

Análisis bibliométrico de la inteligencia artificial en el deporte

Bibliometric analysis of artificial intelligence in sport

*José Ramón Sanabria Navarro, **William Alejandro Niebles Núñez, ***Yahilina Silveira Pérez

*Universidad de Córdoba (Colombia), **Universidad de Sucre (Colombia), ***Universidad de Sucre (Colombia)

Resumen. El análisis bibliométrico de la inteligencia artificial (IA) en el deporte revela una creciente tendencia en la investigación y aplicación de esta tecnología en este fenómeno social. En la última década, se ha observado un aumento significativo en el número de publicaciones científicas relacionadas con la inteligencia artificial y el deporte, lo que indica un gran interés en el tema. El objetivo de esta investigación fue analizar bibliométricamente los elementos de la inteligencia artificial en el deporte. La metodología utilizada fue la hermenéutica y el análisis de tres componentes fundamentales Autores, Revistas y Aportes (ARA) propuesta por los autores para la revisión bibliométrica. Se analizaron 1002 artículos científicos pertenecientes a las bases de datos Scopus (825), Science Direct (172) y Mendeley (5). Como criterios de inclusión en la investigación se tomaron dos: todos debían ser artículos científicos, en idioma español e inglés. Los principales resultados parten de la identificación de los principales autores, revistas y aportes que potencia la IA en el deporte, teniendo en cuenta las nuevas metodologías y tendencias de lo anterior. En conclusión, se define a la IA en el deporte como una herramienta que corrige errores, ayuda a la toma de decisiones, potencia nuevas estrategias de entrenamiento deportivo y en la competencia, ayuda a prevenir lesiones deportivas, a estudiar a los contrarios y potenciar escenarios deportivos de alta calidad.

Palabras clave: Inteligencia artificial, entrenamiento deportivo, deporte moderno, análisis bibliométrico, metodología ARA.

Abstract. The bibliometric analysis of artificial intelligence (AI) in sports reveals a growing trend in the research and application of this technology in this social phenomenon. In the last decade, there has been a significant increase in the number of scientific publications related to artificial intelligence and sports, indicating great interest in the topic. The objective of this research was to bibliometrically analyze the elements of artificial intelligence in sports. The methodology used was hermeneutics and the analysis of three fundamental components Authors, Journals and Contributions (ARA) proposed by the authors for the bibliometric review. 1002 scientific articles belonging to the Scopus (825), Science Direct (172) and Mendeley (5) databases were analyzed. Two criteria were taken as inclusion criteria in the research: all had to be scientific articles, in Spanish and English. The main results are based on the identification of the main authors, journals and contributions that enhance AI in sport, taking into account the new methodologies and trends of the above. In conclusion, AI in sports is defined as a tool that corrects errors, helps decision-making, enhances new sports training and competition strategies, helps prevent sports injuries, study opponents and enhance scenarios. high quality sports.

Keywords: Artificial intelligence, sports training, modern sport, bibliometric analysis, ARA methodology.

Fecha recepción: 21-12-23. Fecha de aceptación: 21-02-24

Yahilina Silveira Pérez

yahilina.silveira@unisucre.edu.co

Introducción

El deporte emergente en la cultura deportiva contemporánea utiliza tecnologías de la información y la comunicación para mejorar la experiencia deportiva de los atletas, entrenadores, aficionados y otros actores del deporte (Sanabria-Navarro et al., 2023). Por tanto, conocer las relaciones entre las variables resiliencia, afrontamiento, compromiso y estrés en el ámbito deportivo y sus diferencias en función de diferentes tipologías personales requieren la ayuda de la inteligencia artificial (Bellod et al., 2021).

El término «Inteligencia Artificial» (IA) fue acuñado en 1956 en una conferencia en Dartmouth College y desde entonces, este ha experimentado un desarrollo constante evolucionando de manera significativa (Sanabria-Navarro et al., 2023). En el deporte, la red neuronal es uno de los tipos de inteligencia artificial más utilizados como algoritmos. Sin embargo, debido a su alto precio, los clubes deportivos de alto perfil eran los únicos que podían permitirse el lujo de usarlo a diario en el pasado (Bozděch & Vychodilová, 2023).

El uso de ChatGPT, o un estilo de chatbot similar de inteligencia artificial (IA), se puede aplicar a muchos proyectos de aprendizaje experiencial en el deporte, sobre todo en la organización de eventos deportivos (Keiper, 2023). El avance de las tecnologías de pruebas inteligentes, big data e

inteligencia artificial promueve en gran medida las tecnologías de medición experimental y los métodos de simulación de la biomecánica deportiva (Liu et al., 2023). Las posibles aplicaciones de GPT-4 en la medicina deportiva, parten de imágenes de diagnóstico, la prescripción de ejercicios, la supervisión médica, el tratamiento quirúrgico, la nutrición deportiva y la investigación científica. Es imposible que GPT-4 pueda dejar obsoletos a los médicos deportivos. En cambio, podría convertirse en un asistente científico indispensable para los médicos deportivos en el futuro (Cheng et al., 2023).

Otra aplicación de la IA es como estrategia innovadora de reducción del riesgo de lesiones, donde se realiza el modelado y predicción del riesgo de lesiones deportivas en tiempo real y el uso de técnicas de aprendizaje (Dandrieux et al., 2023). La evidencia científica sobre la IA plantea que esta puede ayudar a mejorar la toma de decisiones terapéuticas, así como la prevención de lesiones y optimizar la vuelta a la actividad deportiva (Oronowicz et al., 2023). Es por todo esto que han surgido interrogantes sobre cómo se aplica la IA en el deporte.

Aplicaciones de la IA en el entrenamiento deportivo

El análisis de la situación actual y contramedidas de desarrollo del entrenamiento y la gestión del deporte basado en el trasfondo de la inteligencia artificial (Li et al., 2023),

plantea resolver los problemas de baja integridad en la recopilación de datos y poca precisión de la evaluación de la finalización del movimiento de entrenamiento deportivo tradicional utilizando la IA. El análisis y la visualización de datos deportivos y la comprensión del comportamiento táctico colectivo se ha convertido en una parte integral del entrenamiento y de la competencia deportiva (Liu et al., 2023), la tecnología de visualización de datos nacida en la era del análisis de big data proporciona una buena base para seguir desarrollando herramientas de fitness basadas en IA.

Por su parte, el diseño de sistemas inteligentes de análisis de predicción deportiva basados en el algoritmo de optimización de enjambre de partículas (Huang & Bai, 2023), potencia los sistemas predictivos de resultados deportivos teniendo en cuenta datos de diferentes competiciones. Los avances recientes en la detección portátil y el aprendizaje automático con IA han creado amplias oportunidades para el análisis de movimiento en los deportes (Dorschky et al., 2023), ya que la combinación de ambos permite proporcionar feedback en tiempo real a deportistas y entrenadores.

Para cada deporte importante, los analistas pueden extraer grandes cantidades de datos, que pueden ser aprovechados por los medios y fanáticos (para entretenimiento), por atletas (para mejorar el desempeño individual y de equipo) y organizaciones (para producir una comprensión más profunda del deporte en sí). Todos los principales eventos deportivos profesionales de la actualidad están incorporando la IA a estos análisis (Xu & Zhang, 2023). También se emplea con frecuencia para mejorar la vida humana mediante el control de diversas actividades físicas y mentales. Significa que puede mejorar el rendimiento y avance de los atletas mediante la recopilación, análisis y seguimiento de los datos (Li, 2023).

En el ciclismo es posible planificar el entrenamiento como un conjunto de nodos y aristas que el atleta debe recorrer, la optimización de rutas mediante inteligencia artificial es una forma de optimizar el rendimiento (Rajsp & Fister, 2023). Además, la IA está presente también en el atletismo llevando a cabo análisis inteligentes al realizar un entrenamiento de carrera. Por ende, este tipo de tecnología puede analizar y predecir con precisión los requisitos de aplicación de las posturas de entrenamiento deportivo (Yang & Chang, 2023).

El objetivo de los entrenadores es maximizar los resultados del entrenamiento de los atletas en varios eventos deportivos utilizando la tecnología de IA y su experiencia deportiva (Zhang et al., 2023), de esta forma se examina el uso de la tecnología en los deportes y se puede evaluar las implicaciones prácticas de su implementación. La IA combina los principios de la fisiología humana y propone métodos para mejorar los movimientos deportivos para ayudar al entrenamiento de los atletas mediante imágenes de cámaras de alta definición (Xie, 2023), registrando los errores de los métodos de entrenamiento.

Otro elemento importante se refleja en el sistema de aprendizaje deportivo inteligente mediante IA, un tipo de sistema asistido por computadora para el entrenamiento y

la competencia deportiva (Liu & Liu, 2023). El sistema realiza un control predictivo del modelo de entrenamiento deportivo y de la competencia, facilitando también el estudio de contrarios. Es posible además evaluar el efecto del entrenamiento deportivo basado en tecnología de IA (Wang, 2023), esto potencia la integración de gráficos, imágenes y tecnología de reconocimiento de la acción deportiva en la mejora de los métodos de entrenamiento.

Existe la tendencia del uso de una plataforma para construir una base de datos de conocimiento basada en la información deportiva 3D de los atletas y los parámetros deportivos (Mei, 2023), la misma utiliza algoritmos basados en máquinas de aprendizaje automático de inteligencia artificial para analizar datos deportivos y potenciar estrategias para el entrenamiento deportivo y la competencia en diferentes deportes. Se utiliza la IA para construir un sistema experto, generando un modelo cognitivo de navegación de autoayuda para la planificación del entrenamiento deportivo (Wei et al., 2022), el sistema experto puede actualizar constantemente el sistema de conocimiento y la base de casos, por lo que mantendría actualizado a todos los interesados en la planificación del entrenamiento deportivo.

La pregunta de investigación que condujo a esta temática es: ¿Cuáles son los elementos del análisis bibliométrico de la inteligencia artificial en el deporte moderno? Por lo que el objetivo general: Analizar bibliométricamente los elementos de la inteligencia artificial en el deporte.

Metodología

En este estudio se llevó a cabo una metodología hermenéutica para el análisis bibliométrico de la inteligencia artificial en el deporte moderno, partiendo de un enfoque de investigación que se centra en la interpretación de textos y la comprensión de su significado (Creswell, 2013). Se utilizó una adaptación de la propuesta de Matthew et al. (2021) y se aplicó la metodología PRISMA para respaldar la revisión sistemática. La misma que adoptó un enfoque mixto combinando la investigación cualitativa y cuantitativa, así como el paradigma de la teoría crítica. Además, se utilizó el paradigma constructivista, ya que los artículos de referencia se basaron en investigaciones construidas a partir de realidades socialmente comprobadas en diferentes contextos y tiempos, incluyendo países y situaciones diversas.

Instrumento para la recolección de información.

Para el establecimiento del instrumento de recolección de información los autores crearon una metodología que define las dimensiones (D) e indicadores (I) que lideran la investigación y que parten del análisis de tres componentes fundamentales Autores, Revistas y Aportes (ARA):

D.1: Autores. (I): Categorías conceptuales, citas, citaciones, actualidad de publicaciones, afiliación, país, índice h.

D.2: Revistas. (I): Documentos publicados relacionados con la temática, Cuartiles de las revistas, Índice h, área temática, factor de impacto, países y bases de datos.

D.3: Aportes. (I): Tema tratado, metodologías utilizadas, técnicas de análisis, muestras utilizadas y aportes.

Población y muestra.

Por lo tanto, a continuación, se describen los pasos realizados para el diseño visual del diagrama PRISMA. Se tomaron en cuenta 1002 artículos científicos relacionados con el análisis bibliométrico de la inteligencia artificial en el deporte moderno. Las publicaciones anteriores son de tres bases de datos fundamentales 825 artículos (Scopus), 172 (Science Direct) y 5 (Mendeley), los criterios de inclusión fueron: Solo artículos científicos, Idioma (español o inglés), de las bases de datos anteriores, todos de la última década (Figura 1).

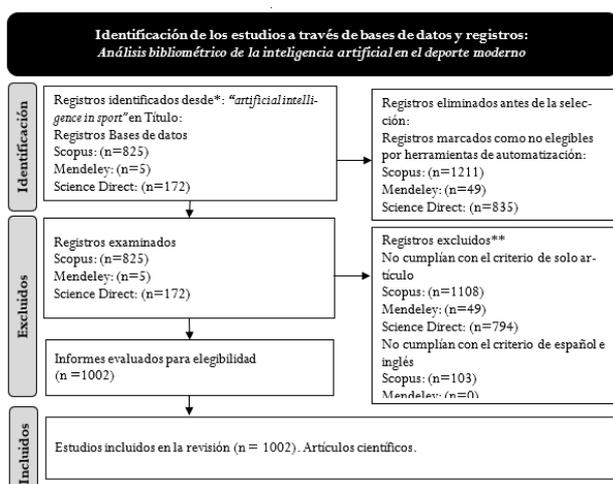


Figura 1. Prisma para la Identificación de los estudios a través de bases de datos y registros. Nota. Adaptaciones de la propuesta de Matthew et al. (2021).

1) Identificación de los pasos clave de la revisión sistemática: La revisión sistemática generalmente incluye subpasos como: Búsqueda de estudios: Se utilizó la ecuación de búsqueda: title («artificial intelligence in sport») and limit-to (language, «English») or limit-to (language, «spanish»). 2) Selección de estudios: Para obtener los mejores resultados en la exploración realizada se aplicaron estrategias de búsquedas a toda la literatura indexada en Scopus, Mendeley y Science Direct en relación con este tema hasta 2024. 3) Extracción de datos: Se utilizaron las herramientas del paquete Bibliometrix del programa estadístico R (Aria & Cuccurullo, 2017), para la extracción de la información de las variables a analizar según las dimensiones explicadas anteriormente. 4) Evaluación de la calidad de la evidencia: Posterior a los pasos anteriores, se analizaron los resultados de forma descriptiva y con base en esta información, se elaboraron las tablas y gráficos presentados en la sección de resultados.

Resultados

El análisis de los resultados parte de la metodología ARA diseñada por los autores para el establecimiento de investigaciones de análisis bibliométrico y revisión sistemática. Teniendo en cuenta esta metodología y las dimensiones e indicadores establecidos se procede al procesamiento de los datos.

D.1: Autores. (I): Categorías conceptuales, citas, año de publicaciones, afiliación, país, índice h.

Con respecto al indicador categorías conceptuales de la inteligencia artificial en el deporte moderno, se puede referir que, se definieron las mismas a través de un análisis bibliométrico utilizando el software Bibliometrix, el cuál agrupa los principales términos a tener en cuenta a la hora de investigar, los mismos que marcan las rutas y definen nuevas líneas de investigación para los interesados en la temática objeto de estudio (Figura 2).



Figura 2. Análisis bibliométrico de las categorías conceptuales. Fuente: Software Bibliometrix.

Como se evidencia en la figura anterior dentro de las categorías conceptuales relevantes tenemos una relación directa entre el deporte y la IA que se materializa a través de las bases de datos y sistemas de aprendizajes. Dentro de los elementos que condicionan la relación anteriormente mencionada se puede evidenciar los datos de los diferentes deportes, las tecnologías aplicadas en ellos, los análisis del entrenamiento deportivos, diferentes algoritmos para el análisis de deficiencias, de métodos de entrenamientos, de la competición, de probabilidades, que permiten el establecimiento de modelos de entrenamiento deportivos modernos.

La temática en cuestión proporciona una mejoría en la toma de decisiones por parte de directivos, entrenadores y deportistas, tanto en los entrenamientos, como en la táctica deportiva. Mejora el desarrollo técnico, previene lesiones deportivas y permite estudiar a profundidad los contrarios, por lo que genera algoritmos de decisiones que pueden llevar al logro de los resultados deportivos. Una vez definidas las categorías conceptuales que se relacionan con el objeto de estudio, se hace necesario evidenciar los principales autores líderes en la investigación que se presenta. Para lo anterior seguimos aplicando la metodología ARA y se argumentan los indicadores a continuación (Tabla 1).

En la tabla 1 se puede evidenciar que los principales autores según las bases de datos aportados desde la muestra de la investigación son de países desarrollados, lo que demuestra el acceso a la información, el financiamiento y el acceso a estas nuevas tecnologías que aún se dificulta mucho para acceder desde países subdesarrollados. Se observa una nueva motivación por la temática desde diferentes instituciones, lo que demuestra que las universidades ya no ejercen

hegemonías en el tema de la inteligencia artificial en el deporte moderno, ya que el interés por mantener y mejorar los resultados deportivos va más allá del beneficio de la investigación científica de las universidades, es una necesidad para todas las organizaciones deportivas e interesados.

La inteligencia artificial aplicada al deporte moderno es una temática de extraordinaria actualidad según sus autores, ya que el 50% de las investigaciones presentadas están entre los años 2020 – 2023 y el otro 50% entre los años 2015 – 22019. Así mismo el índice h promedio de los autores que lideran este tema se establece de la siguiente forma: 30% entre 40 – 60, el 40% entre los 20 – 39 y el otro 30% restante, posee un índice h entre los 6 – 19.

Las citas de los autores demuestran su experiencia y calidad en cuanto al impacto social de sus investigaciones. Teniendo en cuenta lo anterior se puede decir que el 70% de los autores están entre 144 – 1473 citas y el 30% están entre las 26 -57 citas. D.2: Revistas. (I): Documentos publicados relacionados con la temática, Cuartiles de las revistas, Índice h, área temática, factor de impacto, países y bases de datos. Tener información sobre cuáles son las revistas científicas que más publican sobre temas relacionados con la IA en el deporte moderno, brindan una oportunidad de saber dónde se pueden obtener resultados satisfactorios de interés, ver los tipos de documentos, los cuartiles, índices h, el factor de impacto de las investigaciones, el posicionamiento editorial que brinda calidad en las publicaciones entre otros temas (Tabla 2).

Tabla 2.
Principales revistas científicas relacionados con la IA en el deporte moderno.

Revistas	Documentos	Cuartiles	Bases de datos	Índice h	Factor de impacto	Países	Áreas temáticas
Ceur Workshop Proceedings	78	Q-4	SJR	62	0,2	Estados Unidos	Ciencias de la Computación
Journal Of Physics Conference Series	77	Q-4	SJR	91	0,18	Reino Unido	Física y Astronomía
Advances In Intelligent Systems and Computing	65	Q-4	SJR	58	0	Alemania	Ciencias de la Computación
ACM International Conference Proceeding Series	50	Q-4	SJR	137	0,21	Estados Unidos	Inteligencia artificial
Communications In Computer And Information Science	34	Q-4	SJR	62	0,19	Alemania	Ciencias de la Computación
Computational Intelligence And Neuroscience	31	Q-1	SJR	70	0	Estados Unidos	Ciencias de la Computación
Mobile Information Systems	27	Q-3	SJR	42	0,36	Egipto	Redes informáticas
Wireless Communications and Mobile Computing	26	Q-2	SJR	73	0,45	Egipto	Ciencias de la Computación
Journal Of Intelligent and Fuzzy Systems	20	Q-3	SJR	73	0,37	Países Bajos	Inteligencia artificial
Lecture Notes in Electrical Engineering	18	Q-4	SJR	40	0,15	Alemania	Ingeniería

Nota: Operacionalización de la metodología ARA. Fuente. Elaboración de los autores basado en Scopus, Mendeley y Science Direct.

De acuerdo con la información recopilada, las revistas científicas analizadas se centran en áreas temáticas como las ciencias de la computación (50%), inteligencia artificial (20%), ingeniería (30%), física astronomía y las redes informáticas (10%, respectivamente), ninguna de ellas se relaciona con temas deportivos, lo que sugiere una falta de investigaciones en este ámbito. Para este estudio, el resultado evidencia la novedad de esta investigación y la pérdida de un área científica tan importante desde las ciencias del deporte. El 40% de las revistas han publicado entre 50 - 78 documentos relacionados con la inteligencia artificial en del deporte moderno. El 60% posee un número de publicaciones relacio-

Partiendo de lo anterior se puede decir que el 80% de las revistas científicas son de países desarrollados y solo el 20% de países subdesarrollados. El 60% de los Journal son de Estados Unidos (30%) y Alemania (30%), El 20% son de Egipto y un 20% de Países Bajos (10%) y Reino Unido (10%). Lo anterior concuerda con la dimensión anterior en cuanto acceso de los países subdesarrollados a el posicionamiento de revistas de este tipo y de presupuestos para lograrlo.

Tabla 1.
Principales autores relacionados con la IA en el deporte moderno.

Autores	Citas	Años	Índice h	Afiliación	País
Stone, P.	558	2022	61	Sony AI	Estados Unidos
Reis, L.P.	435	2015	23	Universidad de Oporto	Portugal
Davis, J.	144	2023	21	KU Leuven	Bélgica
Barolli, L.	1473	2018	46	Instituto de Tecnología de Fukuoka	Japón
Fister, I.	47	2022	8	Univerza v Mariboru Fakultete za Elektrotehniko	Eslovenia
Obukata, R.	26	2018	6	Instituto de Tecnología de Fukuoka	Japón
Lau, N.	170	2015	18	Universidade de Aveiro	Portugal
Oda, T.	309	2019	25	Universidad de Ciencias de Okayama	Japón
Rosenberg, L.	57	2020	20	AI unánime	Estados Unidos
Williams, RJ	191	2022	48	Hospital for Special Surgery	Estados Unidos

Nota: Operacionalización de la metodología ARA.

Fuente. Elaboración de los autores basado en Scopus, Mendeley y Science Direct.

nadas entre el 20 – 34 artículos científicos publicados. Todas las revistas científicas están en el Scimago Journal & Country Rank. El 62% de las revistas se encuentran en cuartiles de Q-4, y el 38% están en Q-1, Q-2 y Q-3. El índice h de las revistas científicas posee un alto valor y se caracteriza de la siguiente forma: 50% entre 70 – 137 y el otro 50% de 42% - 62%. Lo anterior evidencia un alto índice de citas de las revistas en cuanto a este indicador. Así mismo el factor de impacto parte de un 50% entre el 0.21 – 0.45 y el otro 50% entre 0 – 0.19%. Lo anterior demuestra que son revistas que se inician en este tema y otras que son de reciente creación. Además, está la actualidad de la temática que se presenta. De forma genera se puede decir

que se está en presencia de revistas científicas de extraordinaria actualidad académica y científica, que muestran un avance en materia de citas y factor de impactos.

Así mismo, los *journals* en esta temática y la mayoría de ellas se publican en idioma inglés son liderados por los países desarrollados. Como dato de interés se puede decir que no todas las publicaciones están afiliadas a universidades o centros educativos. Otras se establecen como resultados de congresos que a través de sus ediciones especiales comunican los resultados de investigaciones realizadas. No obstante, es evidente que el deporte sigue siendo un fenómeno social que utiliza a las ciencias para entenderse a él mismo. Esto se comprueba desde diferentes áreas temáticas que tributan al deporte moderno, perfeccionando sus sistemas, estrategias, elementos técnicos. Sin dudas, todo esto potencia nuevas tácticas y formas para alcanzar los resultados deportivos y cumplir con los objetivos de entrenamiento trazados. Por lo tanto, se está en presencia del futuro del deporte moderno.

Partiendo de esto y de cómo se han presentado los resultados de investigación en estas revistas se puede decir que

este futuro ya es una realidad y que todas las organizaciones, instituciones, universidades, centros entre otros que estudien o abogan por el mejoramiento de sus resultados deberían estudiar esta temática que ha llegado para quedarse y que es un futuro en forma de presente para algunos países que buscan consolidarse en la cima del deporte de élite mundial.

D.3: Aportes. (I): Tema tratado, metodologías utilizadas, técnicas de análisis, muestras utilizadas y aportes.

Una vez establecido el análisis de las dimensiones anteriores se hace necesario entrar a ver en esencia los temas tratados, las metodologías que usaron los autores, con sus respectivas técnicas, muestras y aportes. El análisis que se realizará propone temas, aportes, metodologías y técnicas de investigación novedosas que van más allá de las tradicionales y que además de revolucionar el mundo de la IA en el deporte moderno también lo hace con las formas de hacer investigaciones en esta nueva era moderna que se inicia con el acceso a la IA por parte de la sociedad (Tabla 3).

Tabla 3.
Principales aportes relacionados con la IA en el deporte moderno.

Temas	Metodologías	Técnicas	Muestras	Aportes
Superar a los pilotos campeones de Gran Turismo	Simulaciones de carreras	Algoritmos de aprendizaje de refuerzo profundo	4 Pilotos	IA en la toma de decisiones deportivas
Aplicaciones en el Reconocimiento de Lengua de Signos y Arbitraje Robótico de Fútbol	Arquitectura de sistema genérica	Visión artificial y aprendizaje automático	2170 registros	Interacción hombre-máquina en tiempo real.
Perspectiva sobre el análisis de movimiento	Modelo de aprendizaje automático	Aprendizaje automático de movimientos deportivos	Registro de datos	Proporcionar retroalimentación en tiempo real a los atletas y entrenadores
Iluminación de la habitación: sus efectos en las condiciones de sueño humano	Banco de pruebas	Métricas de frecuencia respiratoria y cardíaca	Algoritmo de agrupamiento k-means	Buen efecto a los deportistas durante el sueño.
Gemelo digital en el deporte: de la idea a la realización	Modelo virtual para reflejar un objeto físico	Sesiones de entrenamiento de ciclismo interválico	2 Ciclistas	Toma de decisiones deportivas adecuadas
Dominio del Fútbol robótico	Posicionamiento estratégico	Tareas cooperativas con Utility Maps	11 Robots	Equipos coordinan sus robots, individualmente y en conjunto
Equipos humanos formen sistemas en tiempo real modelados	Modelados a partir de enjambres naturales	Realización de múltiples enjambres	100 deportistas	Amplifican la inteligencia grupal deportiva

Nota: Operacionalización de la metodología ARA.

Fuente. Elaboración de los autores basado en Scopus, Mendeley y Science Direct.

Dentro de los temas que aportaron los autores y que se publicaron en las revistas científicas tenemos los siguientes: Superar a los pilotos campeones de Gran Turismo, lo anterior evidencia que ya la IA se está aplicando a los deportes con motor específicamente en los pilotos de carreras. Se evidencia como cada día los pilotos de carreras pasan más tiempos en simuladores y videos juegos que se asemejan a la realidad y que les permite prácticas diferentes situaciones sin ponerse en riesgo y ahorrar costos para los diferentes equipos y escuderías de autos. Como aporte en este sentido estaría la IA en la toma de decisiones deportivas. Las aplicaciones en el reconocimiento de lengua de signos y arbitraje robótico de fútbol potencian que ya a ese departamento tan delicado del deporte que es el arbitraje. De esta manera como aportes la interacción hombre-máquina en tiempo real, ayuda a disminuir los errores humanos en las decisio-

nes deportivas. La perspectiva sobre el análisis de movimiento hace que la IA proporcione la retroalimentación en tiempo real a los atletas y entrenadores como aportes significativos. Lo anterior puede contribuir al cambio de estrategia en la competición, ayuda a mejorar los elementos técnicos, los métodos de entrenamientos entre otros elementos que contribuyen el resultado deportivo deseado.

La iluminación de la habitación y sus efectos en las condiciones de sueño humano hace un buen efecto a los deportistas durante el sueño. Elemento que ayuda a la recuperación de cargas de entrenamiento deportivo, al descanso antes de la competencia y a la recuperación de los deportistas para enfrentarse a nuevos objetivos de trabajo. Dentro de las novedades el gemelo digital en el deporte potencia una idea a la realización de toma de decisiones deportivas adecuadas, lo cual consiste en que una modelación digital puede modelar

un partido, un combate o cualquier estrategia de juego teniendo en cuenta algoritmos de simulación con menores fallas de errores, elementos que ayuda al deportista al mejoramiento de los procesos de la táctica deportiva.

Siguiendo la idea anterior está también la investigación relacionada con el dominio del Fútbol robótico que aporta una visualización de cómo deberían los equipos coordinar sus movimientos, individualmente y en conjunto, pero a través de la robótica, los que les permite en tiempo real estudiar al contrario y definir las mejores estrategias de juegos. La IA permite que los equipos humanos formen sistemas en tiempo real modelados que amplifican la inteligencia grupal deportiva, lo anterior se relaciona con lo que se viene planteando anteriormente y evidencia que la IA aplicada al deporte moderno es una realidad inminente si se quiere seguir obteniendo resultados deportivos satisfactorios.

Las metodologías propuestas por los autores como aportes parten de las simulaciones de carreras, la arquitectura de sistema genérica, los modelos de aprendizaje automático, los bancos de pruebas, modelos virtuales para reflejar un objeto físico, el posicionamiento estratégico y modelados a partir de enjambres naturales. Todo lo anterior en función de los resultados deportivos, el entrenamiento y el deporte en general. Las técnicas utilizadas parten de algoritmos de aprendizaje de refuerzo profundo, la utilización de la visión artificial y aprendizaje automático, el aprendizaje automático de movimientos deportivos, las métricas de frecuencia respiratoria y cardíaca, las sesiones de entrenamiento de ciclismo interválico, las tareas cooperativas con Utility Maps y la realización de múltiples enjambres.

Las muestras que se utilizaron en los artículos científicos parten de diferentes deportes, sistemas, articulaciones y formas. Lo anterior teniendo en cuenta el tipo de investigación que se realizó, pero todas aportan al desarrollo de la IA en el deporte moderno. 4 pilotos, 2170 registros de sistemas, registro de datos, algoritmo de agrupamiento k-means, 2 Ciclistas, 11 Robots y 100 personas. Lo anterior también demuestra la relación IA, deportistas, entrenadores y humanos en general, así como la integración entre máquinas y humanos unidos por el deporte.

Discusión

En esta investigación se evidencia que, gracias a la IA, se pueden recolectar grandes cantidades de datos sobre el movimiento de un atleta, lo que permite analizar en detalle cada uno de los movimientos y así identificar patrones que antes no eran posibles de detectar. Además, la simulación por computadora permite recrear situaciones específicas y analizar cómo afectan al movimiento humano, lo que resulta muy útil para mejorar la técnica de los deportistas. Lo anterior concuerda con Liu et al. (2023), que habla sobre el progreso de las tecnologías de análisis inteligente, grandes conjuntos de datos y la inteligencia artificial para impulsar significativamente el desarrollo de las tecnologías de medición experimental y las técnicas de simulación en el campo de la biomecánica deportiva. La IA también podría ser utilizada

para monitorear el estado de salud de los deportistas y prevenir lesiones antes de que ocurran como se exponen dentro de los resultados de esta investigación. Por ejemplo, se podrían utilizar sensores para medir la actividad física y la salud cardiovascular de los deportistas, y luego utilizar la IA para analizar los datos y detectar patrones que indiquen un mayor riesgo de lesiones. Lo anterior concuerda con Cheng et al. (2023), en el futuro, la inteligencia artificial podría ser un recurso valioso para los médicos deportivos, ya que podría desempeñar un papel fundamental como asistente científico.

Siguiendo con los hallazgos de la investigación según los autores, sus publicaciones y aportes se puede referir que, en el contexto de la inteligencia artificial, se están implementando medidas para mejorar el entrenamiento y la gestión deportiva. Actualmente se están desarrollando estrategias que permitan aprovechar las ventajas de la IA en el deporte, y así mejorar el desempeño de los atletas y la eficiencia en la gestión deportiva. Concordando con Li et al. (2023), ya que estas medidas incluyen el uso de tecnologías inteligentes para el monitoreo de los atletas, lo que permite una mejor comprensión de su estado físico y mental. Además, se están utilizando técnicas de análisis de datos para identificar patrones en el rendimiento de los atletas y mejorar su entrenamiento.

Según los resultados obtenidos en esta investigación, en la actualidad, el análisis y la visualización de datos deportivos se han vuelto cruciales en el entrenamiento y competencia deportiva, especialmente en lo que se refiere a la comprensión del comportamiento táctico colectivo. Los datos deportivos son una fuente valiosa de información que permite a los entrenadores y atletas comprender mejor su rendimiento y el de sus oponentes. Lo anterior tiene puntos similares a lo planteado por Liu et al. (2023), ya que la visualización de datos también es útil para identificar patrones y tendencias en el comportamiento táctico colectivo, lo que permite una mejor planificación estratégica y toma de decisiones en la competencia deportiva. En resumen, el análisis y la visualización de datos deportivos son una parte integral del entrenamiento y la competencia deportiva moderna.

En la actualidad se está trabajando en el diseño de sistemas inteligentes de análisis y predicción deportiva que utilizan el algoritmo de optimización de enjambre de partículas. Este algoritmo se basa en la simulación del comportamiento de un enjambre de partículas para encontrar soluciones óptimas a un problema. Elementos que según Huang & Bai (2023), al aplicar este algoritmo al análisis y predicción deportiva, se espera obtener resultados más precisos y efectivos en la predicción de resultados deportivos y en la toma de decisiones estratégicas en el deporte.

Estas nuevas tecnologías (IA) permiten una recolección de datos más precisa y detallada sobre el movimiento de los atletas, lo que a su vez permite un análisis más completo y eficiente del rendimiento deportivo. De esta manera, se espera que estas tecnologías sean de gran ayuda para los entrenadores y atletas en la mejora de su técnica y rendimiento en el deporte. De acuerdo con el planteamiento de

Dorschky et al. (2023), que hace referencia a los progresos recientes en la tecnología de detección portátil y el aprendizaje automático mediante inteligencia artificial han abierto un amplio abanico de oportunidades para el análisis del movimiento en los deportes.

Conclusiones

El uso de la inteligencia artificial en el deporte se ha convertido en una herramienta valiosa para mejorar el rendimiento de los atletas y la eficiencia en la gestión deportiva. Los avances en la tecnología de detección portátil y el aprendizaje automático mediante IA han permitido una recolección de datos más precisa y detallada sobre el movimiento de los atletas, lo que a su vez ha permitido un análisis más completo y eficiente del rendimiento deportivo. Además, se está desarrollando tecnología de inteligencia artificial para analizar y predecir con precisión los requisitos de aplicación de las posturas de entrenamiento deportivo, lo que permite identificar errores en los métodos de entrenamiento y mejorar la técnica de los deportistas.

La IA se está convirtiendo en una herramienta fundamental para el entrenamiento y la competencia deportiva moderna. Su uso permite una mejor comprensión del rendimiento de los atletas y la identificación de patrones que antes no eran posibles de detectar. Su aplicación en la gestión deportiva permite una organización más eficiente eventos deportivos y una mejor toma de decisiones estratégicas. En consecuencia, se espera que la tecnología de inteligencia artificial continúe revolucionando el mundo del deporte y abriendo nuevas oportunidades para mejorar el rendimiento de los atletas y la eficiencia en la gestión deportiva.

De forma general se cumple con el objetivo de la investigación ya que, se analizó bibliométricamente los elementos de la inteligencia artificial en el deporte moderno. La metodología ARA aportó un orden lógico para el establecimiento de los resultados que evidenciaron los principales autores del mundo en la temática objeto de estudio y su desempeño científico.

Las revistas científicas aportaron nuevas líneas e ideas de publicaciones relacionadas con el tema objeto de estudio. Además, se pudo identificar la novedad de la investigación en el deporte, las líneas de investigación que giran entorno a los temas tratados, las áreas, metodologías, factores de impacto, tendencias entre muchos otros resultados que realzan el carácter innovador de la inteligencia artificial en el deporte moderno.

Este artículo científico muestra la nueva era del deporte moderno liderado por la IA en búsqueda de mejorar los procesos de entrenamiento deportivo y de los resultados deportivos de deportistas e instituciones que representan. Es una temática donde más allá de las universidades se insertan instituciones y organizaciones deportivas en las búsquedas de información y nuevos resultados para liderar un mercado deportivo virgen para la aplicación de la IA al mejoramiento de resultados organizacionales. Sin embargo, como toda in-

vestigación esta nos conduce a nuevas interrogantes para futuros estudios entre ellas ¿y qué pasará con el deporte en América Latina donde el acceso a las IA aún es una utopía?

Referencias

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.
- Bellod, H. C., Buendía Ramón, V., Carballeira Fernández, E., & Guzmán Luján, J. F. (2021). Análisis del estrés y el compromiso académico-deportivo mediante Redes Neuronales Artificiales Auto-organizativas. *Retos*, 42, 136-144. <https://doi.org/10.47197/retos.v42i0.86983>.
- Bozděch, M., & Vychodilová, R. (2023). Evaluation of neural network feature and function settings on the model performance and accuracy. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(4), pp. 983-989, 123. <https://doi.org/10.7752/jpes.2023.04123>.
- Cheng, K., Guo, Q., He, Y., Li, C., & Wu, H. (2023). Artificial Intelligence in Sports Medicine: Could GPT-4 Make Human Doctors Obsolete? *Annals of Biomedical Engineering*, 51(8), pp. 1658-1662. <https://doi.org/10.1007/s10439-023-03213-1>.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications. <https://doi.org/doi.org/10.1177/1558689812464242>.
- Dandrieux, P.-E., Navarro, L., Blanco, D., Hollander, K., & Edouard, P. (2023). Relationship between a daily injury risk estimation feedback (I-REF) based on machine learning techniques and actual injury risk in athletics (track and field): Protocol for a prospective cohort study over an athletics season. *BMJ Open*, 13(5), e069423. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-069423>.
- Dorschky, E., Camomilla, V., Davis, J., Reenalda, J., & Koelewijn, A.D. (2023). Perspective on “in the wild” movement analysis using machine learning. *Human Movement Science*, 87, 103042. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2022.103042>.
- Huang, Y., & Bai, Y. (2023). Intelligent Sports Prediction Analysis System Based on Edge Computing of Particle Swarm Optimization Algorithm. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 12(2), pp. 73-82. <https://doi.org/10.1109/MCE.2021.3139837>.
- Keiper, M.C. (2023). ChatGPT in practice: Increasing event planning efficiency through artificial intelligence. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport and Tourism Education*, 33, 100454. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2023.100454>.
- Li, M., Gao, Y., & Zhao, J. (2023). Analysis of the current situation and development countermeasures of college

- sports training and management based on the background of artificial intelligence. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. <https://doi.org/10.2478/amns.2023.1.00161>.
- Li, W. (2023). Application of IoT-enabled computing technology for designing sports technical action characteristic model. *Soft Computing*, 27(17), pp. 12807–12824. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08966-4>.
- Liu, A., Mahapatra, R.P., & Mayuri, A.V.R. (2023). Hybrid design for sports data visualization using AI and big data analytics. *Complex and Intelligent Systems*, 9(3), pp. 2969–2980. <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00557-w>.
- Liu, C., Hao, W., & Huo, B. (2023). Advances and challenges in sports biomechanics. *Advances in Mechanics*, 53(1), pp. 198–238. <https://doi.org/10.6052/1000-0992-22-030>.
- Liu, Y., & Liu, L. (2023). Analysis of auxiliary modes for sports intelligence training system based on nonlinear model optimization and improved algorithms. *Soft Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08546-6>.
- Matthew, J., Pagea, J.E., Mckenziea, P.M., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamsseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., ... & Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>.
- Mei, Z. (2023). 3D Image Analysis of Sports Technical Features and Sports Training Methods Based on Artificial Intelligence. *Journal of Testing and Evaluation*, 51(1). <https://doi.org/10.1520/JTE20210469>.
- Oronowicz, J., Ley, C., Pachowsky, M., Seil, R., & Tischer, T. (2023). Possibilities and perspectives for the use of artificial intelligence in orthopaedic sports medicine. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 39(1), pp. 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2022.12.002>.
- Rajsp, A., & Fister, I. (2023). Neo4j graph dataset of cycling paths in Slovenia. *Data in Brief*, 48, 109251. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109251>.
- Sanabria-Navarro, J. R., Silveira Pérez, Y., & Cortina-Núñez, M. de J. (2023). Análisis bibliométrico del deporte 4.0: una realidad para el desarrollo de la cultura deportiva contemporánea. *Retos*, 48, 1086–1097. <https://doi.org/10.47197/retos.v48.96948>.
- Sanabria-Navarro, J., Silveira-Pérez, Y., Pérez-Bravo, D., & de-Jesús-Cortina-Núñez, M. (2023). Incidences of artificial intelligence in contemporary education. *Comunicar*, 77, 97-107. <https://doi.org/10.3916/C77-2023-08>.
- Wang, X. (2023). Research on the evaluation of sports training effect based on artificial intelligence technology. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 12635, 1263513. <https://doi.org/10.1117/12.2679212>.
- Wei, S., Wang, K., & Li, X. (2022). Design and implementation of college sports training system based on artificial intelligence. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13, pp. 971–977. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01149-0>.
- Xie, M. (2023). Intelligent Analysis Method of Sports Training Posture Based on Artificial Intelligence. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 1031 LNEE, pp. 409–415. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1428-9_50.
- Xu, Z., & Zhang, S. (2023). Editorial: Special issue on artificial intelligence technologies in sports and art data applications. *Neural Computing and Applications*, 35(6), pp. 4199–4200. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-08124-1>.
- Yang, C., & Chang, Y.-T. (2023). Data Collection And Performance Evaluation Of Running Training Sport Using Different Neural Network Techniques. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 23(4), 2340053. <https://doi.org/10.1142/S0219519423400535>.
- Zhang, Y., Duan, W., Villanueva, L.E., & Chen, S. (2023). Transforming sports training through the integration of internet technology and artificial intelligence. *Soft Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08960-w>.

Datos de los autores:

José Ramón Sanabria Navarro
William Alejandro Niebles Núñez
Yahilina Silveira Pérez

josesanabrian@correo.unicordoba.edu.co
william.niebles@unisucre.edu.co
yahilina.silveira@unisucre.edu.co

Autor/a
Autor/a
Autor/a