

Diferencias en fuerza-potencia entre extremidades inferiores en futbolistas masculinos y femeninos de un equipo de la ciudad de Cali.



Trabajo de grado

Presentado por:

**Andrés Bravo Lasso
Andrea Pérez Perea
Santiago Henao Fajardo
Valentina Marroquín Ramos**

Asesor:

**Julián Andrés Lasprilla Bueno
Fisioterapeuta, Magister en Fisioterapia**

**Facultad de Salud
Escuela de rehabilitación humana
Programa Académico de Fisioterapia
Santiago de Cali, 2024**

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido.....	2
Tabla de Tablas.....	4
1. RESUMEN.....	5
2. Introducción.....	6
3. Formulación del Problema.....	7
4. Justificación.....	10
5. Marco De Referencia.....	12
5.1 Marco Contextual.....	12
5.2 Antecedentes.....	13
5.3 Marco Teórico Conceptual.....	19
5.4 Marco Conceptual.....	20
5.5 Marco Legal.....	22
6. Objetivos.....	24
Objetivo general.....	24
Objetivo específico.....	24
7. Metodología.....	25
7.1 Diseño.....	25
7.2 Población y Muestra.....	25
7.3 Criterios de Inclusión.....	25
7.4 Criterios de Exclusión.....	26
7.5 Variables de Análisis.....	27
8. Fases del Estudio.....	29
8.1 Preparación Para el Estudio:.....	29
8.2 Diseño y Ajuste de Instrumentos:.....	29
8.3 Recolección de Datos:.....	30
8.4 Plan de Análisis de Datos.....	32
8.4.1 Definición de Variables.....	32
8.4.2 Diseño De La Hoja De Cálculo.....	33
8.4.3 Análisis Descriptivo.....	33
8.4.4 Tablas y Gráficos.....	34
8.4.5 Análisis Comparativo.....	34
8.4.6 Interpretación de Resultados.....	34
9. Aspectos Éticos.....	36
10. Resultados.....	38
11. Discusión.....	40
11.1 Limitaciones del Estudio.....	45
11.2 Recomendaciones.....	45
12. Conclusiones.....	46

13. Anexos.....	48
14. Bibliografía.....	49

Tabla de Tablas

Tabla 1. Variables.....	27
Tabla 2. Formato de registro para la recolección de datos.....	31
<i>Tabla 3. Medidas antropométricas por sexo.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 4. Frecuencia de dominancia por sexo.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5. Fuerza en potencia máxima (N).....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 6. Fuerza de potencia máxima en simetría o asimetría derecha o izquierda.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 7. Frecuencia de lateralidad de la asimetría: Se encuentra la distribución de deportistas que presentan simetría o asimetría del lado derecho en la fuerza potencia.....</i>	<i>40</i>

1. RESUMEN

El fútbol es una disciplina de alta exigencia física en la que predominan movimientos explosivos, aceleraciones, cambios de dirección y contacto constante, lo que incrementa el riesgo de lesiones músculo esqueléticas, especialmente en las extremidades inferiores. Una de las principales causas de estas lesiones es la presencia de asimetrías funcionales entre las extremidades inferiores, asociadas a diferencias en fuerza y potencia, que pueden comprometer el rendimiento deportivo y la salud física de los jugadores.

Este estudio descriptivo de tipo transversal tuvo como objetivo analizar las diferencias en fuerza-potencia entre las extremidades inferiores de futbolistas juveniles masculinos y femeninos de un club profesional de la ciudad de Cali. Para ello, se utilizaron datos secundarios obtenidos mediante la prueba de salto con contramovimiento (CMJ) en plataforma de fuerza, aplicados a una muestra de 28 futbolistas (14 hombres y 14 mujeres), con edades entre los 16 y 20 años.

Los resultados revelaron que los hombres presentaron valores absolutos más altos de fuerza en el pico de potencia, mientras que las mujeres mostraron mayor variabilidad en los niveles de asimetría funcional. Si bien la mayoría de los deportistas se ubicó dentro del umbral clínicamente aceptable de simetría ($<10\%$), las mujeres presentaron una tendencia marcada hacia la extremidad inferior dominante, lo cual puede implicar un patrón de sobrecarga unilateral.

Este estudio resalta la importancia de incorporar valoraciones funcionales objetivas y periódicas en contextos deportivos formativos, con el fin de identificar desbalances musculares y prevenir lesiones. Así mismo, proporciona evidencia útil para el diseño de programas de intervención fisioterapéutica enfocados en el fortalecimiento equilibrado y personalizado de los miembros inferiores.

2. Introducción

El fútbol es el deporte más popular entre los jóvenes a nivel mundial, caracterizado por su alta exigencia física y las habilidades técnicas que demanda de sus jugadores. Esta combinación incrementa el riesgo de lesiones, especialmente en los miembros inferiores.(1)

En esta disciplina, es común que los futbolistas desarrollen una extremidad inferior dominante, que utilizan principalmente para disparar, pasar y regatear, mientras que la otra cumple funciones de apoyo. Esta preferencia funcional puede generar desequilibrios musculares entre las extremidades inferiores. De hecho, se ha encontrado que entre el 39% y el 60% de los futbolistas presentan al menos un 15% de diferencia en la fuerza entre ambos miembros inferiores, lo cual se asocia con un mayor riesgo de lesiones.(1,2)

En el contexto del desarrollo deportivo, el deportista juvenil se define como aquel atleta en proceso formativo, generalmente entre los 14 y 21 años, que participa activamente en competencias organizadas según su grupo etario, y que se encuentra en transición hacia el alto rendimiento. Esta etapa es fundamental para la consolidación de habilidades físicas, técnicas y psicológicas que sustentan su proyección como atleta de élite.(3)

En los últimos años, la participación femenina en el fútbol ha aumentado significativamente, lo que resalta la importancia de considerar las diferencias biomecánicas y hormonales entre hombres y mujeres. Estos factores son esenciales para diseñar estrategias de prevención de lesiones y optimización del rendimiento físico. Además, las características físicas individuales no solo influyen en el desempeño competitivo, sino que también permiten predecir posibles riesgos de lesión. Una herramienta ampliamente utilizada para la evaluación de la fuerza y potencia muscular es el salto contramovimiento o Countermovement Jump (CMJ), el cual permite identificar asimetrías entre las extremidades.(4)

Este estudio transversal busca describir las diferencias de fuerza y potencia entre las extremidades inferiores dominante y no dominante de futbolistas juveniles femenino y masculino de un equipo de la ciudad de Cali, utilizando el CMJ en plataforma de fuerza.

3. Formulación del Problema

El fútbol es un deporte de alta exigencia física que involucra cambios de dirección rápidos, aceleraciones, desaceleraciones y contacto físico, lo que lo convierte en una disciplina con alto riesgo de lesiones. En el fútbol juvenil, la incidencia de lesiones varía entre 2,5 y 7,6 por cada 1000 horas de entrenamiento y entre 9 y 30 por cada 1000 horas de juego. Un estudio en ligas juveniles encontró que los jugadores pueden sufrir en promedio entre 1 y 1,5 lesiones por temporada, con un tiempo de recuperación que oscila entre 10 y 30 días, dependiendo de la gravedad del caso. (4)

Las lesiones en futbolistas juveniles afectan principalmente la extremidad inferior, representando más del 80% de los casos. Entre ellas, las más frecuentes son los esguinces de tobillo (25-30%) y las distensiones musculares (20-25%), siendo la musculatura del muslo y la pantorrilla las zonas más afectadas. Además, se ha identificado que la mayoría de las lesiones ocurren en el segundo tiempo de los partidos, lo que sugiere una relación con la fatiga acumulada y la disminución del control neuromuscular. (5)

Estudios han logrado evidenciar la asociación entre asimetrías en miembro inferior y lesiones deportivas, especialmente en lesiones de la musculatura aductora donde se observó que aquellos jugadores lesionados presentaron una asimetría en fuerza significativamente mayor a los no lesionados(5,6)

La teoría del control motor (Newell, Van Emmerik y McDonald) sugiere que la presencia de una asimetría representa una restricción potencial que limita las estrategias de movimiento de un atleta. Como resultado, los atletas pueden adoptar comportamientos motores que aumentan el riesgo de lesiones. Los posibles mecanismos de lesión pueden incluir la realización ineficiente o disfuncional de tareas por parte de los atletas, lo que provoca la acumulación de fatiga o microtraumatismos. Además, las limitaciones físicas pueden llevar al atleta a adoptar posturas durante la competición que comprometen la salud muscular o articular, aumentando así la probabilidad de lesión(7)

Al comparar la distribución de las lesiones según el sexo, se ha encontrado que en ambos grupos las lesiones más comunes afectan la rodilla, el tobillo y la pantorrilla, aunque con diferencias en su prevalencia. En futbolistas juveniles femeninas, las lesiones se presentan con mayor frecuencia en la rodilla (15,9%), el tobillo (15,2%) y la pantorrilla (11,2%), mientras que en los futbolistas masculinos predominan en el muslo (25,2%), la pantorrilla (11,2%) y el tobillo (9,5%). Esta variación en la incidencia se atribuye a diferencias biomecánicas, morfológicas y

hormonales entre ambos sexos, lo que influye en la ejecución de los movimientos deportivos y en la susceptibilidad a ciertas lesiones.(8) Particularmente en mujeres, se ha evidenciado que las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual influyen en variables como la laxitud ligamentosa, el control neuromuscular y la fuerza, aumentando la vulnerabilidad a ciertas lesiones durante fases específicas como la ovulación, cuando los niveles de estrógeno se elevan significativamente.(9) Comprender estas diferencias es clave para diseñar estrategias de prevención más eficaces y con enfoque diferencial.

El desarrollo muscular y la distribución de la fuerza en las extremidades inferiores desempeñan un papel clave en la prevención de lesiones. Se ha identificado que las asimetrías musculares y los déficits de fuerza pueden aumentar el riesgo de lesión, durante el proceso de rehabilitación, se recomienda que las asimetrías no sean mayores al 10% antes de que un atleta regrese a la competencia, con el fin de reducir el riesgo de recaídas.(8) La literatura ha evidenciado que tanto los déficits de fuerza como los desequilibrios entre grupos musculares y entre extremidades son factores que aumentan significativamente el riesgo de lesión en futbolistas. En particular, una baja fuerza en los isquiotibiales o asimetrías mayores al 15% en fuerza y potencia entre los miembros inferiores, son marcadores predictivos de lesiones musculares. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de monitorear no solo el nivel absoluto de fuerza, sino también su distribución bilateral(10)

La fuerza y la potencia muscular, constituyen cualidades físicas distintas que influyen directamente en el rendimiento y la prevención de lesiones. La fuerza representa la capacidad de producir tensión muscular frente a una resistencia, mientras que la potencia incorpora la velocidad con la que esa fuerza se aplica. En deportes explosivos como el fútbol, el desequilibrio en cualquiera de estas cualidades puede comprometer la estabilidad, la eficiencia del movimiento y aumentar la carga sobre ciertos grupos musculares. No obstante, cuando existe un desequilibrio en la expresión de fuerza y potencia entre las extremidades, se incrementa el riesgo de presentar asimetrías funcionales, que a su vez pueden alterar la mecánica de movimiento y generar sobrecarga en estructuras específicas.(11)

El salto con contramovimiento (CMJ) es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar la producción de fuerza y potencia en las extremidades inferiores. Mediante plataformas de fuerza, el CMJ permite analizar posibles asimetrías y detectar desequilibrios que podrían aumentar el riesgo de lesión. Se ha demostrado que las diferencias significativas en el rendimiento del CMJ pueden estar asociadas con una mayor predisposición a lesiones músculo esqueléticas en futbolistas.(12)

Para abordar esta problemática, se propone el análisis de una base de datos secundaria proveniente de un trabajo de grado de maestría en fisioterapia, en el cual se empleó el CMJ para evaluar las asimetrías en fuerza y potencia en futbolistas juveniles. Durante el último año, se han

registrado seis lesiones en jugadores clave del equipo juvenil de la ciudad de Cali, cinco de ellas en la extremidad inferior, lo que representa el doble de casos en comparación con el mismo período del año anterior. Ante este panorama, se hace necesario investigar los posibles factores que afectan el rendimiento deportivo de los jugadores, particularmente en lo relacionado con la fuerza y potencia de las extremidades inferiores.

A partir de esta problemática, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las diferencias en fuerza y potencia entre extremidades inferiores en futbolistas masculinos y femeninos de un equipo de la ciudad de Cali?

4. Justificación

El fútbol, como el deporte más practicado a nivel mundial que involucra a más de 270 millones de participantes, genera un impacto significativo no solo en el ámbito deportivo, sino también en lo económico y social. Sin embargo, la incidencia de lesiones en futbolistas, especialmente en las extremidades inferiores, plantea un desafío crítico para la optimización del rendimiento y la prevención de lesiones.

Esta investigación buscará avanzar en la comprensión de las diferencias en los valores de fuerza y potencia entre las extremidades inferiores dominante y no dominante en deportistas hombres y mujeres, teniendo en cuenta las asimetrías funcionales, factores directamente relacionados con el riesgo de lesión en futbolistas. Estudios previos han mostrado que las asimetrías superiores al 10% aumentan el riesgo de lesiones hasta cuatro veces, mientras que diferencias funcionales no tratadas afectan negativamente el rendimiento deportivo y la recuperación post lesión. Por tanto, la identificación de estas disparidades no sólo servirá para prevenir lesiones, sino también para aumentar las bases de datos existentes, optimizar el rendimiento y diseñar estrategias futuras en cuanto a intervenciones diferenciales en los deportistas.

El costo económico y social asociado a las lesiones en el fútbol profesional es alarmante, con estimaciones anuales que alcanzan los 30 mil millones de dólares solo en gastos médicos. En el caso del fútbol inglés, los equipos enfrentan pérdidas de hasta 70 millones de dólares por temporada debido a jugadores lesionados, de lo cual el fútbol profesional colombiano tampoco es ajeno. Más allá de las implicaciones económicas, el impacto en la salud física y emocional de los futbolistas también es considerable, afectando tanto a jugadores profesionales como amateurs. Este estudio tiene el potencial de influir positivamente en las dinámicas sociales y económicas al analizar algunos de los aspectos que predisponen a lesiones en los deportistas. (13)

La importancia de las categorías juveniles dentro de este contexto es clave no solo para la formación de futbolistas que puedan ascender al primer equipo, sino también para nutrir a las selecciones nacionales de futuras estrellas del fútbol colombiano. El proceso formativo que se lleva a cabo en este equipo contribuye al fortalecimiento del fútbol profesional colombiano, al tiempo que promueve la equidad de género al ofrecer oportunidades de formación tanto para hombres como para mujeres, lo que refleja el compromiso del club con el crecimiento del fútbol femenino. En este sentido, realizar una evaluación biomecánica de los jugadores desde las divisiones menores permite intervenir tempranamente factores de riesgo modificables, previniendo así futuras lesiones en etapas competitivas más exigentes.

Además, los resultados de esta investigación serán una herramienta valiosa para clínicos, fisioterapeutas, entrenadores y preparadores físicos. La medición de asimetrías en fuerza y potencia a través del test CMJ permitirá implementar planes de entrenamiento y rehabilitación personalizados, adaptados a las necesidades individuales de cada jugador. Esto facilitará no sólo la reducción del riesgo de lesiones, sino también la mejora del rendimiento deportivo, especialmente en el contexto de competencias de alto nivel.

Desde el rol de la fisioterapia, esta medición adquiere un valor fundamental, ya que permite identificar desbalances musculares y limitaciones funcionales que pueden desencadenar lesiones si no se abordan adecuadamente. El fisioterapeuta, como profesional capacitado en el análisis del movimiento humano, tiene un papel esencial no solo en la recuperación, sino también en la prevención, mediante evaluaciones objetivas, seguimiento longitudinal y prescripción de ejercicios específicos. Evaluar las asimetrías funcionales desde fisioterapia implica intervenir de manera proactiva, diseñando programas preventivos basados en evidencia, con el fin de mejorar la calidad de vida deportiva y prolongar la carrera de los futbolistas, favoreciendo tanto su salud como su proyección profesional.

Desde una perspectiva académica, esta investigación contribuye al campo de la biomecánica y la fisiología deportiva al profundizar en las diferencias en los valores de fuerza y potencia entre las extremidades inferiores, resaltando la extremidad dominante y no dominante. Los hallazgos pueden proporcionar nueva evidencia sobre cómo estas variables afectan el desempeño y el riesgo de lesión en deportistas, generando líneas de investigación futuras para explorar soluciones y tecnologías de evaluación más precisas.

Dada la alta incidencia de lesiones en extremidades inferiores y su impacto en múltiples niveles, esta investigación es pertinente y necesaria. Su potencial para influir tanto en la práctica deportiva como en el conocimiento teórico subraya su relevancia en el campo de la ciencia del deporte y la fisioterapia. Los resultados pueden marcar un punto de inflexión en el abordaje preventivo de lesiones; además, complementará el trabajo de maestría del cual se tomarán las bases de datos, mejorando y resaltando su importancia para el deporte y la práctica de este mismo.

5. Marco De Referencia

5.1 Marco Contextual

El estudio se llevará a cabo tomando una base de datos procedente de una fuente secundaria de un estudio de maestría en fisioterapia de la universidad del valle llamado “Relación entre las asimetrías funcionales bilaterales de miembro inferior y la incidencia de lesiones osteomusculares en futbolistas hombres y mujeres de la categoría sub-20 de un equipo profesional de fútbol en el periodo enero-agosto de 2025” el cual cuenta con deportistas profesionales tanto masculinos como femeninos, nacionales como extranjeros residentes en la ciudad de Cali, con edades que oscilan entre los 16 a 20 años de edad.

La presente investigación se desarrolla en el contexto de un equipo juvenil de fútbol, compuesto por atletas tanto masculinos como femeninos, que participa activamente en competiciones nacionales e internacionales. Este equipo, que hace parte de una estructura formativa con larga trayectoria, se caracteriza por su enfoque en el desarrollo integral de los jóvenes futbolistas, con un énfasis particular en la formación técnica, táctica y física, así como en la construcción de valores como la disciplina, el compromiso y el trabajo en equipo.

Las instalaciones del equipo, ubicadas en la ciudad de Cali, Colombia, sirven como el centro de acondicionamiento de los jugadores, donde se desarrollan diversas actividades deportivas, incluidas sesiones de preparación física y práctica en campo. Estos espacios están diseñados para ofrecer un entorno adecuado y competitivo que facilite el crecimiento de los futbolistas en un contexto de alta exigencia. A través de este modelo de formación, los atletas juveniles tienen la oportunidad de competir en ligas y torneos de alto nivel, como la Liga Águila Sub-20, consolidándose como uno de los clubes con mayor proyección en la formación de futbolistas jóvenes en el país(14).

Este equipo juvenil ha logrado una destacada trayectoria a lo largo de los años, obteniendo resultados significativos tanto en el ámbito nacional como internacional. A nivel de logros, el club ha sido campeón en diversas ediciones de torneos de formación, como la Copa Internacional La Esperanza, y ha formado jugadores que posteriormente han integrado las selecciones nacionales de Colombia, tanto en la categoría masculina como femenina (14). Su enfoque de desarrollo se complementa con una infraestructura moderna y un cuerpo técnico altamente capacitado que trabaja en conjunto para garantizar el máximo potencial de cada atleta.

El día 01/11/2024 se llevó a cabo una reunión con un integrante del cuerpo médico del equipo, el cual brindó la siguiente información: “Actualmente cuenta con 3 divisiones; academia donde participan niños nacidos entre 2007 y 2018, categorías de formación donde participan jóvenes pertenecientes a la categoría sub-20 y profesionales masculino y femenino quienes son los deportistas que se desenvuelven en la liga y torneos profesionales dentro y fuera del país. El equipo profesional masculino se encuentra conformado por 35 jugadores, quienes compiten todo el año teniendo dos periodos de descanso intersemestrales de entre 2 y 3 semanas.

En el cuerpo médico del equipo actualmente se encuentra conformado por 2 fisioterapeutas en cabeza de 1 médico deportólogo, 2 kinesiólogos y 2 readaptadores físicos. En el semestre 2024-II se comenzó con la implementación del proyecto de prevención de lesiones, basado en programas específicos de fortalecimiento unipodal los cuales ayuden a mejorar la fuerza y control neuromuscular, dicho programa se diseñó basado en datos de prevalencia de lesión en el club mas no de incidencia de lesión puesto que aún no se han clasificado los riesgos de lesión a las cuales se encuentran expuestos los jugadores.”

5.2 Antecedentes

Para la realización de este proyecto de investigación se realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos como Sciencedirect, PubMed, Scielo, y Cochrane, utilizando palabras claves en español y en inglés como “Fútbol”, “asimetrías fuerza potencia”, “CMJ”, “dominancia”, “hombres” y “mujeres” con el fin de revisar los antecedentes que comprende los temas a tratar.

El estudio de Loturco et al. (2019), publicado en *Biology of Sport*, tuvo como objetivo analizar la relación entre las asimetrías del salto vertical y el rendimiento en velocidad y potencia en futbolistas profesionales femeninas. Participaron 16 jugadoras de fútbol profesional que realizaron distintos tipos de saltos (SJ y CMJ, tanto unilaterales como bilaterales) sobre una placa de fuerza, pruebas de velocidad en 30 metros, cambio de dirección (zigzag) y potencia muscular mediante salto con sentadilla (JS). Las asimetrías se calcularon con base en las diferencias porcentuales entre extremidades inferiores dominantes y no dominantes. Se usó el coeficiente de correlación de Pearson para analizar los datos. Se encontró una fuerte relación entre el rendimiento en el salto bilateral y las pruebas de sprint y potencia muscular. Sin embargo, las asimetrías en los saltos unilaterales no mostraron asociaciones significativas con el rendimiento físico, lo que sugiere que, en este grupo de atletas, las asimetrías no influyen directamente en el desempeño.(15).

Fernández y cols, realizaron un estudio El objetivo del estudio fue determinar la relación entre los componentes de los perfiles fuerza-velocidad (FV) en salto y sprint, con la edad biológica (madurez) y cronológica en 89 jóvenes futbolistas de categorías U10 a U18. Los participantes realizaron saltos con contramovimiento (CMJ) y sprint de 20 metros. Se evaluaron componentes horizontales y verticales del perfil FV, y se analizaron sus asociaciones con la edad y la madurez utilizando correlaciones y regresión lineal múltiple. Los componentes del perfil FV mostraron correlaciones muy grandes con ambas variables de edad (cronológica y biológica). La combinación de potencia máxima (P máx) en sprint, fuerza máxima (F_0) en salto y experiencia de entrenamiento explicó hasta el 94 % de la variación en madurez y edad. También se observó que los rendimientos en sprint y CMJ se correlacionan de manera similar con los perfiles FV y con las edades estudiadas. Esto sugiere que conocer los determinantes mecánicos del rendimiento permite enfocar el entrenamiento en los aspectos más débiles del perfil FV a lo largo del desarrollo del joven deportista. (16).

Maestroni y cols, realizaron un estudio de cohorte. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en el rendimiento de fuerza y potencia en futbolistas profesionales tras la rehabilitación y el retorno al deporte (RTS) luego de una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA), comparando con datos previos a la lesión y con controles sanos. Se evaluaron 20 jugadores profesionales antes de sufrir una lesión de LCA mediante pruebas de fuerza isocinética y saltos con contramovimiento (CMJ y SLCMJ). Tras la cirugía y rehabilitación, se repitieron las pruebas antes del RTS. Además, se incluyó un grupo control sano evaluado en los mismos momentos para comparar. Los jugadores en RTS mostraron reducciones en fuerza y potencia en la extremidad afectada en comparación con sus propios valores previos a la lesión y con los controles sanos. Sin embargo, la extremidad no afectada no presentó diferencias significativas respecto a sus valores iniciales en el salto con una extremidad inferior (SLCMJ), incluyendo altura, potencia y fuerza reactiva. Esto evidencia déficits persistentes post-rehabilitación, especialmente en la extremidad intervenida, destacando la importancia de una evaluación completa antes del RTS.(17)

Guan y cols (2022) realizaron una revisión sistemática de estudios de cohortes prospectivos con el objetivo de analizar si las asimetrías entre extremidades en fuerza/potencia, equilibrio dinámico y flexibilidad muscular pueden predecir lesiones deportivas, utilizando estudios de cohortes prospectivos. Se revisaron 28 estudios extraídos de cuatro bases de datos. De estos, 14 evaluaron la relación entre asimetrías en fuerza y lesiones musculares, 3 en flexibilidad y lesiones, y 15 en equilibrio dinámico y lesiones. Se emplearon herramientas como el salto con contramovimiento (CMJ) y pruebas de fuerza isométrica/isocinética para medir las asimetrías. Los hallazgos mostraron la variabilidad en los métodos de evaluación, las características de los participantes, la definición de lesión y las formas de calcular la asimetría parecen influir. Aunque algunos estudios sugieren que una asimetría de $\geq 15\%$ en fuerza y equilibrio podría estar asociada

con mayor riesgo de lesión, otros no encontraron tal relación. Por lo tanto, en el estado actual de la evidencia, no es posible afirmar categóricamente que exista una relación directa entre la asimetría entre extremidades en el rendimiento funcional y el índice de lesión deportiva. Por ello, los autores recomiendan que investigaciones futuras se enfoquen en pruebas como el salto unilateral, que replican mejor las demandas reales del deporte.(18)

Rodríguez-Rosell en el año 2017 realizó un estudio con el objetivo de comparar la fiabilidad, validez y utilidad de pruebas de salto vertical tradicionales (CMJ y Abalakov - AJ) frente a pruebas específicas del deporte (saltos verticales con una o dos extremidades inferiores en carrera) como predictores del rendimiento en sprint y fuerza de miembros inferiores en futbolistas y basquetbolistas de distintas edades. Se evaluaron 186 deportistas (fútbol y baloncesto) en tres categorías (Sub-15, Sub-18 y adultos) mediante cuatro pruebas de salto vertical, sprint de 20 metros y una repetición máxima estimada en sentadilla. Se realizaron tres intentos por prueba y se analizaron correlaciones, confiabilidad y validez. Todas las pruebas de salto mostraron alta fiabilidad (coeficientes intraclass entre 0,969 y 0,995) y baja variabilidad. Sin embargo, la prueba de salto con una pierna (1-LEG) fue la menos confiable y mostró las asociaciones más bajas con el rendimiento de sprint y fuerza. En cambio, el CMJ y el AJ fueron las pruebas más consistentes y predictivas de la fuerza explosiva en jugadores jóvenes y adultos. Estos resultados respaldan el uso de CMJ y AJ como herramientas confiables para evaluar el rendimiento físico en deportes como el fútbol y el baloncesto. (19).

Donado y cols en el año 2021 realizaron un estudio analítico exploratorio con el objetivo de identificar la relación entre los resultados de las pruebas de saltabilidad (horizontal y vertical) y la incidencia de lesiones musculoesqueléticas en miembros inferiores en futbolistas profesionales de un club colombiano. Se analizaron los resultados de 30 futbolistas de la selección Colombia mediante pruebas de salto vertical (incluyendo CMJ con una y dos extremidades) y saltos horizontales. Se compararon los resultados entre jugadores lesionados y no lesionados al final de la temporada. Los saltos verticales no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($p > 0,05$), aunque se observó que en el CMJ bilateral los jugadores lesionados saltaron, en promedio, 1,12 cm más que los no lesionados. En cambio, las pruebas de saltabilidad horizontal sí mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$) en la asimetría absoluta y porcentual entre extremidades, lo que sugiere que este tipo de pruebas podría ser más sensible para detectar riesgos de lesión en futbolistas profesionales.(20).

Mendoza y cols, realizaron una revisión sistemática con el objetivo de identificar las lesiones más frecuentes en el fútbol, su localización, clasificación y principales factores de riesgo. Se incluyeron 28 estudios encontrados en bases de datos como la PMC de la US National Library of Medicine, utilizando términos clave relacionados con fútbol y lesiones. Se seleccionaron investigaciones que abordaban la frecuencia, localización, tipos de lesiones y factores de riesgo

en futbolistas, clasificando las lesiones según sistemas como el del Grupo de Prevención en el Deporte de la Sociedad Española de Medicina del Deporte y el de la UEFA Champions League. Las lesiones más comunes se localizaron en miembros inferiores, especialmente en muslo, tobillo, ingle, cadera, cuádriceps, isquiotibiales y ligamentos (interno, cruzado y externo). Entre los factores de riesgo destacados se encontraron alteraciones biomecánicas, composición corporal, historial de lesiones, déficits de flexibilidad, debilidad en músculos estabilizadores, desbalance entre cuádriceps e isquiotibiales, y altos volúmenes de carga y entrenamiento. Estos hallazgos subrayan la necesidad de programas preventivos enfocados en corregir estos factores.(21).

Luján y cols en 2018 realizaron un estudio de cohorte con el objetivo de determinar la asimetría bilateral en las manifestaciones de fuerza muscular en extremidades inferiores de jóvenes universitarios, comparar el índice de asimetría (IA) entre hombres y mujeres, y entre diferentes tipos de fuerza. Participaron 16 hombres y 14 mujeres (22.5 ± 2 años). Se midió la fuerza muscular máxima dinámica, isométrica y la potencia mediante sentadilla unilateral. El IA osciló entre $2.8 \pm 3.0 \%$ y $4.0 \pm 4.3 \%$, sin diferencias significativas entre tipos de fuerza ni entre géneros (hombres: $3.0 \pm 3.4 \%$ - $5.0 \pm 4.6 \%$, mujeres: $2.5 \pm 2.7 \%$ - $4.0 \pm 4.1 \%$). Se concluye que la asimetría bilateral está presente y es similar en ambos sexos.(22).

Alex Stella y colsen. (2022) realizaron un estudio observacional transversal para analizar la relación entre asimetrías musculares en extremidades inferiores y el riesgo de lesiones en futbolistas masculinos. Se evaluó a 23 jugadores mediante pruebas de salto y tensiomiografía (TMG). La edad, la flexibilidad, la fuerza isométrica de los aductores y la asimetría de fuerza fueron factores de riesgo significativos. Se identificaron asociaciones entre el rendimiento en salto y las asimetrías musculares, recomendándose estudios longitudinales para confirmar estos hallazgos. Se sugiere el uso de TMG y pruebas de salto para prevenir lesiones y la implementación de ejercicios específicos de fortalecimiento.(23)

Yianis M. (2023) realizó un estudio en futbolistas masculinos sub-16 para evaluar las asimetrías en las extremidades inferiores y su impacto en el rendimiento físico, considerando variables como aceleración, velocidad y agilidad. Los resultados mostraron que la extremidad inferior dominante suele tener un mejor desempeño en pruebas de salto unilateral, evidenciando diferencias en fuerza y potencia. Estos hallazgos resaltan la importancia de profundizar en el estudio de las asimetrías musculares para optimizar el entrenamiento y prevenir lesiones en jóvenes futbolistas.(24)

Javier R. y cols. (2021) investigaron las asimetrías en futbolistas femeninas sub-17 a través de pruebas de salto, cambio de dirección y rango de movimiento, evaluando su relación con el riesgo de lesión. Los resultados mostraron que la magnitud de las asimetrías varía según la

prueba utilizada y que un mayor riesgo de lesión se asocia con el salto con contramovimiento, la flexión de cadera con rodilla extendida y la flexión de tobillo con rodilla flexionada. Estos hallazgos resaltan la necesidad de diseñar una batería de pruebas de aptitud física para evaluar y reducir el riesgo de lesiones en esta población.(25)

Robles-Palazón y cols. 2022 realizaron una revisión sistemática y metaanálisis para analizar la epidemiología de lesiones en futbolistas juveniles masculinos y femeninos. Se analizaron 43 estudios con datos de incidencia de lesiones en jugadores menores de 19 años. Se utilizaron modelos de efectos aleatorios para estimar tasas de incidencia de lesiones en entrenamientos y partidos. La incidencia general de lesiones fue de 5.70 lesiones/1000 h en hombres y 6.77 lesiones/1000 h en mujeres. La tasa fue mayor en partidos (14.43 en hombres y 14.97 en mujeres) que en entrenamientos (2.77 en hombres y 2.62 en mujeres). Las lesiones más comunes fueron musculares/tendinosas en hombres y articulares/ligamentosas en mujeres. La incidencia de lesiones aumentó con la edad en hombres, mientras que en mujeres no hubo suficiente información para establecer patrones claros. (26)

Mauro Mandorino. y cols. (2023) examinaron la frecuencia y los factores de riesgo de lesiones en futbolistas adolescentes, destacando que la incidencia de lesiones es mayor en jugadores más experimentados y durante los partidos en comparación con los entrenamientos. Los jugadores masculinos son más propensos a sufrir distensiones musculares y esguinces de ligamentos, principalmente en tobillos y muslos, mientras que las jugadoras presentan más esguinces en las rodillas. La revisión también resalta que las diferencias en la anatomía, neuromusculatura y hormonas pueden influir en el riesgo de lesiones, y enfatiza la importancia de personalizar las estrategias de prevención adaptándolas a la edad, sexo y nivel de madurez de los jugadores para mejorar su seguridad y bienestar en el deporte.(27)

Górski M. y cols. (2021) investigaron las asimetrías bilaterales en fuerzas de impacto durante saltos desde alturas ajustadas en hombres y mujeres jóvenes físicamente activos. Mediante el análisis de fuerzas de reacción al suelo en drop jumps, encontraron que las mujeres presentaban una mayor asimetría entre extremidades inferiores en comparación con los hombres. Esta diferencia podría estar relacionada con un mayor riesgo de lesiones, especialmente a nivel de la rodilla, debido a un control neuromuscular menos eficiente. Los resultados destacan la necesidad de incorporar evaluaciones específicas de asimetría en programas de prevención de lesiones, considerando las particularidades biomecánicas según el sexo.(28)

Dos'Santos T. y cols. (2019) evaluaron las asimetrías en el rendimiento durante cambios de dirección mediante la aplicación del “Change of Direction Deficit” (CODD), una medida que aísla la capacidad específica de cambio de dirección del componente de velocidad lineal. El estudio analizó atletas a través de pruebas de 505 y carreras rectas para calcular dicha métrica y

detectar desequilibrios entre lados dominante y no dominante. Los resultados mostraron que el CODD permite identificar asimetrías funcionales que no se evidencian con simples mediciones de tiempo total. Además, se observó que estas asimetrías pueden tener implicaciones en el rendimiento deportivo y en el riesgo de lesión. Los hallazgos apoyan el uso del CODD como una herramienta válida y sensible para evaluar desequilibrios direccionales y diseñar intervenciones específicas en programas de preparación física.(29)

Con base en lo anteriormente expuesto, se puede concluir que la prueba CMJ (Countermovement Jump) es una herramienta válida, fiable y ampliamente utilizada para la medición y evaluación de la fuerza y potencia en miembros inferiores. Diversos autores la emplean como método comparativo en evaluaciones pre y post intervención, lo que respalda su efectividad y consistencia en diferentes contextos y poblaciones deportivas. La prueba CMJ permite medir con precisión el rendimiento físico de los atletas, proporcionando información clave sobre la capacidad de salto, explosividad y fuerza de los músculos extensores de las piernas.

Una de las ventajas más destacadas de la CMJ es su capacidad para identificar desequilibrios musculares entre las extremidades inferiores, como las diferencias en la altura del salto entre la extremidad dominante y la no dominante. Estos desbalances musculares representan un factor de riesgo significativo que debe ser analizado y abordado a profundidad, ya que pueden provocar un funcionamiento muscular asimétrico, generar cargas desiguales en articulaciones y tendones, y aumentar la probabilidad de sufrir lesiones, especialmente en deportes que demandan movimientos explosivos y repetitivos, como el fútbol.

La literatura revisada evidencia que las asimetrías en fuerza y potencia no solo afectan el rendimiento en acciones clave como el sprint y el salto, sino que también constituyen un factor predisponente para lesiones musculoesqueléticas en miembros inferiores, siendo necesario su monitoreo constante. Por ejemplo, déficits en la fuerza de músculos estabilizadores, como los de la cadera o el tobillo, pueden alterar la mecánica de la marcha y la ejecución deportiva, facilitando la aparición de esguinces, distensiones musculares o lesiones ligamentarias.

En este sentido, la prueba CMJ se posiciona como una herramienta fundamental para detectar estas asimetrías de manera objetiva y específica, facilitando que entrenadores, fisioterapeutas y profesionales del deporte diseñen intervenciones individualizadas que busquen corregir los desbalances musculares y optimizar el rendimiento, al tiempo que reducen el riesgo de lesión.

En conclusión, la CMJ no solo es efectiva para evaluar la fuerza y potencia de manera general, sino que también cumple un rol crucial en la prevención de lesiones al identificar desbalances musculares en las extremidades inferiores. Su simplicidad, confiabilidad y capacidad para ofrecer información relevante la convierten en una herramienta indispensable en la valoración y

el seguimiento de futbolistas, tanto masculinos como femeninos, contribuyendo así al mejoramiento de su rendimiento y salud deportiva a largo plazo.

5.3 Marco Teórico Conceptual

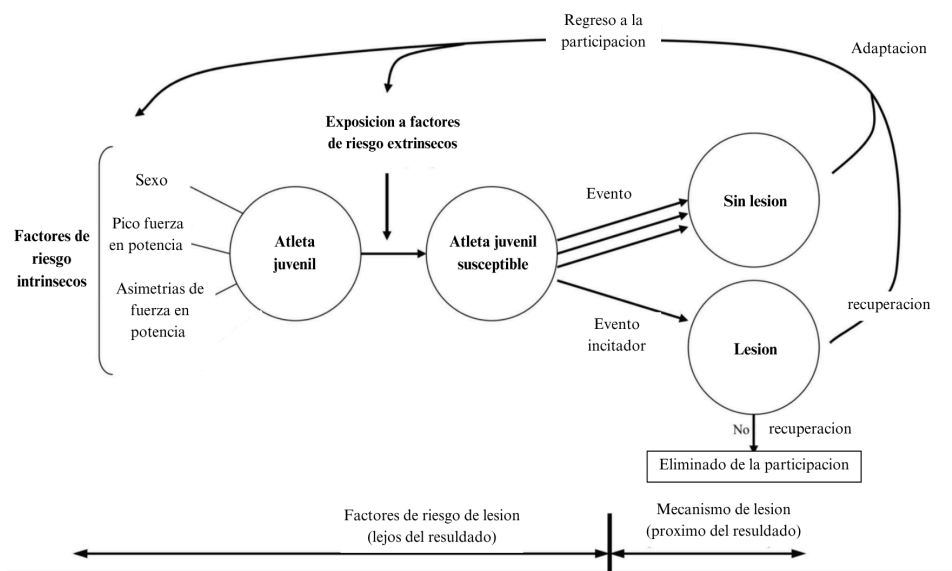
El Modelo de Meeuwisse.

También conocido como el Modelo dinámico multifactorial del riesgo de lesión, este plantea que el riesgo de lesiones osteomusculares no es un fenómeno estático ni lineal, sino el resultado de una interacción continua entre múltiples factores internos (como las características individuales, el estado físico y los patrones biomecánicos) y factores externos (como la intensidad, tipo de actividad y las condiciones ambientales). Estos factores varían con el tiempo debido a procesos como la adaptación fisiológica, la fatiga acumulada o los cambios en la carga de entrenamiento, lo que hace que el riesgo de lesión esté en constante cambio. Además, el modelo incorpora un ciclo de retroalimentación, donde las lesiones previas o las adaptaciones funcionales alteran el estado del individuo y, por tanto, su susceptibilidad a nuevas lesiones, lo que exige intervenciones dinámicas y personalizadas para el manejo del riesgo. (30)

En este contexto, el modelo de Meeuwisse se aplica directamente a la comprensión del impacto de las asimetrías en fuerza y potencia en miembros inferiores en futbolistas. Estas asimetrías constituyen un factor interno dinámico que puede aumentar significativamente el riesgo de lesiones osteomusculares, especialmente en deportes que demandan acciones explosivas, cambios de dirección o contacto físico. Diferencias marcadas en la capacidad de generar fuerza o potencia entre ambas extremidades pueden provocar desequilibrios biomecánicos y patrones de movimiento compensatorios, que con el tiempo generan sobrecargas en tejidos específicos. A su vez, factores externos como la carga del entrenamiento, la superficie de juego o el nivel competitivo interactúan con estas asimetrías, amplificando el riesgo. Desde esta perspectiva, el modelo destaca la importancia de realizar evaluaciones periódicas de fuerza y potencia bilateral, implementar programas de entrenamiento correctivo que busquen reducir estas diferencias, y ajustar progresivamente la carga de trabajo según las respuestas individuales, con el fin de minimizar la incidencia de lesiones y optimizar el rendimiento deport(30)

Figura 1.

Modelo de Meeuwisse adaptado para este estudio(30)



5.4 Marco Conceptual

Pico Fuerza Potencia:

Se refiere a la cantidad máxima de fuerza generada por un músculo o grupo muscular en el momento exacto en que se alcanza la mayor producción de potencia durante un movimiento. Este valor, medido en Newtons (N), es clave para evaluar la capacidad explosiva de un atleta, ya que combina fuerza y velocidad en un instante crítico de la actividad física. Por ejemplo, en un salto vertical, representa la fuerza aplicada contra el suelo justo antes de despegar, cuando el cuerpo está produciendo la mayor potencia mecánica. Este parámetro es fundamental en deportes que requieren ráfagas de energía intensa, como el sprint, el levantamiento de pesas o los cambios de dirección en deportes de equipo. Un valor alto indica una mayor capacidad para generar fuerza rápidamente, lo que se traduce en mejor rendimiento. Este concepto está estrechamente relacionado con el ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC), un mecanismo natural de la función muscular donde primero se produce un estiramiento excéntrico (frenado y almacenamiento de energía elástica) seguido inmediatamente por una contracción concéntrica (liberación de energía). En acciones como saltos o sprints, el SSC permite generar hasta un 20-30% más de fuerza en la fase concéntrica final comparado con una contracción aislada, lo que explica por qué el pico de potencia en movimientos pliométricos suele ser mayor.

Asimetría de pico fuerza potencia:

Mide el desequilibrio porcentual en la fuerza entre los lados izquierdo y derecho del cuerpo en ese mismo momento de máxima potencia. Esta asimetría revela diferencias en la contribución de cada extremidad durante movimientos bilaterales o unilaterales. Por ejemplo, si un atleta muestra un 8% de asimetría a favor del miembro inferior derecho, significa que esa extremidad está generando un 8% más de fuerza que la izquierda en el pico de potencia. Cuando la diferencia entre ambos lados está entre un 10-15 % puede haber un riesgo de lesión de la persona o disminución del desempeño deportivo (31).

Una asimetría muscular ocurre cuando la función entre los músculos correspondientes en los lados opuestos del cuerpo es superior a un 20%. Estas desigualdades pueden ser el resultado de una variedad de factores, incluyendo lesiones, patrones de movimiento desequilibrados, postura incorrecta, o una distribución desigual de la carga durante las actividades físicas.

Cuando el gesto deportivo se realiza de manera repetida, pueden generarse diversas asimetrías y alteraciones funcionales, tales como:

- Preferencia funcional por una extremidad inferior dominante, común en tareas como patear o realizar cambios de dirección, lo que genera un uso desigual entre extremidades.
- Estímulos de entrenamiento no equilibrados, como sobrecarga de un lado en ejercicios de fuerza o técnica individual.
- Fatiga muscular acumulada, que puede provocar un mayor uso compensatorio de un miembro inferior.
- Asimetrías estructurales o morfológicas propias del desarrollo del jugador, como diferencias en masa muscular o longitud de miembros inferiores.
- Exposición repetitiva a acciones unilaterales, como tiros libres, saques de banda o despejes, que tienden a reforzar un patrón asimétrico.
- Reincidencia en lesiones musculares o articulares (como esguinces de tobillo o desgarros de isquiotibiales) que no fueron completamente rehabilitadas.

Salto con contramovimiento CMJ

Para evaluar un entrenamiento específico o una intervención en estos deportes, el salto con contramovimiento (CMJ) es una prueba común. Un CMJ estandarizado utiliza una acción muscular combinada excéntrica/concéntrica definida como un ciclo de estiramiento-acortamiento. Un CMJ comienza con el sujeto de pie en posición vertical. Un

movimiento rápido hacia abajo hasta una flexión de rodilla de aproximadamente 90° seguido inmediatamente por un movimiento vertical rápido hacia arriba lo más alto posible, todo en una secuencia. Estudios anteriores han demostrado que un CMJ es una prueba confiable para evaluar la fuerza explosiva en los músculos extensores de las extremidades inferiores en atletas. El CMJ a menudo se realiza utilizando una alfombra de contacto que mide el tiempo de vuelo y calcula la altura del salto(32).

Este test se puede emplear para medir distintas variables como lo son el grado de fatiga en deportistas, la potencia de salto, incluyendo también el perfil de fuerza-velocidad y los niveles de fuerza, la altura del salto (en centímetros) y los desequilibrios musculares. Este test además de servir como evaluador en dichos desequilibrios musculares, también se puede utilizar como herramienta de control, para evaluar el progreso en la corrección de los mismos y esto es útil puesto que las asimetrías de fuerza son un aspecto importante a tomar en cuenta puesto que son factores de alto riesgo de lesiones y pueden afectar el rendimiento del deportista(33)

5.5 Marco Legal

Ley 528 de 1999 16: “Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de fisioterapia, se dictan normas en materia de ética profesional y otras disposiciones, en su artículo 3 menciona como funciones de los fisioterapeutas: En el literal a: Diseño, ejecución y dirección de investigación científica, disciplinar o interdisciplinar, destinada a la renovación o construcción de conocimiento que contribuya a la comprensión de su objeto de estudio y al desarrollo de su quehacer profesional, desde la perspectiva de las ciencias naturales y sociales; y en el literal b: Diseño, ejecución, dirección y control de programas de intervención fisioterapéutica para: la promoción de la salud y el bienestar cinético, la prevención de las deficiencias, limitaciones funcionales, discapacidades y cambios en la condición física en individuos y comunidades en riesgo”(34)

Ley 1164 de 2007: Por la cual “se dictan disposiciones en materia de talento humano en salud en su artículo 34 Del contexto ético de la prestación de los servicios. Los principios, valores, derechos y deberes que fundamentan las profesiones y ocupaciones en salud, se enmarcan en el contexto del cuidado respetuoso de la vida y la dignidad de cada ser humano, y en la promoción de su desarrollo existencial, procurando su integridad física, genética, funcional, 18 psicológica, social, cultural y espiritual sin distinciones de edad, credo, sexo, raza, nacionalidad, lengua, cultura, condición socioeconómica e ideología política, y de un medio ambiente sano”.(35)

Ley 181 DE 1995: “La cual tiene por objetivo el patrocinio, el fomento, la masificación, la divulgación, la planificación, la coordinación, la ejecución y el asesoramiento de la práctica del

deporte, la recreación y el aprovechamiento del tiempo libre y la promoción de la educación extraescolar de la niñez y la juventud en todos los niveles y estamentos sociales del país, en desarrollo del derecho de todas las personas a ejercitar el libre acceso a una formación física y espiritual adecuadas”(36)

6. Objetivos

Objetivo general

Describir las diferencias en la fuerza y potencia de las extremidades inferiores entre futbolistas juveniles masculinos y femeninos de la ciudad de Cali.

Objetivo específico

1. Caracterizar la población en términos sociodemográficos, antropométricos, y características deportivas, diferenciando por sexo.
2. Identificar la fuerza-potencia en miembros inferiores de futbolistas masculinos y femeninos.
3. Identificar las asimetrías en fuerza-potencia entre la extremidad dominante y no dominante en los miembros inferiores diferenciando por sexo.

7. Metodología

7.1 Diseño

Se realizó un estudio descriptivo transversal a partir de una fuente de datos secundaria, en la cual se busca caracterizar las asimetrías de fuerza-potencia tomadas por un investigador en el periodo académico 2025-1

7.2 Población y Muestra

La base de datos de fuentes secundarias proviene del trabajo de grado de maestría en Fisioterapia realizado en la Universidad del Valle “Relación entre las asimetrías funcionales bilaterales de miembro inferior y la incidencia de lesiones osteomusculares en futbolistas hombres y mujeres de la categoría sub-20 de un equipo profesional de fútbol en el periodo enero-agosto de 2025”. Esta base incluye información sobre una población reclutada para un estudio de maestría, conformada por 14 futbolistas juveniles masculinos y 14 mujeres de alto rendimiento, pertenecientes a un club de fútbol profesional de la ciudad de Cali, seleccionados a partir de los siguientes criterios.

7.3 Criterios de Inclusión

La información será tomada de una fuente secundaria perteneciente a un equipo de fútbol perteneciente a la categoría sub 20. A pesar de que los datos utilizados no fueron tomados por los investigadores de este trabajo, se acordó con el evaluador que los datos recolectados hayan cumplido con los siguientes criterios.

- No presentar lesión o molestia al momento de la evaluación.
- Participar de forma regular en entrenamientos y competencias oficiales.
- Participar de forma voluntaria y acceder a la firma del consentimiento informado o asentimiento.

7.4 Criterios de Exclusión

Serán excluidos los datos de los deportistas que presentan las siguientes condiciones:

- Participantes con datos incompletos con respecto a las variables de estudio

7.5 Variables de Análisis

Tabla 1. Variables

OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA O VALORES
Caracterizar sociodemográfica y antropométricamente la población	Peso	Forma de medir la fuerza gravitatoria universal ejercida sobre la masa del cuerpo de una persona(37).	Razón-continua	Kilogramos
	Talla	Estatura de un individuo, medida desde los pies hasta la coronilla(38).	Razón-continua	Centímetros
	Edad	Tiempo de vida de la persona definido en años	Razón-discreta	Años
	Sexo	Clasificación del deportista según las características biológicas que definen a los seres humanos como hombres o mujeres	Cualitativa	Masculino o Femenino
	Dominancia de miembro inferior	Clasificación del deportista acuerdo a su dominancia o lateralidad de miembro inferior	Nominal	Izquierdo/Zurdo Derecho/Diestro
Identificar la fuerza-potencia en miembros inferiores en	Pico de fuerza-potencia	Fuerza en el momento de máxima potencia	Cuantitativa	Newtons

atletas masculinos y femenino				
Identificar las asimetrías en fuerza-potencia entre la extremidad dominante y no dominante en los miembros inferiores de hombres y mujeres	Asimetría Fuerza-potencia	Diferencia en fuerza-potencia entre una extremidad y otra.	Cuantitativa de tipo razón	10% de asimetría (comparativo izq-der)(39).

8. Fases del Estudio

8.1 Preparación Para el Estudio:

En esta etapa se elaboró el anteproyecto, fundamentado en una revisión detallada de la literatura disponible en bases de datos, sobre los desbalances musculares en fútbol, así como la descripción y fiabilidad de prueba CMJ para identificar asimetrías existentes, con el propósito de construir el marco conceptual y teórico y contextualizar los antecedentes del tema de investigación. Se realizaron reuniones y asesorías con un docente especializado en el área deportiva de la Universidad del Valle y un estudiante de maestría en el mismo campo, para definir las variables, el enfoque del estudio y los instrumentos que se emplearán en este trabajo de grado. Una vez finalizado, el anteproyecto fue sometido al comité de ética de la Facultad de Salud de la Universidad del Valle obteniendo su aprobación.

8.2 Diseño y Ajuste de Instrumentos:

Para el desarrollo del presente estudio se diseñó un formato de recolección de datos (FRD) (Anexo 1) en hoja de cálculo digital, en el cual se organizaron las variables sociodemográficas, antropométricas y funcionales extraídas de la base de datos primaria. Este formato permitió el registro sistemático y estructurado de los datos, garantizando la integridad, coherencia y facilidad de análisis posterior.

Se definieron los procedimientos operativos estandarizados (POE) para el tratamiento de los datos, incluyendo los pasos para su organización, anonimización y codificación, con el fin de reducir riesgos éticos y metodológicos relacionados con el uso de información secundaria. Estos procedimientos fueron elaborados en articulación con el equipo asesor del proyecto.

Como parte del ajuste de los instrumentos, se llevó a cabo una prueba piloto utilizando un subconjunto reducido de datos anonimizados. Esta prueba permitió identificar inconsistencias en la estructura del FRD, las cuales fueron corregidas para garantizar la correcta interpretación de las variables y su posterior análisis estadístico. Además, se verificó la compatibilidad de la base de datos con el software Jamovi (versión 2.6.26), utilizado para el análisis estadístico del estudio.

La plataforma tecnológica utilizada para la recolección inicial de datos fue Vald Performance, la cual proporciona valores objetivos de fuerza y potencia a través del test de salto con contramovimiento (CMJ). Los parámetros extraídos de esta plataforma fueron revisados y ajustados en el FRD conforme a las necesidades del estudio, asegurando su correcta codificación y unidad de medida (newtons y porcentaje de asimetría).

8.3 Recolección de Datos:

La recolección de datos se realizó a partir de una base secundaria, una vez se obtuvo el aval del Comité de Ética en Investigación en Salud (CEIS) de la Universidad del Valle. La información, correspondiente a una muestra de 28 futbolistas juveniles (14 hombres y 14 mujeres) pertenecientes a la categoría sub-20 de un club profesional de la ciudad de Cali, fue transcrita a una hoja de cálculo en Microsoft Excel, garantizando la confidencialidad y el anonimato durante todo el proceso. Estos deportistas, con edades entre los 16 y 20 años, participaron previamente en un estudio de maestría “Relación entre las asimetrías funcionales bilaterales de miembro inferior y la incidencia de lesiones osteomusculares en futbolistas hombres y mujeres de la categoría sub-20 de un equipo profesional de fútbol en el periodo enero-agosto de 2025” Posteriormente, los datos fueron organizados y depurados conforme a los criterios de inclusión definidos para el presente análisis.

Valores obtenidos a partir de la plataforma Vald performance

Asimetría en fuerza y potencia: Se medirán las diferencias en la producción de fuerza y potencia entre la extremidad dominante y la no dominante, calculadas a partir de pruebas de salto con contramovimiento (CMJ)

- Pico de fuerza potencia (N): "Fuerza en el momento de máxima potencia (N)" La unidad “N” representa newtons, la unidad de medida de la fuerza en el Sistema Internacional
- simetría fuerza-potencia: "Asimetría en la fuerza en el pico de potencia" Esta expresión hace referencia a la diferencia entre las extremidades (por ejemplo, pierna derecha vs. pierna izquierda) en el momento en que se alcanza la máxima potencia.

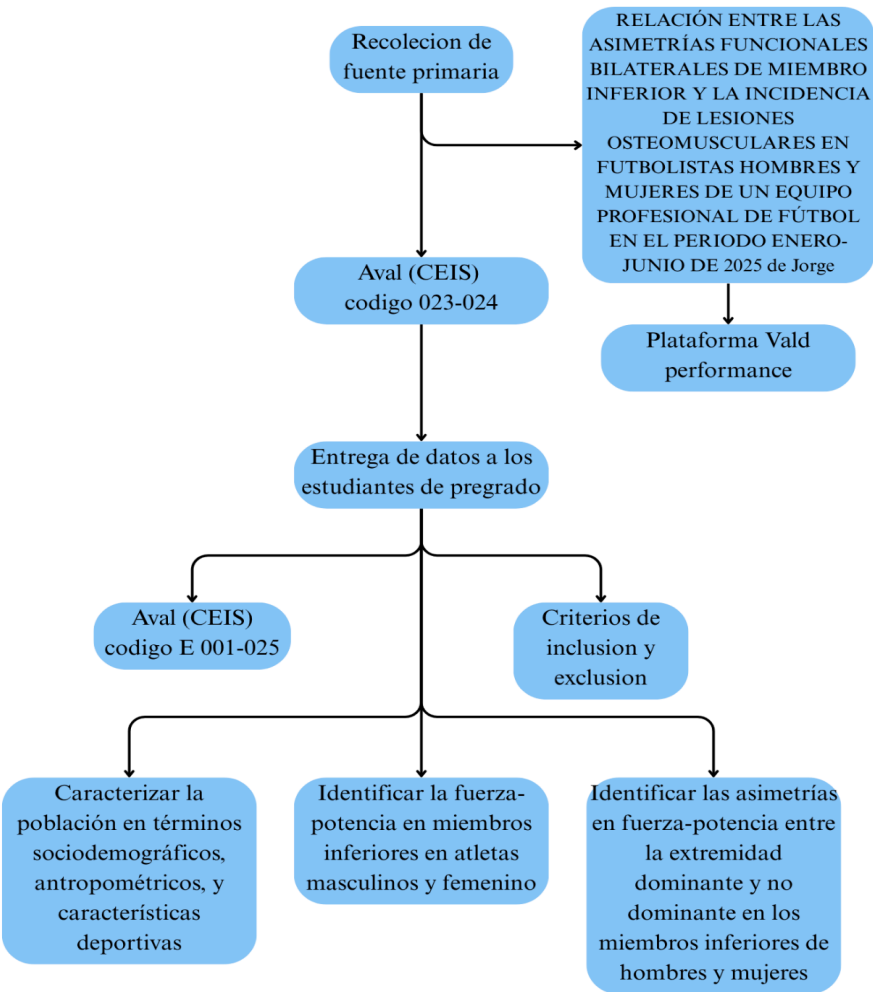
Valores sociodemográficos, antropométricos y funcionales obtenidos:

- Sociodemográficas: Edad, sexo
- Antropométricos: Talla, peso
- Funcionales: Dominancia de miembro inferior

Tabla 2. Formato de registro para la recolección de datos

Código	Sexo	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (cm)	Dominancia	Pico de fuerza a potencia (N):	simetría fuerza-potencia I %	simetría fuerza-potencia D %	Categorización (Simétrico Asimétrico)

Figura 2: Recolección de datos



La recolección de datos se realizó a partir de una fuente primaria, que recolectó sus datos utilizando la plataforma Vald Performance, tras obtener el aval del Comité de Ética en Investigación en Salud con el código 023-024. Posteriormente, los datos fueron entregados a estudiantes de pregrado para su análisis académico, contando también con un segundo aval ético (código E 001-025). A partir de esta entrega, el proceso se dividió en tres líneas de análisis: la caracterización de la población en términos sociodemográficos, antropométricos y características deportivas; la identificación de la fuerza-potencia en miembros inferiores en atletas masculinos y femeninos; y la evaluación de las asimetrías en fuerza-potencia entre la extremidad dominante y no dominante en los miembros inferiores de hombres y mujeres. Todo este análisis se realizó considerando previamente los criterios de inclusión y exclusión establecidos por el equipo investigador.

8.4 Plan de Análisis de Datos

Los datos registrados en la hoja de Excel con las variables del estudio. Se revisó y corroboró que los datos estén en su totalidad y se detectarán valores atípicos los cuales deben ser tomados en cuenta en el análisis.

8.4.1 Definición de Variables

Variables sociodemográficas

Sexo: Clasificación biológica de los individuos como masculino o femenino.

Edad: Tiempo transcurrido desde el nacimiento del individuo, generalmente expresado en años. Es importante en fisioterapia porque influye en el desarrollo muscular, capacidad funcional y riesgo de lesión.

Variables antropométricas

Talla: Estatura o altura corporal del individuo, medida en centímetros o metros. Se utiliza para estimar proporciones corporales y necesidades biomecánicas.

Peso: Masa corporal total del individuo, generalmente medida en kilogramos (kg). Sirve para calcular indicadores como el IMC y relacionarlo con fuerza, potencia o carga articular.

Variables funcionales

Dominancia de miembro inferior: Se refiere a cuál extremidad inferior (izquierda o derecha) es preferida o tiene mayor capacidad funcional en tareas como patear, impulsarse o estabilizarse. Es

importante para evaluar desequilibrios musculares o planear intervenciones específicas.

Variables de rendimiento (medidas de fuerza y potencia)

Pico de fuerza potencia (N): Es la fuerza producida (Newtons) en el momento exacto en que el cuerpo alcanza la máxima potencia durante un movimiento, como un salto o una pedalada intensa. Refleja la capacidad explosiva del individuo (40).

Asimetría de pico fuerza potencia: Representa la diferencia porcentual de fuerza entre un miembro inferior y otro en el momento de máxima potencia. Una alta asimetría puede indicar riesgo de lesión, fatiga neuromuscular o desequilibrio funcional (41).

8.4.2 Diseño De La Hoja De Cálculo

Organización de los datos:

- Cada variable en una columna independiente.
- Asignación de formato adecuado a cada tipo de variable (numérico para variables cuantitativas y texto para variables cualitativas).

8.4.3 Análisis Descriptivo

Estadísticas descriptivas

- Medidas de tendencia central (mediana, porcentaje del total) para variables cuantitativas. (Edad, peso, talla, pico de fuerza-potencia, asimetría fuerza potencia)
- Medidas de dispersión (valor mínimo, valor máximo, rango intercuartil) para variables cuantitativas.
- Frecuencias y porcentajes para variables cualitativas. (Sexo, lateralidad)

Los datos serán organizados por medio del software Microsoft Office Excel y se realizará el análisis utilizando el software Jamovi versión 2.6.26

Para el análisis de los datos cualitativos se empleó un enfoque descriptivo, mediante la categorización y frecuencia de las respuestas obtenidas. En cuanto a los datos cuantitativos, se realizó un análisis descriptivo utilizando medidas de tendencia central y de dispersión. Dado que los valores no fueron homogéneos, se utilizó la mediana como medida principal de tendencia central. El procesamiento y análisis de los datos se realizó en el paquete estadístico JAMOMI (versión 2.6.26), lo que permitió una interpretación clara y estructurada de los resultados.(42,43)

8.4.4 Tablas y Gráficos

Para la presentación de los resultados, se utilizaron tablas que facilitaron la interpretación de los datos. Las variables cualitativas y cuantitativas fueron representadas mediante tablas de frecuencia, en las cuales se indicó el valor mínimo, valor máximo, la mediana y el valor p de la prueba de Shapiro-Wilk, lo que permitió visualizar la distribución y frecuencia de cada categoría.

8.4.5 Análisis Comparativo

Sociodemográfico

Análisis de la asimetría: Se realizó el análisis de la asimetría de los valores de manera general por sexo determinando los valores de mediana y valor mínimo y máximo

8.4.6 Interpretación de Resultados

Responder a la pregunta de investigación

¿Cuáles son las diferencias en fuerza y potencia entre extremidades inferiores en futbolistas masculinos y femeninos de un equipo de la ciudad de Cali?

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de datos antropométricos, sociodemográficos y de desempeño físico de un conjunto de futbolistas de categoría sub20 conformado por hombres y mujeres.

Las siguientes tablas permiten una interpretación más clara de las variables evaluadas, facilitando la comparación entre sexos y la identificación de posibles patrones o diferencias significativas.

Estas tablas presentan las variables:

- Pico de fuerza potencia (fuerza registrada en el pico de potencia): Tanto en términos absolutos como en relación a la asimetría derecha e izquierda.
- Frecuencia de lateralidad de asimetría: Permite observar la distribución entre sujetos simétricos y aquellos con dominancia lateral.

- Variables antropométricas: Incluye edad y estatura descritas mediante medidas de tendencia central y dispersión.
- Funcionales como dominancia de miembro inferior.
- Datos sociodemográficos: Incluyendo la distribución por edades en función del sexo.

9. Aspectos Éticos

Esta investigación se realizó con base en las consideraciones éticas expuestas en la base de datos que se nos brinda desde el trabajo de grado de maestría en fisioterapia “Relación entre las asimetrías funcionales bilaterales de miembro inferior y la incidencia de lesiones osteomusculares en futbolistas hombres y mujeres de la categoría sub-20 de un equipo profesional de fútbol en el periodo enero-agosto de 2025” - Aval de Comité de Ética en Investigación en Salud (CEIS) código 023-025 realizado por el estudiante Jorge Enrique González Serna con código 2400503-7620 estudiante de la Maestría en fisioterapia, el cual aceptó que sus datos fueran utilizados, el cual se basó en el marco de los principios éticos de la resolución 8430 de 1993 constituye la única reglamentación existente en Colombia en referencia a la investigación en salud.

La presente investigación, al tratarse del análisis de una fuente secundaria, se clasifica como de riesgo mínimo, dado que no implica intervención directa sobre los participantes. Sin embargo, existe un riesgo relacionado con el uso indebido de los datos secundarios, lo cual podría comprometer la validez científica de los resultados y generar implicaciones éticas en términos de privacidad y consentimiento. Aunque este tipo de estudios presenta un riesgo reducido, persisten desafíos éticos relevantes, especialmente en lo referente a la protección de la confidencialidad de la información. En este sentido, el estudio cuenta con el aval del Comité de Ética en Investigación en Salud (CEIS) de la Universidad del Valle, bajo el código 001-025, que garantiza el cumplimiento de las normativas éticas vigentes.

Entre los riesgos principales, se destaca la posibilidad de que los participantes sean re-identificados si los datos contienen información demográfica o médica detallada. Además, existe el riesgo de exposición de datos sensibles, como historiales médicos o comportamientos relacionados con la salud, a terceros.

Para mitigar estos riesgos éticos y metodológicos, se han propuesto las siguientes estrategias:

En este contexto, se han definido estrategias orientadas a garantizar la protección de la privacidad, la validez del análisis y el cumplimiento de las normas éticas vigentes.

Se procederá a anonimizar o seudonimizar los datos secundarios con el objetivo de evitar cualquier posibilidad de reidentificación. El acceso a esta información estará restringido exclusivamente a investigadores autorizados, y se emplearán sistemas de almacenamiento

seguros para prevenir filtraciones. No se generarán duplicados del archivo de datos, como una medida adicional de protección.

Asimismo, se ha gestionado la autorización ante el comité de ética de la Universidad del Valle, asegurando que el uso de los datos cumpla con los principios éticos y legales establecidos para investigaciones con datos secundarios. También se realizará una evaluación crítica de la base de datos, con el fin de identificar y corregir posibles sesgos en la muestra, lo cual permitirá obtener resultados representativos y válidos.

Aunque los participantes no interactúan directamente en esta fase del estudio, se reconocen múltiples beneficios indirectos derivados de la investigación. Entre ellos se destaca la generación de información valiosa para optimizar las prácticas de entrenamiento, prevenir lesiones y mejorar el rendimiento deportivo. De igual manera, los resultados podrán orientar la implementación de programas que favorezcan la corrección de desequilibrios musculares, contribuyendo al bienestar de los deportistas actuales y futuros.

Este trabajo de maestría cuenta con la aprobación del club deportivo en el cual se desarrollará la investigación, así como con el aval ético expedido por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad del Valle. Cabe resaltar que la investigación no será una actividad remunerada para ninguna de las partes involucradas: ni para los participantes, ni para el investigador principal, ni para los coautores. Se trata de un ejercicio exclusivamente académico cuyo producto será utilizado únicamente con fines investigativos.

10. Resultados

La tabla 3 presenta las medidas antropométricas de los futbolistas participantes del estudio, discriminadas por sexo, específicamente en cuanto a la edad y estatura:

Respecto a la edad, tanto mujeres como hombres presentan un rango intercuartílico (RIC) de 1 año. Las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) arrojaron valores de p femenino: 0.096 y masculino: 0.088.

En cuanto a la estatura, se observa una diferencia notable entre hombres y mujeres. Las jugadoras presentan una mediana de 159.5 cm, con un RIC de 6.75 cm y valores entre 151 y 168 cm, mientras que los jugadores masculinos muestran una mediana de 175 cm. Respecto a la distribución de estatura en mujeres se observa una distribución de $p = 0.932$, mientras que en los hombres $p = 0.022$.

Tabla 3. Medidas antropométricas por sexo

Variable	Sexo	N	Mediana	RIC	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk (p)
EDAD (años)	Femenino	14	17.0	1.00	16	19	0.096
	Masculino	14	19.0	1.00	17	20	0.088
ESTATURA (cm)	Femenino	14	159.5	6.75	151	168	0.932
	Masculino	14	175.0	2.63	170	186	0.022

La tabla 4, correspondiente a la frecuencia de dominancia por sexo, muestra que la mayoría de los futbolistas evaluados presentan dominancia derecha. En particular, se identificaron 12 mujeres (42.9%) y 10 hombres (35.7%) con preferencia diestra. En contraste, la dominancia izquierda es menos frecuente, con sólo 2 mujeres (7.1%) y 4 hombres (14.3%) clasificados como zurdos. Estos datos sugieren una tendencia general hacia el predominio de la lateralidad derecha en ambos sexos dentro de la muestra analizada.

Tabla 4. Frecuencia de dominancia por sexo

Dominancia	Sexo	Frecuencias	% del Total
Derecha	Femenino	12	42.9%
	Masculino	10	35.7%
Izquierda	Femenino	2	7.1%
	Masculino	4	14.3%
TOTAL		28	100%

La Tabla 5, presenta los valores de fuerza en el pico de potencia (en Newtons) y los porcentajes de asimetría hacia la derecha e izquierda en futbolistas juveniles, diferenciados según el sexo de los futbolistas evaluados. En términos de rendimiento, los hombres presentan una mayor capacidad de producción de fuerza explosiva, registrando una mediana 1638.5 N, frente a 1140 N en las mujeres; lo que representa una diferencia aproximada de 500 N. En cuanto a la dispersión, el RIC en hombres es más amplio que en mujeres, sugiriendo mayor variabilidad entre ellos.

Tabla 5. Fuerza en potencia máxima (N)

	Sexo	N	Mediana	RIC	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk (p)
Pico de fuerza potencia (N)	Femenino	14	1140.00	242.250	951	1355	0.353
	Masculino	14	1638.50	355.250	1316	2123	0.697

La tabla 6 muestra que el 21% de los valores de la Fuerza de potencia se encuentran dentro de una simetría funcional entre -10% y 10%

Para la asimetría hacia el miembro inferior derecho, las mujeres tienen una mediana del 7% y los hombres del 3.5%, lo que indica un mayor desbalance funcional en las mujeres. La dispersión también es mayor en el grupo femenino. Aunque las medianas están dentro del umbral de simetría, se detectaron casos en ambos sexos con valores superiores al 10%, que podrían ser relevantes clínicamente. La mayoría de las asimetrías se dirigen hacia el miembro inferior derecho.

En cuanto a la asimetría hacia el miembro inferior izquierdo, ambos grupos presentan valores dentro del rango de -10% a 10%, aunque cabe resaltar que el rango de estos valores es más amplio en hombres que en mujeres.

Tabla 6. Fuerza de potencia máxima en simetría o asimetría derecha o izquierda

	Sexo	N	Mediana	RIC	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk (p)
Simetría fuerza-potencia D %	Femenino	10	7.00	9.750	2	15	0.079
	Masculino	8	3.50	3.750	1	12	0.054
Simetría fuerza-potencia I %	Femenino	4	-6.00	2.750	-9	-4	0.798
	Masculino	6	-6.00	0.750	-10	-2	0.352

La tabla 7, presenta la frecuencia de lateralidad en relación con la asimetría funcional en la producción de fuerza-potencia en los miembros inferiores. Se observa que un mayor porcentaje de hombres (42.9%) exhibe patrones simétricos, en comparación con las mujeres (35.7%), lo que sugiere un equilibrio funcional relativamente más consistente en el grupo masculino.

Esta tendencia guarda relación con los hallazgos de la tabla 6, donde las mujeres registraron una mediana más alta de asimetría hacia la extremidad inferior derecha (7.0%) frente a los hombres (3.5%), así como una mayor dispersión en los valores. Cabe destacar que las asimetrías detectadas se localizaron exclusivamente hacia la extremidad derecha en ambos sexos, siendo más frecuente en el grupo femenino (4 casos, 14,3%).

Además, se identificó una coincidencia notable entre la dominancia derecha y la dirección de la asimetría hacia ese mismo lado, especialmente en el grupo femenino. Este hallazgo refuerza la existencia de un patrón funcional de carga preferencial sobre la extremidad dominante.

Tabla 7. Frecuencia de lateralidad de la asimetría: Se encuentra la distribución de deportistas que presentan simetría o asimetría del lado derecho en la fuerza potencia

Lateralidad de Asimetría	Sexo	Frecuencias	% del Total
Simétrico	Femenino	10	35.7%
	Masculino	12	42.9%
Asimetría Derecho	Femenino	4	14.3%
	Masculino	2	7.1%

11. Discusión

Los hallazgos de este estudio, centrados en las diferencias de fuerza-potencia y asimetrías funcionales en futbolistas juveniles, aportan evidencia relevante para un campo en crecimiento: la prevención de lesiones basada en el análisis de desequilibrios musculares. Si bien investigaciones previas han caracterizado estas variables en adultos, existe escasa literatura sobre poblaciones juveniles, donde factores como la maduración biológica y la adaptación neuromuscular juegan un papel importante. A partir de este propósito, se desarrolló una caracterización sociodemográfica y antropométrica de los deportistas, así como un análisis

específico de la fuerza-potencia y de las asimetrías funcionales presentes entre las extremidades dominantes y no dominantes.

Respecto a la caracterización sociodemográfica y antropométricamente a la población, se evidenció, que la mayor proporción de mujeres se concentró entre los 16 y 18 años, mientras que en los hombres predominó el rango entre 18 y 20 años. Asimismo, la estatura promedio fue significativamente mayor en los hombres (mediana de 175 cm) frente a las mujeres (159.5 cm), lo cual sugiere un grado de madurez biológica más avanzado en el grupo masculino, en línea con el dimorfismo sexual. Estas diferencias constituyen una base importante para interpretar las variaciones encontradas en el rendimiento de fuerza-potencia, ya que la estatura, el peso corporal y el grado de maduración biológica pueden influir directamente en la capacidad de generación de fuerza y potencia. Además, estas variables permiten establecer puntos de referencia esenciales para adaptar el entrenamiento, tanto en intensidad como en volumen, respetando las particularidades individuales.

En cuanto a lo relacionado con la identificación de la fuerza-potencia, los datos mostraron que los hombres presentaron valores más altos (mediana 1638.5 N) en comparación con las mujeres (1140 N). Esta diferencia de casi 500 N puede explicarse por factores como mayor masa muscular, madurez esquelética, altura, volumen de entrenamiento y condicionantes socioculturales que influyen en la participación y el desarrollo físico diferenciado entre hombres y mujeres(44) . Esta observación coincide con lo señalado por Attwood, que describe cómo los jóvenes con maduración avanzada presentan un rendimiento superior en pruebas de potencia anaeróbica como el salto vertical y los test de fuerza máxima, independientemente del nivel de entrenamiento formal.(45) Además, debe considerarse que en mujeres atletas, el rendimiento físico puede fluctuar a lo largo del ciclo menstrual debido a los cambios hormonales, especialmente en fuerza, coordinación y percepción del esfuerzo. Según Martínez-Fortuny y col, estas variaciones pueden influir en el rendimiento neuromuscular, siendo la fase folicular tardía y la ovulatoria los periodos con mayor rendimiento en pruebas de fuerza y salto vertical, lo cual podría haber afectado los resultados observados dado que no se tomó este factor durante la medición.(9)

Si bien el grupo masculino presentó valores superiores de fuerza-potencia, los datos revelaron que una mayor capacidad de fuerza no siempre se traduce en un equilibrio funcional entre las extremidades. De hecho, en varios casos, los deportistas con mayores niveles de fuerza también mostraban mayores grados de asimetría, lo que sugiere que la fuerza absoluta, por sí sola, no es un indicador confiable de simetría funcional.

Con relación a las asimetrías entre miembros inferiores, los resultados revelaron que, aunque en términos generales ambas poblaciones se mantuvieron dentro del umbral clínicamente aceptable

(<10 %), las mujeres mostraron una mayor dispersión (RIC: 9.75 %) frente a los hombres (RIC: 3.75 %), particularmente hacia el miembro inferior derecho. Esto puede estar relacionado con una mayor variabilidad en el ritmo de maduración biológica y con una menor exposición a estímulos de entrenamiento específicos durante etapas críticas del desarrollo. Tal como señala Malina y cols, existen diferencias individuales en la maduración que pueden alterar el control motor y la coordinación, haciendo más frecuente la aparición de patrones asimétricos durante el desarrollo(46). Así mismo, investigaciones previas han observado que las mujeres presentan patrones más variables de control neuromotor, así como un mayor valgo de rodilla durante el salto, debido a sus diferencias de maduración esquelética y hormonal. (47,48).

Al cruzar los datos de asimetría con la dominancia, se identificó que los casos con dominancia derecha y asimetría hacia ese mismo lado fueron más frecuentes en mujeres, lo cual podría indicar un patrón funcional de carga preferencial sobre la extremidad dominante. Esto coincide con otros estudios como el de Gu y cols donde las mujeres también presentan una mayor asimetría en comparación a los hombres, hacia su miembro inferior dominante, sugiriendo que las mujeres tienden a depender más de su extremidad dominante durante las tareas de salto y aterrizaje(28), esta coincidencia entre miembro inferior dominante y dirección de asimetría podría derivar en un patrón de sobreuso o riesgo de lesión. Además, en algunos jugadores zurdos se evidenció asimetría hacia el miembro inferior derecho, lo que plantea la posibilidad de mecanismos compensatorios o de entrenamiento bilateral desigual. Estas observaciones coinciden con lo reportado por Jones y cols, quienes señalaron que los futbolistas jóvenes tienden a sobrecargar su miembro inferior dominante en actividades explosivas, aumentando el riesgo de desequilibrios crónicos.(31)

Por otra parte, los perfiles con simetría funcional no siempre coincidieron con un patrón de dominancia específico, lo cual sugiere que otros factores como el historial de lesiones o la planificación del entrenamiento pueden estar involucrados. Esto refuerza la importancia de implementar valoraciones funcionales regulares, más allá de la dominancia declarada por el deportista. Según Myer et al., señala que una historia de lesiones previas puede alterar significativamente la distribución de carga y el patrón motor, generando simetría aparente pero compensada funcionalmente.(49) Este aspecto es crucial para el diseño de planes de prevención y rehabilitación. La detección temprana de compensaciones funcionales también permite una intervención oportuna, lo que disminuye el riesgo de cronificación de los desequilibrios.

Cuando se cruzaron los tres indicadores principales; dominancia, dirección de asimetría y magnitud de la fuerza, se observó que algunos jugadores con mayor capacidad de fuerza también presentaron desbalances hacia su extremidad inferior dominante, lo que representa un riesgo oculto de sobrecarga o lesión. Este hallazgo resalta la necesidad de implementar intervenciones correctivas personalizadas, centradas en la reducción de asimetrías unilaterales, especialmente en

deportistas con dominancia marcada y asimetrías mayores al 10%. La evidencia sugiere que una asimetría >15% puede aumentar significativamente el riesgo de lesiones, incluso en deportistas con fuerza elevada. (18) Por ello, no solo es esencial el monitoreo periódico, sino también la adaptación dinámica del entrenamiento con base en evaluaciones funcionales objetivas.

Asimismo, se evidenció que un mayor porcentaje de hombres (42.9%) mostró patrones simétricos en comparación con las mujeres (35.7%), lo que podría interpretarse como un mayor equilibrio funcional en el grupo masculino, esta diferencia puede estar influenciada por múltiples factores, entre ellos una mayor masa muscular relativa, mayores niveles de fuerza absoluta, una exposición más prolongada a entrenamientos con carga bilateral, y diferencias hormonales que favorecen el desarrollo neuromuscular en los varones. Además, se ha observado que las mujeres jóvenes pueden presentar mayor laxitud articular, menor rigidez tendinosa y una mayor predisposición a patrones de activación muscular compensatorios, lo que podría contribuir a una mayor presencia de asimetrías funcionales. Los patrones observados también refuerzan la idea de que la dominancia y la dirección de la asimetría no siempre coinciden, pero sí se relacionan más estrechamente en mujeres, especialmente en etapas juveniles donde los procesos de maduración y adaptación neuromuscular se encuentran aún en desarrollo.(50) Este hallazgo podría indicar que las jugadoras jóvenes requieren estrategias de intervención más específicas y progresivas.

Desde la fisioterapia deportiva, estos resultados sustentan la necesidad de una evaluación individualizada y periódica, utilizando herramientas como el test CMJ sobre plataforma de fuerza, que permite identificar desbalances de forma objetiva. Esta estrategia diagnóstica debe ir acompañada de un diseño de programas preventivos, enfocados en el entrenamiento unilateral equilibrado y en el fortalecimiento de la extremidad menos desarrollada funcionalmente. Estudios recientes han demostrado que el entrenamiento unilateral equilibrado reduce significativamente las asimetrías funcionales y mejora el rendimiento específico en jóvenes futbolistas.(29) Además, este enfoque permite optimizar el rendimiento deportivo a largo plazo, promover una mejor recuperación funcional y reducir la incidencia de lesiones musculoesqueléticas en atletas en formación.

En conjunto, los hallazgos responden de manera integral a la pregunta de investigación y resaltan que, si bien las diferencias en fuerza-potencia entre sexos son claras y esperables en esta etapa del desarrollo, los patrones de asimetría funcional son más complejos y multifactoriales. No pueden explicarse exclusivamente por el sexo o la fuerza absoluta, sino que surgen de una interacción entre la edad, la dominancia, el historial motor, el volumen de entrenamiento y los patrones de carga funcional. En este contexto, el enfoque preventivo individualizado no solo es recomendable, sino esencial, para preservar la salud músculo-esquelética y optimizar el rendimiento físico de los futbolistas juveniles en formación. Integrar estos hallazgos a la práctica

clínica y deportiva puede contribuir a una preparación más segura, efectiva y basada en la evidencia para el desarrollo atlético integral.

11.1 Limitaciones del Estudio

- **Uso de fuente secundaria de datos:** La investigación se basó en una base de datos secundaria proveniente de un trabajo de grado de maestría. Esto implicó que los investigadores no tuvieron control directo sobre la recolección inicial de datos ni sobre ciertos criterios metodológicos, lo que puede limitar la profundidad del análisis y la posibilidad de ajustar o repetir mediciones.
- **Tamaño muestral reducido:** La muestra estuvo conformada por solo 28 futbolistas (14 hombres y 14 mujeres), lo cual representa una población limitada para establecer generalizaciones amplias, especialmente considerando la heterogeneidad del desarrollo físico en edades juveniles.
- **Herramienta tecnológica dependiente:** La recolección de datos se realizó mediante la plataforma Vald Performance, la cual, si bien es confiable, depende de la correcta calibración y uso del equipo por parte del evaluador inicial (ajeno a este equipo investigador).
- **Ausencia de control de variables externas:** Factores como el historial de lesiones, el tipo de entrenamiento recibido, la carga semanal, el nivel de fatiga, la nutrición y el descanso no fueron considerados en el análisis, aunque pueden influir directamente en la fuerza, potencia y simetría funcional.

11.2 Recomendaciones

- **Diseñar programas de entrenamiento individualizados:** A partir de los resultados, se recomienda estructurar rutinas específicas orientadas a corregir desbalances musculares, especialmente en los deportistas que presenten asimetrías mayores al 10%.
- **Ampliar la muestra y realizar estudios longitudinales:** Para futuras investigaciones, se recomienda trabajar con una muestra más amplia y heterogénea, y realizar un seguimiento longitudinal que permita analizar la evolución de las asimetrías y su relación con la aparición de lesiones o el rendimiento deportivo.
- **Repetir la evaluación post intervención:** Una vez implementadas estrategias correctivas, se sugiere realizar una nueva evaluación para verificar si las asimetrías funcionales han disminuido, permitiendo medir la efectividad de los programas aplicados.

- Explorar diferencias según la lateralidad funcional: En futuras investigaciones se podría profundizar en cómo el miembro inferior dominante influye en la aparición de asimetrías y si este patrón es más frecuente en un sexo que en otro, para adaptar aún más las intervenciones.

12. Conclusiones

Los resultados obtenidos permitieron identificar diferencias significativas en la producción de fuerza-potencia entre futbolistas juveniles masculinos y femeninos, siendo los hombres quienes registraron valores más altos en el pico de fuerza (mediana: 1638,5 N frente a 1140 N en mujeres). Esta diferencia puede estar influenciada por variables como la estatura, la masa muscular y el grado de maduración biológica, factores que tienden a estar más desarrollados en los jugadores masculinos en esta etapa formativa. No obstante, es importante señalar que un mayor nivel de fuerza absoluta no implica necesariamente un mejor control neuromuscular ni una distribución equilibrada entre extremidades, por lo que debe analizarse con cautela dentro de un enfoque funcional más amplio.

Respecto a la simetría funcional, se encontró que la mayoría de los deportistas se mantuvieron dentro de los rangos clínicamente aceptables (<10% de diferencia entre extremidades). Sin embargo, se evidenció que las jugadoras presentaron una mayor dispersión en los valores de asimetría, con una tendencia marcada hacia la extremidad dominante. Esta situación puede reflejar un patrón de sobrecarga funcional unilateral que, con el tiempo y sin intervenciones correctivas, podría derivar en lesiones por uso excesivo o desbalances musculares persistentes. A su vez, la coincidencia entre la lateralidad dominante y la dirección de la asimetría fue más evidente en el grupo femenino, lo que refuerza la necesidad de incluir evaluaciones funcionales periódicas que permitan monitorear estos patrones y prevenir riesgos asociados al desbalance muscular.

Estos hallazgos resaltan la importancia de no limitarse únicamente a mediciones de fuerza absoluta al evaluar el rendimiento físico de jóvenes deportistas. El control motor, la coordinación intermuscular y la simetría funcional son componentes clave para un desempeño deportivo seguro y eficiente. Por lo tanto, se sugiere integrar pruebas como el salto con contramovimiento (CMJ) sobre plataformas de fuerza como herramienta rutinaria de evaluación dentro de los programas de entrenamiento y prevención de lesiones. Además, se recomienda que los resultados de estas valoraciones sirvan como base para diseñar planes de fortalecimiento unipodal e intervenciones personalizadas que promuevan un desarrollo armónico entre ambas extremidades.

En conclusión, este estudio permitió evidenciar que existen diferencias relevantes entre sexos en cuanto a fuerza-potencia, así como una mayor tendencia a la asimetría funcional en mujeres futbolistas. Aunque dichas diferencias no superan los umbrales clínicos de preocupación en la

mayoría de los casos, su identificación temprana representa una oportunidad clave para intervenir de forma preventiva y optimizar el rendimiento físico a largo plazo en el deporte juvenil.

Aportes del estudio

Este estudio aporta evidencia concreta sobre la utilidad del CMJ como herramienta confiable para la detección de desequilibrios musculares en jóvenes futbolistas, destacando su valor en contextos de formación. Desde la fisioterapia, proporciona bases para el diseño de programas preventivos, con enfoque diferencial por sexo, que permitan mitigar riesgos de lesión y optimizar el rendimiento. Asimismo, promueve la incorporación sistemática de evaluaciones funcionales en la estructura formativa de los clubes deportivos, contribuyendo a la salud deportiva, la equidad en el entrenamiento y la toma de decisiones basada en datos objetivos.

13. Anexos

Anexo 1: Formato de registro para la recolección de datos

Codigo	Sexo	EDAD (años)	PESO (kg)	ESTATURA (cm)	Dominancia	Force at peak power (N)	Force at peak power (A)symmetry L %	Force at peak power (A)symmetry R %	Categorizacion (Simétrico Asimétrico)
--------	------	----------------	-----------	------------------	------------	-------------------------------	--	--	---

14. Bibliografía

1. DeLang MD, Salamh PA, Farooq A, Tabben M, Whiteley R, van Dyk N, et al. The dominant leg is more likely to get injured in soccer players: systematic review and meta-analysis. *Biol Sport*. septiembre de 2021;38(3):397-435.
2. Correa JR, Galván-Villamarin F, Vargas EM, López CE, Clavijo M, Rodríguez A. Incidencia de lesiones osteomusculares en futbolistas profesionales. *Rev Colomb Ortop Traumatol*. 25 de diciembre de 2013;27(4):185-9.
3. Comité Olímpico Colombiano [Internet]. [citado 19 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://olimpicocol.co/web/>
4. Peterson L, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Dvorak J. Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *Am J Sports Med*. 2000;28(5 Suppl):S51-57.
5. Deporte R de la AA de T del. Análisis Estadístico de Lesiones en Fútbol Juvenil - Grupo Sobre Entrenamiento [Internet]. 2024 [citado 19 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://g-se.com/es/analisis-estadistico-de-lesiones-en-futbol-juvenil-2350-sa-u5a2181cdc2068>
6. Pangrazio O, Forriol F. Diferencias de las lesiones sufridas en 4campeonatos sudamericanos de fútbol femenino y masculino. *Rev Latinoam Cir Ortopédica*. 1 de abril de 2016;1(2):58-65.
7. Newell KM, Van Emmerik REA, McDonald PV. Biomechanical constraints and action theory: Reaction to G.J. van Ingen Schenau (1989). *Hum Mov Sci*. 1 de agosto de 1989;8(4):403-9.
8. Revista Kronos – Revista sobre Ciencias del Ejercicio de la Universidad Europea de Madrid [Internet]. [citado 19 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://revistakronos.info/>
9. Martínez-Fortuny N, Alonso-Calvete A, Da Cuña-Carrera I, Abalo-Núñez R. Menstrual Cycle and Sport Injuries: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. enero de 2023;20(4):3264.
10. Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players - Lehance - 2009 - Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports - Wiley Online Library [Internet]. [citado 4 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2008.00780.x>
11. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Med Auckl NZ*. octubre de 2016;46(10):1419-49.
12. Capacidad del Countermovement Jump para detectar la asimetría bilateral de la fuerza de cadera y rodilla en futbolistas juveniles de élite. [Internet]. [citado 19 de mayo de 2025]. Disponible en: https://kinesport.es/blog/cadera-rodilla-futbol?utm_source=.com

13. Injuries cost top leagues 732 million euros last season, Bundesliga worst hit | Reuters [Internet]. [citado 19 de mayo de 2025]. Disponible en: https://www.reuters.com/sports/soccer/injuries-cost-top-leagues-732-million-euros-last-season-bundesliga-worst-hit-2024-10-15/?utm_source=.com
14. america.com.co [Internet]. [citado 19 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.america.com.co/>
15. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CCC, Rosseti M, Carpes FP, et al. Do asymmetry scores influence speed and power performance in elite female soccer players? *Biol Sport*. 2019;36(3):209-16.
16. Fernández-Galván LM, Boullosa D, Jiménez-Reyes P, Cuadrado-Peñaflíel V, Casado A. Examination of the Sprinting and Jumping Force-Velocity Profiles in Young Soccer Players at Different Maturational Stages. *Int J Environ Res Public Health*. enero de 2021;18(9):4646.
17. Maestroni L, Turner A, Papadopoulos K, Cohen D, Sideris V, Graham-Smith P, et al. Comparison of Strength and Power Characteristics Before ACL Rupture and at the End of Rehabilitation Before Return to Sport in Professional Soccer Players. *Sports Health*. 1 de noviembre de 2023;15(6):814-23.
18. Guan Y, Bredin SSD, Taunton J, Jiang Q, Wu N, Warburton DER. Association between Inter-Limb Asymmetries in Lower-Limb Functional Performance and Sport Injury: A Systematic Review of Prospective Cohort Studies. *J Clin Med*. 12 de enero de 2022;11(2):360.
19. Rodríguez-Rosell D, Mora-Custodio R, Franco-Márquez F, Yáñez-García JM, González-Badillo JJ. Traditional vs. Sport-Specific Vertical Jump Tests: Reliability, Validity, and Relationship With the Legs Strength and Sprint Performance in Adult and Teen Soccer and Basketball Players. *J Strength Cond Res*. enero de 2017;31(1):196.
20. Donado CR, Rebolledo-Cobos RC. Relación entre asimetrías en diferentes pruebas de salto y lesiones musculoesqueléticas en futbolistas profesionales de Colombia. *Biociencias* [Internet]. 2021 [citado 28 de septiembre de 2024];16(1). Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/biociencias/article/view/7836>
21. Mendoza Lobo KL, López Bueno M, Mesa Anoceto M, Rodríguez García AR, Mendoza Lobo KL, López Bueno M, et al. Análisis de las lesiones más frecuentes en miembros inferiores en el fútbol. *Podium Rev Cienc Tecnol En Cult Física*. diciembre de 2022;17(3):1269-80.
22. Candia-Luján R, Escudero BN. Índice de asimetría bilateral similar de las manifestaciones de la fuerza muscular de extremidades inferiores en jóvenes universitarios Similar bilateral asymmetry index of lower limbs muscle strength expressions in university students. 2018;
23. Buoite Stella A, Galimi A, Martini M, Di Lenarda L, Murena L, Deodato M. Muscle Asymmetries in the Lower Limbs of Male Soccer Players: Preliminary Findings on the Association between Countermovement Jump and Tensiomyography. *Sports Basel Switz*. 14 de noviembre de 2022;10(11):177.

24. Michailidis Y. Relation of Jump and Change of Direction Inter-Limb Asymmetries with Fitness in Youth Male Soccer Players. *Med Kaunas Lith.* 29 de septiembre de 2023;59(10):1749.
25. Raya-González J, Clemente FM, Castillo D. Analyzing the Magnitude of Interlimb Asymmetries in Young Female Soccer Players: A Preliminary Study. *Int J Environ Res Public Health.* 8 de enero de 2021;18(2):475.
26. Espada MC, Jardim M, Assunção R, Estaca A, Ferreira CC, Pessôa Filho DM, et al. Lower Limb Unilateral and Bilateral Strength Asymmetry in High-Level Male Senior and Professional Football Players. *Healthc Basel Switz.* 28 de mayo de 2023;11(11):1579.
27. Mandorino M, Figueiredo AJ, Gjaka M, Tessitore A. Injury incidence and risk factors in youth soccer players: a systematic literature review. Part I: epidemiological analysis. *Biol Sport.* enero de 2023;40(1):3-25.
28. Gu CY, Li XR, Lai CT, Gao JJ, Wang IL, Wang LI. Sex Disparity in Bilateral Asymmetry of Impact Forces during Height-Adjusted Drop Jumps. *Int J Environ Res Public Health.* enero de 2021;18(11):5953.
29. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, Comfort P. Assessing Asymmetries in Change of Direction Speed Performance: Application of Change of Direction Deficit. *J Strength Cond Res.* noviembre de 2019;33(11):2953-61.
30. A Dynamic Model of Etiology in Sport Injury: The Recursive Nature of Risk and Causation [Internet]. [citado 4 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://oce-ovid-com.bd.univalle.edu.co/article/00042752-200705000-00011/HTML>
31. Jones PA, Bampouras TM. A Comparison of Isokinetic and Functional Methods of Assessing Bilateral Strength Imbalance. *J Strength Cond Res.* junio de 2010;24(6):1553.
32. Slinde F, Suber C, Suber L, Edwén CE, Svantesson U. Test-Retest Reliability of Three Different Countermovement Jumping Tests. *J Strength Cond Res.* marzo de 2008;22(2):640.
33. Menzel HJ, Chagas MH, Szmuchrowski LA, Araujo SRS, de Andrade AGP, de Jesus-Moraleida FR. Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. *J Strength Cond Res.* mayo de 2013;27(5):1370-7.
34. Mindeporte. Ministerio del Deporte [Internet]. [citado 28 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.mindeporte.gov.co/transparencia/2-normativa/2-1-normatividad/normatividad-general-reglamentaria/normograma/leyes-2/ley-528-1999>
35. Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_1164_2007] [Internet]. [citado 28 de junio de 2025]. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1164_2007.html
36. Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_0181_1995] [Internet]. [citado 28 de junio de 2025]. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0181_1995.html

37. Peso corporal - Alcer Turia [Internet]. 2023 [citado 28 de junio de 2025]. Disponible en: <https://alcerturia.org/peso-corporal/>
38. <https://www.cun.es> [Internet]. [citado 28 de junio de 2025]. Qué es la talla: definición médica. Diccionario CUN. Disponible en: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/talla>
39. Parkinson AO, Apps CL, Morris JG, Barnett CT, Lewis MGC. The Calculation, Thresholds and Reporting of Inter-Limb Strength Asymmetry: A Systematic Review. *J Sports Sci Med.* 1 de octubre de 2021;20(4):594-617.
40. Turner AP, Unholz CN, Potts N, Coleman SGS. Peak Power, Force, and Velocity During Jump Squats in Professional Rugby Players. *J Strength Cond Res.* junio de 2012;26(6):1594.
41. Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N, Heiderscheit BC. Lean Mass Asymmetry Influences Force and Power Asymmetry During Jumping in Collegiate Athletes. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* abril de 2014;28(4):884-91.
42. jamovi - open statistical software for the desktop and cloud [Internet]. [citado 28 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.jamovi.org/>
43. The Comprehensive R Archive Network [Internet]. [citado 28 de junio de 2025]. Disponible en: <https://cran.r-project.org/>
44. Peña MCV, Sánchez ON. Mujer, fútbol e inequidad. *Utopía Prax Latinoam.* 2020;25(Esp.11):333-48.
45. Attwood MJ, Roberts SP, Trewartha G, England M, Stokes KA. Association of the Functional Movement Screen™ with match-injury burden in men's community rugby union. *J Sports Sci.* junio de 2019;37(12):1365-74.
46. Malina RM, Rogol AD, Cumming SP, Coelho e Silva MJ, Figueiredo AJ. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br J Sports Med.* julio de 2015;49(13):852-9.
47. Aixa-Requena S, Gil-Galve A, Legaz-Arrese A, Hernández-González V, Reverter-Masia J. Influence of Biological Maturation on the Career Trajectory of Football Players: Does It Predict Elite Success? *J Funct Morphol Kinesiol.* 30 de abril de 2025;10(2):153.
48. Read PJ, Oliver JL, De Ste Croix MBA, Myer GD, Lloyd RS. Landing Kinematics in Elite Male Youth Soccer Players of Different Chronologic Ages and Stages of Maturation. *J Athl Train.* abril de 2018;53(4):372-8.
49. Myer GD, Ford KR, Khoury J, Succop P, Hewett TE. Biomechanics laboratory-based prediction algorithm to identify female athletes with high knee loads that increase risk of ACL injury. *Br J Sports Med.* abril de 2011;45(4):245-52.
50. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate

ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* abril de 2005;33(4):492-501.