

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



Inteligencia artificial aplicada al proceso de aprendizaje en la educación primaria: una revisión sistemática de la literatura

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

AUTOR

Jordan Oxalc Vasquez Fernandez

ASESOR

Karla Cecilia Reyes Burgos

<https://orcid.org/0000-0003-3520-5076>

Chiclayo, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

es.scribd.com

Fuente de Internet

1%

4

www.csic.es

Fuente de Internet

1%

5

octaedro.com

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.ucsg.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

rraae.cedia.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

8

www.pssa.ucdb.br

Fuente de Internet

<1%

9

www.theibfr.com

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen	4
Abstract.....	5
Introducción.....	6
Metodología.....	7
Resultados y discusión	11
Conclusiones.....	17
Referencias	18

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo realizar un análisis de literatura correspondiente a la aplicación de la inteligencia artificial en el proceso de aprendizaje en la educación primaria. Para lo cual, se realizó una revisión sistemática de la literatura de investigaciones relacionadas al tema, publicadas en los últimos cinco años. Se utilizó la metodología de Kitchenham [6], como base para la revisión. Se inició con la búsqueda de la información en cuatro bases de datos especializadas; Scopus, Proquest, IEEE Xplore y ACM Digital Library; de las cuales se obtuvo un gran número inicial de resultados. Los trabajos resultantes fueron sometidos a criterios de inclusión y exclusión, aquellos trabajos que cumplieran con los criterios definidos pasaron a una evaluación de calidad. Posterior a la evaluación de calidad, se obtuvieron doce trabajos definitivos, los mismos que se utilizaron para el análisis final. Del análisis realizado, se identificó que los algoritmos de machine learning y deep learning son las tecnologías más utilizadas para el desarrollo de las soluciones, de las cuales, en su mayoría estaban enfocadas en las áreas de aprendizaje personalizado y acompañamiento de aprendizaje. Además, se observó que autores de países asiáticos son los más interesados en el tema investigado. Finalmente, se presentan futuras ideas de investigación y reflexiones acerca de la investigación realizada.

Palabras clave: Inteligencia artificial, escuela primaria, educación primaria, sistema de aprendizaje

Abstract

The objective of this research was to carry out an analysis of the literature corresponding to the application of artificial intelligence in the learning process in primary education. For which, a systematic review of the literature related to the subject published in the last five years was carried out. The Kitchenham methodology [6] was used as the basis for the review. It began with the search for information in four specialized databases; Scopus, Proquest, IEEE Xplore, and ACM Digital Library; of which a large initial number of results were obtained. The resulting papers were submitted to inclusion and exclusion criteria, those papers that met the defined criteria underwent a quality assessment. After the quality evaluation, twelve definitive works were obtained, the same ones that were used for the final analysis. From the analysis carried out, it was identified that machine learning and deep learning algorithms are the most used technologies for the development of solutions, most of which were focused on the areas of personalized learning and learning support. Also, it was observed that authors from Asian countries are the most interested in the subject under investigation. Finally, future research ideas and reflections about the research carried out are presented.

Keywords: Artificial intelligence, elementary school, primary education, learning system

Introducción

Actualmente, en el sector educativo, diversas ramas de las ciencias computacionales son utilizadas como herramientas de acompañamiento en el proceso de aprendizaje. Una de las áreas con mayor desarrollo y atención en los últimos años es la inteligencia artificial (IA). El término IA es acuñado por primera vez en 1956 por el informático John McCarthy [1] a partir de ese entonces este ha tenido múltiples definiciones. Uno de los más completos es el que proporciona [2], quien la define como la disciplina científica que incorpora la capacidad de actuar y razonar como un ser humano a un sistema. Su aplicación en el proceso de aprendizaje presenta de diversas formas; tal como lo describe, en un reporte realizado por Horizon Report en el 2021 [3], menciona que la IA es utilizada en la gestión de aprendizaje, supervisión de aprendizaje, evaluación de aprendizaje, apoyo a estudiantes con discapacidad entre otros, sin embargo, la mayoría de las investigaciones que relacionen la IA con la educación está centrado en grados superiores, en el nivel primario este campo no ha sido tan explorado en comparación de los otros.

Por otro lado, el Perú es el país que cuenta con el nivel de rendimiento académico escolar más bajo dentro de Sudamérica, según el informe de la OCDE realizado en el 2016 [4], tanto en la lectura, ciencia y matemáticas nuestro país no logró superar el promedio mínimo. De igual manera, en un informe realizado por el Gobierno del Perú [5] en el año 2020, presentan que más del 32% de estudiantes en 17 departamentos del país, no lograron resultados de aprendizaje satisfactorios.

A partir de la problemática mencionada y también para ser utilizada como base para futuros proyectos, surge la necesidad de realizar esta investigación, la cual tiene como objetivo revisar la literatura elaborada en los últimos cinco años en donde se hayan elaborado soluciones basadas en inteligencia artificial aplicada al proceso de aprendizaje en estudiantes de nivel primario con el fin de identificar las tecnologías que intervienen en su desarrollo. Para lo cual, esta investigación está estructurada de la siguiente manera: descripción de la metodología abarcando el proceso de búsqueda y selección de literatura realizados en base a preguntas de investigación, análisis de resultados y finalmente la determinación de conclusiones.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación, se efectuó una revisión sistemática de la literatura (RSL) de estudios, cuya temática de investigación esté relacionada con el objetivo de estudio. Con el fin de no sesgar la selección y búsqueda de documentos, se utilizó como base la metodología propuesta por Kitchenham [6]. La metodología utilizada propone cuatro pasos los cuales son: el planteamiento de preguntas de investigación, la descripción de la estrategia de búsqueda en base de datos, la definición y aplicación de criterios de inclusión y exclusión en la selección de documentos y finalmente la evaluación de la calidad de los documentos mediante criterios de calidad. En los siguientes puntos, se especifica el desarrollo de cada fase:

A. Preguntas de investigación

Con la finalidad de responderlas y utilizarlas como guía en la realización de la presente RSL, a continuación, se presenta la formulación de preguntas de investigación (RQ):

- RQ1: ¿Qué tecnologías de inteligencia artificial se usan en la implementación de soluciones aplicadas al proceso en la educación primaria?
- RQ2: De los trabajos revisados, ¿cuáles son las áreas de aprendizaje que buscan mejorar las soluciones implementadas?
- RQ3: Durante los últimos cinco años, ¿cómo ha evolucionado la publicación de investigaciones enfocadas en el desarrollo de soluciones de inteligencia artificial aplicadas al proceso de aprendizaje?
- RQ4: ¿De qué países provienen los autores que muestran mayor interés en investigar la aplicación de la inteligencia artificial en el proceso de aprendizaje en educación primaria?

B. Proceso de búsqueda

Para el desarrollo del proceso de búsqueda y obtención de información, inicialmente, se definió los términos o palabras claves que posteriormente serían utilizados en las ecuaciones de búsqueda, para garantizar que los términos utilizados den resultados se consultó tesauros de diferentes bases de datos, los términos de búsqueda utilizados fueron: “artificial intelligence”, “elementary school”, “primary education”, “educación primaria” y “learning system”. Luego, se definió las bases de datos en donde se realizarían la búsqueda de información y la recopilación de documentos, las bases de datos seleccionadas fueron: IEEE Xplore, ACM Digital Library, Proquest y Scopus las dos primeras escogidas especialmente por la tendencia

de publicación de artículos relacionados en las ciencias de la computación. En el siguiente cuadro, se presenta una tabla en la que se especifica; la ecuación de búsqueda, el número de publicaciones resultantes y la fecha búsqueda en cada base de datos.

Tabla I: Proceso de búsqueda inicial en base de datos

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Resultados	Fecha de búsqueda
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (artificial AND intelligence) AND TITLE-ABS-KEY (elementary AND school) OR TITLE-ABS-KEY (educacion AND primaria) AND TITLE-ABS-KEY (learning AND system))	60	25/05/2022
IEEE Explore	("All Metadata":Artificial Intelligence) AND ("All Metadata":Elementary School) AND ("All Metadata":Learning system)	45	25/05/2022
Proquest	((Artificial Intelligence) AND (elementary school) AND (primary education) AND (Learning system) AND (implementation) NOT (a literature review))	2169	25/05/2022
ACM Digital Library	AllField:(Artificial Intelligence) AND Title:(Elementary School) AND AllField:(Primary Education) AND Title:(Learning System) AND AllField:(\-literature review)	59	01/06/2022

Total, resultados	2333
-------------------	------

En la búsqueda inicial como se puede observar en la *tabla I*, se alcanzó un total de 2333 artículos entre todas las bases de datos, siendo Proquest mayor número e IEEE Xplore la de menor cantidad.

C. Criterios de inclusión y exclusión

Realizada la búsqueda inicial, fue necesario determinar criterios de inclusión y exclusión los cuales serían aplicados a las publicaciones resultantes. Los criterios de inclusión aplicados en todas las bases de datos fueron; que la publicación del artículo se encuentre dentro de los últimos cinco años y que su idioma sea inglés, sin embargo, en bases de datos como Scopus y Proquest se aplicaron criterios particulares utilizando los filtros propios de esas bases de datos. Para una explicación más detallada, se realizó la siguiente tabla:

Tabla II: Criterios de inclusión y exclusión aplicados por base de datos

Base de datos	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Scopus	<ul style="list-style-type: none"> • Años (2018-2022) • Tipo de fuente: Conference Proceeding Journal 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisiones sistemáticas de la literatura • Artículos duplicados
IEEE Explore	<ul style="list-style-type: none"> • Años (2018-2022) 	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos duplicados
Proquest	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de fuente: Revistas científicas • Tipo documento: Artículo, full text 	<ul style="list-style-type: none"> • Temas excluidos: Teaching, covid-19, big data, colleges, universisties, data mining, pandemics

	<ul style="list-style-type: none"> • Temas incluidos: Students • Últimos 5 años • Revisado por expertos 	
ACM Digital Library	<ul style="list-style-type: none"> • Últimos 5 años 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisiones sistemáticas de la literatura • Artículos duplicados

La base de datos Proquest, es donde se ha aplicado el mayor número de filtros, esto debido que es la que mayor flexibilidad da al momento de incluir o excluir artículos y también donde la cantidad de publicaciones sin relación al tema investigado era mayor. Con la aplicación de los criterios descritos el número de resultados fue reducido:

Tabla III: Número de resultados posterior a los criterios de inclusión y exclusión

Base de datos	Resultados
Scopus	24
IEEE Explore	24
Proquest	26
ACM Digital Library	28
Total de resultados	102

Como se puede notar el número total de resultados disminuyó considerablemente una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión los trabajos resultantes serán evaluados en el siguiente acápite, en donde finalmente se determinará cuáles serán los trabajos definitivos para analizar en la presente investigación.

D. Evaluación de la calidad

Realizado el filtro de trabajos mediante los criterios de inclusión y exclusión y con el objetivo de seleccionar artículos que correspondan a nuestra investigación, se determinaron criterios de calidad por los cuales serán evaluados los 108 artículos resultantes en la fase anterior. En los siguientes puntos se detallan los criterios de calidad planteados:

- ¿Contiene una solución basada en inteligencia artificial?
- ¿La solución es aplicada en estudiantes de nivel primario?
- ¿Aborda la temática de la investigación?
- ¿El número de páginas es mayor a 4?

El análisis realizado también se consideró que los trabajos puedan dar respuesta a las preguntas de investigación propuestas en la fase inicial, después de la evaluación de calidad, el número de trabajo definitivos obtenidos fueron diez.

Tabla IV: Trabajos definitivos por base de datos

Base de datos	Trabajos definitivos
Scopus	5
IEEE Explore	4
Proquest	0
ACM Digital Library	1
Total	10

Como se puede observar en la *tabla IV*, de la base de datos Proquest, no fue seleccionado ningún artículo, esto debido, que ninguno de ellos cumplía con los criterios de calidad, la mayoría no abordaba la temática de estudio y aquellos que si lo hacían no presentaban un artefacto o solución implementado usando inteligencia artificial. En el siguiente diagrama presentado en la *figura 1* se muestra el resumen del proceso de búsqueda realizado:

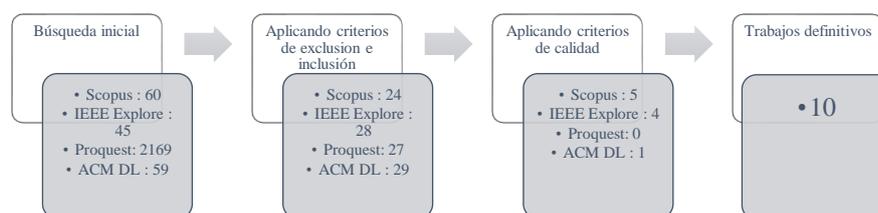


Figura 1: Proceso de búsqueda y selección de artículos

Resultados y discusión

Por último, una vez realizado el proceso de búsqueda, fueron diez trabajos definitivos que lograron cumplir con los criterios de inclusión y la evaluación de calidad, estos trabajos servirán para dar respuesta a las preguntas de investigación definidas.

RQ1: ¿Qué tecnologías de inteligencia artificial se usan en la implementación de soluciones aplicadas al proceso en la educación primaria?

Para la identificación de las tecnologías de inteligencia artificial utilizadas en las soluciones propuestas de los artículos seleccionados, se hizo una revisión particular a cada uno de ellos, el detalle de las tecnologías utilizadas por artículo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla V: Tecnologías de inteligencia artificial utilizadas por artículo

Tecnología de inteligencia artificial	Artículo
OpenCV	
Pix2pix (Generative Adversarial Networks)	[7]
Robot Zenbo	
Natural Processing Language	[8]
Asistente de Google Framework (AI)	[9]
Dynamic clustering	
Algoritmo K-means	[10]
Ant Colony Optimization (ACO)	
Random Forest (RF)	[11]
Sistemas de recomendación (RS)	
PyTorch	
(Librería de algoritmos deep Learning)	[12]
Algoritmos Collaborative Filtering (Matrix factorization)	
Algoritmo de descenso de gradiente	[13]
Optimizador de Adam	
Lógica difusa	
Algoritmos genéticos	[14]
Redes neuronales	
Machine Learning (Linear Ridge, Multinomial Naive Bayes, Random Forest y XGBoost)	[15]

Natural Language Processing (NLP)

Robot Zenbo

[16]

Como se aprecia en la *tabla V*, las tecnologías que se utilizan en las soluciones implementadas son diversas, en los artículos [8] y [16] se identifica el uso un robot Zenbo, el cual es un robot inteligente desarrollado por Asus que tiene capacidad de expresarse, realizar movimientos corporales y principalmente con la característica de Natural Language Processing (NLP) [8], ambos artículos desarrollan una nueva solución en base a este robot, el primero desarrolla Zenbo Idiom Learning System, sistema para el aprendizaje de modismos chinos mientras que el segundo lo programa para que sea utilizado como compañero de aprendizaje e integra un juego de preguntas de matemática para el aprendizaje autorregulado en estudiantes de escuela primaria. Por otro parte, podemos identificar que las soluciones de los artículos en su mayoría utilizan algoritmos de machine learning en [10][13][15] y algoritmos de deep learning en [7][12][11], por otra parte [14], muestra una solución combinando la lógica difusa, algoritmos genéticos y redes neuronales. Finalmente, podemos observar que [9] realiza una solución utilizando el framework del asistente de Google.

RQ2: De los trabajos revisados, ¿cuáles son las áreas de aprendizaje que buscan mejorar las soluciones implementadas?

Con el objetivo de reconocer cuales son las áreas que se buscan mejorar en las soluciones propuestas por los artículos, se dio análisis individualmente a cada uno de ellos, se extrajeron las soluciones que desarrollaban y se las clasificó por el área de aprendizaje en las que se enfocaban. En la siguiente tabla se especifica la solución y áreas aprendizaje por artículo:

Tabla VI: Áreas de aprendizaje por solución desarrollada

Soluciones desarrolladas	Área	Artículo
Sistema de entrenamiento de habilidades de arte digital	Acompañamiento de aprendizaje y habilidades artística	[7]
Sistema de aprendizajes de modismos Zenbo (ZILS)	Aprendizaje de idiomas	[8]

Bot de aprendizaje virtual para el apoyo en actividades de aprendizaje con discapacidad visual (Natasha bot)	Acompañamiento de aprendizaje	[9]
Sistema inteligente para la tutoría de matemáticas	Aprendizaje personalizado y habilidades matemáticas	[10]
Sistema para la clasificación de perfiles, recomendación y predicción en el desempeño en estudiantes (Edukas)	Aprendizaje personalizado	[11]
Sistema recomendación de recursos de aprendizaje basado en estilos de aprendizaje y logros de estudiantes	Aprendizaje personalizado	[12]
Sistema de predicción de estilos de aprendizaje y recomendación de materiales de aprendizaje	Aprendizaje personalizado	[13]
Agente Asistido Robótico para el aprendizaje del idioma inglés	Aprendizaje de idiomas	[14]
Clasificador de habilidades de pensamiento computacional en preguntas de matemáticas	Habilidades computacionales y habilidades matemáticas	[15]
Sistema de juego de preguntas de matemáticas representado en un robot	Acompañamiento de aprendizaje y habilidades matemáticas	[16]

Se distingue en la *tabla VI*, que las soluciones desarrolladas, en su mayoría están centradas en el aprendizaje personalizado [10][11][12][13], el aprendizaje personalizado es un modelo de aprendizaje que se basa en la consideración de las diferencias individuales de estudiantes [10]. De las soluciones de los artículos antes mencionados, todas ellas presentan sistemas que buscan que los estudiantes guíen su aprendizaje en base a la recomendación de materiales de aprendizaje presentados de forma individualizada. Podemos visualizar por ejemplo en [10], que desarrollan un sistema que a los estudiantes temas de matemáticas a partir de su nivel de

conocimiento y estilos de aprendizaje, por otra parte [11] desarrolla un sistema más complejo al cual nombran *Edukas*, que en sus funcionalidades, presenta la clasificación, recomendación y perfiles de desempeño en estudiantes primaria, con la finalidad de identificar indicadores y acciones para mejorar el desempeño, cabe destacar que este sistema no solamente se centra en los estudiantes, sino que su solución también abarca la participación de educadores, administradores y familiares de las escuelas educativas. Los artículos [12] y [13] fueron desarrollados por los mismos autores, ambas soluciones desarrollan una plataforma web que busca que los estudiantes tengan un aprendizaje personalizado en base a la recomendación de materiales, esto en base a sus estilos de aprendizaje, sin embargo [13], es desarrollado con tecnologías y enfoques distintos. En segundo lugar, encontramos soluciones que funcionan como compañeros de aprendizaje para los estudiantes [7][9][16], de las cuales, [7] busca el desarrollo de habilidades artísticas de los estudiantes, [9] funciona como asistente de apoyo para estudiantes de discapacidad visual, siendo el único artículo que presenta una solución enfocada en estudiantes en situación de discapacidad, por otra lado [16], aparte del acompañamiento que presenta también se enfoca en las habilidades matemáticas, de mismo modo, que [15], que busca evaluar la presencia de habilidades computacionales en preguntas de matemática. Finalmente, [8] y [14] implementan soluciones que ayudan en el aprendizaje de idiomas.

RQ3: Durante los últimos cinco años, ¿cómo ha evolucionado la publicación de investigaciones enfocadas en el desarrollo de soluciones de inteligencia artificial aplicadas al proceso de aprendizaje?

Para responder esta pregunta, se ha contabilizado el año de publicación de cada uno de los trabajos seleccionados, para la mejor visualización de los resultados, se presenta la siguiente tabla y gráfico:

Tabla VII: Investigaciones por año de publicación

Año	Artículos	Total
2018	[11]	1
2019	[10][15]	2

2020	[9][16]	2
2021	[8][12][14]	3
2022	[7][13]	2



Figura 2: Número de investigaciones por año

Como podemos observar en base a la *tabla VII* y la *figura 2*, existe una leve tendencia de crecimiento en el número de publicaciones de artículos por año, específicamente desde el año 2018 al 2021, en el 2022 el número disminuye con respecto al año anterior, sin embargo, no significa que la tendencia este por cambiar, esto es a causa, de que la actual investigación se está realizando en el primer semestre del año 2022. Por lo cual, considerando la tendencia que se viene dando desde el año 2018 al 2021, podemos esperar, que conforme pasen los años, el interés por aplicar soluciones de inteligencia artificial en el proceso de aprendizaje en la educación primaria se irá incrementando.

RQ4: ¿De qué países provienen los autores que muestran mayor interés en investigar la aplicación de la inteligencia artificial en el proceso de aprendizaje en educación primaria?

Para el desarrollo de esta pregunta, se revisó el país de proveniencia de los autores en cada uno de los trabajos seleccionados, luego se les clasificó por país según la proveniencia de sus autores, esta clasificación puede ser visualizada en la siguiente tabla:

Tabla VIII: Artículos clasificados por país de proveniencia de los autores

Países de proveniencia de los autores	Artículos	Total
Taiwán	[7] [8] [14] [16]	4
Indonesia	[9] [12] [13]	3
Brasil	[11] [15]	2
Grecia	[10]	1
Japón	[14]	1

Como se aprecia en la *tabla VIII*, Taiwán es el país con mayor número de participación de autores de su nacionalidad en artículos enfocados a investigar la aplicación de la inteligencia artificial en el proceso de aprendizaje en educación primaria, con un total de cuatro [7] [8] [14] [16], ubicado en segundo lugar se encuentra Indonesia con tres [9] [12] [13], quién es seguido por Brasil con dos artículos [11] [15], este último es el único país de nuestra región con investigaciones en la tema abordado. Tanto Japón como Grecia, solamente cuentan con un artículo con autores de su procedencia [10] y [14] respectivamente. De igual manera, podemos notar, que el 70% de los artículos fueron realizados por autores del continente asiático [7] [8] [9] [12] [13] [14] [16], el porcentaje restante es correspondiente a América [11] [15] y Europa, siendo el último el con menor cantidad de artículos [10].

Conclusiones

La presente investigación, analizó diez artículos publicados en los últimos cinco años, que apliquen la inteligencia artificial al proceso de aprendizaje en la educación primaria. A partir de los resultados obtenidos, se puede notar que la publicación de artículos relacionadas al tema investigado, han ido incrementado con respecto al año anterior, se puede inferir que en los años futuros esta tendencia seguirá en aumento. Por otro lado, podemos visualizar que la mayor cantidad de artículos, son atribuidos a autores del país de Taiwán, seguidos de autores de Indonesia y Brasil, Grecia y Japón son los países que únicamente tienen un artículo con autores de su nacionalidad. Con respecto a la tecnología utilizada por los artículos se identifica que en su mayoría utilizan algoritmos de machine learning y deep learning. Del mismo modo, se identificó que las soluciones propuestas buscan mejorar las áreas de aprendizaje personalizado, aprendizaje de idiomas, acompañamiento de aprendizaje, habilidades matemáticas, habilidades artísticas y habilidades computacionales. En el desarrollo de la investigación fue necesario

incluir otra base de datos (ACM Digital Library) para la búsqueda de trabajos debido al poco número de artículos que cumplían con los criterios definidos, la base de datos Proquest a pesar de ser la que mayor número de resultados presentaba inicialmente, ninguno de sus artículos fue seleccionado para el análisis final. Finalmente, la investigación realizada abarcó de manera general la aplicación de inteligencia artificial en el proceso de aprendizaje, por lo cual, se sugiere que en investigaciones futuras se investigue de forma individual una de las áreas especializadas de la inteligencia artificial, particularmente, se recomienda el machine learning, debido que, como se pudo observar es una de las más utilizadas en el desarrollo de soluciones enfocadas en el aprendizaje de estudiantes, además, de ser una de las áreas de la inteligencia artificial con mayor popularidad en los últimos años.

Referencias

- [1] M. McHugh, «Artificial Intelligence,» de Encyclopedia of Nursing Research, New York, Springer Publishing Compan, 2006, pp. 22-24.
- [2] S. Russell y P. Norvig, Artificial Intelligence A Modern Approach, 4th ed., Hoboken: Pearson Education, 2021, pp. 31-37.
- [3] EDUCAUSE, «2021 Educause Horizon Report: Teaching and learning edition» 2021. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3GxRJgt>
- [4] OCDE, «Estudiantes de bajo rendimiento: por qué se quedan atrás y cómo ayudarles a tener éxito» 2016. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3avm2bY>
- [5] La Contraloría General de la República, «Mas del 32% de alumnos en 17 regiones no habría obtenido resultados satisfactorios en 2020» 18 abril 2021. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3Gwoivh>
- [6] B. Kitchenham, O. Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey y S. Linkman, "Systematic literature reviews in software engineering – A systematic," Information and Software Technology, vol. 52, no. 8, pp. 792-805, 2010.
- [7] S. Chen, P. Lin y W. Chien, «Children’s Digital Art Ability Training System Based on AI-Assisted Learning: A Case Study of Drawing Color Perception», *Frontiers in Psychology*, vol. 13, 2022.
- [8] B. Chen, G. Hwang, y S. Wang, «Gender Differences in Cognitive Load when Applying Game Based Learning with Intelligent Robots», *Educational Technology and Society*, vol. 24, n.º 3, 2021.

- [9] A. Andinia y I. Isnainiyah, «Design of Learning Application using Trivia Method based on Google Assistant for Vision Impairment Disability», presentado en Proceedings - 2nd International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber, and Information System, ICIMCIS 2020, 2020.
- [10] C. Troussas, A. Krouska, y M. Virvou, «Adaptive e-learning interactions using dynamic clustering of learners' characteristics», presentado en 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2019, 2019.
- [11] E. Gomedé, F. Gaffo, G. Briganó, R. Miranda y L. De Souza «Application of computational intelligence to improve education in smart cities», *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, n.º 1, 2018.
- [12] B. Pardamean, T. Suparyanto, T. Cenggoro, D. Sudigyo, A. Anugrahana y I. Anugraheni, "Model of Learning Management System Based on Artificial Intelligence in Team-Based Learning Framework," 2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech), pp. 37-42, 2021.
- [13] B. Pardamean, T. Suparyanto, T. Cenggoro, D. Sudigyo y A. Anugrahana, "AI-Based Learning Style Prediction in Online Learning for Primary Education," in IEEE Access, vol. 10, pp. 35725-35735, 2022.
- [14] C. Lee, M. Wang, Z. Clou, R. Chang, C. Tsai, S. Chen, T. Huang, E. Sato-Shimokawara y T. Yamaguchi, "Robotic Assistant Agent for Student and Machine Co-Learning on AI-FML Practice with AIoT Application," 2021 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), pp. 1-6, 2021.
- [15] E. Costa, C. Campelo y L. Campos, "Automatic Classification of Computational Thinking Skills in Elementary School Math Questions," 2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pp. 1-9, 2019.
- [16] T. Weng, C. Li, y M. Hsu, «Development of robotic quiz games for self-regulated learning of primary school children», presentado en ACM International Conference Proceeding Series, 2020.