



**Universidad
Europea CANARIAS**

RELACIÓN DEL TIPO DE BOTA Y LA SUPERFICIE CON LA LESIÓN DE LCA

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Europea de Canarias
Curso académico: 2025-2026

MODALIDAD DE TRABAJO

Revisión Bibliográfica

AUTORES

Daniel González García
Jorge Robles López

TUTOR/A

Jorge Miguel González Hernández

Junio de 2026

Villa de La Orotava, Santa Cruz de Tenerife

“Toda reconstrucción nace de una rotura”

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	6
ÍNDICE GENERAL.....	8
ÍNDICE DE ABREVIATURAS, TABLAS Y FIGURAS.....	10
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Contextualización.....	16
1.2. Anatomía y Biomecánica del LCA.....	17
1.3. Epidemiología e importancia de la lesión de LCA en el fútbol.....	19
1.4. Mecanismo lesional y factores de riesgo.....	20
1.5. Influencia de la superficie y el tipo de calzado.....	21
1.6. Justificación.....	22
1.7. Objetivos.....	23
1.7.1. Objetivo principal.....	23
1.7.2. Objetivos secundarios.....	23
1.8. Hipótesis.....	24
1.8.1. Hipótesis principal.....	24
1.8.2. Hipótesis secundarias.....	24
2. METODOLOGÍA.....	25
2.1 Diseño de estudio.....	25
2.2. Estrategia de búsqueda.....	27
2.3. Criterios de selección.....	28
2.3.1. Criterios de inclusión:.....	28
2.3.2. Criterios de exclusión:.....	28

3. RESULTADOS.....	29
3.1. Selección de artículos.....	29
3.2. Resumen de artículos empleados.....	32
3.3. Tabla de resultados.....	37
3.4. Evaluación de la calidad metodológica.....	41
3.5. Riesgo de sesgo.....	44
4. DISCUSIÓN.....	47
4.1. Relación bota-superficie.....	47
4.2. Influencia del tipo de taco.....	47
4.3. Diferencias entre superficies.....	48
4.4. Diferencias entre sexos.....	49
4.5. Aplicaciones prácticas.....	49
5. CONCLUSIONES.....	52
6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	54
7. CONTRIBUCIÓN A LOS ODS.....	55
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
9. ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE ABREVIATURAS, TABLAS Y FIGURAS

2. METODOLOGÍA.....	25
2.1 Diseño de estudio.....	25
Figura 1.....	26
3. RESULTADOS.....	29
3.1. Selección de artículos.....	29
Figura 2.....	31
3.3. Tabla de resultados.....	37
Tabla 1.....	37
3.4 Evaluación de la calidad metodológica.....	41
Tabla 2.....	41
3.5. Riesgo de sesgo.....	44
Figura 3.....	45
9. ANEXOS.....	62
Figura 4.....	62

LISTADO DE ABREVIATURAS

- ACL – Anterior cruciate ligament
- AI – Artificial Intelligence
- COD – Change of direction
- ECA – Ensayo control aleatorizado
- EPL – English Premier League
- FIFA – Fédération Internationale de Football Association.
- IA – Inteligencia artificial
- IPR – Injury Proportion Ratio
- LCA – Ligamento cruzado anterior
- NATA – National Athletic Trainer’s Association
- NCAA – National Collegiate Athletic Association
- ODS – Objetivos Desarrollo Sostenible
- PEDro – Physiotherapy Evidence Database
- RoB 2.0 – Risk of Bias 2.0

RESUMEN

Introducción

La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones más graves y frecuentes en el fútbol debido a sus importantes consecuencias funcionales, deportivas y económicas. Aunque tradicionalmente la investigación se ha centrado en factores intrínsecos del deportista, existe un creciente interés por analizar la influencia de factores extrínsecos como el tipo de superficie de juego y el calzado utilizado. El objetivo de este trabajo fue analizar la relación existente entre estos factores y el riesgo de lesión del LCA en futbolistas.

Metodología

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica mediante búsquedas realizadas en las bases de datos PubMed y Scopus, complementadas con la herramienta Consensus AI. Tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos, se seleccionaron nueve estudios que abordaban la relación entre el LCA, las superficies de juego y el tipo de calzado utilizado en fútbol.

Resultados

Los estudios incluidos mostraron que tanto el tipo de superficie como las características del calzado pueden influir en el riesgo de lesión del LCA. La evidencia biomecánica indicó que determinadas configuraciones de tacos generan mayores niveles de tracción rotacional, aumentando las cargas soportadas por la rodilla. Asimismo, algunos estudios señalaron que las superficies artificiales presentan características mecánicas diferentes al césped natural, pudiendo modificar el riesgo lesional. También se observaron diferencias entre hombres y mujeres, siendo estas últimas más susceptibles a sufrir lesiones del LCA.

Discusión

Los resultados sugieren que la lesión del LCA tiene un origen multifactorial en el que la interacción entre el deportista, el calzado y la superficie de juego desempeña un papel relevante. Aunque no existe consenso absoluto sobre qué superficie presenta un mayor riesgo, la mayoría de los estudios coinciden en que niveles elevados de tracción entre la bota y el terreno aumentan la carga biomecánica soportada por la rodilla. Asimismo, la literatura destaca la importancia de combinar una adecuada elección del calzado con programas de prevención neuromuscular y estrategias de control de los factores de riesgo modificables.

Conclusiones

La evidencia científica revisada indica que existe una relación entre el tipo de calzado, la superficie de juego y el riesgo de lesión del LCA en fútbol. Sin embargo, el riesgo lesional parece depender principalmente de la interacción entre ambos factores y no de cada uno por separado. La implementación de programas preventivos, la adecuada selección del calzado y el correcto mantenimiento de las superficies de juego constituyen estrategias fundamentales para reducir la incidencia de esta lesión y mejorar la seguridad de los futbolistas.

Palabras Clave: Fútbol, ligamento cruzado anterior, calzado deportivo, superficies de juego, biomecánica, factores de riesgo.

ABSTRACT

Introduction

Anterior cruciate ligament (ACL) injury is one of the most serious and common injuries in football due to its significant functional, sporting, and economic consequences. Although research has traditionally focused on intrinsic athlete-related factors, there is growing interest in analyzing the influence of extrinsic factors such as playing surface type and footwear used. The aim of this study was to analyze the relationship between these factors and the risk of ACL injury in football players.

Methodology

A systematic review of the scientific literature was conducted using searches in the PubMed and Scopus databases, complemented by the Consensus AI tool. After applying predefined inclusion and exclusion criteria, nine studies were selected that addressed the relationship between ACL injury, playing surfaces, and footwear type in football.

Results

The included studies showed that both playing surface type and footwear characteristics may influence the risk of ACL injury. Biomechanical evidence indicated that certain stud configurations generate higher levels of rotational traction, increasing the loads imposed on the knee joint. Likewise, some studies reported that artificial surfaces present different mechanical properties compared to natural grass, potentially altering injury risk. Differences were also observed between men and women, with females being more susceptible to ACL injuries.

Discussion

The findings suggest that ACL injury has a multifactorial origin in which the interaction between the athlete, footwear, and playing surface plays an important role. Although there is no absolute consensus on which surface presents the highest risk, most studies agree that high levels of traction between the boot and the ground increase biomechanical loading on the knee. Furthermore, the literature highlights the importance of combining appropriate footwear selection with neuromuscular prevention programs and strategies to control modifiable risk factors.

Conclusions

The reviewed scientific evidence indicates that there is a relationship between footwear type, playing surface, and the risk of ACL injury in football. However, injury risk appears to depend primarily on the interaction between these factors rather than on each one independently. The implementation of preventive programs, appropriate footwear selection, and proper maintenance of playing surfaces are key strategies to reduce the incidence of this injury and improve player safety.

Keywords: *soccer, anterior cruciate ligament, athletic shoes, playing surfaces, biomechanics, risk factors.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización

En el fútbol contemporáneo, la evolución del juego hacia demandas físicas cada vez más extremas ha traído consigo un aumento alarmante en la incidencia y gravedad de las lesiones musculoesqueléticas. Entre todas ellas, la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) se ha convertido en una de las mayores amenazas para la viabilidad deportiva de los jugadores. Tradicionalmente, la prevención se ha enfocado en el control de factores intrínsecos; sin embargo, la epidemiología actual advierte que las variables ambientales, como el clima y el estado del terreno, desempeñan un papel fundamental en el riesgo lesional (Orchard, 2002). Esto exige abordar el problema desde una perspectiva multifactorial, reconociendo que el riesgo no depende de un solo elemento, sino de la compleja interacción entre la bota, la superficie, la biomecánica y el estado fisiológico (Cicchella & He, 2024). Por este motivo, el presente Trabajo de Fin de Grado profundiza de manera directa en la interacción mecánica que ocurre en la interfaz bota-superficie.

1.2. Anatomía y Biomecánica del LCA

El ligamento cruzado anterior (LCA) constituye una de las estructuras más importantes de la articulación de la rodilla debido a su papel fundamental en el mantenimiento de la estabilidad articular durante el movimiento. Junto con el ligamento cruzado posterior, los ligamentos colaterales y las estructuras musculares que rodean la articulación, forma parte de un complejo sistema encargado de controlar los desplazamientos y rotaciones que se producen entre el fémur y la tibia durante las actividades de la vida diaria y, especialmente, durante la práctica deportiva.

La evidencia biomecánica demuestra que un aumento en los niveles de fricción entre el calzado y el terreno incrementa significativamente la carga de estrés que debe soportar el LCA. Para entender este riesgo, es fundamental diferenciar entre dos conceptos biomecánicos clave: la tracción vertical, que es la encargada de facilitar el impulso hacia delante, y la tracción rotacional. Tal y como detallan Castillo-Domínguez et al. (2023) en su análisis, el verdadero peligro reside en esta última; cuando los tipos de tacos impiden que el pie rote de manera natural, el calzado queda anclado al césped y la rodilla se ve forzada a absorber toda la energía de la torsión, favoreciendo directamente la rotura del ligamento. De hecho, en el ámbito profesional se ha comprobado que el uso de patrones de tacos muy agresivos se asocia a un aumento directo de estas lesiones (Pescatore et al., 2025). Desde el punto de vista anatómico, el LCA se origina en la cara medial del cóndilo femoral lateral y se inserta en la región intercondílea anterior de la tibia. Su disposición oblicua dentro de la articulación le permite resistir diferentes tipos de fuerzas mecánicas, actuando principalmente como limitador de la traslación anterior de la tibia respecto al fémur. Además, desempeña un papel esencial en el control de los movimientos rotacionales de la rodilla, especialmente

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

durante acciones dinámicas que implican cambios de dirección (COD), frenadas bruscas o aterrizajes tras un salto (Nazario et al., 2019).

Durante los últimos años, los avances en las técnicas de imagen y en el análisis biomecánico han permitido comprender con mayor precisión la compleja estructura del LCA y su relación con la función articular. En este sentido, Bontempi et al. (2024) destacan que la organización tridimensional de las fibras ligamentarias influye directamente en la capacidad del ligamento para absorber y distribuir las cargas generadas durante la actividad física. Esta característica resulta especialmente relevante en deportes como el fútbol, donde las exigencias mecánicas sobre la rodilla son constantes y de elevada intensidad.

De igual manera, Marieswaran et al. (2018) señalan que el comportamiento biomecánico del LCA depende tanto de sus propiedades estructurales como de la interacción con el resto de tejidos que conforman la articulación. Cuando las fuerzas aplicadas superan la capacidad de resistencia del ligamento, se produce una alteración de la estabilidad articular que puede desembocar en una lesión parcial o completa.

La relevancia funcional del LCA se pone especialmente de manifiesto durante acciones deportivas que implican desaceleraciones rápidas, COD o movimientos de pivote. En estas situaciones, el ligamento debe soportar importantes fuerzas de cizalla y torsión, contribuyendo a mantener la alineación adecuada de la rodilla y evitando desplazamientos excesivos que podrían comprometer la integridad de la articulación (Dai et al., 2014).

Por todo ello, el correcto funcionamiento del LCA resulta imprescindible para la práctica segura del fútbol, siendo una de las estructuras más estudiadas dentro del ámbito de la traumatología deportiva y la biomecánica aplicada al deporte.

1.3. Epidemiología e importancia de la lesión de LCA en el fútbol

El fútbol se caracteriza por ser un deporte intermitente de alta intensidad en el que los jugadores realizan continuamente aceleraciones, desaceleraciones, saltos, aterrizajes, giros y COD. Estas acciones exponen a la articulación de la rodilla a elevados niveles de estrés mecánico, aumentando considerablemente el riesgo de lesión (Dai et al., 2014).

La rotura del LCA suele requerir largos periodos de rehabilitación que, en numerosos casos, pueden prolongarse entre nueve y doce meses. Además, diversos estudios han demostrado que una parte importante de los deportistas no consigue recuperar completamente su nivel de rendimiento previo a la lesión, lo que convierte este problema en una de las principales preocupaciones de clubes, entrenadores y profesionales sanitarios.

En el fútbol femenino, esta problemática adquiere una relevancia aún mayor. Reyes et al. (2023) señalan que las lesiones del LCA presentan una incidencia significativamente superior en mujeres respecto a hombres. Estos hallazgos coinciden con las observaciones realizadas por Mancino et al. (2024), quienes atribuyen esta mayor susceptibilidad a factores anatómicos, hormonales y neuromusculares específicos del sexo femenino.

Además del impacto deportivo individual, las lesiones del LCA representan una importante carga económica para clubes, federaciones y sistemas sanitarios debido a los elevados costes asociados a la cirugía, la rehabilitación y los periodos prolongados de baja deportiva. Por tanto, la identificación de los factores que aumentan el riesgo de lesión constituye una prioridad dentro de la investigación científica actual.

1.4. Mecanismo lesional y factores de riesgo

La lesión del ligamento cruzado anterior presenta un origen claramente multifactorial. A diferencia de otras lesiones traumáticas producidas por un único mecanismo causal, la rotura del LCA suele producirse como consecuencia de la interacción de múltiples factores que actúan simultáneamente. Entre los factores intrínsecos destacan variables como el sexo, la anatomía de la rodilla, la fuerza muscular, el control neuromuscular, la técnica de aterrizaje o el nivel de fatiga acumulado. Diversos autores han señalado que las mujeres presentan patrones de movimiento diferentes durante aterrizajes y COD, generando mayores momentos de valgo dinámico y aumentando las cargas soportadas por el LCA (Mancino et al., 2024). Por otro lado, Karolidis et al. (2025) observaron que la fatiga modifica significativamente la distribución de cargas durante acciones de COD, pudiendo incrementar el riesgo potencial de lesión. Desde una perspectiva biomecánica más específica, Sümegi et al. (2025) propusieron un modelo que relaciona el ángulo de la tibia, la tracción de la superficie y los momentos de fuerza desarrollados en la rodilla durante el aterrizaje. Sus resultados sugieren que determinadas posiciones articulares pueden aumentar considerablemente la carga soportada por el LCA.

En relación con los factores extrínsecos, la literatura científica ha prestado especial atención al papel desempeñado por el tipo de superficie, las condiciones ambientales y las características del calzado deportivo. Orchard (2002) ya señalaba hace más de dos décadas que variables como la dureza del terreno, la humedad o las condiciones climáticas podían modificar significativamente la incidencia lesional en el fútbol. Todo ello refuerza la idea de que la lesión del LCA no debe interpretarse como el resultado de un único factor aislado, sino como la consecuencia de una interacción compleja entre múltiples variables biomecánicas, fisiológicas y ambientales.

1.5. Influencia de la superficie y el tipo de calzado.

Entre los factores extrínsecos asociados a la lesión del LCA, la relación existente entre la superficie de juego y el calzado deportivo ha adquirido una gran relevancia durante los últimos años. La progresiva implantación de superficies de césped artificial ha generado un importante debate científico acerca de su posible influencia sobre la incidencia de lesiones. Howard et al. (2020) analizaron diez años de datos epidemiológicos en deportistas universitarios, observando diferencias en la incidencia de lesiones según la superficie utilizada.

Sin embargo, los resultados disponibles continúan siendo contradictorios. Mientras Xiao et al. (2022) encontraron un mayor riesgo de lesión del LCA en mujeres que competían sobre césped artificial, Kushner et al. (2024) concluyeron que la evidencia actual sigue siendo insuficiente para establecer un consenso definitivo.

Paralelamente, numerosos investigadores han analizado la influencia del diseño de las botas de fútbol. Castillo-Domínguez et al. (2023) demostraron que determinadas configuraciones de tacos generan mayores niveles de tracción rotacional, aumentando el estrés biomecánico soportado por la rodilla. Resultados similares fueron obtenidos por Cass et al. (2025), quienes identificaron una asociación entre determinadas configuraciones de tacos y un mayor riesgo de lesión del LCA en deportistas femeninas. Asimismo, Pescatore et al. (2025) observaron que los tacos más agresivos se relacionaban con una mayor incidencia de lesiones en extremidades inferiores en futbolistas profesionales. Por otro lado, Akhundov et al. (2022) comprobaron que las características del calzado modifican las fuerzas que actúan sobre el LCA durante los aterrizajes, mientras que Grund et al. (2007) destacaron la importancia de desarrollar sistemas de evaluación específicos capaces de reproducir las condiciones reales del juego.

1.6. Justificación

A pesar del creciente número de investigaciones publicadas durante los últimos años, todavía existe una considerable controversia acerca del papel que desempeñan la superficie de juego y el calzado deportivo en la aparición de lesiones del LCA. Aunque numerosos estudios han analizado estos factores de manera independiente, la evidencia científica más reciente sugiere que el verdadero riesgo lesional podría depender de la interacción existente entre ambos elementos. En este sentido, Cicchella y He (2024) destacan que la denominada interfaz bota-superficie constituye uno de los factores más relevantes para comprender los mecanismos de lesión del LCA.

De igual manera, Loud et al. (2024) y Mansfield y Bucinell (2016) señalan que determinadas combinaciones entre superficie y calzado pueden modificar significativamente los niveles de tracción y torque generados durante la práctica deportiva. Ante esta situación, resulta necesario realizar una revisión sistemática que permita sintetizar la evidencia científica disponible, identificar los principales factores de riesgo asociados a la interacción bota-superficie y establecer posibles implicaciones prácticas orientadas a la prevención de lesiones.

Por ello, el presente trabajo tiene como finalidad analizar la relación existente entre el tipo de superficie de juego, las características del calzado deportivo y el riesgo de lesión del LCA en futbolistas, proporcionando una visión global y actualizada de la evidencia científica disponible.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo principal

- Realizar un análisis sobre cómo puede producirse la lesión de LCA y los diferentes condicionantes (tipo de bota, superficie...) que aumentan el riesgo de que ocurra.

1.7.2. Objetivos secundarios

- Conocer diferentes tipos de botas y tacos, y saber en qué medida pueden afectar aumentando el riesgo lesional del deportista.
- Tener herramientas e información suficiente para aconsejar a deportistas o realizar un programa de intervención que pueda disminuir el riesgo a sufrir esta lesión.
- Revisar y comparar la incidencia lesional entre césped artificial y césped natural.
- Analizar si existen diferencias en relación bota-superficie-lesión entre futbolistas masculinos y femeninos.
- Comparar si existen diferencias significativas en la relación bota-superficie-lesión entre los diferentes niveles competitivos (fútbol profesional, fútbol semiprofesional y fútbol amateur).

1.8. Hipótesis

La presente revisión sistemática parte de la premisa de que la lesión del LCA en fútbol tiene un origen multifactorial, en el que intervienen factores biomecánicos, ambientales y relacionados con el equipamiento deportivo.

1.8.1. Hipótesis principal

- Existe una relación entre el tipo de superficie de juego, las características del calzado deportivo y el incremento del riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) en futbolistas.

1.8.2. Hipótesis secundarias

- Las configuraciones de tacos que generan mayores niveles de tracción rotacional aumentan el estrés biomecánico sobre la articulación de la rodilla.
- El uso de botas no adecuadas para una determinada superficie de juego incrementa el riesgo potencial de lesión del LCA.
- El césped artificial presenta una mayor asociación con lesiones del LCA en comparación con el césped natural.
- Las futbolistas femeninas presentan una mayor predisposición a sufrir lesiones del LCA debido a factores anatómicos y neuromusculares.
- Existen diferencias en el riesgo lesional en función del nivel competitivo del deportista.

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño de estudio

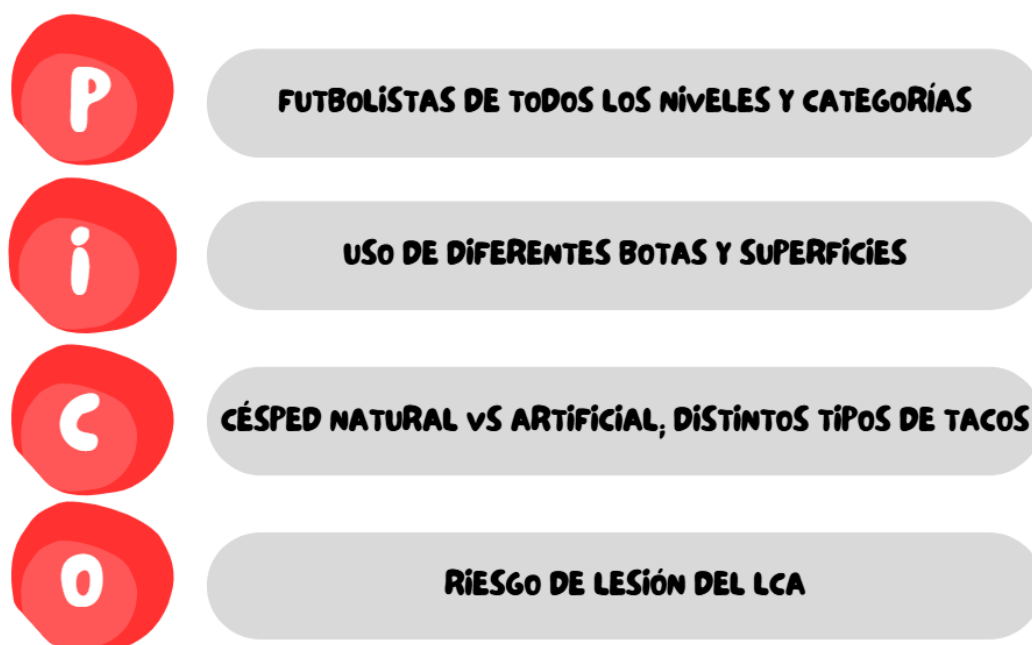
El presente Trabajo de Fin de Grado se desarrolló mediante una revisión sistemática de la literatura científica, siguiendo una estrategia estructurada de búsqueda, selección y análisis de estudios relacionados con la lesión del LCA en fútbol y su relación con la superficie de juego y el calzado deportivo.

El objetivo principal de este estudio, como se mencionó antes, es evaluar cómo se produce la lesión de LCA y los posibles factores de riesgo de la misma. Para ello, se formuló una pregunta clínica mediante el modelo PICO (Patient, Intervention, Comparison, Outcome), es un modelo metodológico utilizado para formular preguntas de investigación de manera estructurada, definiendo la población en la que se va a realizar el estudio, la intervención analizada, la comparación realizada y los resultados evaluados. (Ver figura 1)

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

Figura 1

Formulación de pregunta con modelo PICO



Pregunta PICO: ¿Hay algún tipo de relación entre el tipo de bota (distribución de tacos, tamaño de los tacos...) que utilizan los/las futbolistas y la superficie del terreno de juego (césped natural o artificial) con la lesión de LCA?

2.2. Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos científicas PubMed y Scopus. De manera complementaria, se utilizó la herramienta Consensus AI para ampliar la identificación de literatura relevante. Las palabras clave empleadas fueron:

- “Anterior cruciate ligament” OR “ACL injury”
- “Soccer” OR “Football”
- “Playing surface” OR “Artificial turf” OR “Natural grass”
- “Football boots” OR “Studs”
- “Injury risk”

La estrategia de búsqueda combinó operadores booleanos AND y OR. con el fin de maximizar la sensibilidad de la búsqueda. Las ecuaciones realizadas fueron las siguientes:

Ecuación 1: ("ACL injury" OR "Anterior cruciate ligament") AND ("Soccer" OR "Football") AND ("Injury risk")

Ecuación 2: ("ACL injury" OR "Anterior cruciate ligament") AND ("Soccer" OR "Football") AND ("Football boots" OR "Studs")

Ecuación 3: ("ACL injury" OR "Anterior cruciate ligament") AND ("Playing surface" OR "Artificial turf" OR "Natural grass") AND ("Injury risk")

Ecuación 4: ("ACL injury" OR "Anterior cruciate ligament") AND ("Playing surface" OR "Artificial turf" OR "Natural grass") AND ("Football boots" OR "Studs")

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

Las ecuaciones fueron adaptadas en cada base de datos con sus respectivas características específicas. En esta primera fase no se aplicaron filtros restrictivos con el objetivo de obtener el mayor número de resultados posibles.

2.3. Criterios de selección

2.3.1. Criterios de inclusión:

- Estudios con disponibilidad al texto completo del artículo.
- Estudios que analicen la relación entre el LCA y el fútbol.
- Investigaciones que evalúen el tipo de superficie de juego y su incidencia lesional
- Estudios que analicen el tipo de calzado que usan los futbolistas.
- Estudios epidemiológicos, biomecánicos o revisiones sistemáticas.
- Publicaciones recientes (preferentemente últimos 10-15 años).

2.3.2. Criterios de exclusión:

- Estudios que no estén relacionados con el fútbol.
- Investigaciones que no analicen el LCA.
- Artículos sin acceso a texto completo.
- Estudios duplicados.
- Estudios realizados antes del 2005.
- Estudios con bajo nivel de evidencia científica

3. RESULTADOS

3.1. Selección de artículos

El proceso de selección de los estudios se llevó a cabo siguiendo un enfoque sistemático con el objetivo de garantizar la transparencia y reproducibilidad de la revisión. En una primera fase, se realizó la búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed y Scopus, además de una búsqueda complementaria mediante la herramienta Consensus AI, con el fin de identificar literatura adicional relevante no indexada en las bases principales.

La búsqueda inicial, realizada sin aplicación de filtros restrictivos, permitió identificar un total de 287 registros (PubMed: 121; Scopus: 149; Consensus AI: 17). Tras la combinación de todas las estrategias de búsqueda basadas en las ecuaciones previamente descritas, se procedió a la eliminación de duplicados, obteniéndose un total de 196 registros únicos.

En la fase de cribado, se realizó el análisis de títulos y resúmenes con el objetivo de evaluar la relevancia de los estudios identificados. En este proceso se excluyeron aquellos trabajos que no cumplían con los criterios de elegibilidad relacionados con el fútbol, el ligamento cruzado anterior o los factores de riesgo asociados (superficie de juego, tipo de calzado o riesgo lesional).

Tras esta fase, se excluyeron 158 estudios, quedando un total de 38 artículos potencialmente elegibles para lectura a texto completo. En la fase de evaluación a texto completo, se analizaron los 38 artículos restantes aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. En esta etapa se descartaron:

- 11 estudios por no disponer de acceso a texto completo.
- 9 estudios por no centrarse específicamente en el fútbol.

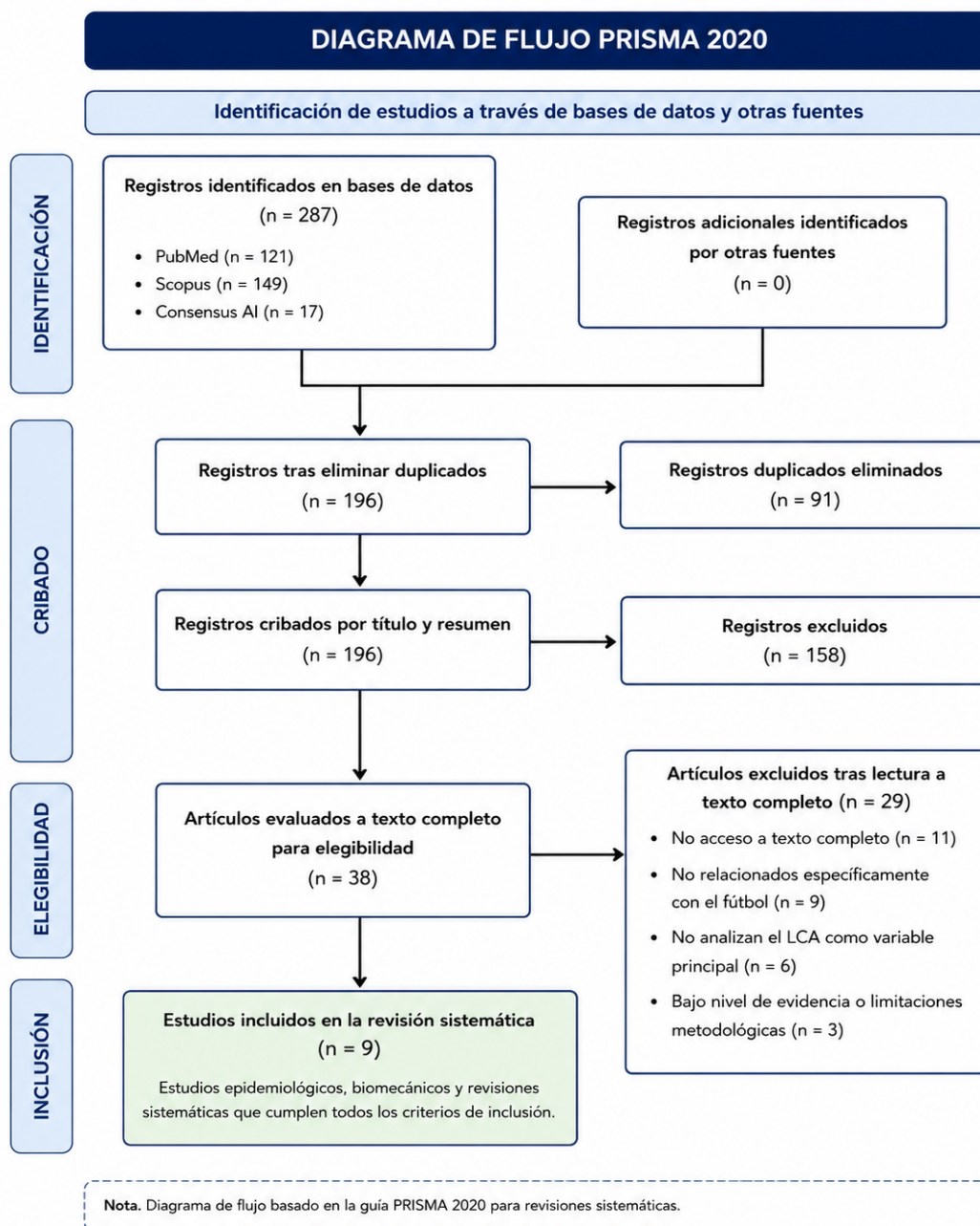
Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

- 6 estudios por no analizar el ligamento cruzado anterior como variable principal.
- 3 estudios por presentar bajo nivel de evidencia científica o limitaciones metodológicas.

Tras la aplicación de estos criterios, se excluyeron un total de 29 estudios. Finalmente, 9 estudios cumplieron todos los criterios de elegibilidad y fueron incluidos en la revisión. Estos trabajos incluyen diseños epidemiológicos, biomecánicos y revisiones sistemáticas, analizando la relación entre la lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol y factores como la superficie de juego, el tipo de calzado y los mecanismos lesionales asociados.

Figura 2.

Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios.



3.2. Resumen de artículos empleados

3.2.1. Pescatore et al. (2025)

Este estudio de cohorte retrospectivo evaluó a 510 jugadores de la EPL para diseccionar la relación entre el patrón de los tacos y las lesiones de extremidades inferiores. Los datos dictaminan que la geometría del calzado es un factor de riesgo crítico y cuantificable. Los tacos clasificados como "muy agresivos" incrementan significativamente el riesgo de lesión, presentando un odds ratio de 1.362. En contraste, los modelos "medianamente agresivos" actúan como un factor protector, reduciendo el riesgo con un odds ratio de 0.579. La interacción entre la posición del jugador y el calzado genera desviaciones significativas respecto a las tasas de lesión esperadas. Por ejemplo, los delanteros que utilizan suelas muy agresivas se lesionan muy por encima de la media proyectada. Además, el desgaste fisiológico es innegable: los futbolistas en la franja de 23 a 30 años experimentaron un aumento de lesiones de hasta el 68.2% frente a los menores de 22 años.

3.2.2. Ngatuva et al. (2022)

Este análisis epidemiológico a gran escala examinó 1039 lesiones del LCA en atletas de secundaria estadounidenses a lo largo de más de una década. El estudio expone la influencia perjudicial del césped artificial frente al natural en la integridad articular. Las proporciones de lesiones del LCA fueron significativamente superiores en superficies sintéticas, con un IPR de 1.23 en fútbol americano y de 1.53 en fútbol femenino. El mecanismo destructivo primordial no requiere de un oponente: más del 60% de las roturas en fútbol ocurrieron sin contacto, originadas por la rotación del cuerpo sobre un pie que queda anclado a la superficie. Los datos evidencian que el césped artificial penaliza los errores de pisada al no permitir la liberación biomecánica del pie, agravando la tensión crítica sobre el ligamento.

3.2.3. Loud et al. (2024)

A través de un dispositivo de prueba mecatrónico de diseño propio, esta investigación cuantificó la tracción traslacional de cinco configuraciones de suelas sobre césped natural y artificial. Las mediciones demuestran que las botas con tacos más largos o de formas asimétricas producen coeficientes de tracción superiores en la mayoría de los escenarios de carga evaluados, tanto en superficies naturales como artificiales. Este exceso de agarre es un arma de doble filo: aunque mejora teóricamente la respuesta motriz, aumenta bastante el riesgo de fijación del pie. La diferencia estructural radica en que el césped natural posee un mecanismo de mitigación intrínseco, ya que la zona de la raíz cede bajo tensión extrema, liberando la bota. El césped artificial carece de esta capacidad de ruptura, lo que transfiere toda la fuerza de torsión directamente a la cadena cinemática de la pierna del deportista.

3.2.4. Akhundov et al. (2022)

Utilizando modelado neuromusculoesquelético avanzado, este estudio calculó las fuerzas internas soportadas por el LCA en 23 mujeres jóvenes, que practicaban fútbol, durante una maniobra estandarizada de caída y salto lateral. El objetivo era contrastar el impacto biomecánico de realizar la tarea descalzas frente al uso de zapatillas de "alto soporte" y "bajo soporte". Los resultados indicaron que el calzado, independientemente de su nivel de soporte, disminuyó significativamente las fuerzas máximas en el LCA durante la fase de despegue en comparación con la condición descalza. Sin embargo, la distinción comercial entre calzado de alto y bajo soporte resultó clínicamente irrelevante, ya que no generó diferencias estadísticas en la carga estructural del ligamento. Además, las fuerzas frontales y la carga en la fase inicial de aterrizaje permanecieron inalteradas, cuestionando la eficacia real del calzado para proteger el LCA en el momento de máximo estrés mecánico.

3.2.5. Castillo-Domínguez et al. (2023)

Este análisis transversal en 77 futbolistas semiprofesionales y amateur evaluó cómo la distribución topográfica de los tacos influye en la aparición de lesiones. De las 141 lesiones registradas, casi el 44% afectaron al tobillo, predominando el daño por sobrecarga no traumática. El modelo de regresión lineal estableció correlaciones directas: una densidad excesiva de tacos en la zona medial del talón predice matemáticamente la aparición de lesiones por sobrecarga en el pie, al forzar posturas de supinación antinaturales. De similar manera, la presencia de tacos bajo la zona de los dedos actúa como predictor positivo para las lesiones crónicas de tobillo. Al margen del calzado, la variable temporal es determinante: acumular más de 18 años de experiencia en la práctica del fútbol se consolidó como el factor predictivo más fuerte para sufrir lesiones en las extremidades inferiores, marcando un claro punto de desgaste físico estructural.

3.2.6. Howard et al. (2020)

Basándose en la base de datos de vigilancia de lesiones de la NCAA durante diez años, este trabajo procesó más de 30 millones de exposiciones atléticas y 3449 lesiones del LCA. Los hallazgos desafían frontalmente la percepción generalizada sobre las superficies de juego: la tasa general de lesiones del LCA fue estadísticamente mayor en césped natural que en artificial. Esta disparidad se origina casi en su totalidad durante las sesiones de entrenamiento, donde los jugadores mostraron un riesgo 8,67 veces mayor de romperse el ligamento en hierba natural en comparación con el césped sintético. En las atletas femeninas, este riesgo se disparó hasta ser 11,13 veces mayor bajo las mismas condiciones. Durante los partidos oficiales, esta diferencia estadística desapareció por completo.

3.2.7. Grund et al. (2007)

Esta investigación biomecánica detalla la concepción y validación de una nueva maquinaria, el "Trak Tester". Los autores identificaron que los dispositivos mecánicos tradicionales fallaban porque evaluaban el calzado bajo condiciones estáticas y perpendiculares, ignorando la cinemática real de una rotura de ligamento. Para solucionar esta negligencia técnica, analizaron secuencias de vídeo de roturas reales de LCA en la élite del fútbol mediante modelos informáticos multicuerpo, extrayendo los ángulos exactos de flexión, valgo y rotación en el milisegundo preciso de la lesión. El dispositivo resultante incorpora una réplica de una extremidad inferior con una articulación de tobillo articulada, lo que permite replicar con exactitud clínica esas posiciones anatómicas extremas. Esta innovación metodológica es fundamental para la ingeniería deportiva porque demuestra que la tracción no debe medirse en posturas neutras, sino simulando la palanca destructiva exacta que desgarrar el tejido humano.

3.2.8. Cass et al. (2025)

Mediante un riguroso diseño de casos y controles que incluyó a 256 mujeres futbolistas, este estudio sentenció el papel del calzado como factor de riesgo modificable. Los resultados son categóricos: el 75% de las deportistas que se rompieron el ligamento utilizaban botas de tacos convencionales. Estadísticamente, calzarse unas botas de tacos multiplica por 2.57 las probabilidades de sufrir una rotura del LCA frente a la alternativa de usar zapatillas tipo turf. Profundizando en la morfología del taco, los modelos cónicos agravaron el riesgo, elevando la probabilidad de lesión a 2.87 veces más en comparación con el calzado de turf. La conclusión académica es irrefutable: para la anatomía femenina, que ya parte con desventaja biomecánica, el uso de suelas agresivas representa un error evitable, perfilándose el calzado de turf como la recomendación prudente para mitigar el riesgo de lesión ligamentosa grave.

3.2.9. Mansfield & Bucinell (2016)

Empleando un marco de carga biaxial servo-hidráulico, este estudio cuantificó la torsión exacta necesaria para que distintas combinaciones de calzado y superficie pierdan adherencia antes de trasladar un estrés destructivo a la rodilla del atleta. Se probó césped natural y diversas variantes de artificial frente a cuatro suelas distintas. El césped natural demostró ser el entorno más seguro, funcionando como un limitador mecánico que cede y se deforma antes de alcanzar los umbrales críticos de torsión, igualando la respuesta de las diferentes botas. En el césped artificial, que es estructuralmente implacable y no se deforma para liberar el pie, la interacción con tacos laminados o de terreno blando produce picos de torsión intolerables para el LCA. La prescripción técnica del estudio es tajante: en superficies artificiales, se requiere el uso de zapatillas de turf o tacos redondos, ya que son los únicos perfiles que garantizan tracción funcional pero logran deslizar antes de transferir una carga de cizallamiento fatal para la articulación.

3.3.Tabla de resultados

Tabla 1

Características y principales resultados de los estudios incluidos.

AUTOR (AÑO)	DISEÑO DEL ESTUDIO	MUESTRA	VARIABLE PRINCIPAL ANALIZADA	RESULTADOS PRINCIPALES	IMPLICACIONES PARA EL RIESGO DE LESIÓN LCA
Howard et al. (2020)	Estudio epidemiológico retrospectivo (10 años NCAA Injury Surveillance System)	Jugadores universitarios de fútbol de la NCAA	Superficie de juego (césped natural vs artificial)	No se encontraron diferencias significativas en la incidencia de lesiones del LCA entre ambas superficies.	La superficie de juego, considerada de forma aislada, no parece constituir un factor determinante en la aparición de lesiones del LCA.
Ngatuvai et al. (2022)	Estudio epidemiológico retrospectivo	Deportistas de fútbol y fútbol americano de instituto	Tipo de superficie de juego	Las tasas de lesión variaron según el deporte y la superficie utilizada, observándose diferencias en la incidencia lesional entre césped natural y artificial.	Las características de la superficie pueden influir sobre el riesgo lesional, aunque los resultados parecen depender del contexto competitivo y del deporte analizado.
Cass et al. (2025)	Estudio caso-control retrospectivo	Jugadoras de fútbol y lacrosse	Tipo de tacos y calzado deportivo	Determinados modelos de tacos se asociaron con una mayor frecuencia de roturas del LCA.	El diseño del calzado podría representar un factor de riesgo modificable para la prevención de lesiones del LCA.

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

Castillo-Domínguez et al. (2023)	Estudio experimental y revisión de evidencia técnica	Diferentes configuraciones de botas de fútbol	Características de los tacos	Los tacos con mayores niveles de tracción mostraron una asociación potencial con un incremento del riesgo de lesión en extremidades inferiores.	La configuración de los tacos puede modificar la interacción con la superficie y aumentar las cargas soportadas por la rodilla.
Pescatore et al. (2025)	Estudio epidemiológico retrospectivo	Futbolistas de la Premier League inglesa	Patrón de tacos utilizado	Los patrones de tacos más agresivos presentaron una mayor incidencia de lesiones en extremidades inferiores respecto a configuraciones menos agresivas.	Una tracción excesiva podría incrementar el riesgo de mecanismos lesionales asociados al LCA.
Akhundov et al. (2022)	Estudio biomecánico experimental	Mujeres jóvenes físicamente activas	Influencia del calzado durante aterrizajes	El tipo de calzado modificó las fuerzas ejercidas sobre el LCA y los momentos articulares de la rodilla durante el aterrizaje.	Las características biomecánicas del calzado pueden influir directamente en la carga soportada por el LCA durante acciones deportivas.

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

Grund et al. (2007)	Estudio experimental de laboratorio	Diferentes modelos de botas evaluados mediante dispositivo mecánico	Comportamiento mecánico del calzado bajo cargas elevadas	Se identificaron diferencias significativas en la respuesta mecánica y niveles de tracción entre distintos modelos de botas.	El diseño de la bota puede modificar la interacción bota-superficie y contribuir a situaciones de riesgo biomecánico.
Loud et al. (2024)	Estudio biomecánico experimental	Diferentes configuraciones de botas evaluadas sobre césped natural y artificial	Tracción translacional bota-superficie	La configuración de la suela influyó significativamente en los niveles de tracción obtenidos sobre ambas superficies.	La combinación entre bota y superficie parece ser un factor determinante en la generación de fuerzas potencialmente lesivas.
Mansfield y Bucinell (2016)	Estudio biomecánico computacional y experimental	Modelos de simulación de fútbol	Interacción entre superficie y tipo de calzado	Determinadas combinaciones de botas y superficies generaron mayores niveles de carga sobre la rodilla y aumentaron el estrés mecánico sobre el LCA.	El riesgo lesional parece depender de la interacción entre el calzado y la superficie más que de cada factor por separado.

3.4 Evaluación de la calidad metodológica

Tabla 2

Evaluación de la calidad metodológica de los artículos incluidos en la revisión sistemática.

Estudio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Puntuación Final
Pescatore et al. (2025)	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	3 / 10
Ngatuvai et al. (2022)	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	3 / 10
Loud et al. (2024)	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	2 / 10
Akhundov et al. (2022)	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	2 / 10
Castillo-Domínguez (2023)	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	3 / 10
Howard et al. (2020)	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	3 / 10
Grund et al. (2007)	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	2 / 10

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

Cass et al. (2025)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4 / 10
Mansfield & Bucinell (2016)	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	2 / 10

Nota. Cada número de los encabezados corresponde con un ítem de la escala PEDro.

Leyenda de los ítems evaluados:

- Ítem 1: Criterios de elección especificados (No puntúa).
- Ítem 2: Asignación al azar a los grupos.
- Ítem 3: Asignación oculta.
- Ítem 4: Grupos similares al inicio (comparabilidad basal).
- Ítem 5: Sujetos cegados.
- Ítem 6: Terapeutas cegados.
- Ítem 7: Evaluadores cegados.
- Ítem 8: Medidas obtenidas de más del 85% de los sujetos.
- Ítem 9: Análisis por intención de tratar.
- Ítem 10: Comparaciones estadísticas entre grupos.
- Ítem 11: Medidas puntuales y de variabilidad.

Se ha empleado la escala PEDro por directriz académica para sistematizar la evaluación de los artículos. Sin embargo, es imperativo señalar que las puntuaciones obtenidas (oscilando entre 2 y 4 sobre 10) no reflejan una carencia de rigor científico en la literatura analizada, sino una limitación estructural inherente a la propia herramienta de evaluación. La escala PEDro está diseñada estricta y exclusivamente para evaluar Ensayos Controlados Aleatorizados (ECA) de carácter clínico (ítems 2, 3, 5, 6 y 7).

En el ámbito específico de las ciencias del deporte y la biomecánica lesional, diseñar un ECA para evaluar factores de riesgo —como asignar aleatoriamente a un grupo de atletas a utilizar calzado lesivo o competir en superficies de alto riesgo para documentar sus roturas de ligamento cruzado— resulta éticamente inaceptable y materialmente imposible. Por consiguiente, los estudios epidemiológicos observacionales (cohortes, casos y controles) y los análisis experimentales biomecánicos in vitro que conforman esta revisión representan el techo de la evidencia disponible. Son metodológicamente rigurosos para su diseño y constituyen la fuente de información de más alta calidad y ética que la ciencia actual puede aportar para la prevención de este tipo de lesiones deportivas, a pesar de lo que refleja la puntuación de esta escala.

3.5. Riesgo de sesgo

Para evaluar el rigor científico de los artículos seleccionados y garantizar la solidez de nuestras conclusiones, hemos utilizado una doble estrategia metodológica.

Por un lado, siguiendo las directrices académicas establecidas, aplicamos la escala PEDro. Tal y como justificamos previamente, las puntuaciones obtenidas reflejan la incompatibilidad de esta herramienta con diseños que no sean ensayos controlados aleatorizados, algo inviable en este ámbito de estudio por cuestiones éticas y prácticas. Por ello, para obtener una visión mucho más realista y ajustada a la naturaleza observacional y biomecánica de nuestros artículos, decidimos realizar una evaluación del riesgo de sesgo adaptando los dominios de la herramienta RoB 2.0 de la Colaboración Cochrane.

En este análisis evaluamos cinco dominios clave: el sesgo de selección, el sesgo de medición, los datos incompletos, el sesgo de informe y otras posibles fuentes de sesgo. Cada uno de estos puntos fue clasificado bajo tres niveles: bajo riesgo de sesgo, algunas preocupaciones o alto riesgo de sesgo.

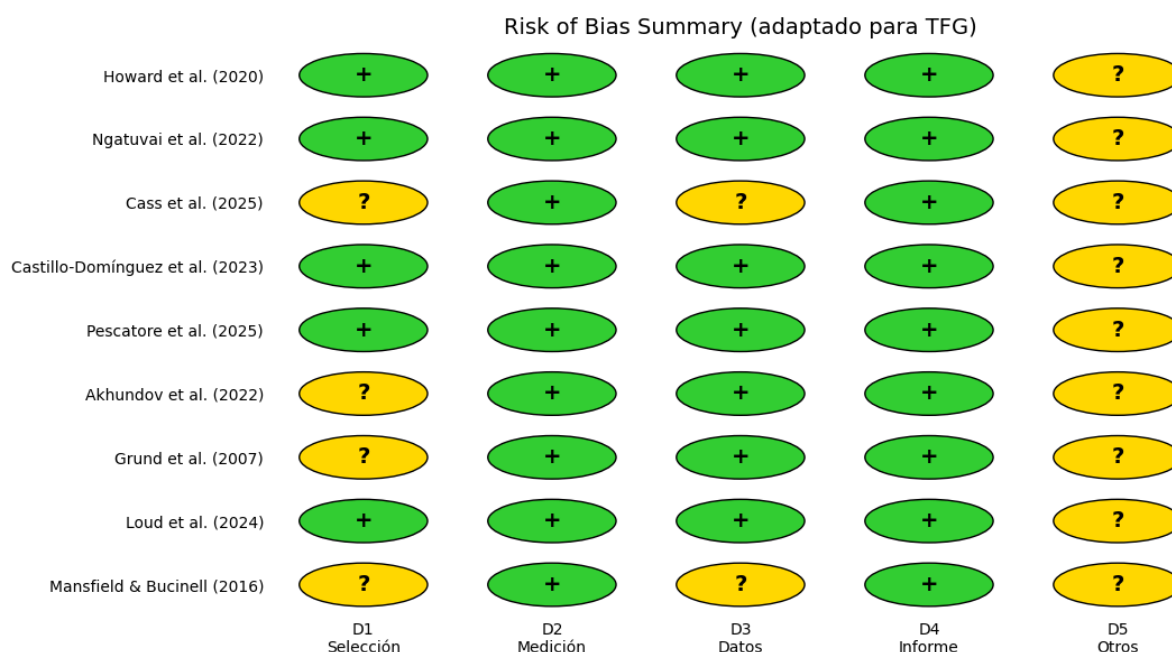
Tal y como refleja la Figura 3, los resultados de la evaluación muestran que la inmensa mayoría de los estudios presentan un riesgo de sesgo global bajo. Destacan por su fiabilidad los estudios epidemiológicos respaldados por grandes bases de datos y los análisis biomecánicos estandarizados en laboratorio. Es evidente que algunos trabajos presentan ciertas limitaciones metodológicas, como tamaños de muestra más reducidos en las pruebas físicas, diseños retrospectivos o la dificultad lógica para controlar todas las variables de confusión que ocurren en un entorno de juego real.

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

Sin embargo, consideramos que estas limitaciones son inherentes a la propia investigación deportiva y no comprometen la validez de los estudios. En definitiva, la calidad global de la evidencia recopilada es óptima y suficientemente robusta para dar respuesta a los objetivos planteados en este trabajo.

Figura 3

Evaluación del riesgo de sesgo en los artículos basado en la herramienta RoB 2.0



Nota. El color verde indica un bajo riesgo de sesgo, mientras que el color amarillo significa que presenta algunas preocupaciones en ese criterio.

La evaluación del riesgo de sesgo mostró que, en términos generales, los estudios incluidos presentaron una calidad metodológica adecuada. La mayoría de los trabajos analizados fueron clasificados con un riesgo de sesgo bajo, especialmente aquellos basados en registros epidemiológicos amplios o en diseños experimentales con procedimientos de medición objetivos, como los estudios de Howard et al. (2020), Ngatuvai et al. (2022), Castillo-Domínguez et al.

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

(2023), Pescatore et al. (2025) y Loud et al. (2024). Estos estudios destacaron por la utilización de metodologías bien definidas, herramientas de evaluación fiables y una adecuada presentación de los resultados.

No obstante, algunos trabajos fueron clasificados con “algunas preocupaciones” debido principalmente a limitaciones relacionadas con el diseño observacional, el tamaño muestral o la validez ecológica de los procedimientos empleados. Este fue el caso de Cass et al. (2025), Akhundov et al. (2022), Grund et al. (2007) y Mansfield y Bucinell (2016), cuyos resultados deben interpretarse con cierta cautela debido a la posible influencia de factores de confusión no controlados o a las limitaciones inherentes a los estudios realizados en entornos de laboratorio o mediante modelos biomecánicos.

Cabe destacar que ningún estudio fue clasificado con un riesgo de sesgo alto, lo que sugiere que la evidencia incluida en la presente revisión presenta una calidad metodológica global aceptable. Sin embargo, la heterogeneidad existente entre los diferentes diseños de investigación y las características específicas de cada estudio aconseja interpretar los resultados de forma conjunta y contextualizada. En consecuencia, aunque la evidencia disponible parece respaldar la existencia de una relación entre determinadas características del calzado, la superficie de juego y el riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior, siguen siendo necesarios estudios prospectivos y experimentales de mayor calidad metodológica que permitan establecer conclusiones más sólidas.

Considerando que la mayoría de los estudios incluidos presentaron un riesgo de sesgo bajo o algunas preocupaciones, los resultados obtenidos pueden considerarse suficientemente robustos para analizar la influencia de la interacción entre el calzado deportivo y la superficie de juego sobre el riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior.

4. DISCUSIÓN

4.1 Relación bota-superficie

El origen mecánico de la rotura del LCA sin contacto es el exceso de tracción. Estudios de simulación mecatrónica como los de Loud et al. y Mansfield & Bucinell demuestran que cuando la fuerza de tracción supera la capacidad de rotación del pie, la energía no se disipa; se transfiere como fuerza de cizallamiento directamente a la rodilla. Mansfield & Bucinell cuantificaron este umbral de estrés: cuando la torsión supera las 550 in-lbs y la bota no cede, el ligamento se parte. Para entender la magnitud de este problema, hay que mirar el trabajo de Grund et al., quienes demostraron que la industria llevaba años midiendo mal la tracción. Las máquinas antiguas solo aplicaban fuerza vertical, pero las lesiones de LCA ocurren en posturas de valgo dinámico y rotación interna. Al desarrollar el "Trak Tester" con un tobillo articulado, evidenciaron que el verdadero peligro no es que la bota se agarre al correr en línea recta, sino que se bloquee transversalmente justo cuando el jugador intenta pivotar o frenar en seco.

4.2 Influencia del tipo de taco

La industria deportiva prioriza el rendimiento comercial sobre la salud articular, vendiendo tracción extrema y "soporte". La literatura desmonta estas promesas. Primero, Akhundov et al. (2022) probaron mediante modelado neuromusculoesquelético que el "alto o bajo soporte" del chasis de la zapatilla es biomecánicamente irrelevante; no altera ni un ápice la fuerza destructiva que absorbe el LCA en el instante de impacto tras un salto. El verdadero culpable es la suela. Pescatore et al. (2025) analizaron a la élite de la EPL y confirmaron que los tacos "muy agresivos" (con formas asimétricas, de cuchilla o en *chevron*) elevan significativamente la probabilidad de lesión (Odds Ratio de 1.362). Por el

contrario, los tacos "medianamente agresivos" redujeron el riesgo. Sin embargo, en el deporte femenino, Cass et al. (2025) identificaron una trampa mortal: los tacos cónicos (redondos), tradicionalmente considerados seguros, resultaron tener más del doble de probabilidades de causar roturas de LCA que los laminados. La explicación biomecánica es que los tacos redondos penetran más profundamente en los sustratos artificiales, generando un anclaje rotacional letal. A esto se suma el daño crónico. Castillo-Domínguez et al. (2023) demostraron que una suela con exceso de tacos en el talón medial fuerza al pie hacia una supinación constante, prediciendo matemáticamente la aparición de lesiones por sobrecarga en el pie y en el tobillo, especialmente en jugadores que acumulan más de 18 años de experiencia deportiva y cuyo tejido conectivo ya está al límite.

4.3 Diferencias entre superficies

Existe una brecha enorme entre cómo se comportan las superficies en un laboratorio y cómo lo hacen en la realidad. Desde la física de materiales, el césped natural es indiscutiblemente más seguro. Loud et al. (2024) y Mansfield & Bucinell (2016) coinciden en que la tierra y las raíces actúan como un fusible mecánico: ceden y se rompen cuando la torsión es excesiva, liberando el pie y salvando la articulación. El césped artificial, compuesto por polímeros inflexibles, carece de este mecanismo de seguridad, lo que obliga a la rodilla a ser el punto de ruptura. Epidemiológicamente, Ngatuvai et al. (2022) lo confirman al reportar que la mayoría de las roturas de LCA (más del 60%) en secundaria ocurren sin contacto y con mayor proporción en césped artificial. La paradoja y la profundidad de este debate la aporta el macroestudio de Howard et al. (2020) sobre la NCAA. Descubrieron que entrenar en hierba natural multiplicaba casi por 9 el riesgo de rotura de LCA frente al césped artificial. Esto no invalida la física, sino que introduce la variable del mantenimiento: un campo natural de entrenamiento suele ser irregular, con calvas, baches y humedad variable. Esta heterogeneidad

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

provoca picos de tracción impredecibles que destrozan la rodilla, algo que no ocurre en los partidos oficiales donde el tapete natural está en condiciones óptimas y el riesgo se iguala al del césped artificial de última generación.

4.4 Diferencias entre sexos

La anatomía femenina (mayor ángulo Q, variaciones hormonales, dominancia de cuádriceps) sitúa a las jugadoras en una desventaja basal. Si a esto se le suma un calzado incorrecto, los resultados son catastróficos. Ngatuvai et al. (2022) demostraron que el fútbol femenino presenta un índice de proporción de lesiones (IPR) significativamente mayor (1.53) al jugar en césped artificial. Howard et al. (2020) corroboraron esta vulnerabilidad al mostrar que las mujeres tenían unas brutales 11.13 veces más probabilidades de romperse el cruzado entrenando en campos de césped natural mal mantenidos en comparación con el césped sintético. Cass et al. (2025) ponen la cifra definitiva sobre la mesa: el 75% de las mujeres que sufrieron una rotura del LCA llevaban botas de tacos convencionales en el momento de la lesión. Usar botas de tacos en lugar de zapatillas de *turf* (multitaco corto) multiplica por 2.57 las probabilidades matemáticas de acabar en el quirófano. Para las mujeres, no hay margen de error a la hora de elegir la suela.

4.5 Aplicaciones prácticas

Los hallazgos obtenidos en esta revisión sistemática permiten trasladar diversas recomendaciones prácticas al contexto real del fútbol, con el objetivo de reducir el riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior (LCA). Aunque la interacción entre el calzado y la superficie de juego constituye un factor extrínseco relevante, la evidencia científica actual indica que la prevención efectiva debe abordarse desde una perspectiva multifactorial que combine la optimización de estos factores con programas específicos de entrenamiento neuromuscular.

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

La declaración de posicionamiento de la National Athletic Trainers' Association (Padua et al., 2018) establece que los programas preventivos basados en ejercicios neuromusculares representan actualmente la estrategia más eficaz para disminuir la incidencia de lesiones del LCA. Estos programas deben incluir ejercicios de fortalecimiento muscular, control postural, equilibrio dinámico, técnica de aterrizaje, cambios de dirección y tareas pliométricas progresivas.

En esta línea, Attar et al. (2022), a través de una revisión sistemática de ensayos aleatorizados por conglomerados, concluyeron que los programas preventivos que incorporan ejercicios pliométricos reducen significativamente la incidencia de lesiones del LCA. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Sugimoto et al. (2014), quienes observaron que las intervenciones neuromusculares que combinan pliometría, fortalecimiento y entrenamiento técnico producen las mayores reducciones del riesgo lesional, especialmente en mujeres jóvenes deportistas.

Asimismo, Taylor et al. (2013) demostraron mediante un metaanálisis que los programas preventivos más eficaces son aquellos que integran múltiples componentes de entrenamiento, en lugar de centrarse únicamente en una capacidad física específica. Por tanto, desde un punto de vista práctico, entrenadores y preparadores físicos deberían incorporar protocolos preventivos estructurados dentro de la planificación semanal de entrenamiento, especialmente durante la pretemporada y los periodos de mayor carga competitiva.

Entre los programas preventivos disponibles, el protocolo FIFA 11+ destaca como una de las herramientas más respaldadas científicamente. La revisión narrativa desarrollada por Bizzini y Dvorak (2015) muestra que este programa reduce significativamente la incidencia de lesiones en diferentes grupos de futbolistas a nivel internacional. Del mismo modo, Magoshi et al. (2023) comprobaron que la aplicación continuada del FIFA 11+ durante tres temporadas consecutivas en

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

futbolistas universitarias produjo mejoras funcionales relevantes y una disminución del riesgo de lesión.

Sin embargo, la evidencia reciente indica que la eficacia de los programas preventivos no depende únicamente de su diseño, sino también de su correcta implementación. Kayaalp et al. (2025) identificaron la adherencia como el principal factor asociado al éxito de las intervenciones preventivas. Del mismo modo, Mainwaring et al. (2025) observaron que las deportistas que mostraban una mayor implicación y percepción positiva del programa obtenían mejores resultados preventivos. Estos hallazgos sugieren que la educación de los deportistas y la implicación activa del cuerpo técnico resultan fundamentales para garantizar el cumplimiento de los programas.

Por otra parte, Benjaminse y Verhagen (2021) destacan que la prevención del LCA no debe entenderse únicamente como la aplicación de un protocolo estandarizado. Los autores defienden la necesidad de adaptar las estrategias preventivas al contexto específico de cada equipo, categoría competitiva, superficie de juego y características individuales de los deportistas. Esta perspectiva resulta especialmente relevante a la luz de los resultados obtenidos en la presente revisión, donde se ha comprobado que la interacción entre el tipo de bota y la superficie puede modificar considerablemente el riesgo lesional.

En consecuencia, las aplicaciones prácticas derivadas de esta revisión sugieren que la prevención óptima del LCA en fútbol debe sustentarse sobre cuatro pilares fundamentales: la selección adecuada del calzado según la superficie de juego, el mantenimiento adecuado de los terrenos deportivos, la implementación sistemática de programas neuromusculares basados en la evidencia científica y la promoción de una elevada adherencia por parte de los jugadores. La combinación de estos elementos podría contribuir significativamente a reducir la incidencia de una de las lesiones más graves y limitantes dentro del fútbol moderno.

5. CONCLUSIONES

A partir de la evidencia científica analizada, puede concluirse que la lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol presenta un origen claramente multifactorial, en el que intervienen tanto factores intrínsecos relacionados con el deportista como factores extrínsecos asociados al entorno de práctica.

Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis principal de esta revisión, indicando que existe una relación entre el tipo de superficie de juego, las características del calzado deportivo y el riesgo de lesión del LCA. Sin embargo, la evidencia sugiere que el riesgo lesional depende principalmente de la interacción entre ambos factores y no únicamente de cada uno de ellos de forma aislada.

Respecto al calzado, las configuraciones de tacos capaces de generar elevados niveles de tracción rotacional parecen asociarse con un aumento de las cargas biomecánicas soportadas por la rodilla. Los estudios analizados muestran que determinados diseños de tacos pueden incrementar el riesgo de lesión, especialmente cuando son utilizados sobre superficies que limitan la capacidad natural de rotación del pie.

En cuanto a las superficies de juego, aunque los resultados epidemiológicos no son completamente homogéneos, la mayoría de los estudios biomecánicos coinciden en señalar que el césped natural posee una mayor capacidad para absorber y disipar las fuerzas de torsión que el césped artificial. No obstante, el estado de mantenimiento de la superficie parece desempeñar un papel determinante en el riesgo final de lesión.

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

Asimismo, la evidencia disponible confirma que las futbolistas presentan una mayor susceptibilidad a sufrir lesiones del LCA en comparación con los futbolistas masculinos, debido a la combinación de factores anatómicos, biomecánicos y neuromusculares.

En definitiva, la prevención de la lesión del ligamento cruzado anterior debe abordarse desde una perspectiva global que contemple la interacción entre el deportista, el calzado y la superficie de juego. La adecuada selección de las botas de fútbol, el correcto mantenimiento de los terrenos de juego y el desarrollo de programas de prevención neuromuscular constituyen herramientas fundamentales para reducir el riesgo lesional y mejorar la seguridad de la práctica deportiva.

6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La presente revisión sistemática presenta diversas limitaciones que deben tenerse en consideración al interpretar los resultados obtenidos. En primer lugar, el número de estudios finalmente incluidos fue relativamente reducido, lo que limita la capacidad para establecer conclusiones definitivas y generalizables a toda la población futbolística. En segundo lugar, existe una notable heterogeneidad metodológica entre los estudios analizados. Se incluyeron investigaciones epidemiológicas, biomecánicas, estudios de laboratorio y diseños observacionales que emplearon diferentes muestras, variables analizadas y procedimientos de evaluación. Esta diversidad dificulta la comparación directa de los resultados y la realización de síntesis cuantitativas más precisas. Otra limitación relevante radica en la imposibilidad de controlar variables potencialmente influyentes como el nivel competitivo, la edad, el sexo, el estado de mantenimiento de la superficie, las condiciones meteorológicas o las características individuales de los deportistas. Todos estos factores pueden modificar el riesgo de lesión y actuar como variables de confusión. Además, algunos estudios se desarrollaron en entornos experimentales o mediante simulaciones biomecánicas que, aunque permiten analizar con precisión determinados mecanismos de lesión, pueden no reproducir completamente las condiciones reales de competición.

Por último, la utilización de la escala PEDro para evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos puede haber infravalorado la calidad real de algunos trabajos observacionales y biomecánicos, ya que esta herramienta fue diseñada específicamente para ensayos clínicos aleatorizados. Por todo ello, resulta necesario continuar desarrollando investigaciones prospectivas y estudios biomecánicos de alta calidad que permitan comprender con mayor precisión la interacción entre superficie, calzado y riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior.

7. CONTRIBUCIÓN A LOS ODS

La presente investigación contribuye principalmente al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 3: Salud y Bienestar, promovido por la Organización de las Naciones Unidas. La identificación de factores de riesgo asociados a la lesión del LCA permite desarrollar estrategias preventivas destinadas a mejorar la salud y la seguridad de los deportistas, reduciendo la incidencia de lesiones graves y favoreciendo una práctica deportiva más segura y sostenible.

Asimismo, este trabajo contribuye al ODS 4: Educación de Calidad, ya que facilita la transferencia de conocimiento científico actualizado a entrenadores, preparadores físicos, fisioterapeutas y otros profesionales vinculados al ámbito deportivo. La difusión de evidencia científica rigurosa favorece la toma de decisiones fundamentadas y mejora la calidad de las intervenciones preventivas.

Por otra parte, los resultados obtenidos presentan una especial relevancia para el ODS 5: Igualdad de Género, dado que una parte importante de la evidencia analizada aborda la mayor vulnerabilidad de las mujeres futbolistas frente a la lesión del LCA. La generación de conocimiento específico sobre esta problemática puede contribuir al desarrollo de estrategias preventivas adaptadas a las necesidades de las deportistas y a la reducción de desigualdades en el ámbito deportivo.

En conjunto, la presente revisión aporta evidencia científica útil para promover entornos deportivos más seguros, saludables e inclusivos, alineándose con los principios establecidos por la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Howard M, Solaru S, Kang HP, et al. Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injury on Natural Grass Versus Artificial Turf in Soccer: 10-Year Data From the National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2020;8(7). <https://doi.org/10.1177/2325967120934434>
2. Kushner, J., Swickley, T., Bandi, R., Lian, J., Knecht, M., & Sacca, L. (2024). Examining the Prevalence of Anterior Cruciate Ligament Injuries on Artificial Turf Surfaces Compared to Natural Grass Surfaces in Athletes: A Scoping Review. *Cureus*, 16. <https://doi.org/10.7759/cureus.63770>.
3. Ngatuvai MS, Yang J, Kistamgari S, Collins CL, Smith GA. Epidemiological Comparison of ACL Injuries on Different Playing Surfaces in High School Football and Soccer. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2022;10(5). <https://doi.org/10.1177/23259671221092321>
4. Xiao M, Lemos JL, Hwang CE, Sherman SL, Safran MR, Abrams GD. Increased Risk of ACL Injury for Female but Not Male Soccer Players on Artificial Turf Versus Natural Grass: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2022;10(8). <https://doi.org/10.1177/23259671221114353>
5. Cass, Z., Williams, S., Slaminko, C., Sethi, K., Donahoe, A., & Sethi, P. (2025). Cleats May Be a Risk Factor for ACL Tears in Female Lacrosse and Soccer Players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 13. <https://doi.org/10.1177/23259671251365603>.

6. Castillo-Domínguez, A., Torrontegui-Duarte, M., Páez-Moguer, J., Gómez-del-Pino, Á., Cervera-Garvi, P., Mainer-Pardos, E., Lozano, D., & García-Romero, J. (2023). The Influence of Stud Characteristics of Football Boots Regarding Player Injuries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 720. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010720>
7. Pescatore, S., DeShazo, S., & Weiss, W. (2025). Effects of Soccer Cleat Stud Patterns Worn Versus Lower Extremity Injuries in the English Premier League. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 13. <https://doi.org/10.1177/23259671251353762>
8. Akhundov, R., Bryant, A., Sayer, T. A., Paterson, K., Saxby, D., & Nasser, A. (2022). Effects of Footwear on Anterior Cruciate Ligament Forces during Landing in Young Adult Females. *Life*, 12. <https://doi.org/10.3390/life12081119>
9. Grund, T., Senner, V., & Grube, K. (2007). Development of a test device for testing soccer boots under gamerelevant highrisk loading conditions. *Sports Engineering*, 10, 55-63. <https://doi.org/10.1007/bf02844202>
10. Cicchella, A., & He, J. (2024). A Systematic Review of Effects on ACL Injury of Soccer Shoe Outsoles, Soccer Playing Field Surfaces, and Outsole–Surface Interface. *Encyclopedia*, 4(2), 888-899. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4020057>
11. Loud D, Grimshaw P, Kelso R, Robertson WSP. Effect of Soccer Boot Outsole Configuration on Translational Traction Across Both Natural and Artificial Playing Surfaces. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2024;12(8). <https://doi.org/10.1177/23259671241259823>

12. Mansfield, M. M. & Bucinell, R. B. (2016). Effects of Playing Surface and Shoe Type on ACL Tears in Soccer Players. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(4), 1150-1157.
<https://doi.org/10.3844/ajeassp.2016.1150.1157>
13. Karolidis E, Denton A, Hahn M. Effect of football cleat stud shape, sex and fatigue state on plantar loading during lateral cutting. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2025;11:e002517.
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2025-002517>
14. Mancino, F., Kayani, B., Gabr, A., Fontalis, A., Plastow, R., & Haddad, F. S. (2024). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: risk factors and strategies for prevention. *Bone & Joint Open*, 5(2), 94-100.
<https://doi.org/10.1302/2633-1462.52.BJO-2023-0166>
15. Sümegi, T., Sonkodi, B., Havanecz, K., Berkes, I., & Kopper, B. (2025). Biomechanical Model of Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury Concerning Shin Angle and Field Surface Traction Parameters—With a Piezo2 Interpretation. *Sports*, 13(12), 414.
<https://doi.org/10.3390/sports13120414>
16. Orchard, J. Is There a Relationship Between Ground and Climatic Conditions and Injuries in Football?. *Sports Med* 32, 419–432 (2002).
<https://doi.org/10.2165/00007256-200232070-00002>
17. Nazario, M. P. S. E., Bergamim, J. S. S. P., Nasralla, M. L., Neto, E. N., Felipe, L. A., & Pletsch, A. H. M. (2019). Anterior Cruciate Ligament:

- Anatomy and Biomechanics. *Journal of Health Sciences*.
<https://doi.org/10.17921/2447-8938.2019v21n2p166-169>
18. Marieswaran, M., Jain, Ishita, Garg, Bhavuk, Sharma, Vijay, Kalyanasundaram, Dinesh, A Review on Biomechanics of Anterior Cruciate Ligament and Materials for Reconstruction, *Applied Bionics and Biomechanics*, 2018, 4657824, 14 pages, 2018.
<https://doi.org/10.1155/2018/4657824>
19. Bontempi, M., Sancisi, N., Marchiori, G., Conconi, M., Berni, M., Cassiolas, G., Giavaresi, G., Parrilli, A., & Lopomo, N. (2024). Understanding the Structure–Function Relationship through 3D Imaging and Biomechanical Analysis: A Novel Methodological Approach Applied to Anterior Cruciate Ligaments. *Biomimetics*, 9. <https://doi.org/10.3390/biomimetics9080477>
20. Dai, B., Mao, D., Garrett, W., & Yu, B. (2014). Anterior cruciate ligament injuries in soccer: Loading mechanisms, risk factors, and prevention programs. *Journal of Sport and Health Science*, 3, 299-306.
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.06.002>
21. Reyes, S. S., Gómez, J. I. S., Ponce, I. G., & Moraleda, B. R. (2023). Estudio descriptivo de las lesiones de ligamento cruzado en el fútbol femenino (Descriptive study of cruciate ligament injuries in female soccer). *Retos*. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.96622>
22. Padua, D., DiStefano, L. J., Hewett, T., Garrett, W., Marshall, S., Golden, G. M., Shultz, S., & Sigward, S. (2018). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury.. *Journal of athletic training*, 53 1, 5-19 .
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-99-16>

23. Attar, W. A. A., Bakhsh, J. M., Khaledi, E. H., Ghulam, H., & Sanders, R. H. (2022). Injury prevention programs that include plyometric exercises reduce the incidence of anterior cruciate ligament injury: a systematic review of cluster randomised trials.. *Journal of physiotherapy*. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2022.09.001>
24. Kayaalp, M. E., Çelik, H., Ostojić, M., Basa, C. D., Królikowska, A., Kaya, A., & Prill, R. (2025). Adherence as the key to anterior cruciate ligament injury prevention programme success: From efficacy to effectiveness.. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. <https://doi.org/10.1002/ksa.70256>
25. Mainwaring, E., Tooth, G., Gompels, B. D., Pantling, J., Machesney, A. O., Weeks, G., Kang, N., & McDonnell, S. (2025). Measuring Compliance and Perceptions of an Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injury Prevention Programme: Insights From Female University Athletes. <https://doi.org/10.7759/cureus.88368>
26. Dass, S. (2025). Prevention Methods to Reduce Anterior Cruciate Ligament Injuries. *The American Journal of Student Research*. <https://doi.org/10.70251/hyjr2348.322632>
27. Taylor, J., Waxman, J. P., Richter, S., & Shultz, S. (2013). Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49, 79 - 87. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092358>
28. Sugimoto, D., Myer, G., Foss, K. B. D., & Hewett, T. (2014). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

- anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49, 282 - 289. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093461>
29. Benjaminse, A., & Verhagen, E. (2021). Implementing ACL Injury Prevention in Daily Sports Practice—It's Not Just the Program: Let's Build Together, Involve the Context, and Improve the Content. *Sports Medicine (Auckland, N.z.)*, 51, 2461 - 2467. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01560-4>
30. Bizzini M, Dvorak JFIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—a narrative review*British Journal of Sports Medicine* 2015;49:577-579. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094765>
31. Magoshi H, Hoshiba T, Tohyama M, Hirose N, Fukubayashi T. Effect of the FIFA 11+ injury prevention program in collegiate female football players over three consecutive seasons. *Scand J Med Sci Sports*. 2023;33:1494-1508. <https://doi.org/10.1111/sms.14379>

9. ANEXOS

Figura 4

Capturas de pantalla de la escala de PEDro

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no ☐ si ☐ donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no ☐ si ☐ donde:
3. La asignación fue oculta	no ☐ si ☐ donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no ☐ si ☐ donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no ☐ si ☐ donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no ☐ si ☐ donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no ☐ si ☐ donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no ☐ si ☐ donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"	no ☐ si ☐ donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no ☐ si ☐ donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no ☐ si ☐ donde:

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible "ponderar" los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa ("generalizabilidad" o "aplicabilidad" del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la "validez" de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la "calidad" de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Última modificación el 21 de junio de 1999. Traducción al español el 30 de diciembre de 2012

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

Notas sobre la administración de la escala PEDro:

Todos los criterios	Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente. Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.
Criterio 1	Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.
Criterio 2	Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.
Criterio 3	<i>La asignación oculta</i> (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.
Criterio 4	Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.
Criterio 4, 7-11	<i>Los Resultados clave</i> son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.
Criterio 5-7	<i>Cegado</i> significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran "cegados" si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.
Criterio 8	Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente <i>tanto</i> el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos <i>como</i> el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.
Criterio 9	El análisis por <i>intención de tratar</i> significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados.
Criterio 10	Una comparación estadística <i>entre grupos</i> implica la comparación estadística de un grupo con otro. Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor "p", que describe la probabilidad de que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.
Criterio 11	Una <i>estimación puntual</i> es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. Las <i>medidas de la variabilidad</i> incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílico (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.

Relación del tipo de bota y la superficie con la lesión del LCA en fútbol

Nota. Son dos capturas de pantalla de un PDF proporcionado por la Universidad Europea de Canarias.