Revista Micaela
ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 5 Num. 2 (2024) - Publicado: 22/03/24
DOI: 10.57166/micaela.v5.n2.2024
Páginas: 25 - 32
Recibido 20/08/2024; Aceptado 04/09/2024

https://doi.org/10.57166/micaela.v5.n2.2024.153

Autores:

1. ORCID iD https://orcid.org/0009-0002-7537-3023
Laura Astrid Quiroz-Cerón, Egresada en Ingeniería Informática y Sistemas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 182223@unamba.edu.pe.

2. ORCID iD https://orcid.org/0009-0003-0944-0846
Melitza Graciela Alvites-Leòn, Egresada en Ingeniería Informática y Sistemas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 182184@unamba.edu.pe.

3. ORCID iD https://orcid.org/0000-0002-2552-5669
Mario Aquino-Cruz, Docente en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac Perú.
maquino@unamba.edu.pe

Aplicaciones de la inteligencia artificial en el análisis del rendimiento académico en la educación superior: una revisión sistemática

Applications of artificial intelligence in the analysis of academic performance in higher education: a systematic review

Laura Astrid Quiroz-Ceron[1], Melitza Graciela Alvites-Leon [2] y Mario Aquino-Cruz [3]

Resumen. La inteligencia artificial (IA) está en constante evolución, y su aplicación en el análisis del rendimiento académico es clave para mejorar la calidad educativa y apoyar la toma de decisiones. Esta investigación realiza una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de técnicas de IA, como machine learning y deep learning, en el análisis del rendimiento académico en universidades e institutos. Se revisaron artículos publicados entre 2020 y 2024 en bases de datos como Science Direct, Scopus e IEEE Xplore. Los estudios muestran que algoritmos como KNN, redes neuronales profundas (DNN) y árboles de decisión son efectivos para identificar patrones en grandes volúmenes de datos, con DNN alcanzando una precisión más efectiva. La IA mejora la precisión y eficiencia en la evaluación del rendimiento, y se discuten sus implicaciones, limitaciones y futuras direcciones de investigación.

Palabras Clave: Educación superior, inteligencia artificial, modelos predictivos. rendimiento académico.

Abstract. Artificial intelligence (AI) is constantly evolving, and its application in the analysis of academic performance is key to improving educational quality and supporting decision making. This research carries out a systematic review of the literature on the use of AI techniques, such as machine learning and deep learning, in the analysis of academic performance in universities and institutes. Articles published between 2020 and 2024 were reviewed in databases such as Science Direct, Scopus and IEEE Xplore. Studies show that algorithms such as KNN, deep neural networks (DNN), and decision trees are effective at identifying patterns in large volumes of data, with DNN achieving more effective accuracy. AI improves accuracy and efficiency in performance evaluation, and its implications, limitations, and future research directions are discussed.

Keywords: Higher education, artificial intelligence, predictive models. academic performance.

1 Introducción

La inteligencia artificial (IA) se refiere al campo de estudio enfocado en el desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Estos sistemas utilizan algoritmos y técnicas que les permiten resolver problemas complejos, adaptarse a situaciones nuevas, tomar decisiones y aprender de la experiencia[1]. La IA se ha consolidado como una herramienta indispensable para diversas organizaciones, tanto públicas como privadas. Su propósito es mejorar capacidades humanas como la creatividad, la imaginación, el reconocimiento de patrones y la comprensión[2]. El rendimiento académico en estudiantes universitarios se refiere a la evaluación de su desempeño a través de varios indicadores, como la tasa de éxito, la eficiencia en el avance de los estudios y la satisfacción con la carrera. A diferencia de los niveles preuniversitarios, en los que las calificaciones son el principal indicador, en la universidad se consideran otros factores como el abandono de asignaturas, la duración de los estudios y la conciliación con

CC BY NC ND

OPEN ACCESS

actividades laborales[3]. El rendimiento académico de los estudiantes universitarios es un factor esencial para evaluar la calidad educativa en la enseñanza superior, ya que refleja el éxito del proceso formativo en dicho nivel[4]. La influencia de la inteligencia artificial (IA) en el aprendizaje de los estudiantes genera tanto expectativas como interrogantes. "El área de la educación, que es sensible a los cambios en la sociedad ya que avanza a la par de la misma, también se encuentra atravesando dicha tendencia ineluctable de adaptación a las novedosas comunidades de interacción tecnológica; proceso que está orientado a nuevas tendencias y perfiles en relación a las nuevas propuestas en el sector"[5]. A pesar de estos avances han transformado profundamente la educación, es crucial evaluar si el uso de la inteligencia artificial (IA) por parte de los estudiantes de nivel superior representa una ventaja o desventaja para su rendimiento académico. Es fundamental analizar cómo estas tecnologías impactan el entorno de aprendizaje y si su implementación influye de manera positiva o negativa su desarrollo académico y personal. Las investigaciones actuales muestran un creciente interés en explorar la aplicación de la IA en distintos campos del conocimiento, como la educación. De hecho, estudios recientes han destacado los beneficios de la IA en el ámbito de la educación superior[6]. El análisis de la inteligencia artificial aplicada a la educación ha estado en desarrollo a nivel internacional durante décadas, pero ha avanzado considerablemente en los últimos diez años, impulsado por técnicas como el aprendizaje automático (machine learning), que incluye la minería de datos educativos y el análisis de datos en el ámbito educativo[7].

La IA se está convirtiendo en un componente clave en la educación superior, mostrando un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes. Las instituciones que implementan tecnologías de IA reportan mejoras en la personalización del aprendizaje y la retención de conocimientos, contribuyendo así a una experiencia educativa más efectiva[8]. Este impacto ha sido respaldado por importantes iniciativas globales, como los programas marco de investigación e innovación de la Unión Europea, Horizonte 2020 y su sucesor Horizonte Europa, que tienen como objetivo fortalecer las bases científicas y tecnológicas y fomentar la competitividad. Con un presupuesto de 95.517 millones de euros para el periodo 2021-2027, Horizonte Europa está impulsando la aplicación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial en diversos sectores, incluida la educación superior, con el fin de generar beneficios significativos en el rendimiento académico y en el proceso de enseñanza-aprendizaje, consolidando así el liderazgo europeo en investigación e innovación[9].

El objetivo del presente artículo es realizar una revisión sistemática sobre las aplicaciones de la inteligencia artificial, como machine learning, deep learning, y otras técnicas avanzadas, en el análisis del rendimiento académico en la educación superior. Para ello, se ha seguido la metodología propuesta por Barbara Kitchenham, seleccionando estudios relevantes en los que se empleen dichas técnicas para evaluar y predecir el rendimiento de los estudiantes. En la sección de resultados, se sintetiza y discute la información obtenida de los estudios seleccionados. Finalmente, las conclusiones extraídas pretenden proporcionar una base sólida para futuras investigaciones en la aplicación de inteligencia artificial para abordar los desafíos relacionados con el rendimiento académico, motivando a los investigadores a explorar más a fondo este campo

2 Método

2.1 Tipo y nivel de investigación

El trabajo de investigación es de tipo aplicada ya que se basa en el análisis de datos textuales y de nivel descriptivo porque busca describir, sintetizar y analizar los hallazgos de investigaciones previas sobre la aplicación de la inteligencia artificial para analizar el rendimiento académico en la educación superior.

2.2 Procedimiento

En el presente artículo se presenta la revisión sistemática de la literatura (RSL) sobre la aplicación de la inteligencia artificial para analizar el rendimiento académico en la educación superior, el cual tiene como objetivo sintetizar y analizar críticamente la evidencia disponible sobre el tema elegido a investigar. Para el desarrollo de este artículo se tomó como base la metodología propuesta por Barbara Kitchenham que implica realizar un conjunto de actividades enmarcadas en tres fases que son: Planificación, conducción y presentación siguiendo el esquema propuesto[10].

2.2.1 Planificación

a) Preguntas de investigación

En base al propósito del presente artículo se plantean las siguientes preguntas de investigación.

- ¿Qué beneficios y limitaciones presenta la integración de la inteligencia artificial del rendimiento académico en la educación superior?
- ¿Qué herramientas o métodos de inteligencia artificial se han aplicado para estudiar y analizar el rendimiento académico en la educación superior?
- ¿Cuáles son los países con mayor número de artículos publicados?

CC BY NC ND
OPEN ACCESS

- ¿Cómo han evolucionado las investigaciones sobre la inteligencia artificial en el análisis del rendimiento académico en la educación superior en la educación superior desde el 2020 al 2024?

b) Proceso de búsqueda

Se identificaron las palabras clave que se encuentran en los títulos y resúmenes de los artículos. Estas palabras se combinaron de distintas maneras, utilizando términos principales y secundarios. Para las búsquedas se emplearon los operadores lógicos AND y OR.

- Población (P): "Higher Education," OR "University"
- Intervención (I): "Machine learning" OR "Deep Learning".
- Comparación (C): No aplica.
- Resultados (O): "Academic Performance" OR "Student Success".
- Contexto (C) "Intelligence Artificial".

c) Criterios de exclusión e inclusión

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión (IC):	Criterios de exclusión (EC):
• Los artículos científicos deben estar relacionados con la aplicación de la inteligencia artificial para predecir y/o analizar el rendimiento académico de estudiantes de educación superior.	• Artículos científicos que estaban relacionados con la aplicación de la inteligencia artificial para predecir y/o analizar el rendimiento académico de estudiantes de jardines, escuelas o colegios.
• Los artículos científicos deben cubrir todo el ámbito de la educación superior, incluyendo universidades como también institutos, sin distinción del país, la institución, las carreras o las profesiones.	• Artículos cuyo título no tenga relación con el objeto de estudio.
• Artículos que contengan las palabras clave de la búsqueda en el título o resumen.	• Artículos repetidos.
• Artículos publicados desde el 2020 en adelante.	• Artículos publicados antes del 2020.
• Artículos publicados en revistas o conferencias.	
• Artículos científicos accesibles en su totalidad.	
• Artículos disponibles en idioma inglés o español	

d) Selección de fuente de búsqueda

Se seleccionaron 3 fuentes de búsqueda las cuales fueron escogidas debido a su accesibilidad y admisión de consultas avanzadas.

Tabla 2. Fuentes de base de datos

Fuente	Artículos encontrados
Science Direct https://www.sciencedirect.com/	433
IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/	117
Scopus https://www.scopus.com/	110
TOTAL	660

e) Cadenas de búsqueda

Se consideró las palabras clave en base a lo aplicado en el método PICOC, se utilizó los operadores lógicos "AND/OR" con la finalidad de generar las cadenas de búsqueda. La herramienta Parsifal generó la cadena de búsqueda general, la misma que se modificó de acuerdo a cada base de datos y todas las palabras clave se definieron en idioma inglés.

CC BY NC ND

OPEN ACCESS

- **Parsifal**

("Artificial Intelligence" OR “AI” OR "Machine Learning”) AND ("Academic Performance" OR "Student Success”) AND ("Higher Education" OR "University”)

- **Science Direct**

("Artificial Intelligence" OR “AI” OR "Machine Learning”) AND ("Academic Performance" OR "Student Success”) AND ("Higher Education" OR "University”)

Al realizar la búsqueda se hizo filtro manual del año de publicación a partir del 2020 hasta el 2024 y se seleccionó las áreas en ingeniería y ciencias de la computación.

- **Scopus**

TITLE-ABS-KEY (("Artificial Intelligence" OR “AI” OR "Machine Learning" OR "Deep Learning") AND ("Academic Performance" OR "Student Success") AND ("Higher Education" OR "University")) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE,"cp")) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA,"COMP") OR LIMIT-TO(SUBJAREA,"EDUC")) AND (LIMIT-TO(PUBYEAR,2024) OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2023) OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2022) OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2021) OR LIMIT-TO(PUBYEAR,2020))

- **IEEE Xplore**

(("Artificial Intelligence" OR "AI" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning") AND ("Academic Performance" OR "Student Success") AND ("Higher Education" OR "University"))

2.2.2 Desarrollo

a) Búsqueda de artículos

Se hizo la búsqueda en cada una de las bases de datos seleccionadas (IEEE Xplore, Science Direct y Scopus), donde se obtuvieron 660 artículos de los cuales se excluyeron los artículos que no cumplían con los criterios de inclusión, y quedando finalmente 20 artículos para la revisión respectiva.

b) Selección de artículos definitivos para el análisis de información

La selección se realizó siguiendo las directrices de la metodología de Barbara Kitchenham, en la cual los artículos deben ser evaluados a través de una serie de preguntas de calidad para determinar su relevancia y adecuación al objetivo de la investigación. No obstante, dado que se encontraron únicamente 20 artículos y todos cumplían con los criterios de inclusión establecidos, se decidió incluir los 20 artículos para el análisis de la información.

c) Análisis y clasificación de la información

Al observar la figura anterior se puede decir lo siguiente:

- La fuente de información Scopus con 16.7% obtiene el menor porcentaje de artículos hallados sobre el tema de revisión, de este grupo se seleccionaron los siguientes artículos para la revisión exhaustiva [11][12][13][14].
- IEEE Xplore obtiene el 17.7% de nivel de aporte para el presente artículo. De este grupo se seleccionaron [15][16][17][18][19].
- Science Direct obtiene 65.6% de nivel de aporte para el presente artículo, de este grupo se seleccionó [20] [21][22][23][24][25][26][27][28][29][30].

3 Resultados

Fig. 1. Distribución de artículos encontrados por base de datos

La revisión llevada a cabo proporcionó respuestas a las preguntas de investigación que se formularon. Los hallazgos revelan que la base de datos más relevante en este contexto es Science Direct. Además, se observó que el año 2022 se destaca como el periodo con la mayor cantidad de artículos publicados, lo que indica un creciente interés en el uso de

CC BY NC ND
OPEN ACCESS

la inteligencia artificial para analizar el rendimiento académico. A continuación, se presentan las respuestas a las preguntas propuestas de acuerdo al análisis de cada artículo de investigación.

¿Qué beneficios y limitaciones presenta la integración de la inteligencia artificial del rendimiento académico en la educación superior?

- **Beneficios:** Capacidad de predicción de problemas académicos de alta precisión, identificando a estudiantes en riesgo y facilitando intervenciones preventivas, optimiza la personalización del aprendizaje y la asignación de recursos, además de promover decisiones basadas en datos, lo que es clave para la planificación educativa. Técnicas como redes neuronales, arboles de decisión y algoritmos de ensamblaje generan modelos precisos que respaldan el éxito estudiantil y aumentan la eficiencia en el proceso educativo.
- **Limitaciones**: dependencia crítica de la calidad de los datos, ya que modelos inexactos pueden resultar de datos incompletos, sesgados o poco representativos, problemas de privacidad y ética y desigualdad en el acceso a la tecnología

¿Qué herramientas o métodos de inteligencia artificial se han aplicado para estudiar y analizar el rendimiento académico en la educación superior?

Las siguientes investigaciones aplican redes neuronales artificiales (RNA) y algoritmos supervisados para predecir el rendimiento académico, pero difieren en sus contexto, metodologías y resultados. En [18] utilizó redes neuronales supervisadas con Python y TensorFlow), entrenando un modelo con datos de 72,010 estudiantes para predecir el promedio final del bachillerato, alcanzando una precisión de hasta el 96%. En [11] empleó (RNA), metodología CRISP-DM y Matlab con los algoritmos de Levenberg-Marquardt y Scaled Conjugate Gradient recolectando datos de 66 estudiantes de Ingeniería Civil mediante encuestas, con el 85% de los datos para el entrenamiento para predecir el rendimiento en la asignatura de Matemática II. El modelo mostró un buen ajuste según el error cuadrático medio (MSE) y el coeficiente de correlación (R). En [23] Se utilizó las redes neuronales profundas en concreto el modelo BiLSTM (Long Short-Term Memory bidireccional) alcanzando una precisión del 90.16%. Este enfoque supera a los métodos tradicionales de aprendizaje automático.

Estas investigaciones coinciden en el uso de árboles de decisión. [28] Empleo modelos como redes neuronales profundas (DNN), árbol de decisión, regresión logística, SVC y KNN, junto con técnicas de muestreo para manejar el desequilibrio en los datos. Con 4266 registros y validación cruzada, el modelo DNN fue el más preciso con una exactitud del 89%. [19] El estudio utilizó algoritmos de aprendizaje automático como Perceptrón, KNN, Árbol de decisión y SVM, implementados en Python, para predecir el rendimiento académico de 1620 estudiantes. Se aplicaron métodos de selección de características como Chi-cuadrado y RFE, destacando variables como edad, género y puntajes ICFES en matemáticas. Los mejores resultados se obtuvieron con Perceptrón y SVM, logrando una exactitud del 66%. [21] empleó Máquina de Vectores de Soporte (SVM), Árbol de Decisión, Naïve Bayes y KNN para predecir el rendimiento académico de 32,005 estudiantes, logrando una precisión del 96.0% con el modelo SVM, que demostró ser el más eficaz. [29] empleo modelos predictivos para evaluar el rendimiento académico de 260 estudiantes universitarios, utilizando naive Bayes, KNN, y árbol de decisión. Los modelos se construyeron con datos de 14 actividades académicas. Los resultados mostraron una exactitud máxima de 81.25% con naive Bayes, y una identificación temprana de estudiantes en riesgo con un 70.5% de exactitud.
La mayoría de investigaciones coincidieron en el uso de técnicas de muestreo como SMOTE, ROS, ADASYN y SMOTE-ENN. algoritmos de aprendizaje automático (Naive Bayes, máquinas de soporte vectorial con kernel lineal y regresión logística) árboles de decisión, KNN, LDA.g, algoritmos de random forests. Siendo DNN el método que obtuvo mejores resultados en la mayoría de investigaciones

¿Cuáles son los países con mayor número de artículos publicados?
Los países con mayor número de artículos publicados son Colombia y Pakistán y Perú tal como se muestra en la siguiente figura:

CC BY NC ND

OPEN ACCESS

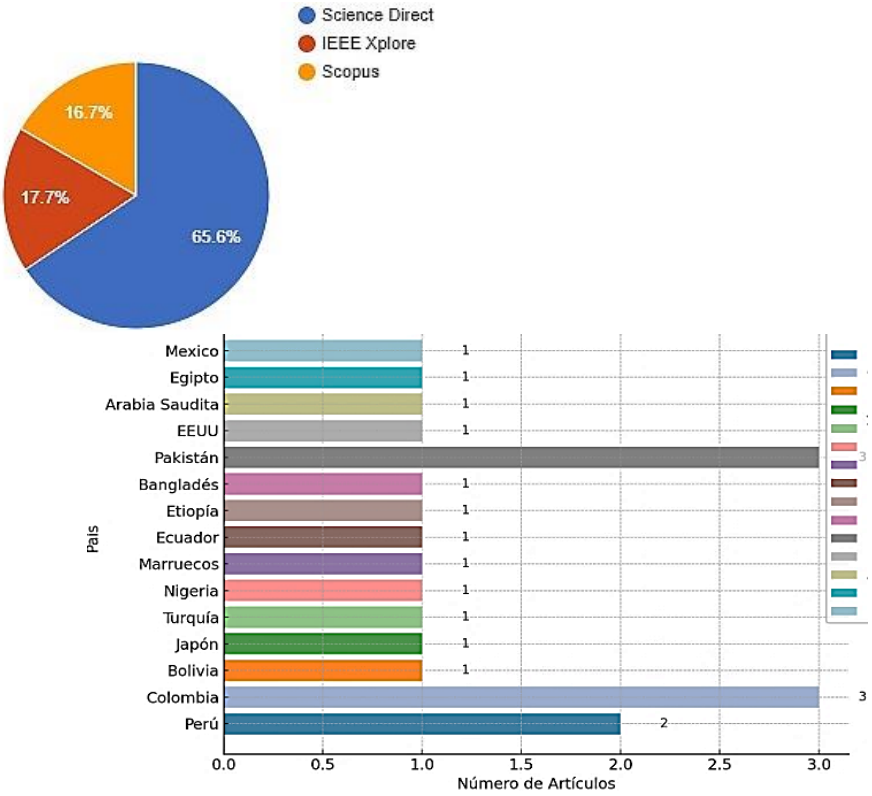

Fig. 2. Número de artículos publicados por país

¿Cómo han evolucionado las investigaciones sobre la inteligencia artificial en el análisis del rendimiento académico en la educación superior en la educación superior desde el 2020 al 2024?

Las investigaciones sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el análisis del rendimiento académico en la educación superior han mostrado una tendencia de crecimiento en los últimos años. Sin embargo, en 2023 y 2024, la cantidad de estudios ha permanecido estable. De los 20 artículos seleccionados, la distribución por año es la siguiente: 2020 con 15%, 2021 con 20%, 2022 con 35%, 2023 con 15%, y 2024 también con 15%.

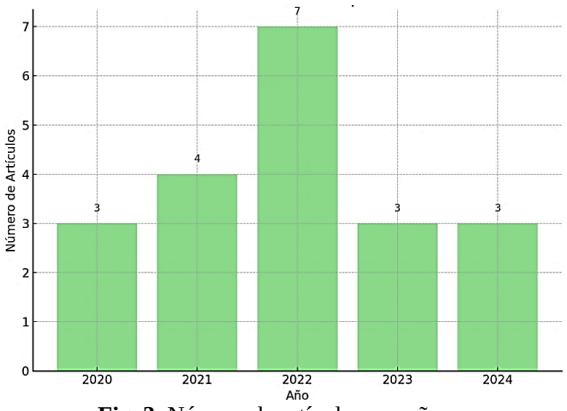

Fig. 3. Número de artículos por año

4 Discusiones y conclusiones

La revisión sistemática confirma que la inteligencia artificial, especialmente mediante técnicas de machine learning y deep learning, está transformando el análisis del rendimiento académico en la educación superior. Algoritmos avanzados como KNN, redes neuronales profundas (DNN), XGBoost, Naive Bayes y árboles de decisión han demostrado ser eficaces al identificar patrones complejos en grandes volúmenes de datos, mejorando la precisión en la predicción de estudiantes en riesgo. Los modelos de ensamblaje, como el stacking, también han mejorado el rendimiento predictivo. Sin embargo, para que estas tecnologías sean efectivas, es esencial que las instituciones educativas combinen las herramientas tecnológicas con la intervención humana, ya que los algoritmos solo pueden identificar a los estudiantes en riesgo, pero la respuesta adecuada requiere una intervención personalizada por parte de los educadores.

CC BY NC ND
OPEN ACCESS

La calidad de los datos es uno de los principales desafíos, ya que los datos sesgados, incompletos o desactualizados afectan la fiabilidad de las predicciones. Además, el manejo de datos personales plantea preocupaciones éticas y de privacidad, que deben ser gestionadas con políticas claras para proteger la confidencialidad. Técnicas como SMOTE han sido útiles para mejorar la precisión en la identificación de estudiantes en riesgo, y metodologías como CRISP-DM proporcionan un marco sólido para aplicar minería de datos en este contexto.

En cuanto a la distribución geográfica de los estudios, países como Colombia, Pakistán y Perú están liderando la investigación en este campo, lo que refleja un creciente interés en mejorar los sistemas educativos mediante la incorporación de tecnologías avanzadas. Además, entre los años 2020 y 2024, se observó un aumento en las investigaciones sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el análisis del rendimiento académico, con un notable crecimiento en 2023 y 2024.

En conclusión, la inteligencia artificial ofrece un gran potencial para mejorar la educación superior, especialmente al permitir una mayor personalización del aprendizaje y la reducción de la deserción académica. Sin embargo, su implementación efectiva requiere superar barreras técnicas y éticas, y es crucial abordar adecuadamente las limitaciones identificadas para maximizar su impacto positivo en el futuro.

5 Biografías

- Laura Astrid Quiroz Ceron, Egresada de Ingeniería Informática y Sistemas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Melitza Graciela Alvites Leon, Egresada de Ingeniería Informática y Sistemas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Mario Aquino Cruz, Docente en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac Perú, MSc. en Informática, investigador en las áreas de informática educativa, IoT, inteligencia artificial y ciberseguridad.

6 Referencias

[1] B. Coppin, *Artificial Intelligence Illuminated*. Canada: Editorial Jones y Bartlett, 2004.

[2] L. J. Gutiérrez Barahona, «IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA TECNOLÓGÍAS DE LA INFORMACIÓN N», Unesum, Jipijapa, 2022.

[3] E. Martín, L. A. García, Á. Torbay, y T. Rodríguez, «Estrategias de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes universitarios», *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, pp. 401-412, 2008.

[4] G. M. Garbanzo Vargas, «Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública», *Revista Educación*, vol. 31, n.º 1, p. 43, abr. 2012, doi: 10.15517/revedu.v31i1.1252.

[5] Y. Ocaña-Fernández, L. A. Valenzuela-Fernández, y L. L. Garro-Aburto, «Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior», *Propósitos y Representaciones*, vol. 7, n.º 2, pp. 536-568, ene. 2019, doi: 10.20511/pyr2019.v7n2.274.

[6] H. Crompton y D. Burke, «Artificial intelligence in higher education: the state of the field», *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 20, n.º 1, p. 22, abr. 2023, doi: 10.1186/s41239-023-00392-8.

[7] C. S. González-González, «El impacto de la inteligencia artificial en la educación: transformación de la forma de enseñar y de aprender», *Qurriculum. Revista de Teoría,Investigación y Práctica educativa*, n.º 36, pp. 51-60, 2023, doi: 10.25145/j.qurricul.2023.36.03.

[8] C. A. González-Trejo y K. J. Julián-Ortega, «La inteligencia artificial y su influencia en el rendimiento académico de los estudiantes», *Revista Mexicana de Investigación e Intervención Educativa*, vol. 3, n.º 1, pp. 37-44, ene. 2024, doi: 10.62697/rmiie.v3i1.69.

[9] Horizonteeuropa.es, «Horizonte Europa: nuevo Programa Marco de la UE | Horizonte Europa».

[10] B. Kitchenham, «Procedures for Performing Systematic Reviews», *Keele*, vol. 33, 2004.

[11] F. A. Incio-Flores, D. L. Capuñay-Sanchez, y R. O. Estela-Urbina, «Modelo de red neuronal artificial para predecir resultados académicos en la asignatura Matemática II», *Revista Electrónica Educare*, vol. 27, n.º 1, pp. 1-19, dic. 2022, doi: 10.15359/ree.27-1.14516.

[12] O. D. Castrillón, W. Sarache, y S. Ruiz-Herrera, «Predicción del rendimiento académico por medio de técnicas de inteligencia artificial», *Formación universitaria*, vol. 13, n.º 1, pp. 93-102, feb. 2020, doi: 10.4067/S0718-50062020000100093.

[13] H. F. Mendoza Jurado, «Modelo de aplicación orientada a la Web 4.0 en el rendimiento académico del estudiante en Educación Superior», *Educación Superior*, vol. 8, n.º 2, pp. 39-48, sep. 2021, doi: 10.53287/tjzc9154ou50o.

CC BY NC ND

OPEN ACCESS

[14] P. Sokkhey y T. Okazaki, «Hybrid Machine Learning Algorithms for Predicting Academic Performance», *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, n.º 1, pp. 32-41, 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110104.

[15] M. Yağcı, «Educational data mining: prediction of students' academic performance using machine learning algorithms», *Smart Learning Environments*, vol. 9, n.º 1, pp. 2-19, dic. 2022, doi: 10.1186/s40561-022-00192-z.

[16] L. E. Contreras Bravo, N. Nieves-Pimiento, y K. Gonzalez-Guerrero, «Prediction of University-Level Academic Performance through Machine Learning Mechanisms and Supervised Methods», *Ingeniería*, vol. 28, n.º 1, p. e19514, nov. 2022, doi: 10.14483/23448393.19514.

[17] I. O. Muraina, E. Aiyegbusi, y S. Abam, «Decision Tree Algorithm Use in Predicting Students' Academic Performance in Advanced Programming Course», *International Journal of Higher Education Pedagogies*, vol. 3, n.º 4, pp. 13-23, ene. 2023, doi: 10.33422/ijhep.v3i4.274.

[18] T. Ahajjam, M. Moutaib, H. Aissa, M. Azrour, Y. Farhaoui, y M. Fattah, «Predicting Students' Final Performance Using Artificial Neural Networks», *Big Data Mining and Analytics*, vol. 5, n.º 4, pp. 294-301, dic. 2022, doi: 10.26599/BDMA.2021.9020030.

[19] L. E. Contreras, H. J. Fuentes, y J. I. Rodríguez, «Predicción del rendimiento académico como indicador de éxito/fracaso de los estudiantes de ingeniería, mediante aprendizaje automático», *Formación universitaria*, vol. 13, n.º 5, pp. 233-246, oct. 2020, doi: 10.4067/S0718-50062020000500233.

[20] J. H. Guanin-Fajardo, J. Guaña-Moya, y J. Casillas, «Predicting Academic Success of College Students Using Machine Learning Techniques», *Data (Basel)*, vol. 9, n.º 4, p. 60, abr. 2024, doi: 10.3390/data9040060.

[21] E. Ahmed, «Student Performance Prediction Using Machine Learning Algorithms», *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, vol. 2024, n.º 1, ene. 2024, doi: 10.1155/2024/4067721.

[22] K. Roy y D. Md. Farid, «An Adaptive Feature Selection Algorithm for Student Performance Prediction», *IEEE Access*, vol. 12, pp. 75577-75598, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3406252.

[23] B. K. Yousafzai *et al.*, «Student-performulator: Student academic performance using hybrid deep neural network», *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, n.º 17, sep. 2021, doi: 10.3390/su13179775.

[24] S. Sarwat *et al.*, «Predicting Students' Academic Performance with Conditional Generative Adversarial Network and Deep SVM», *Sensors*, vol. 22, n.º 13, p. 4834, jun. 2022, doi: 10.3390/s22134834.

[25] O. Ojajuni *et al.*, «Predicting Student Academic Performance Using Machine Learning», 2021, pp. 481-491. doi: 10.1007/978-3-030-87013-3_36.

[26] N. A. Butt, Z. Mahmood, K. Shakeel, S. Alfarhood, M. Safran, y I. Ashraf, «Performance Prediction of Students in Higher Education Using Multi-Model Ensemble Approach», *IEEE Access*, vol. 11, pp. 136091-136108, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3336987.

[27] N. M. Alruwais, «Deep FM-Based Predictive Model for Student Dropout in Online Classes», *IEEE Access*, vol. 11, pp. 96954-96970, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3312150.

[28] A. Nabil, M. Seyam, y A. Abou-Elfetouh, «Prediction of Students' Academic Performance Based on Courses' Grades Using Deep Neural Networks», *IEEE Access*, vol. 9, pp. 140731-140746, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3119596.

[29] A. Rico Páez, «Modelos predictivos progresivos del rendimiento académico de estudiantes universitarios», *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 12, n.º 24, may 2022, doi: 10.23913/ride.v12i24.1196.

[30] J. E. Gamboa Unsihuay y J. W. Salinas Flores, «PREDICCIÓN DE LA SITUACIÓN ACADÉMICA EN ALUMNOS DE PREGRADO USANDO ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING.», *Perfiles*, vol. 1, n.º 27, pp. 4-10, feb. 2022, doi: 10.47187/perf.v1i27.142.