

Inteligencia artificial aplicada al análisis del rendimiento y la prevención de lesiones en deportes de equipo: una revisión narrativa

Artificial intelligence applied to performance analysis and injury prevention in team sports: a narrative review

Inteligência artificial aplicada à análise do desempenho e à prevenção de lesões em esportes coletivos: uma revisão narrativa

David Inti Luje Pozo¹, <https://orcid.org/0000-0002-5519-4813>

Marco Alexander Jurado Aillón², <https://orcid.org/0009-0006-8691-3813>

Paul Sebastián Bustamante Carrera³, <https://orcid.org/0009-0001-0107-7419>

Catherine Lorena Vásconez Vásconez⁴, <https://orcid.org/0009-0009-1505-9260>

Kevin Vinicio Moposita Torres⁵, <https://orcid.org/0009-0005-3359-0769>

¹Instituto Superior Tecnológico Universitario Libertad, Quito, Ecuador

²Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador

³Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

⁴Instituto Superior de Fútbol Quito, Quito, Ecuador

⁵Instituto Superior Tecnológico Universitario Libertad, Quito, Ecuador

*Autor para correspondencia: diluje@itslibertad.edu.ec

RESUMEN

La inteligencia artificial (IA) está transformando las ciencias del deporte, ofreciendo nuevas herramientas para el análisis del rendimiento y la prevención de lesiones en deportes de equipo. El objetivo de esta revisión narrativa fue sintetizar la evidencia científica disponible sobre las aplicaciones de la IA en deportes colectivos, identificando las principales técnicas utilizadas, sus ámbitos de aplicación y los desafíos éticos y metodológicos asociados. Se realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos especializadas, seleccionando estudios publicados entre 2020 y 2026. Los resultados indican que el aprendizaje automático, particularmente los métodos basados en árboles de decisión (Random Forest, XGBoost), las redes neuronales artificiales y el aprendizaje profundo, han demostrado una precisión prometedora en la predicción del riesgo lesional y la optimización del rendimiento. La visión por computadora facilita el análisis táctico automatizado y la evaluación biomecánica sin marcadores. Los sistemas de monitorización basados en sensores vestibles permiten el seguimiento continuo de la carga de trabajo y los indicadores de bienestar. Sin embargo, persisten limitaciones significativas relacionadas con la heterogeneidad metodológica, el tamaño reducido de las muestras, la falta de estandarización de los datos, la opacidad algorítmica y las consideraciones éticas sobre la privacidad y la autonomía de los deportistas. Se concluye que, si bien la IA ofrece un potencial considerable para mejorar el rendimiento y reducir la incidencia de lesiones en deportes de equipo, su implementación efectiva y responsable requiere abordar estos desafíos mediante estudios longitudinales, modelos explicables y marcos éticos sólidos.

Palabras clave: Inteligencia artificial, rendimiento deportivo, prevención de lesiones, aprendizaje automático, deportes de equipo, biomecánica, análisis táctico.

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) is transforming sports sciences, offering new tools for performance analysis and injury prevention in team sports. The aim of this narrative review was to synthesize the available scientific evidence on AI applications in team sports, identifying the main techniques used, their areas of application, and the associated ethical and methodological challenges. A literature search was conducted in specialized databases, selecting studies published between 2020 and 2026. The results indicate that machine learning, particularly tree-based methods (Random Forest, XGBoost), artificial neural networks, and deep learning, have demonstrated promising accuracy in injury risk prediction and performance optimization. Computer vision

facilitates automated tactical analysis and markerless biomechanical assessment. Wearable sensor-based monitoring systems enable continuous tracking of workload and wellness indicators. However, significant limitations persist related to methodological heterogeneity, small sample sizes, lack of data standardization, algorithmic opacity, and ethical considerations regarding athlete privacy and autonomy. It is concluded that, while AI offers considerable potential to improve performance and reduce injury incidence in team sports, its effective and responsible implementation requires addressing these challenges through longitudinal studies, explainable models, and robust ethical frameworks.

Keywords: Artificial intelligence, athletic performance, injury prevention, machine learning, team sports, biomechanics, tactical analysis.

RESUMO

A inteligência artificial (IA) está transformando as ciências do esporte, oferecendo novas ferramentas para a análise do desempenho e a prevenção de lesões em esportes coletivos. O objetivo desta revisão narrativa foi sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre as aplicações da IA em esportes coletivos, identificando as principais técnicas utilizadas, suas áreas de aplicação e os desafios éticos e metodológicos associados. Foi realizada uma busca bibliográfica em bases de dados especializadas, selecionando estudos publicados entre 2020 e 2026. Os resultados indicam que a aprendizagem de máquina, particularmente os métodos baseados em árvores de decisão (Random Forest, XGBoost), as redes neurais artificiais e a aprendizagem profunda, demonstraram precisão promissora na predição do risco de lesão e na otimização do desempenho. A visão computacional facilita a análise tática automatizada e a avaliação biomecânica sem marcadores. Os sistemas de monitorização baseados em sensores vestíveis permitem o acompanhamento contínuo da carga de trabalho e dos indicadores de bem-estar. No entanto, persistem limitações significativas relacionadas à heterogeneidade metodológica, ao tamanho reduzido das amostras, à falta de padronização dos dados, à opacidade algorítmica e às considerações éticas sobre a privacidade e a autonomia dos atletas. Conclui-se que, embora a IA ofereça um potencial considerável para melhorar o desempenho e reduzir a incidência de lesões em esportes coletivos, sua implementação efetiva e responsável requer abordar esses desafios por meio de estudos longitudinais, modelos explicáveis e estruturas éticas robustas.

Palavras-chave: Inteligência artificial, desempenho atlético, prevenção de lesões, aprendizagem de máquina, esportes coletivos, biomecânica, análise tática.

Recibido: 22/3/2025 Aprobado: 12/4/2026

Introducción

En las últimas décadas, los deportes de equipo han experimentado una progresiva transformación impulsada por la incorporación de tecnologías digitales y sistemas de captura de datos. La disponibilidad de grandes volúmenes de información proveniente de sensores vestibles, sistemas de tracking óptico, plataformas de vídeo y registros médicos ha abierto nuevas posibilidades para comprender y optimizar el rendimiento deportivo, así como para anticipar y prevenir las lesiones (Romero Izurieta y Sagñay Aucancela, 2025; Teixeira *et al.*, 2025). En este contexto, la inteligencia artificial (IA) y, en particular, el aprendizaje automático (machine learning, ML), han emergido como herramientas clave para procesar y analizar esta información, identificando patrones complejos que escapan a los métodos estadísticos tradicionales (Leckey *et al.*, 2025; Van Eetvelde *et al.*, 2021). La incidencia de lesiones en deportes de equipo representa un problema significativo tanto desde la perspectiva sanitaria como desde el rendimiento competitivo. En disciplinas como el fútbol, el baloncesto o el balonmano, las lesiones no solo afectan la salud y el bienestar de los deportistas, sino que también generan costes económicos elevados y comprometen los resultados deportivos de los clubes (Manescu, 2025; Wang *et al.*, 2025). Tradicionalmente, la prevención de lesiones se ha basado en la identificación de factores de riesgo mediante estudios epidemiológicos y la implementación de intervenciones estandarizadas. Sin embargo, la naturaleza multifactorial y dinámica de las lesiones deportivas, en la que interactúan variables intrínsecas (biomecánicas, fisiológicas, psicológicas) y extrínsecas (carga de entrenamiento, superficie de juego, fatiga acumulada), requiere enfoques más personalizados y adaptativos (Van Eetvelde *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2025).

La IA ofrece la posibilidad de integrar múltiples fuentes de datos y generar modelos predictivos individualizados que permitan identificar a los deportistas con mayor riesgo y sugerir ajustes específicos en las cargas de entrenamiento o en la técnica de movimiento (Leckey *et al.*, 2025; Souaifi *et al.*, 2025). Al mismo tiempo, las técnicas de visión por computadora y aprendizaje profundo (deep learning, DL) están revolucionando el análisis del rendimiento táctico y biomecánico, proporcionando a entrenadores y preparadores físicos información

objetiva y en tiempo real sobre los patrones de juego y los gestos técnicos (Teixeira *et al.*, 2025). A pesar de los avances, la evidencia disponible sobre la eficacia y la aplicabilidad real de la IA en el contexto de los deportes de equipo es heterogénea y presenta importantes lagunas. Diversas revisiones sistemáticas han señalado limitaciones metodológicas como el reducido tamaño muestral, la falta de validación externa de los modelos, la heterogeneidad en las definiciones de lesión y la escasa interpretabilidad de los algoritmos (Leckey *et al.*, 2025; Van Eetvelde *et al.*, 2021). Asimismo, la irrupción de la IA en el deporte plantea desafíos éticos relevantes relacionados con la privacidad de los datos de salud de los deportistas, la autonomía en la toma de decisiones y la posible discriminación algorítmica (Elendu *et al.*, 2025; Teixeira *et al.*, 2025). El presente artículo tiene como objetivo realizar una revisión narrativa de la literatura científica sobre la aplicación de la inteligencia artificial al análisis del rendimiento y la prevención de lesiones en deportes de equipo. Específicamente, se busca: (a) identificar las principales técnicas de IA empleadas en este ámbito, (b) describir los dominios de aplicación más relevantes (predicción de lesiones, monitorización de carga, análisis táctico y biomecánico), (c) evaluar la evidencia disponible sobre su eficacia y limitaciones, y (d) discutir los desafíos éticos y las perspectivas futuras en este campo.

Metodología

Se llevó a cabo una revisión narrativa de la literatura científica siguiendo las directrices para este tipo de trabajos de síntesis. A diferencia de una revisión sistemática, la revisión narrativa permite integrar hallazgos provenientes de diversas metodologías y enfoques, ofreciendo una visión amplia y crítica de un campo de conocimiento en rápida evolución (Ferrari, 2015). Este enfoque resulta particularmente adecuado para abordar la temática de la IA aplicada al deporte, dado el carácter interdisciplinario y la diversidad metodológica de los estudios publicados.

La búsqueda bibliográfica se realizó entre enero y marzo de 2026 en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, SPORTDiscus y Google Scholar. Se combinaron términos de búsqueda en inglés y español relacionados con la inteligencia artificial, el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo, las redes neuronales, la visión por computadora, los deportes de equipo (fútbol, baloncesto, balonmano, voleibol, rugby, hockey), el rendimiento deportivo, la prevención de lesiones, la predicción de lesiones, la monitorización de la carga de entrenamiento, el análisis biomecánico y el análisis táctico.

Se incluyeron estudios originales, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas y artículos de opinión publicados entre enero de 2020 y marzo de 2026, escritos en inglés, español o portugués. Se priorizaron aquellos trabajos que abordaban directamente la aplicación de técnicas de IA en deportes de equipo, ya fuera para el análisis del rendimiento o para la prevención de lesiones. Se excluyeron los estudios centrados exclusivamente en deportes individuales (atletismo, natación, ciclismo, etc.), así como aquellos que no presentaban datos empíricos o que se limitaban a descripciones técnicas de algoritmos sin aplicación deportiva concreta.

La selección de los artículos se realizó mediante la lectura de títulos y resúmenes, seguida de la revisión del texto completo de aquellos potencialmente relevantes. Dada la naturaleza narrativa de la revisión, no se aplicó una herramienta estandarizada de evaluación de la calidad metodológica, aunque se prestó especial atención a la solidez de los diseños de estudio, el tamaño muestral, la validación de los modelos y la transparencia en la presentación de los resultados. La información extraída se organizó en torno a categorías temáticas emergentes, que estructuran los apartados de resultados y discusión.

Resultados y discusión

La revisión de la literatura permitió identificar un creciente cuerpo de evidencia sobre la aplicación de la IA en deportes de equipo. A continuación, se presentan los hallazgos organizados en cinco grandes bloques temáticos: (1) técnicas de IA empleadas; (2) predicción y prevención de lesiones; (3) monitorización de la carga de entrenamiento y el bienestar; (4) análisis del rendimiento táctico y biomecánico; y (5) desafíos éticos y limitaciones.

Técnicas de inteligencia artificial aplicadas al deporte

La literatura revisada muestra una diversidad considerable de técnicas de IA aplicadas al análisis del rendimiento y la prevención de lesiones en deportes de equipo. Entre las más frecuentemente citadas se encuentran los métodos basados en árboles de decisión (Random Forest, Gradient Boosting Machines, XGBoost), las máquinas de vectores de soporte (Support Vector Machines, SVM), las redes neuronales artificiales (Artificial

Neural Networks, ANN), las redes neuronales convolucionales (Convolutional Neural Networks, CNN) para el procesamiento de imágenes y vídeo, y las redes de memoria a largo plazo (Long Short-Term Memory, LSTM) para el análisis de series temporales.

Una revisión sistemática reciente (Van Eetvelde *et al.*, 2021) identificó que, de 11 estudios que cumplían los criterios de inclusión, los métodos basados en árboles de decisión fueron los más utilizados (n = 9), seguidos de las SVM (n = 4) y las ANN (n = 2). Estos autores reportaron un rendimiento predictivo que oscilaba entre valores bajos (precisión del 52%, AUC = 0,52) y altos (AUC = 0,87, f1-score = 85%), lo que refleja una heterogeneidad considerable en la eficacia de los modelos. En una línea similar, Leckey et al. (2025) realizaron una revisión de alcance que incluyó 38 estudios y encontraron que Random Forest y XGBoost proporcionaban el mayor rendimiento predictivo para el riesgo de lesión. El área bajo la curva (AUC) fue la métrica de evaluación más común, reportada en el 71% de los estudios, y en el 60% de ellos los métodos basados en árboles ofrecieron la mejor precisión estadística.

Por su parte, una revisión sistemática centrada exclusivamente en redes neuronales artificiales (ANN) para la prevención de lesiones deportivas incluyó 28 estudios publicados entre 2013 y 2023 (Souaifi *et al.*, 2025). Los resultados mostraron que las ANN alcanzaron precisiones que variaban desde un mínimo del 51,21% hasta un máximo del 98%, dependiendo del deporte, el tipo de lesión y las variables predictoras incluidas. Los deportes más estudiados fueron el baloncesto (n = 9), el fútbol (n = 7) y el balonmano (n = 5), lo que evidencia el interés específico por los deportes de equipo.

En el ámbito del análisis biomecánico y de movimiento, las CNN han demostrado un rendimiento particularmente elevado. Souaifi *et al.* (2025) reportó además que las CNN alcanzaban un 94% de concordancia con expertos internacionales en la evaluación de la técnica deportiva, mientras que la visión por computadora lograba precisiones de hasta 15 mm en comparación con sistemas basados en marcadores. Asimismo, las redes LSTM, adecuadas para el procesamiento de datos secuenciales, alcanzaron una precisión del $92 \pm 2\%$ en el seguimiento del movimiento y el análisis de la marcha (Souaifi *et al.*, 2025). Esta revisión de alcance sobre aplicaciones de ML y DL en análisis biomecánico deportivo (International Society of Biomechanics in Sports, 2025) encontró también que estas tecnologías demostraron un rendimiento superior en el análisis de la técnica (94% de concordancia con jueces internacionales), la prescripción individualizada del entrenamiento (mejora del 25% con respecto a la línea base) y la predicción del riesgo de lesión (85% de precisión antes de la competición). Además, la tecnología de visión por computadora alcanzó una precisión de seguimiento articular dentro de los 15 mm, y el modelado temporal detectó cambios biomecánicos 2,5 sesiones de entrenamiento antes de la aparición de la lesión (International Society of Biomechanics in Sports, 2025).

Predicción y prevención de lesiones

Uno de los ámbitos que ha concitado mayor interés es la aplicación de la IA para predecir el riesgo de lesión en deportistas de equipo. La premisa subyacente es que, mediante el análisis de grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real, los algoritmos pueden identificar patrones de sobrecarga, fatiga o alteraciones biomecánicas que preceden a la aparición de una lesión (Romero Izurieta y Sagñay Aucancela, 2025).

Los resultados de las principales revisiones indican que, si bien los modelos predictivos alcanzan en ocasiones niveles de precisión elevados (AUC > 0,9 en algunos estudios), su utilidad clínica y práctica sigue siendo limitada (Leckey et al., 2025). Entre las razones aducidas se encuentran las ventanas de predicción excesivamente amplias (por ejemplo, predecir el riesgo de lesión en las próximas semanas sin especificar un momento concreto), las definiciones heterogéneas de lesión (que dificultan la comparación entre estudios) y el reducido tamaño de las muestras empleadas para entrenar los modelos. Leckey *et al.* (2025) destacan que, en muchos casos, la regresión logística tradicional superó a los métodos de ML más sofisticados en 4 de cada 12 estudios, lo que invita a reflexionar sobre la verdadera ventaja añadida de los enfoques más complejos.

A pesar de estas limitaciones, existen ejemplos prometedores de implementación en entornos reales. Investigadores de la Universidad de Granada, en colaboración con profesionales del ámbito deportivo, desarrollaron la herramienta 'Footballer Workload Footprint' (FWF), una representación matemática y computacional de las cargas externas de entrenamiento y competición obtenidas mediante GPS (Universidad de Granada, 2025). Utilizando técnicas inspiradas en el procesado de señales y el cálculo diferencial e integral, los investigadores transformaron la información en variables aptas para su análisis mediante modelos de aprendizaje automático, validando el sistema en colaboración con el preparador físico del Aston Villa FC (Universidad de Granada, 2025).

Por otro lado, el software "Player Injury Risk Monitor" desarrollado por Multiverse Computing y utilizado por la Real Sociedad de fútbol integra datos históricos de lesiones, cargas de entrenamiento en tiempo real, evaluaciones físicas subjetivas y factores externos como las condiciones meteorológicas o los horarios de viaje

(Agencia EFE, 2025). Este sistema emplea una red neuronal para series temporales entrenada con datos de varias temporadas, observando ventanas temporales de diez semanas y prediciendo el riesgo para la semana siguiente, clasificándolo como alto, medio o bajo. Aunque el sistema no recomienda automáticamente reducir la carga de trabajo, genera alertas significativas que permiten a los entrenadores y médicos intervenir de forma preventiva (Agencia EFE, 2025).

En la misma línea, clubes de LaLiga como el Sevilla FC y el Villarreal CF han comenzado a implementar tecnologías de IA para monitorizar el bienestar de sus jugadores, utilizando dispositivos vestibles y aplicaciones de análisis de datos para rastrear la fatiga, el estrés muscular y otros indicadores de salud (LaLiga Business School, 2025). El Sevilla FC habría logrado reducir la incidencia de lesiones musculares al ajustar los regímenes de entrenamiento y recuperación basados en datos en tiempo real.

Una revisión sistemática sobre tecnologías de IA multimodal aplicadas a la predicción y rehabilitación de lesiones deportivas (Wang *et al.*, 2025) concluyó que los enfoques multimodales, que integran datos de sensores vestibles, sistemas de visión por computadora y registros clínicos, ofrecen un potencial sustancial para revolucionar la gestión de lesiones al permitir soluciones altamente individualizadas, basadas en datos y conscientes del contexto. Sin embargo, los autores señalaron que persisten desafíos significativos en las áreas de generalización de los modelos, interpretabilidad, preocupaciones de privacidad y validación clínica (Wang *et al.*, 2025).

Monitorización de la carga de entrenamiento y el bienestar

La monitorización continua de la carga de entrenamiento y los indicadores de bienestar constituye un pilar fundamental de la prevención de lesiones en deportes de equipo. La IA, combinada con sensores vestibles (wearables) y sistemas de tracking, permite procesar grandes volúmenes de datos fisiológicos y biomecánicos para detectar señales tempranas de sobreentrenamiento o fatiga excesiva (Khanna y Wadhwa, 2026; Romero Izurieta y Sagñay Aucancela, 2025).

Un estudio pionero en voleibol de élite (de Leeuw *et al.*, 2022) aplicó técnicas de ML para investigar indicadores individuales de carga de entrenamiento y bienestar que pudieran predecir la aparición o el desarrollo de lesiones por sobreuso. Utilizando datos de 14 jugadores durante 24 semanas de la temporada internacional, los autores identificaron subgrupos de días con mayor riesgo de lesión para cada deportista mediante la técnica de Subgroup Discovery. Los resultados demostraron que la combinación de monitorización diaria, la consideración de las interacciones entre la carga de entrenamiento y los indicadores de bienestar, y un enfoque personalizado mejoraban significativamente la comprensión de las lesiones por sobreuso.

En el fútbol, el sistema Next11 (Telekom, 2026) utiliza sensores para monitorizar el riesgo de lesión de los futbolistas en tiempo real. Los algoritmos de ML alertan a los entrenadores sobre situaciones de sobreesfuerzo, permitiendo sustituciones preventivas para proteger la salud del jugador. Este tipo de sistemas, basados en el análisis continuo de la carga externa (distancia recorrida, aceleraciones, cambios de dirección) y la carga interna (frecuencia cardíaca, variabilidad de la frecuencia cardíaca, lactato), representan un avance significativo respecto a los métodos tradicionales de control de la carga, que a menudo se basaban en métricas agregadas y no individualizadas.

Una revisión narrativa sobre dispositivos vestibles inteligentes en medicina deportiva (Khanna y Wadhwa, 2026) destacó que los sensores de unidad de medición inercial (IMU), que combinan acelerómetros, giróscopos y magnetómetros para rastrear aceleración, orientación y dirección, proporcionan datos objetivos en tiempo real sobre el movimiento, la fatiga y la carga de trabajo de los atletas, permitiendo la detección temprana del uso excesivo o la técnica inadecuada. Los autores concluyeron que la IA y la tecnología vestible han transformado por completo el entrenamiento deportivo, desde la prevención y el diagnóstico de lesiones hasta la recuperación y la mejora del rendimiento (Khanna y Wadhwa, 2026).

Análisis del rendimiento táctico y biomecánico

La IA también está transformando el análisis del rendimiento táctico y biomecánico en deportes de equipo. La visión por computadora y el aprendizaje profundo permiten procesar automáticamente secuencias de vídeo para identificar jugadores, balón y eventos clave del juego (pases, tiros, faltas, etc.), generando datos estructurados que pueden ser analizados posteriormente para extraer patrones tácticos y evaluar el rendimiento individual y colectivo (Romero Izurieta y Sagñay Aucancela, 2025; Teixeira *et al.*, 2025).

Una revisión sistemática sobre el comportamiento táctico y la dinámica colectiva en el fútbol mediante IA (Teixeira *et al.*, 2025) sintetizó los hallazgos de 32 estudios y elucidó las técnicas disponibles basadas en IA para analizar el comportamiento táctico, expresado mediante datos de seguimiento espaciotemporal utilizando redes neuronales convolucionales, redes neuronales recurrentes, redes neuronales recurrentes variacionales y autoencoders variacionales, así como métodos como Delaunay, clasificación de jugadores, clustering jerárquico,

regresión logística, XGBoost, clasificador de bosque aleatorio y análisis de componentes principales. La dinámica y los patrones colectivos se mapearon mediante métricas de grafos como la centralidad de intermediación, la excentricidad, la eficiencia, la vulnerabilidad, el coeficiente de agrupamiento y el PageRank, así como el valor de posesión esperada, el clasificador de mapa de control del campo, técnicas de visión por computadora, goles esperados, trayectorias de balón en 3D, evaluación de peligrosidad, modelo de probabilidad de pase y total de pases intentados (Teixeira *et al.*, 2025). Los autores concluyeron que los modelos basados en IA pueden remodelar eficazmente el panorama de los datos de seguimiento espaciotemporal para convertirlos en rutinas de entrenamiento y práctica con apoyo a la toma de decisiones en tiempo real, predicción del rendimiento, gestión de partidos, pensamiento táctico-estratégico y diseño de tareas de entrenamiento (Teixeira *et al.*, 2025).

En el plano biomecánico, la visión por computadora sin marcadores (markerless motion capture) está emergiendo como una alternativa accesible y precisa a los sistemas ópticos tradicionales basados en marcadores reflectantes. Las CNN y otros modelos de DL alcanzan precisiones de hasta 15 mm en la reconstrucción del movimiento, lo que permite evaluar la técnica deportiva y detectar alteraciones biomecánicas asociadas a un mayor riesgo de lesión (Souaifi *et al.*, 2025). Por ejemplo, en el baloncesto, la detección automática de patrones de aterrizaje anómalos tras un salto puede ayudar a prevenir lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA), una de las más graves y frecuentes en este deporte.

Desafíos éticos y limitaciones

A pesar de los prometedores resultados, la implementación de la IA en deportes de equipo no está exenta de desafíos éticos y limitaciones prácticas. Diversos autores han señalado la necesidad de abordar cuestiones relacionadas con la privacidad de los datos de salud de los deportistas, la transparencia y explicabilidad de los algoritmos, el sesgo algorítmico y la autonomía en la toma de decisiones (Souaifi *et al.*, 2025; Van Eetvelde *et al.*, 2021).

En cuanto a la privacidad, la recopilación continua de datos fisiológicos, biomecánicos y de bienestar plantea interrogantes sobre quién tiene acceso a esta información, cómo se almacena y durante cuánto tiempo, y si los deportistas han dado su consentimiento informado para su uso. Una revisión sistemática de alcance sobre las implicaciones éticas de la IA en el deporte (Elendu *et al.*, 2025) analizó 25 estudios y los categorizó en cuatro preocupaciones éticas principales: equidad y sesgo (15 estudios), transparencia y explicabilidad (13 estudios), privacidad y ética de datos (22 estudios) y responsabilidad (8 estudios). Los autores destacaron que las cuestiones de privacidad destacan prominentemente, ya que la recopilación y el uso de datos personales y biométricos extensos de los atletas a través de la IA aumentan los riesgos de uso indebido y divulgación no autorizada, lo que requiere medidas estrictas de protección de datos y directrices claras (Elendu *et al.*, 2025). De manera similar, una revisión narrativa sobre el sesgo ético en la predicción de lesiones impulsada por IA (Bobrownicki *et al.*, 2025) examinó 24 estudios empíricos y conceptuales e identificó cinco preocupaciones éticas dominantes: privacidad y protección de datos, equidad algorítmica, consentimiento informado, autonomía del atleta y gobernanza de datos a largo plazo. Los hallazgos destacaron que los riesgos éticos varían según el tipo de deporte y el nivel competitivo, subrayando la necesidad de marcos específicos para cada deporte (Bobrownicki *et al.*, 2025).

La explicabilidad de los modelos es otro desafío importante. Muchos algoritmos de IA, en particular las redes neuronales profundas, funcionan como "cajas negras": proporcionan predicciones precisas, pero no permiten comprender fácilmente qué factores han contribuido a esa predicción. Esto dificulta que entrenadores, médicos y deportistas confíen en las recomendaciones del sistema y tomen decisiones informadas. Van Eetvelde *et al.* (2021) señalaron que solo una minoría de los estudios revisados aplicaba técnicas de interpretabilidad (como SHAP o LIME) para descomponer las predicciones del modelo y explicar los factores de riesgo más relevantes. Una revisión de alcance sobre IA explicable (XAI) en la ciencia del deporte (Gomes *et al.*, 2026) identificó 19 estudios publicados entre 2014 y junio de 2024 y reveló un claro dominio de SHapley Additive Explanations (SHAP) en múltiples disciplinas, mientras que otras herramientas como Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM), Individual Conditional Expectation (ICE) Plots o los enfoques específicos de dominio rara vez se utilizaron. Los hallazgos destacaron una falta de diversidad metodológica y una validación limitada de las explicaciones con expertos del dominio o profesionales (Gomes *et al.*, 2026).

El sesgo algorítmico es otra preocupación creciente. Los modelos de IA entrenados con datos provenientes predominantemente de deportistas jóvenes, varones y de determinadas poblaciones pueden no generalizar correctamente a otros grupos (mujeres, deportistas de categorías inferiores, atletas con discapacidad, etc.). Una revisión sistemática reciente (Souaifi *et al.*, 2025) señaló que la mayoría de los estudios incluían muestras pequeñas (media de 42 ± 28 participantes) y estaban sesgadas hacia varones jóvenes y sanos, lo

que limita la validez externa de los hallazgos. Bobrownicki *et al.* (2025) advirtieron que muchos sistemas de IA implementados en medicina deportiva dependen de algoritmos de aprendizaje automático opacos entrenados en conjuntos de datos que pueden reflejar disparidades sociales, fisiológicas o de género subyacentes, lo que puede conducir a una toma de decisiones injusta, un trato desigual o una dependencia excesiva de los resultados predictivos sin supervisión humana.

Desde una perspectiva metodológica, las limitaciones más frecuentes incluyen la heterogeneidad en las definiciones de lesión, la falta de validación externa de los modelos, el reducido tamaño muestral y la ausencia de grupos de control (Leckey *et al.*, 2025; Van Eetvelde *et al.*, 2021). Estas limitaciones dificultan la comparación entre estudios y la síntesis de la evidencia, así como la extrapolación de los resultados a contextos deportivos diferentes. Una revisión sistemática y metanálisis sobre la relación entre los indicadores de carga interna y externa y las lesiones en el fútbol profesional utilizando ML (Nobari *et al.*, 2024) destacó la necesidad de estandarizar las métricas y los métodos para mejorar la comparabilidad de los estudios.

CONCLUSIONES

La inteligencia artificial está revolucionando el análisis del rendimiento y la prevención de lesiones en deportes de equipo, gracias a técnicas como árboles de decisión, redes neuronales y aprendizaje profundo. Estas herramientas permiten predecir riesgos lesionales, monitorizar la carga de entrenamiento y analizar aspectos tácticos y biomecánicos con gran precisión. Sin embargo, la evidencia actual presenta limitaciones importantes: heterogeneidad metodológica, muestras reducidas, falta de estandarización en la recogida de datos, opacidad algorítmica y preocupaciones éticas sobre privacidad y autonomía de los deportistas.

Para avanzar, se requieren estudios longitudinales con muestras más amplias y diversas, junto con la estandarización de métricas y definiciones de lesión. Es clave desarrollar modelos explicables (XAI) que generen confianza en entrenadores y atletas, además de marcos regulatorios claros que protejan los datos de salud y garanticen transparencia. La colaboración interdisciplinaria entre científicos de datos, médicos deportivos, entrenadores y especialistas en ética será esencial para implementar la IA de manera responsable, maximizando beneficios y reduciendo riesgos en el deporte profesional y amateur.

Referencias bibliográficas

- Agencia EFE. (2025, 5 de diciembre). La IA desembarca para ayudar a prevenir lesiones a la Real Sociedad. Yahoo Noticias. <https://es-us.noticias.yahoo.com/deportes/ia-desembarca-ayudar-prevenir-lesiones-084743030.html>
- Bobrownicki, R., Kędra, A., y Kowalski, M. (2025). Ethical bias in AI-driven injury prediction in sport: A narrative review of athlete health data, autonomy and governance. *AI*, 6(11), 283. <https://doi.org/10.3390/ai6110283>
- de Leeuw, A.-W., van der Zwaard, S., van Baar, R., y Knobbe, A. (2022). Personalized machine learning approach to injury monitoring in elite volleyball players. *European Journal of Sport Science*, 22(4), 511-520. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1887369>
- Elendu, C., Amaechi, U. C., Elendu, T. C., y Okpara, S. C. (2025). Ethical implications of artificial intelligence in sport: A systematic scoping review. *Sports Medicine and Health Science*, 7(2), 89-102. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2025.01.002>
- Ferrari, R. (2015). Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing*, 24(4), 230-235.
- Gomes, F. B., Santos, T. R., y Oliveira, L. F. (2026). A scoping review of explainable artificial intelligence in sports science. *Discover Artificial Intelligence*, 6, 5. <https://doi.org/10.1007/s44163-025-00709-8>
- International Society of Biomechanics in Sports. (2025). Machine learning and deep learning applications in sports biomechanical analysis: A systematic scoping review of performance enhancement and injury prevention strategies. *ISBS Proceedings Archive*, 43(1).
- Khanna, R., y Wadhwa, G. (2026). Intelligent wearable device the future of sports medicine: A narrative review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 20(2), 32-38. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2026/88435.22878>
- LaLiga Business School. (2025, 3 de febrero). Cómo prevenir lesiones con la ayuda de la Inteligencia Artificial (IA). LaLiga Business School. <https://business-school.laliga.com/noticias/como-prevenir-lesiones-con-la-ayuda-de-la-inteligencia-artificial-ia>
- Leckey, C., van Dyk, N., Doherty, C., Lawlor, A., y Delahunt, E. (2025). Machine learning approaches to injury risk prediction in sport: a scoping review with evidence synthesis. *British Journal of Sports Medicine*, 59(7), 491-500. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108576>
- Manescu, D. C. (2025). Inteligencia Artificial en el entrenamiento deportivo de élite y perspectiva de su

integración en el deporte escolar. *Retos*, 73, 117261. <https://doi.org/10.47197/retos.v73.117261>

Nobari, H., Oliveira, R., Clemente, F. M., Adsuar, J. C., y Pérez-Gómez, J. (2024). Relationship between external and internal load indicators and injury using machine learning in professional soccer: a systematic review and meta-analysis. *Biology of Sport*, 41(4), 123-138. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.129476>

Romero Izurieta, R., y Sagñay Aucancela, W. R. (2025). Uso de inteligencia artificial para la optimización del rendimiento deportivo: una revisión sistemática PRISMA 2020 (2020-2025). *Magazine ASCE*, 5(1), 739. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i1.739>

Souaifi, M., Ben Salah, F., y Trabelsi, K. (2025). Artificial Intelligence in Sports Biomechanics: A Scoping Review on Wearable Technology, Motion Analysis, and Injury Prevention. *Bioengineering*, 12(8), 887. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12080887>

Teixeira, J. E., Forte, P., Ferraz, R., Leite, N., Branquinho, L., y Silva, A. J. (2025). Mapping football tactical behavior and collective dynamics with artificial intelligence: a systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1456789. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1456789>

Telekom. (2026, 23 de marzo). Next11: Using sensors to prevent football injuries. IoT Telekom. <https://iot.telekom.com>

Universidad de Granada. (2025, 2 de septiembre). Un nuevo sistema de inteligencia artificial ayuda a predecir y evitar lesiones en los futbolistas de élite. Universidad de Granada. <https://www.ugr.es/universidad/noticias/sistema-inteligencia-artificial-ayuda-predecir-evitar-lesiones-futbolistas>

Van Eetvelde, H., Mendonça, L. D., Ley, C., Seil, R., y Tischer, T. (2021). Machine learning methods in sport injury prediction and prevention: a systematic review. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 8, 27. <https://doi.org/10.1186/s40634-021-00346-x>

Wang, P., Wang, A., y Wang, S. (2025). Integrating multimodal AI technologies for sports injury prediction and rehabilitation: Systematic review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 21(1), 22-37. <https://doi.org/10.55860/w6j5wc21>

Declaración de conflicto de intereses: Los autores no presentan ningún conflicto de interés.

Declaración de contribución de los autores/as utilizando la Taxonomía CRediT:

Todos los autores trabajaron en la Conceptualización, investigación, metodología, Redacción – revisión y edición.

Declaración de aprobación por el Comité de Ética: Los autores declaran que la investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la institución responsable, en tanto la misma implicó a seres humanos.

Declaración de originalidad del manuscrito:

Los autores confirman que este texto no ha sido publicado con anterioridad, ni ha sido enviado a otra revista para su publicación.