

Aplicación de la inteligencia artificial en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos

Application of artificial intelligence in solving mathematical and statistical problems

Para citar este trabajo:

Brito, C., Santin, B., Guambuguete, D., y Cayambe, B., (2024). Aplicación de la inteligencia artificial en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos. *Reincisol*, 3(6), pp. 3117-3145. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)3117-3145](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)3117-3145)

Autores:

Carlos Alberto Brito Dumancela

Universidad Central del Ecuador

Ciudad: Quito, País: Ecuador

Correo Institucional: cabritod@uce.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7371-5141>

Bradley Steve Santín Viteri

Centro de Formación Artesanal Particular Americana

Ciudad: Ambato, País: Ecuador

Correo Institucional: general@auroradizayn.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-1377-2112>

Daniel Waldorffo Guambuguete Rea

Unidad Educativa 10 de Enero

Ciudad: Bolívar, País: Ecuador

Correo Institucional: daniel.guambuguete@educacion.gob.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5164-1524>

Beatriz Ernestina Cayambe Lema

Unidad Educativa 10 de Enero

Ciudad: Bolivar, País: Ecuador

Correo Institucional: beatriz.cayambe@educacion.gob.ec

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-8839-110x>

RECIBIDO: 21 agosto 2024

ACEPTADO: 28 septiembre 2024

PUBLICADO 7 octubre 2024

El objetivo de este artículo es analizar la aplicación de la inteligencia artificial en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos, identificando los avances recientes en el uso de algoritmos de IA para abordar problemas complejos en estas disciplinas. Se busca evaluar la precisión y eficacia de estos algoritmos, así como examinar sus capacidades y limitaciones y los desafíos técnicos y éticos asociados con su implementación. Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó la base de datos bibliográfica SCOPUS como fuente principal, aplicando una fórmula de búsqueda específica que incluía términos relacionados con inteligencia artificial, matemáticas y estadística, y abarcando artículos publicados desde 2018 hasta 2024. Este análisis ofrece una visión integral del impacto de la inteligencia artificial en las matemáticas y la estadística y proporciona directrices para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en este campo.

Palabras claves: Inteligencia artificial, matemáticas, tecnología educativa, algoritmo, estadística.

Abstract

The objective of this article is to analyze the application of artificial intelligence in solving mathematical and statistical problems, identifying recent advances in the use of AI algorithms to address complex problems in these disciplines. We seek to evaluate the accuracy and effectiveness of these algorithms, as well as examine their capabilities and limitations and the technical and ethical challenges associated with their implementation. To carry out this research, the SCOPUS bibliographic database was used as the main source, applying a specific search formula that included terms related to artificial intelligence, mathematics and statistics, and covering articles published from 2018 to 2024. This analysis offers a comprehensive overview of the impact of artificial intelligence on mathematics and statistics and provides guidelines for future research and practical applications in this field.

Keywords: Artificial intelligence, mathematics, educative technology, algorithms, statistics.

Importancia

La aplicación de la inteligencia artificial (IA) en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos representa una revolución en el ámbito científico y educativo, con profundas implicaciones para la investigación y la práctica profesional. La capacidad de la IA para manejar y procesar grandes volúmenes de datos con rapidez y precisión permite a los matemáticos y estadísticos abordar problemas complejos que antes eran inabordables o requerían un esfuerzo computacional significativo. La integración de técnicas de aprendizaje automático y redes neuronales en el análisis estadístico y la optimización matemática no solo mejora la eficiencia y exactitud de los cálculos, sino que también facilita el descubrimiento de patrones y relaciones ocultas en los datos que pueden tener un impacto significativo en diversas disciplinas, desde la economía hasta la física y las ciencias sociales (Silver et al., 2016).

Además, la IA proporciona herramientas avanzadas para la modelización predictiva, la simulación de escenarios y la automatización de procesos analíticos, permitiendo a los investigadores y profesionales concentrarse en la interpretación de resultados y la toma de decisiones estratégicas. La capacidad de los algoritmos de IA para adaptarse y mejorar a través del aprendizaje continuo asegura que las soluciones sean siempre relevantes y actualizadas, manteniéndose al ritmo de los avances tecnológicos y metodológicos. Este dinamismo es crucial en un mundo donde la velocidad y la precisión en el manejo de datos son esenciales para mantener la competitividad y la innovación (Jordan & Mitchell, 2015).

La implementación de la IA en el ámbito matemático y estadístico también plantea importantes desafíos éticos y técnicos, que requieren una consideración cuidadosa. La transparencia en los algoritmos, la equidad en el acceso a las tecnologías y la responsabilidad en el uso de datos son aspectos fundamentales para garantizar que los beneficios de la IA se distribuyan equitativamente y que sus aplicaciones sean sostenibles y justas. La colaboración interdisciplinaria entre expertos en IA, matemáticos, estadísticos y otros profesionales es esencial para desarrollar enfoques holísticos que maximicen el potencial de la IA mientras se mitigan los riesgos asociados (O'Neil, 2017).

Problemática

La problemática central en la aplicación de la IA en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos radica en la complejidad y diversidad de los desafíos técnicos y éticos asociados con esta tecnología. A pesar de los avances significativos en el desarrollo de algoritmos de IA capaces de abordar problemas complejos en estas disciplinas, existen varias limitaciones que dificultan su implementación efectiva y generalizada.

Uno de los desafíos técnicos más significativos es la precisión y robustez de los algoritmos de IA. Aunque los algoritmos de aprendizaje automático y las redes neuronales han demostrado resultados impresionantes, su rendimiento puede ser inconsistente en situaciones fuera del ámbito de los datos de entrenamiento originales. Esto plantea interrogantes sobre la fiabilidad y exactitud de las soluciones generadas por la IA, especialmente en contextos críticos donde los errores pueden tener consecuencias graves (Rudin, 2019).

Además, la falta de transparencia en los procesos de toma de decisiones de los algoritmos de IA, conocida como el problema de la "caja negra", representa una preocupación considerable. Esta opacidad dificulta la interpretación y validación de los resultados, lo cual es particularmente problemático en campos como las matemáticas y la estadística, donde la comprensión profunda y la verificabilidad son esenciales. Sin una explicación clara de cómo se obtienen las soluciones, los usuarios pueden tener dificultades para confiar plenamente en estas (Doshi & Kim, 2017).

Los desafíos éticos también son prominentes. La equidad en el acceso a tecnologías avanzadas de IA y el uso responsable de los datos son cruciales para evitar la amplificación de las desigualdades existentes. La recopilación y utilización de datos personales para el entrenamiento de modelos de IA plantea preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de la información. Además, el sesgo inherente en los datos de entrenamiento puede llevar a decisiones algorítmicas discriminatorias, exacerbando las desigualdades en lugar de mitigarlas (O'Neil, 2017).

Antecedentes

La aplicación de la IA en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos ha avanzado significativamente en las últimas décadas. A nivel global, la IA ha revolucionado diversas áreas de las matemáticas, desde la optimización y el análisis numérico hasta la teoría de juegos y la investigación operativa. Los

algoritmos de aprendizaje automático, como las redes neuronales y los métodos de aprendizaje profundo, han demostrado ser efectivos en la resolución de problemas complejos, como la predicción de series temporales y la identificación de patrones en grandes conjuntos de datos. Investigaciones recientes han destacado la capacidad de la IA para superar los enfoques tradicionales en términos de precisión y eficiencia, especialmente en problemas de alta dimensionalidad y grandes volúmenes de datos (LeCun et al., 2015).

En Latinoamérica, la adopción de la inteligencia artificial en matemáticas y estadística ha sido impulsada por la creciente necesidad de analizar y resolver problemas complejos en diversas áreas, como la economía, la salud y la ingeniería. Instituciones académicas y de investigación en países como Brasil, México y Argentina han liderado proyectos que integran IA en la resolución de problemas estadísticos y matemáticos. Estas iniciativas han incluido la creación de modelos predictivos para la gestión de recursos, la optimización de procesos industriales y el análisis de datos epidemiológicos. Sin embargo, la región aún enfrenta desafíos significativos, como la falta de infraestructura tecnológica avanzada y la necesidad de formar recursos humanos altamente capacitados en IA (Barros et al., 2013).

En Ecuador, el uso de la inteligencia artificial para la resolución de problemas matemáticos y estadísticos está en una etapa emergente, pero con un crecimiento prometedor. Universidades e institutos de investigación han comenzado a incorporar IA en sus programas académicos y proyectos de investigación. Ejemplos de aplicaciones incluyen el uso de algoritmos de aprendizaje automático para mejorar la precisión de modelos económicos y financieros, así como el análisis de datos climáticos y ambientales para la gestión sostenible de recursos naturales. A pesar de estos avances, Ecuador enfrenta desafíos similares a otros países de la región, como la necesidad de mayores inversiones en tecnología e infraestructura, así como la formación de especialistas en IA para potenciar el desarrollo y la aplicación de estas tecnologías en el ámbito matemático y estadístico (Barragán, 2023).

Marco teórico

Inteligencia Artificial

La IA se define como una rama de la informática que se enfoca en el desarrollo de agentes inteligentes capaces de razonar, aprender y tomar decisiones de manera

autónoma. Este ámbito incluye la creación de algoritmos y sistemas informáticos diseñados para imitar funciones de la inteligencia humana, como la resolución de problemas, el aprendizaje, la toma de decisiones y la adaptación a diferentes entornos (Gomes, 2022).

La IA presenta características distintivas que la diferencian de los sistemas informáticos tradicionales. Entre estas características se encuentran la habilidad para participar en procesos de razonamiento complejos, adquirir conocimientos mediante el aprendizaje, idear soluciones para problemas complejos, tomar decisiones informadas con base en los datos disponibles y ajustar su comportamiento a nuevas circunstancias y entornos. Estas propiedades permiten que los sistemas de IA mejoren con el tiempo a medida que aprenden de experiencias pasadas y gestionan de manera efectiva diversos desafíos (Brundage et al., 2018; Valdez et al., 2024).

En el ámbito de la IA, existen varios enfoques, incluyendo la IA simbólica, que utiliza reglas y representaciones simbólicas para modelar el pensamiento humano, y la IA conexionista, basada en redes neuronales artificiales inspiradas en el cerebro humano. Otros enfoques incluyen la IA evolutiva, la IA basada en agentes y el aprendizaje automático (Basáez & Mora, 2022).

La IA evolutiva se especializa en desarrollar algoritmos y sistemas que pueden adaptarse y mejorar a lo largo del tiempo, inspirándose en la teoría de la evolución biológica. Estos algoritmos emplean técnicas como los algoritmos genéticos, la programación genética y las estrategias evolutivas para resolver problemas de optimización, diseño y control (Ramírez, 2019).

El enfoque de la IA basada en agentes se centra en modelar sistemas autónomos que interactúan con su entorno para alcanzar objetivos específicos. Estos agentes, que pueden variar en complejidad, toman decisiones autónomas basadas en su percepción del entorno y sus metas. Este enfoque se aplica en diversas áreas, como los sistemas multiagente, la robótica, la simulación, los juegos y los sistemas de recomendación (Álvarez et al., 2020; Coloma et al., 2020).

El aprendizaje automático es una subdisciplina de la inteligencia artificial que se centra en el desarrollo de algoritmos y modelos que permiten a las computadoras aprender patrones a partir de datos y mejorar su rendimiento con la experiencia, sin una programación explícita. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden

ser supervisados, no supervisados o por refuerzo, y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, como reconocimiento de patrones, clasificación, regresión, clustering y procesamiento del lenguaje natural (Tobar et al., 2023).

Existen diferentes tipos de IA, clasificados según su nivel de sofisticación y capacidades. La IA débil o limitada se centra en tareas específicas y bien definidas, como el reconocimiento de imágenes o el procesamiento del lenguaje natural, mientras que la IA fuerte o general aspira a emular la inteligencia humana de manera integral, abarcando un amplio conjunto de tareas y habilidades. Además, se introduce el concepto teórico de IA general (AGI), que hace referencia a las máquinas con una inteligencia equivalente o superior a la de los humanos (García et al., 2024; Soto, 2023).

La IA se compone de diversas disciplinas que aportan ideas y técnicas para su desarrollo. Entre ellas, encontramos la programación genética, que permite a las computadoras crear sus propios programas para solucionar problemas. La robótica se encarga del diseño, manipulación y aplicación de robots. La lógica dota a los programas de la capacidad de deducir opciones adecuadas para lograr un objetivo. La inferencia permite resolver problemas a partir de una base de datos y declaraciones establecidas. El procesamiento del lenguaje natural facilita la comunicación entre computadoras y seres humanos mediante lenguaje natural. Finalmente, la planeación se encarga de trazar un camino para alcanzar una meta a partir de datos específicos (Vázquez et al., 2018).

La IA abarca diversos tipos de procesos que van desde los más simples hasta los más complejos. En primer lugar, encontramos la respuesta predeterminada por cada entrada, similar a los actos reflejos en los seres vivos. En segundo lugar, la búsqueda del estado requerido explora los estados producidos por acciones posibles. Un tercer tipo son los algoritmos genéticos, que se basan en una analogía al proceso de evolución de las cadenas de ADN. En cuarto lugar, las redes neuronales artificiales funcionan de manera similar al cerebro de animales y humanos. Finalmente, el razonamiento mediante lógica formal presenta una analogía al pensamiento abstracto humano (Ocaña et al., 2019).

Los sistemas de la IA se han convertido en herramientas de gran utilidad en diversos campos, como la economía, la medicina, la ingeniería y la milicia. Entre sus aplicaciones encontramos el control de sistemas, la planificación automática,

la generación de diagnósticos, el reconocimiento de escritura, habla y patrones, e incluso en juegos de estrategia como el ajedrez de computadora. La IA ha demostrado ser una tecnología con un gran potencial para transformar diversos aspectos de nuestra vida (Ocaña et al., 2019).

Algunos de los beneficios potenciales de la IA incluyen una mayor productividad al automatizar tareas que actualmente realizan los humanos, lo que libera tiempo para que las personas se centren en actividades más creativas y productivas; una mejor toma de decisiones al analizar grandes cantidades de datos para identificar patrones y tendencias que los humanos podrían pasar por alto, lo que puede conducir a una mejor toma de decisiones en una amplia gama de áreas; la capacidad de desarrollar nuevos productos y servicios que antes eran inimaginables utilizando la IA; y la mejora de la calidad de vida de las personas de diversas maneras, como proporcionando mejores servicios sanitarios, educación y transporte (Mendoza et al., 2022).

Los asistentes virtuales son sistemas de software que utilizan IA para interactuar con los usuarios de manera conversacional, proporcionando respuestas a preguntas, ayudando en la resolución de problemas y ofreciendo apoyo personalizado. En la educación superior, estos asistentes pueden ayudar a los estudiantes a gestionar su tiempo de estudio, acceder a recursos educativos y recibir tutorías personalizadas, lo que puede influir positivamente en su rendimiento académico (Hidalgo et al., 2021).

Sin embargo, la IA también plantea algunos riesgos potenciales, como el desempleo, ya que la automatización impulsada por la IA podría conducir a la pérdida de puestos de trabajo en algunos sectores; la desigualdad, dado que la IA podría exacerbar las desigualdades existentes en la sociedad si no se desarrolla y utiliza de forma responsable; el posible desarrollo de armas autónomas mediante la integración de la IA plantea preocupaciones con respecto a la seguridad de la humanidad; y la pérdida de control, a medida que los sistemas de IA se vuelven más complejos, existe el riesgo de que perdamos el control sobre ellos (Vélez, 2021).

Matemáticas

Las matemáticas son una disciplina fundamental que abarca el estudio de los números, las estructuras, el espacio y el cambio. Se desarrollan a partir de la necesidad de comprender y describir fenómenos naturales y abstractos mediante

la formulación y el análisis de modelos matemáticos. Las matemáticas proporcionan el lenguaje y las herramientas para el razonamiento lógico, la resolución de problemas y la toma de decisiones en diversas áreas del conocimiento y la actividad humana (Hernández et al., 2020).

Las matemáticas son indispensables en múltiples campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. En la ingeniería, las matemáticas se utilizan para modelar y resolver problemas relacionados con el diseño y la optimización de sistemas. En la física, las ecuaciones matemáticas describen las leyes fundamentales del universo. En la economía, los modelos matemáticos permiten el análisis y la previsión de comportamientos de mercados y economías. En biología, las matemáticas ayudan a comprender procesos complejos como la dinámica de poblaciones y la genética (Caballero, 2021).

Las matemáticas también juegan un papel crucial en la informática, donde los algoritmos y las estructuras de datos son fundamentales para el desarrollo de software y sistemas informáticos eficientes. Además, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático dependen en gran medida de modelos matemáticos y técnicas estadísticas para analizar datos y tomar decisiones automatizadas (Morales et al., 2023).

Estadística

La estadística es una rama de las matemáticas que se dedica al estudio de la recopilación, análisis, interpretación, presentación y organización de datos. Su objetivo principal es obtener información significativa y relevante a partir de conjuntos de datos, permitiendo así tomar decisiones informadas basadas en evidencia cuantitativa. La estadística se divide en dos grandes áreas: la estadística descriptiva y la estadística inferencial. La primera se encarga de resumir y describir las características principales de un conjunto de datos, utilizando medidas como la media, mediana, moda, varianza y desviación estándar. La segunda, por su parte, se centra en hacer inferencias y predicciones sobre una población a partir de una muestra representativa, utilizando herramientas como intervalos de confianza, pruebas de hipótesis y modelos de regresión (Blanco, 2018)

En el ámbito de la estadística descriptiva, los datos se presentan frecuentemente en forma de tablas, gráficos y medidas resumen. Esta área proporciona métodos para describir y entender las características esenciales de los datos, lo que es

fundamental para la exploración inicial y el análisis preliminar de cualquier estudio. La representación gráfica de los datos, mediante histogramas, gráficos de barras y diagramas de dispersión, facilita la visualización de patrones, tendencias y posibles anomalías dentro del conjunto de datos. Además, las medidas de tendencia central y de dispersión ayudan a resumir la información de manera concisa, permitiendo comparaciones y facilitando la interpretación de los resultados (Miki et al., 2022).

La estadística inferencial va más allá de la descripción de datos para hacer generalizaciones y predicciones sobre una población a partir de una muestra. Este campo utiliza técnicas como la teoría de la probabilidad y el muestreo para estimar parámetros poblacionales y evaluar la significancia de los resultados observados. Las pruebas de hipótesis son una herramienta clave en la estadística inferencial, ya que permiten determinar si los efectos observados en los datos son resultado del azar o reflejan diferencias reales en la población. Asimismo, los modelos de regresión y correlación se utilizan para explorar y cuantificar relaciones entre variables, facilitando la construcción de modelos predictivos y la toma de decisiones informadas en diversos campos como la economía, la medicina, las ciencias sociales y la ingeniería (Piovarci et al., 2021).

Objetivo

El objetivo de este artículo es analizar la aplicación de la inteligencia artificial en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos. Se busca identificar los avances recientes en el uso de algoritmos de IA para abordar problemas complejos en estas disciplinas, evaluando su precisión y eficacia. Además, se examinarán las capacidades y limitaciones de estos algoritmos, así como los desafíos técnicos y éticos asociados con su implementación. Este análisis pretende proporcionar una visión integral del impacto de la IA en matemáticas y estadística, ofreciendo directrices para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas.

MATERIALES Y METODOS

Para llevar a cabo esta investigación, se empleó la base de datos bibliográfica SCOPUS como fuente principal para la búsqueda de artículos científicos relevantes sobre el tema de "Aplicación de la inteligencia artificial en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos" y se realizó un análisis detallado de los mismos.

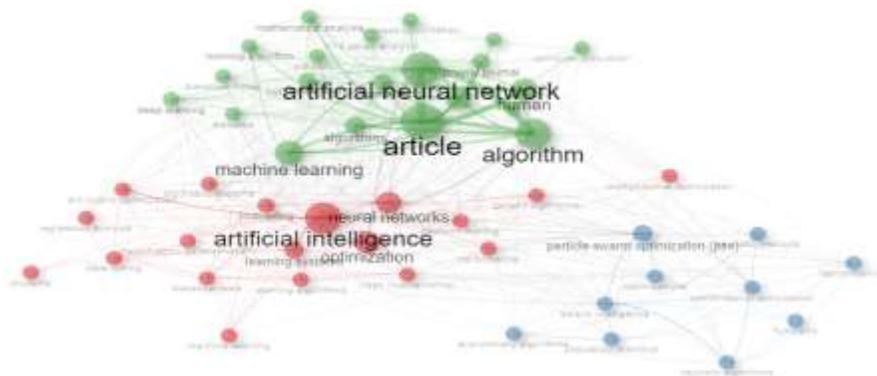
La fórmula de búsqueda utilizada fue "(artificial OR intelligence OR ia) AND (mathematical OR mathematics) AND (problem OR problems) AND (solving OR education OR optimization) AND (statistical OR statistics) AND (analysis OR predictive OR data OR mining OR methods)", con la que se pudo abarcar la mayor cantidad posible de estudios relacionados con la aplicación de la inteligencia artificial en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos. Además, se estableció como criterio temporal los artículos publicados desde el año 2018 hasta el año 2024, con la que se obtuvo la información más actualizada disponible. Además, se consideró relevante incluir artículos escritos en español e inglés para abarcar la mayor diversidad lingüística posible y acceder a un mayor número de recursos.

Tras la aplicación de cada uno de los criterios de búsqueda antes mencionados, se compiló y adquirió con éxito una base de datos que comprendía un total de 314 artículos académicos de SCOPUS para su posterior análisis, y se utilizó el software RStudio con la que se ejecutó la aplicación especializada Bibliometrix y así se realizó meticulosamente un análisis bibliométrico en profundidad de los artículos académicos cuidadosamente seleccionados.

Los datos recopilados mediante la utilización del software Bibliometrix presentaron las siguientes imágenes:

Figura 1

Red y densidad de co-ocurrencia de las palabras clave

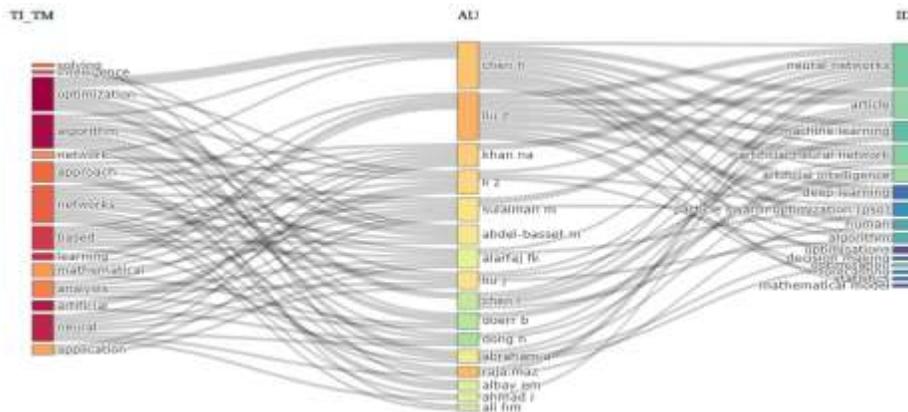


Fuente: Elaboración propia, obtenido del software Bibliometrix.

En la Figura 1, se destaca una co-ocurrencia con 3 términos de gran impacto, los cuales son: “Red Neuronal Artificial”, “Inteligencia Artificial”, y “Optimización de Enjambre de Partículas”. Dichos términos son los más importantes al nombrar el tema de estudio.

Figura 2

Gráfico de tres fases: Título, autor y palabras clave

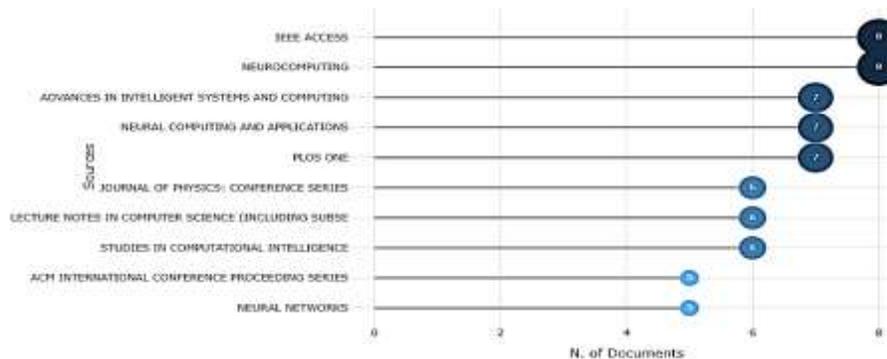


Fuente: Elaboración propia, obtenido del software Bibliometrix.

La Figura 2, ilustra la alineación entre los autores destacados que aparecen en la base de datos, centrándose en los temas de optimización, algoritmos, resolución, e inteligencia artificial en su trabajo académico.

Figura 3

Fuentes más relevantes

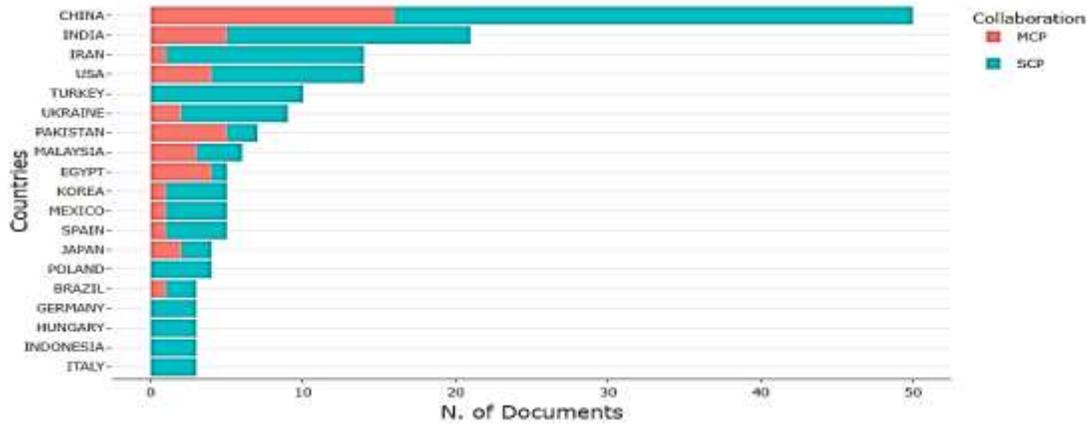


Fuente: Elaboración propia, obtenido del software Bibliometrix.

En la Figura 3, se identificó que la revista científica de acceso abierto IEEE Access destaca en estudios sobre este tema, esta revista orienta sus publicaciones hacia diversas áreas de la ingeniería y tecnología, ofreciendo un foro accesible para investigaciones de alta calidad. Y la revista Neurocomputing, que se centra en la IA, aprendizaje automático y computación neuronal.

Figura 4

Cooperación general de los países más productivos



Fuente: Elaboración propia, obtenido del software Bibliometrix.

La Figura 4, ilustra la distribución de la producción científica entre los países más productivos, destacando el liderazgo de China y la contribución continua de la India, Irán y Estados Unidos al avance del conocimiento científico a nivel mundial. La variación de los colores en la gráfica corresponde a la participación de las publicaciones dentro de un solo país (SCP), y a las colaboraciones entre varios países (MCP).

Figura 5

Producción científica de los países



Fuente: Elaboración propia, obtenido del software Bibliometrix.

La mayor producción de estudios sobre inteligencia artificial en la educación, según los parámetros dados e ilustrados en la Figura 5, provienen de China lidera que lidera con 201 artículos, continúa la India (84), Estados Unidos en tercer lugar (73), seguida por Ucrania (68), e Irán (58) dentro de los 5 primeros puestos. Ecuador se encuentra en el puesto 42 debido a sus 4 artículos publicados.

Figura 6

Mapa de la colaboración de producción científica



Fuente: Elaboración propia, obtenido del software Bibliometrix.

El mayor productor de investigación de China, según el mapa de colaboración de producción científica de la Figura 6, tiene una relación científica significativa con Arabia Saudí, Reino Unido y Pakistán.

Figura 7

Nube de palabras

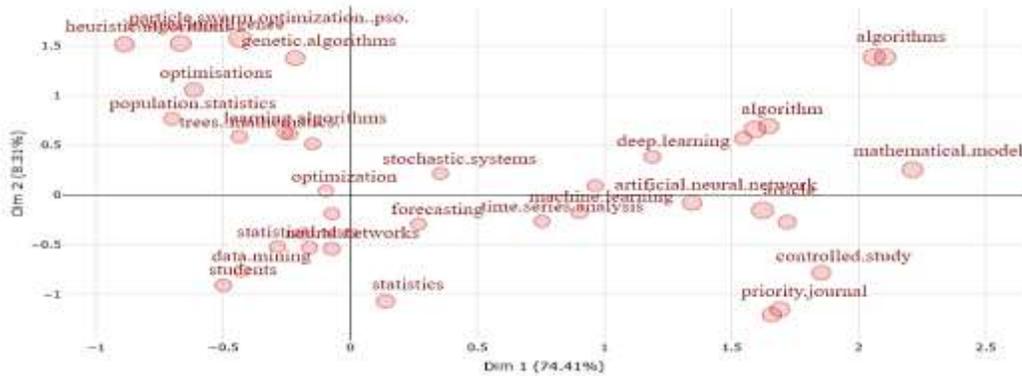


Fuente: Elaboración propia, obtenido del software Bibliometrix.

La Figura 7, muestra un extracto mediante palabras clave que indica que las palabras más frecuentes en el desarrollo de artículos referentes a la aplicación de la inteligencia artificial en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos son: Inteligencia artificial, aprendizaje automático, optimización, e inteligencia de enjambre, entre las más destacadas.

Figura 8

Análisis de correspondencia múltiple

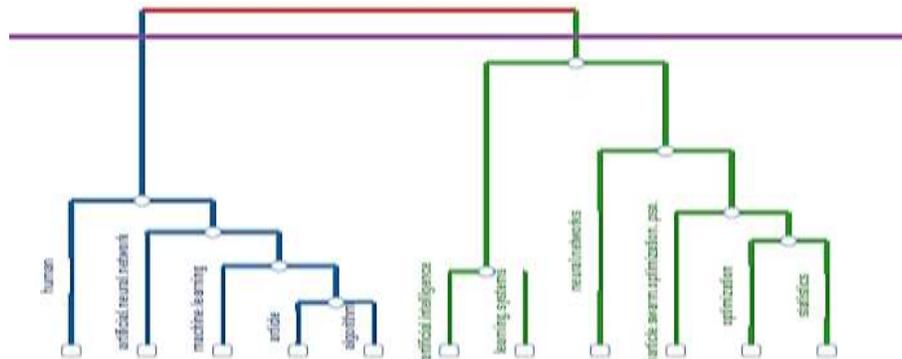


Fuente: Elaboración propia, obtenido del software Bibliometrix.

El análisis de correspondencia múltiple, mostrado en la Figura 8, nos muestra la relación entre diferentes variables categóricas en un conjunto de datos, las cuales no muestran un clúster significativo. Los términos como algoritmo y modelo matemático son los de mayor relevancia al encontrarse en el primer cuadrante, lo que demuestra que tiene un gran impacto en ambas dimensiones.

Figura 9

Análisis de correspondencia múltiple



Fuente: Elaboración propia, obtenido del software Bibliometrix.

Mediante el uso del Análisis de Correspondencia Múltiple, como se muestra en la Figura 9, se descubrió que existe un grupo de palabras vinculables en dos clústeres. En el primer clúster, el término humano, se vincula a los términos relacionados a las redes neuronales artificiales y algoritmo. Mientras que en el segundo clúster vemos términos más relacionados a la inteligencia artificial, optimización y aprendizaje.

RESULTADOS

Discusión de artículos de diferentes autores:

3.1. Simulación Computacional de Alta Fidelidad: Un Avance en la Representación de Fenómenos Físicos

La simulación computacional de alta fidelidad representa una innovación significativa en la capacidad de los modelos computacionales para replicar fenómenos físicos con un grado de precisión y detalle que anteriormente era inalcanzable. Este enfoque se basa en el uso de algoritmos avanzados y poderosas capacidades de procesamiento para modelar sistemas físicos complejos, permitiendo a los investigadores y científicos obtener resultados altamente precisos que reflejan con mayor exactitud las realidades físicas. La alta fidelidad en las simulaciones se logra mediante la integración de datos experimentales, teorías físicas rigurosas y técnicas de modelado matemático sofisticadas, lo que permite una comprensión más profunda y una predicción más confiable de los comportamientos y las interacciones dentro de los sistemas estudiados (Méndez, 2020).

La relevancia de la simulación computacional de alta fidelidad se extiende a múltiples disciplinas, incluyendo la ingeniería, la física, la biomedicina y la climatología, entre otras. En ingeniería, por ejemplo, facilita el diseño y la optimización de estructuras y materiales con propiedades mecánicas y térmicas específicas, reduciendo así la necesidad de costosos prototipos físicos. En el ámbito biomédico, permite la simulación detallada de procesos biológicos complejos, contribuyendo al desarrollo de nuevos tratamientos y medicamentos. La capacidad de estas simulaciones para reproducir con precisión fenómenos a nivel micro y macro ha revolucionado la investigación y el desarrollo en diversas áreas, proporcionando una herramienta invaluable para avanzar en el conocimiento científico y tecnológico.

3.2. Aprendizaje Automático para el Descubrimiento y la Optimización: Una Revolución en el Análisis de Datos y la Modelización

El aprendizaje automático ha emergido como una herramienta poderosa para el descubrimiento y la optimización, especialmente en el contexto de la simulación computacional. Al utilizar algoritmos avanzados de aprendizaje automático, los investigadores pueden analizar grandes volúmenes de datos generados por simulaciones, permitiendo la extracción de conocimiento valioso y la identificación de patrones ocultos que serían difíciles de detectar mediante métodos tradicionales.

Estos algoritmos, que incluyen técnicas como redes neuronales, aprendizaje profundo y métodos de conjunto, son capaces de manejar la complejidad y la dimensionalidad de los datos simulados, proporcionando una visión más profunda y precisa de los fenómenos estudiados (Méndez, 2020).

Además del descubrimiento de nuevos conocimientos, el aprendizaje automático facilita la optimización de los modelos computacionales. Al aplicar técnicas de aprendizaje supervisado y no supervisado, los algoritmos pueden ajustar y mejorar los modelos en función de los datos obtenidos, aumentando su precisión y eficiencia. Este proceso de optimización es crucial en diversas áreas de investigación y desarrollo, ya que permite la creación de modelos más robustos y confiables, reduciendo el tiempo y los recursos necesarios para alcanzar resultados significativos. La integración del aprendizaje automático en el ciclo de vida de la simulación computacional no solo mejora la capacidad de análisis, sino que también impulsa la innovación y el avance tecnológico en múltiples disciplinas.

3.3. Ciclo Iterativo de Simulación y Aprendizaje: Sinergia entre Simulaciones y Algoritmos de Aprendizaje

El ciclo iterativo de simulación y aprendizaje representa un enfoque innovador y altamente eficiente para mejorar la precisión de los modelos computacionales. En este proceso, los resultados generados por las simulaciones sirven como datos de entrada para algoritmos de aprendizaje automático, que analizan y extraen patrones significativos de estos datos. A medida que el algoritmo de aprendizaje procesa esta información, ajusta y refina los parámetros del modelo computacional, mejorando así su capacidad predictiva. Este ciclo de retroalimentación continua permite que cada iteración sucesiva produzca modelos más precisos y robustos, reduciendo el margen de error y aumentando la confiabilidad de las predicciones (Tobar et al., 2023).

La implementación de un ciclo iterativo de simulación y aprendizaje es particularmente beneficiosa en campos donde la precisión y la adaptabilidad de los modelos son cruciales. En ingeniería, por ejemplo, este enfoque puede optimizar el diseño de estructuras y materiales, ajustándose dinámicamente a nuevas condiciones y datos experimentales. En la biomedicina, permite la adaptación continua de modelos fisiológicos basados en datos clínicos actualizados, mejorando así el desarrollo de tratamientos personalizados. Al establecer una interacción

constante entre las simulaciones y los algoritmos de aprendizaje, este ciclo iterativo no solo acelera el proceso de descubrimiento y optimización, sino que también abre nuevas oportunidades para la innovación en diversas disciplinas científicas y tecnológicas.

3.4. Predicción de Fenómenos con Mayor Precisión: Integración de Simulación Computacional y Aprendizaje Automático

La combinación de simulación computacional y aprendizaje automático ha revolucionado la capacidad de realizar predicciones precisas y confiables de fenómenos físicos complejos. Las simulaciones computacionales proporcionan una representación detallada y cuantitativa de los sistemas físicos, modelando sus comportamientos y dinámicas bajo diversas condiciones. Sin embargo, el verdadero potencial para alcanzar una precisión superior se manifiesta cuando estas simulaciones se integran con algoritmos de aprendizaje automático, que optimizan y ajustan los modelos basados en grandes volúmenes de datos. Esta sinergia permite a los investigadores y científicos identificar patrones ocultos y correlaciones que pueden no ser evidentes a través de simulaciones solas, mejorando significativamente la exactitud de las predicciones (Pueyo, 2021).

El aprendizaje automático, al aplicar técnicas como la regresión avanzada, redes neuronales y el aprendizaje profundo, puede extraer conocimientos profundos de los datos generados por las simulaciones. Esto permite la refinación continua de los modelos computacionales, adaptándolos a nuevas informaciones y condiciones, y ajustando las predicciones en función de datos actualizados. Este enfoque integrado no solo mejora la confiabilidad de las predicciones en campos como la física, la ingeniería y la climatología, sino que también reduce el riesgo de errores y proporciona una base más sólida para la toma de decisiones informadas. Así, la combinación de simulación computacional y aprendizaje automático establece un estándar más alto en la precisión y confiabilidad de la predicción de fenómenos físicos, impulsando el avance científico y tecnológico.

3.5. Mecánica de Fluidos: Simulación de Flujos Turbulentos y Complejos en Sistemas Naturales

La mecánica de fluidos es una rama de la física que se encarga de estudiar el comportamiento de los fluidos en movimiento y en reposo, y su simulación se ha convertido en una herramienta esencial para comprender fenómenos complejos en

diversos sistemas naturales. En particular, la simulación de flujos turbulentos y complejos, tales como los que ocurren en el clima terrestre o en el flujo sanguíneo, plantea desafíos significativos debido a la alta complejidad y la variabilidad de estos sistemas. Los modelos computacionales avanzados en mecánica de fluidos utilizan ecuaciones de Navier-Stokes y otras aproximaciones numéricas para replicar con precisión los patrones de flujo, permitiendo a los científicos e ingenieros analizar fenómenos como tormentas, patrones de circulación atmosférica y dinámicas de la sangre en el sistema cardiovascular (De la Barrera & García, 2023).

La capacidad de simular estos flujos con alta fidelidad no solo mejora nuestra comprensión de los sistemas físicos en cuestión, sino que también tiene implicaciones prácticas y tecnológicas importantes. En el ámbito climático, por ejemplo, las simulaciones precisas de flujos atmosféricos permiten la elaboración de modelos climáticos más exactos, esenciales para la previsión del cambio climático y la planificación de estrategias de mitigación. En medicina, las simulaciones del flujo sanguíneo pueden ayudar en el diseño de dispositivos médicos, como stents y válvulas, así como en la evaluación de patologías cardiovasculares. La combinación de técnicas avanzadas de simulación y la capacidad de manejar flujos turbulentos y complejos subraya la importancia de la mecánica de fluidos en la investigación y aplicación de soluciones a desafíos científicos y tecnológicos contemporáneos.

3.6. Experiencia en Física Computacional y Aprendizaje Automático: La Necesidad de un Equipo Multidisciplinario

El desarrollo e implementación de modelos efectivos en el ámbito de la física computacional y el aprendizaje automático requiere la colaboración de un equipo multidisciplinario con una experiencia técnica profunda en ambas áreas. La física computacional se centra en el uso de métodos numéricos y algoritmos para modelar y simular fenómenos físicos complejos, abordando problemas que van desde la dinámica de fluidos hasta las interacciones de partículas subatómicas. Por otro lado, el aprendizaje automático implica la creación y aplicación de algoritmos capaces de aprender y mejorar a partir de datos, lo cual es crucial para la optimización y el ajuste de modelos basados en simulaciones. La integración de estas disciplinas permite una simulación más precisa y una capacidad predictiva superior, abordando problemas complejos que requieren tanto una comprensión

detallada de los fenómenos físicos como una habilidad avanzada en el manejo de datos y algoritmos (Méndez, 2020).

La colaboración efectiva entre expertos en física computacional y aprendizaje automático implica un intercambio constante de conocimientos y metodologías. Los físicos computacionales proporcionan el entendimiento teórico y la infraestructura necesaria para simular sistemas físicos, mientras que los especialistas en aprendizaje automático aportan técnicas de análisis de datos y modelos predictivos que mejoran la precisión y la eficiencia de las simulaciones. Este enfoque integrado no solo optimiza la capacidad de los modelos para representar fenómenos complejos con alta fidelidad, sino que también facilita la innovación en áreas como el diseño de experimentos, el desarrollo de nuevas teorías y la resolución de problemas prácticos en ingeniería, medicina y ciencias aplicadas. La colaboración multidisciplinaria se convierte así en un elemento esencial para avanzar en el campo y enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos del futuro.

3.7. Desarrollo de Algoritmos de Aprendizaje Automático Robustos: Aprendizaje en Datos Ruidosos y Complejos

El desarrollo de algoritmos de aprendizaje automático robustos es fundamental para abordar la complejidad y el ruido en grandes conjuntos de datos. Estos algoritmos deben ser capaces de manejar y aprender de datos que no solo presentan gran volumen y diversidad, sino también incertidumbre e imprecisiones inherentes. La robustez en el diseño de estos algoritmos implica la implementación de técnicas avanzadas que permiten la extracción de patrones significativos y la generalización a partir de datos ruidosos, tales como métodos de regularización, redes neuronales profundas, y algoritmos de ensamble. Estos enfoques garantizan que el modelo pueda adaptarse a variaciones y errores en los datos, manteniendo su precisión y eficacia en tareas de predicción y clasificación (Tobar et al., 2023).

Además, la capacidad de los algoritmos para lidiar con datos complejos es crucial para aplicaciones en diversas áreas, desde la predicción de fenómenos meteorológicos hasta el análisis de imágenes médicas. El diseño de algoritmos que puedan integrar y procesar información de diferentes fuentes y en distintas escalas, mientras manejan el ruido y la variabilidad, mejora significativamente la calidad y la utilidad de los modelos computacionales. Este desarrollo continuo de algoritmos

robustos es esencial para avanzar en el campo del aprendizaje automático, facilitando descubrimientos más precisos y aplicaciones prácticas en el análisis de grandes y complejos conjuntos de datos.

3.8. Predicción del Rendimiento Futuro: Aplicación de la Inteligencia Artificial Generativa en la Educación

La aplicación de la inteligencia artificial generativa en la predicción del rendimiento futuro de los estudiantes ofrece un enfoque innovador para mejorar la intervención educativa y el apoyo personalizado. Mediante el uso de modelos generativos avanzados, como redes generativas adversariales (GANs) o modelos de difusión, es posible analizar patrones históricos de desempeño y generar predicciones sobre el progreso académico de los estudiantes. Estos modelos pueden identificar tendencias y prever posibles dificultades antes de que ocurran, lo que permite a los docentes implementar estrategias de intervención temprana y adaptar el apoyo académico a las necesidades específicas de cada estudiante. La capacidad de anticipar desafíos y áreas de mejora facilita un enfoque proactivo en la enseñanza, mejorando la eficacia del proceso educativo y contribuyendo al éxito académico a largo plazo (García et al., 2024).

El uso de inteligencia artificial generativa para la predicción del rendimiento también ofrece beneficios significativos en términos de personalización del aprendizaje y gestión de recursos educativos. Al prever con precisión las necesidades futuras de los estudiantes, los educadores pueden planificar y asignar recursos de manera más eficiente, optimizando el tiempo y los esfuerzos dedicados a la instrucción. Además, este enfoque permite a los docentes adaptar las estrategias pedagógicas y diseñar intervenciones específicas para cada estudiante, abordando sus fortalezas y debilidades individuales. La integración de inteligencia artificial generativa en la educación no solo mejora la capacidad de los educadores para apoyar a sus estudiantes de manera más efectiva, sino que también promueve un entorno de aprendizaje más dinámico y adaptativo.

3.9. Habilidades Creativas y Resolutivas con IA: Uso Creativo y Responsable de Herramientas de Inteligencia Artificial

El desarrollo de habilidades creativas y resolutivas mediante el uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) representa una evolución significativa en la manera en que abordamos la resolución de problemas y la generación de ideas.

La IA proporciona capacidades avanzadas para el análisis de datos, la generación de contenido y la optimización de procesos, lo que permite a los individuos y organizaciones explorar soluciones innovadoras en diversos contextos. El uso creativo de herramientas de IA implica no solo la aplicación de algoritmos y modelos para tareas específicas, sino también la capacidad de diseñar enfoques novedosos y adaptativos que amplíen las posibilidades tradicionales. Desde la creación de nuevas ideas y productos hasta la mejora de procesos existentes, la IA ofrece una plataforma poderosa para la experimentación y la innovación (García et al., 2024). No obstante, el uso responsable de la IA es fundamental para maximizar su potencial y minimizar los riesgos asociados. La implementación ética de herramientas de IA requiere una comprensión profunda de sus limitaciones, sesgos potenciales y el impacto de sus aplicaciones en la sociedad. Los profesionales deben estar capacitados para evaluar críticamente los resultados generados por IA, garantizar la transparencia en los procesos y abordar las implicaciones éticas de su uso. Al combinar habilidades creativas con una gestión responsable, se puede aprovechar al máximo el potencial de la IA para resolver problemas complejos, generar soluciones innovadoras y mejorar procesos en una amplia gama de sectores, desde la ciencia y la ingeniería hasta el arte y la educación.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a lo largo del análisis y la revisión de la literatura subrayan la relevancia de la inteligencia artificial (IA) en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos, destacando la sinergia entre el aprendizaje automático y la simulación computacional para mejorar la precisión y eficiencia de los modelos predictivos.

Primero, la simulación computacional de alta fidelidad ha sido clave para representar con mayor precisión fenómenos complejos en matemáticas y estadística. Los modelos más avanzados integran datos experimentales y teorías rigurosas, lo que permite una aproximación más confiable a la solución de problemas complejos en áreas como la ingeniería o la climatología. Aplicando este enfoque a los problemas estadísticos, es posible realizar simulaciones con gran detalle, lo que optimiza las predicciones y análisis en estudios de gran escala, como las proyecciones económicas o los modelos de inferencia estadística (Méndez, 2020).

El aprendizaje automático, por otro lado, ha demostrado ser una herramienta revolucionaria en la optimización de modelos matemáticos y estadísticos. Los algoritmos de aprendizaje automático permiten extraer patrones ocultos en grandes volúmenes de datos, lo que es esencial en campos que dependen de la estadística, como la econometría o la bioestadística. Este descubrimiento y optimización automatizados reducen el margen de error y permiten ajustar los modelos estadísticos a las nuevas condiciones, como en el caso de la adaptación de modelos de riesgo financiero (Méndez, 2020).

La creación de un ciclo iterativo entre simulación y aprendizaje automático ha sido igualmente fundamental para perfeccionar modelos estadísticos y matemáticos. En este ciclo, cada iteración mejora los parámetros del modelo, logrando predicciones más robustas y precisas. Esta retroalimentación es particularmente útil en áreas donde los modelos deben actualizarse constantemente según nuevos datos, como en los pronósticos económicos o la evaluación de riesgos (Tobar et al., 2023).

Además, la combinación de simulación computacional y aprendizaje automático en la predicción de fenómenos complejos ha mejorado significativamente la precisión y fiabilidad de los modelos estadísticos. Al ajustar continuamente los parámetros de los modelos según nuevos datos, se mejora la calidad de las predicciones, lo que tiene implicaciones directas en áreas como la predicción de tendencias económicas o el análisis de grandes conjuntos de datos (Pueyo, 2021).

En resumen, la aplicación de la IA en la resolución de problemas matemáticos y estadísticos ha demostrado ser un avance crucial, al combinar técnicas de simulación y algoritmos avanzados que optimizan y mejoran la precisión de los modelos. Esto abre nuevas oportunidades para abordar problemas complejos en diversas disciplinas, con implicaciones significativas en la investigación y el desarrollo científico.

CONCLUSIÓN

La simulación computacional de alta fidelidad y el aprendizaje automático se han destacado como herramientas revolucionarias en la representación y análisis de fenómenos físicos y datos complejos. La simulación de alta fidelidad ha mejorado significativamente la capacidad de replicar con precisión fenómenos físicos, lo que ha facilitado avances en diversas disciplinas como la ingeniería, la biomedicina y

la climatología. Por otro lado, el aprendizaje automático ha permitido analizar grandes volúmenes de datos de simulaciones, descubriendo patrones ocultos y optimizando modelos computacionales para mejorar su precisión y eficiencia.

El ciclo iterativo de simulación y aprendizaje demuestra ser una metodología poderosa para refinar y mejorar continuamente los modelos computacionales. Este proceso sinérgico, en el que los resultados de las simulaciones sirven de entrada para algoritmos de aprendizaje que a su vez ajustan los modelos, ha mostrado ser especialmente útil en campos como la ingeniería y la biomedicina, donde la precisión y adaptabilidad de los modelos son cruciales. La combinación de simulaciones y aprendizaje automático no solo aumenta la confiabilidad de las predicciones, sino que también impulsa la innovación y el avance tecnológico en múltiples disciplinas científicas.

Finalmente, la integración de la inteligencia artificial en la simulación computacional ha establecido un nuevo estándar en la predicción precisa de fenómenos físicos. Al combinar la capacidad detallada de las simulaciones con la optimización y ajuste constante proporcionado por los algoritmos de aprendizaje automático, se logran predicciones más exactas y confiables. Esta sinergia es esencial para mejorar la comprensión y la toma de decisiones informadas en áreas críticas como la física, la ingeniería y la climatología, subrayando la importancia de una colaboración multidisciplinaria para abordar los desafíos complejos de la ciencia y la tecnología moderna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, S., Salazar, O. M., Ovalle, D. A., Álvarez, S., Salazar, O. M., & Ovalle, D. A. (2020). Modelo de juego serio colaborativo basado en agentes inteligentes para apoyar procesos virtuales de aprendizaje. *Formación universitaria*, 13(5), 87-102. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000500087>
- Barragán, X. (2023). Situación de la Inteligencia Artificial en el Ecuador en relación con los países líderes de la región del Cono Sur. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), Article 2. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4498>
- Barros, R., Basgalupp, M., de Carvalho, A., & Freitas, A. (2013). Automatic Design of Decision-Tree Algorithms with Evolutionary Algorithms. *Evolutionary computation*, 21. https://doi.org/10.1162/EVCO_a_00101

- Basáez, E., & Mora, J. (2022). Salud e inteligencia artificial: ¿cómo hemos evolucionado? *Revista Médica Clínica Las Condes*, 33(6), 556-561. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2022.11.003>
- Blanco, A. (2018). Directrices y recursos para la innovación en la enseñanza de la Estadística en la universidad: Una revisión documental. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 16(1), Article 1. <https://doi.org/10.4995/redu.2018.9372>
- Brundage, M., Avin, S., Clark, J., Toner, H., Eckersley, P., Garfinkel, B., Dafoe, A., Scharre, P., Zeitzoff, T., Filar, B., Anderson, H., Roff, H., Allen, G. C., Steinhardt, J., Flynn, C., hÉigearthaigh, S. Ó., Beard, S., Belfield, H., Farquhar, S., ... Amodei, D. (2018, febrero 20). The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation. *arXiv.Org*. <https://arxiv.org/abs/1802.07228v1>
- Caballero, M. S. (2021). El método blended learning en el desarrollo de competencias matemáticas en los estudiantes: Revisión sistemática. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85135>
- Coloma, J. A., Vargas, J. A., Sanaguano, C. A., & Geovanny, Á. (2020). Inteligencia artificial, sistemas inteligentes, agentes inteligentes. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 4(2), 16-30. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(2\).mayo.2020.16-30](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(2).mayo.2020.16-30)
- De la Barrera, J., & García, M. (2023). Metodologías de ahorro energético aplicadas a los sistemas HVAC utilizando inteligencia artificial: Una revisión del estado del arte. *Repositorio Institucional ITM*, 1, 1.
- Doshi, F., & Kim, B. (2017). Towards A Rigorous Science of Interpretable Machine Learning. *arXiv: Machine Learning*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1702.08608>
- García, F. J., Llorens, F., & Vidal, J. (2024). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1). <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- Gomes, J. (2022). The impact of artificial intelligence in the rail industry [masterThesis]. <https://repositorio.iscte-iul.pt/handle/10071/25014>

- Hernández, C., Prada, R., Parada, D., & Pumarejo, L. (2020). La comprensión de las demostraciones matemáticas. Un estudio de revisión. *Eco Matemático*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.22463/17948231.3201>
- Hidalgo, C., Llanos, J., & Bucheli, V. (2021). Una revisión sistemática sobre aula invertida y aprendizaje colaborativo apoyados en inteligencia artificial para el aprendizaje de programación. *Tecnura*, 25(69), 196-214. <https://doi.org/10.14483/22487638.16934>
- Jordan, M., & Mitchell, T. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255-260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep Learning. *Nature*, 521, 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Méndez, I. (2020). Aprendizaje Automático aplicado en Física: Una revisión de la literatura científica. *Research in Computing Science*, 149(8), 803-816.
- Mendoza, J. G., Quispe, M. B., Muñoz, S. P., Mendoza, J. G., Quispe, M. B., & Muñoz, S. P. (2022). Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción. *Ingeniería y competitividad*, 24(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i2.11727>
- Miki, T., Lee, J., Hwangbo, J., Wellhausen, L., Koltun, V., & Hutter, M. (2022). Learning robust perceptive locomotion for quadrupedal robots in the wild. *Science Robotics*, 7(62). <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abk2822>
- Morales, L., Zuta, L. M., Solis Trujillo, B. P., Fernández, F., & García, M. (2023). El uso del Software GeoGebra en el aprendizaje de las matemáticas: Una revisión sistemática. *Referencia Pedagógica*, 11(1), 2-13.
- Ocaña, Y., Valenzuela, L., & Garro, L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 536-568. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>
- O'Neil, C. (2017). *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. Crown Publishing Group, 78, 403-404. <https://doi.org/10.5860/crl.78.3.403>
- Piovarci, I., Melikishvili, S., Tatarko, M., Hianik, T., & Thompson, M. (2021). Detection of Sub-Nanomolar Concentration of Trypsin by Thickness-Shear

- Mode Acoustic Biosensor and Spectrophotometry. *Biosensors*, 11(4), 117. <https://doi.org/10.3390/bios11040117>
- Pueyo, E. (2021). Modelización matemática y simulación computacional de la variabilidad espacio-temporal en la actividad eléctrica cardíaca -. *Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de Zaragoza*, 76, 7-54.
- Ramírez, A. (2019). Futuro sonoro. Aproximación teórica emergente transdisciplinar al futuro de la música a partir de la aplicación de inteligencia artificial evolutiva hacia nuevos campos sonoros de creación abierta en el marco de las ciencias de la complejidad. Repositorio Institucional de la Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/9490>.
- Rudin, C. (2019). Stop Explaining Black Box Machine Learning Models for High Stakes Decisions and Use Interpretable Models Instead (arXiv:1811.10154). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1811.10154>
- Silver, D., Huang, A., Maddison, C., Guez, A., Sifre, L., Driessche, G., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Panneershelvam, V., Lanctot, M., Dieleman, S., Grewe, D., Nham, J., Kalchbrenner, N., Sutskever, I., Lillicrap, T., Leach, M., Kavukcuoglu, K., Graepel, T., & Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529, 484-489. <https://doi.org/10.1038/nature16961>
- Soto, J. Á. (2023). La ‘velocidad de escape’ de la IA y el futuro del trabajo. *Nuevas Tendencias*, 110, 37-39. <https://revistas.unav.edu/index.php/nuevas-tendencias/article/view/45027>
- Tobar, R., Gao, Y., Mas, J. F., & Cambrón-Sandoval, V. H. (2023). Clasificación de uso y cobertura del suelo a través de algoritmos de aprendizaje automático: Revisión bibliográfica. *Revista de Teledetección*, 62, 1-19. <https://doi.org/10.4995/raet.2023.19014>
- Valdez, A., Aréchiga, D., & Daza Marco, T. (2024). Inteligencia artificial y su uso en las campañas electorales en sistemas democráticos. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(105), 63-76. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.105.5>

- Vázquez, M. L., Jara, R. E., Riofrio, C. E., & Teruel, K. P. (2018). Facebook como herramienta para el aprendizaje colaborativo de la inteligencia artificial. *Didáctica y Educación* ISSN 2224-2643, 9(1), Article 1.
- Vélez, L. G. (2021). Inteligencia artificial y desempleo. *Revista Científica Multidisciplinaria HEXACIENCIAS*. ISSN: 3028-8657, 1(2), Article 2.

Conflicto de intereses

Los autores indican que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

Con certificación de:

