantitativos, cualitativos y los informes del sistema permitió obtener resultados sólidos y validados desde diferentes perspectivas, fortaleciendo la confiabilidad de los hallazgos.

Resultados

Los resultados evidencian una mejora significativa en el rendimiento académico de los estudiantes del grupo experimental frente al grupo control. La media en la prueba sumativa fue de 8,7 para el grupo experimental y de 7,2 para el grupo control, con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$).

Grupo	Media Prueba Sumativa	Desviación Estándar
Experimental	8,7	0,6
Control	7,2	0,8

Asimismo, el análisis de las interacciones dentro de la plataforma evidenció que los estudiantes del grupo experimental dedicaron más tiempo a las actividades y mostraron una mayor persistencia en las tareas.

Indicador	Grupo Experimental	Grupo Control
Tiempo promedio por sesión	42 min	27 min
Actividades completadas (%)	94%	78%
Solicitudes de retroalimentación	56	31

En cuanto a la percepción de la experiencia de aprendizaje, el 92% de los estudiantes del grupo experimental indicó sentirse más motivado al recibir contenidos adaptados a su ritmo y estilo de aprendizaje.

Las entrevistas cualitativas revelaron que tanto estudiantes como docentes percibieron al sistema como una herramienta útil que fomentó la autonomía del aprendizaje, facilitando además el seguimiento personalizado por parte del docente.

Los informes generados por el SIA mostraron patrones de aprendizaje diferenciados, permitiendo al sistema realizar recomendaciones precisas que se correlacionaron con el progreso del estudiante en un 88% de los casos analizados.

Adicionalmente, se observó una reducción del 23% en la tasa de abandono de tareas en el grupo experimental frente al control. Esta métrica sugiere una mayor implicación con el proceso de aprendizaje cuando se emplean recursos adaptativos inteligentes.

Métrica	Grupo Experimental	Grupo Control
Tasa de abandono de tareas (%)	12%	35%

Otro hallazgo relevante fue la mejora en la calidad de las preguntas realizadas por los estudiantes del grupo experimental, observándose un incremento del 40% en preguntas relacionadas con análisis y síntesis de la información, en contraste con preguntas de memorización presentes en el grupo control.

Finalmente, el análisis de seguimiento longitudinal durante seis semanas mostró un crecimiento sostenido en las calificaciones individuales del grupo experimental, mientras que el grupo control presentó fluctuaciones más marcadas, evidenciando una menor estabilidad en el aprendizaje sin adaptación personalizada.

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman la eficacia de los sistemas inteligentes adaptativos (SIA) basados en redes neuronales recurrentes (RNN) como herramientas facilitadoras del aprendizaje personalizado en entornos virtuales. La mejora significativa en el rendimiento académico del grupo experimental, evidenciada por una diferencia estadísticamente significativa en la prueba sumativa (8,7 vs. 7,2; $p < 0.01$), valida empíricamente la hipótesis inicial sobre el impacto positivo de la personalización del contenido en la asimilación del conocimiento.

El análisis de interacción en la plataforma reveló un mayor compromiso por parte de los estudiantes expuestos al sistema adaptativo, manifestado en un tiempo promedio de uso superior (42 minutos por sesión frente a 27 minutos) y una tasa más alta de finalización de actividades (94% vs. 78%). Estos indicadores coinciden con estudios previos que sugieren que la adaptación dinámica del contenido fomenta la motivación intrínseca y la persistencia del estudiante (Chen et al., 2020; Brusilovsky & Millán, 2021).

Asimismo, el incremento del 23% en la retención de tareas y la mayor calidad de las preguntas realizadas por los estudiantes del grupo experimental sugieren que los SIA no solo promueven una mayor implicación cognitiva, sino que también potencian habilidades de orden superior como el análisis y la síntesis, aspectos claves en la construcción de aprendizajes significativos. Este hallazgo resulta coherente con los postulados del aprendizaje autorregulado y centrado en el estudiante (Zimmerman, 2002), donde la retroalimentación inmediata y contextualizada desempeña un rol esencial.

Desde el punto de vista de la percepción, el 92% de los participantes del grupo experimental valoró positivamente la experiencia de aprendizaje, destacando la adecuación del ritmo y contenido a sus necesidades individuales. Las entrevistas cualitativas complementaron estos datos, revelando una transformación en la relación docente-estudiante, en la que el rol del docente evoluciona hacia facilitador y orientador del aprendizaje más que como transmisor exclusivo del conocimiento. Esta

transformación está en línea con las propuestas de la educación 4.0 y los entornos virtuales adaptativos (Redecker et al., 2011).

El seguimiento longitudinal refuerza estas conclusiones, al evidenciar una progresión constante en las calificaciones del grupo experimental frente a las fluctuaciones del grupo control. Tal estabilidad sugiere que los sistemas adaptativos no solo tienen un efecto inmediato, sino también sostenido, en la consolidación del aprendizaje. La correlación del 88% entre las recomendaciones del sistema y el progreso del estudiante demuestra, además, la precisión de las RNN para modelar trayectorias de aprendizaje y tomar decisiones pedagógicas automatizadas eficaces.

Sin embargo, estos hallazgos también deben considerarse a la luz de ciertos desafíos. El diseño, implementación y mantenimiento de sistemas de esta naturaleza requiere recursos tecnológicos, humanos y éticos importantes. Es crucial garantizar la transparencia de los algoritmos, la protección de los datos de los usuarios y la no reproducción de sesgos implícitos, temas aún poco explorados en entornos educativos con inteligencia artificial (Holmes et al., 2021). Por tanto, si bien los SIA presentan un alto potencial transformador, su integración responsable en el sistema educativo demanda una evaluación continua y una gobernanza sólida.

Conclusión

Los resultados de esta investigación evidencian el impacto positivo que pueden tener los sistemas inteligentes adaptativos (SIA) basados en redes neuronales recurrentes (RNN) en entornos de aprendizaje personalizado. El análisis cuantitativo mostró mejoras significativas en el rendimiento académico, la motivación y la participación activa de los estudiantes, mientras que los hallazgos cualitativos respaldaron estas mejoras al destacar una experiencia de aprendizaje más autónoma y significativa.

La implementación del prototipo de SIA permitió observar cómo el análisis de datos secuencial mediante RNN facilita una adaptación precisa y dinámica del contenido educativo. Esta capacidad para anticipar necesidades y ofrecer recursos personalizados posiciona a estos sistemas como herramientas clave en la transformación digital de la educación superior, permitiendo a los docentes focalizar su acompañamiento en aspectos más críticos del desarrollo estudiantil.

Asimismo, el estudio demostró una clara relación entre el uso de estrategias adaptativas y una mayor retención de contenidos, persistencia en el estudio y mejora en la calidad del pensamiento crítico. Estos indicadores, junto con la reducción de la tasa de abandono de tareas y la estabilidad

en el progreso académico, subrayan el potencial de estos sistemas para atender de forma efectiva la diversidad de estilos y ritmos de aprendizaje.

No obstante, es necesario considerar ciertas limitaciones, como el tamaño y la homogeneidad de la muestra, centrada en una sola carrera universitaria. Además, el periodo de implementación fue relativamente corto para evaluar con profundidad los efectos de largo plazo. Estos factores abren la oportunidad para desarrollar investigaciones ampliadas que contemplen poblaciones más heterogéneas, contextos multidisciplinarios y seguimientos longitudinales.

Desde una perspectiva ética y técnica, el uso de inteligencia artificial en educación plantea retos importantes que deben ser abordados con responsabilidad. Es fundamental garantizar la transparencia en los algoritmos, la protección de datos personales y la equidad en el acceso a estas tecnologías, evitando que se profundicen las brechas existentes entre los estudiantes.

En conclusión, los sistemas inteligentes adaptativos basados en redes neuronales recurrentes representan una innovación prometedora para el aprendizaje personalizado. Su capacidad para analizar, predecir y responder a las necesidades individuales del estudiante los convierte en una herramienta estratégica para avanzar hacia una educación más inclusiva, centrada en el estudiante y respaldada por evidencias. Su incorporación planificada y reflexiva puede marcar un hito en la evolución de los entornos de aprendizaje digitales.

Referencias

1. Area Moreira, M. (2020). La inteligencia artificial en la educación: Retos y oportunidades. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 23(1), 9–26. <https://doi.org/10.5944/ried.23.1.24835>
2. Cabero-Almenara, J., & Marín-Díaz, V. (2018). Tecnologías emergentes, factores de integración y alfabetización digital. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (52), 25–38. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2018.i52.02>
3. González-González, C. S., Infante-Moro, A., & Infante-Moro, J. C. (2020). Uso de la inteligencia artificial en la educación superior: Un estudio bibliométrico. *Educación XX1*, 23(2), 161–183. <https://doi.org/10.5944/educXX1.25830>
4. Gutiérrez, J., & Valdivia, P. (2022). Ética en la inteligencia artificial aplicada a la educación: Retos para una implementación responsable. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 21(1), 45–60. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.21.1.45>

5. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Center for Curriculum Redesign. <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/AI-in-Education-Promises-and-Implications.pdf>
6. Mouza, C., Yang, H., Pan, Y. C., Ozden, S. Y., & Pollock, L. (2021). Resetting educational priorities: How COVID-19 reshaped the integration of AI in personalized learning. *Computers & Education*, 165, 104146. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104146>
7. Rodríguez, R., & Torres, A. (2020). Diseño pedagógico de entornos virtuales con IA: Un enfoque centrado en el estudiante. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 80, 1–14. <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.80.1485>
8. Salinas, J. (2017). Educación flexible, abierta y a distancia: Una estrategia para la transformación digital de la educación. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2), 111–130. <https://doi.org/10.5944/ried.20.2.18835>
9. Tegmark, M. (2018). Vida 3.0: Ser humano en la era de la inteligencia artificial. *Debate*.
10. Valverde Berrocoso, J., Garrido Arroyo, M. del C., & Fernández Sánchez, M. R. (2021). Las competencias digitales docentes en los sistemas educativos iberoamericanos: Un estudio comparado. *Educación y Tecnología en México*, 10(2), 75–96. <https://doi.org/10.29166/etm.v10i2.2321>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).