

## **Perfil neuromuscular en el fútbol femenino colombiano: Análisis cruzado mediante Drop Jump y Single Leg Hamstring 30/30<sup>1</sup>**

César Alberto Rodríguez<sup>2</sup>  
Jennifer Rincón Peña<sup>3</sup>

### **Resumen**

El fútbol femenino moderno exige acciones explosivas constantes, pero expone a las deportistas a graves lesiones articulares cuando falla el control muscular. Este estudio evaluó la relación entre la potencia propulsiva y la capacidad de los isquiotibiales para estabilizar ese impulso en futbolistas de la categoría sub-20. Para lograrlo, contrastamos el desempeño del plantel en una tarea de salto a dos piernas (*Drop Jump*) frente a una prueba de fuerza que aísla cada extremidad (*Single Leg Hamstring 30/30*). El análisis estadístico arrojó una paradoja sumamente llamativa. Por un lado, las jugadoras demostraron una excelente potencia de despegue sin riesgo de asimetría aparente. Sin embargo, al evaluar la musculatura por separado, el escenario colapsó: el cien por ciento de la muestra registró tiempos de reacción demasiado lentos para las exigencias del deporte, y más del 76% presentó desbalances severos entre sus piernas. Las pruebas confirmaron que no existe relación alguna entre la capacidad de saltar alto y la habilidad para estabilizar la rodilla. Esto indica que las atletas operan con una desconexión funcional riesgosa, un desequilibrio que enmascara su verdadera vulnerabilidad y justifica el amplio historial de lesiones previas del equipo (92%). Queda claro que las evaluaciones tradicionales basadas solo en saltos no bastan para proteger a la mujer deportista. Los programas físicos requieren un cambio de enfoque urgente, priorizando la velocidad con la que el músculo reacciona para absorber los impactos antes de que el daño recaiga sobre los ligamentos.

*Palabras claves:* Fútbol femenino, prevención de lesiones, isquiotibiales, asimetría bilateral, fuerza estabilizadora, salto vertical, potencia en salto.

## **Neuromuscular profile in Colombian womens' football: cross-analysis using Drop Jump and Single Leg Hamstring 30/30**

### **Abstract**

Modern women's soccer demands constant explosive actions, yet it exposes athletes to severe joint injuries when muscular control fails. This study evaluated the relationship between propulsive power and the hamstring's ability to stabilize that impulse in U-20 female soccer players. To achieve this, we contrasted the squad's performance in a bilateral jumping task (*Drop Jump*)

---

<sup>1</sup> Artículo científico presentado como opción de grado para optar por el título de Magister en Ciencias del Deporte.

<sup>2</sup> Autor de contacto: Fisioterapeuta Universidad del Cauca. Correo electrónico: ce.rodriguez@gmail.com

<sup>3</sup> Director: Fisioterapeuta UIS – Especialista en Ortopedia y Traumatología UAM – Magister en Actividad Física y Deporte UAM.

against a strength test that isolates each limb (*Single Leg Hamstring 30/30*). The statistical analysis revealed a striking paradox. On one hand, the players demonstrated excellent take-off power with no apparent risk of asymmetry. However, when evaluating the musculature separately, the scenario collapsed: one hundred percent of the sample recorded reaction times that were too slow for the sport's demands, and over 76% presented severe imbalances between their legs. The testing confirmed that there is absolutely no relationship between the ability to jump high and the ability to stabilize the knee. This indicates that the athletes operate with a risky functional disconnection, an imbalance that masks their true vulnerability and justifies the team's extensive history of previous injuries (92%). It is clear that traditional jump-based assessments are not enough to protect female athletes. Physical programs require an urgent shift in focus, prioritizing the speed at which the muscle reacts to absorb impacts before the damage falls on the ligaments.

*Keywords:* Female soccer, injury prevention, hamstrings, bilateral asymmetry, stabilizing strength, vertical jump, jumping power

## Introducción

El fútbol se ha consolidado históricamente como el deporte más popular y de mayor práctica a nivel mundial (Quiceno et al., 2021). Desde el punto de vista biomecánico y fisiológico, es una disciplina de naturaleza marcadamente intermitente que exige la ejecución constante de acciones de alta intensidad, tales como aceleraciones explosivas, frenados bruscos, sprints y saltos (Stølen et al., 2005; Fernández et al., 2022). Estas demandas mecánicas imponen un estrés superlativo sobre el sistema neuromuscular de las atletas, incrementando significativamente la vulnerabilidad a sufrir daños musculares y articulares en las extremidades inferiores. La aparición de estas lesiones no solo compromete la integridad física de la jugadora, sino que repercute de manera directa en el rendimiento competitivo del equipo, al limitar drásticamente la capacidad del plantel para producir fuerza y tolerar cargas elevadas a lo largo de una temporada regular (Doyle et al., 2021).

En el contexto específico del fútbol femenino profesional, la integridad del control neuromuscular y la eficiencia del ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) son criterios imperativos para el éxito deportivo. Aquí, la prueba *Drop Jump* se erige como un indicador biomecánico fundamental para evaluar la potencia del tren inferior y la capacidad reactiva de la atleta. Tal como fundamentan Flanagan y Comyns (2008), comprender esta explosividad es clave, ya que refleja la habilidad del sistema nervioso central para transitar en escasos milisegundos de una contracción excéntrica a una concéntrica. A esto se suma la evidencia que demuestra que perfiles reactivos óptimos son indispensables para disipar las fuerzas de impacto y proteger las articulaciones durante los aterrizajes (Read et al., 2021).

Sin embargo, la capacidad de acelerar o saltar carece de utilidad funcional si no está equilibrada con una mecánica de estabilización eficiente. En el fútbol de élite, las lesiones por distensión en la musculatura isquiosural continúan siendo una de las principales causas de pérdida de tiempo de entrenamiento y competencia, estando profundamente asociadas con déficits en la

fuerza isométrica y excéntrica (Timmins et al., 2015). Durante los sprints a máxima velocidad, los isquiotibiales experimentan un estiramiento extremo; al incrementar la velocidad, la exigencia excéntrica se dispara en la fase de oscilación para poder desacelerar la extremidad. Si las fibras miotendinosas no poseen la fuerza para soportar la carga ante esta desaceleración, surgen las rupturas (Quintero et al., 2024).

En este sentido, monitorizar los déficits funcionales resulta crucial (Quintero et al., 2024). Para este estudio se ha seleccionado el test *Single Leg Hamstring 30/30* (SLH 30/30) como un procedimiento clínico de primera necesidad por una razón contundente: a diferencia de otras evaluaciones genéricas o isocinéticas tradicionales, el SLH 30/30 permite aislar la fuerza isométrica unilateral de los isquiotibiales en ángulos articulares específicos que replican con exactitud las demandas de frenado de la carrera real (Moraleda et al., 2025). Esta precisión facilita la detección de asimetrías críticas antes de que evolucionen hacia lesiones de gravedad (Timmins et al., 2015; Quintero et al., 2024). Para garantizar la fiabilidad de esta evaluación biomecánica, el análisis de la curva fuerza-tiempo exige contrastar los datos obtenidos con los umbrales normativos de la literatura. En el ámbito del alto rendimiento, un perfil seguro se caracteriza por una fuerza vertical máxima (*Peak Vertical Force*) superior a los 300 N, un tiempo óptimo de reclutamiento neuromuscular (*Start Time to Peak Force*) inferior a 0.5 segundos, y una tasa de desarrollo de fuerza explosiva en la ventana crítica de los primeros 200 milisegundos (*RFD - 200 ms*) que sobrepase los 1000 N/s (McCall et al., 2015; Maffiuletti et al., 2016; Moraleda et al., 2025).

De manera análoga, para establecer un análisis clínico y de rendimiento riguroso respecto a la reactividad, es imperativo contrastar los resultados del *Drop Jump* con los valores de referencia reportados para atletas femeninas de élite. Un perfil óptimo en el ciclo estiramiento-acortamiento exige alcanzar una altura de salto (*Jump Height*) situada entre los 26 y 32 cm (Cuthbert et al., 2021; Fahey et al., 2025). Sin embargo, la altura por sí sola es insuficiente si no se analiza junto a la potencia pico relativa a la masa corporal (*Peak Power / BM*), cuyos estándares funcionales oscilan entre 45 y 55 W/kg (Chavda et al., 2018). Toda esta transferencia de energía debe estar sustentada por una mecánica de empuje eficiente, evidenciada a través de una fuerza máxima de despegue bilateral (*Peak Drive-Off Force*). De acuerdo con la evidencia metodológica, este vector de impulso concéntrico debe situarse entre los 20 y 28 N/kg, lo que en términos absolutos representa generar una fuerza de reacción que supere, como mínimo, 2.5 veces el peso corporal de la atleta (McMahon et al., 2018; Fahey et al., 2025; Moraleda et al., 2025).

A pesar de la relevancia y la magnitud de estos indicadores, la relación entre esta capacidad de propulsión y la fuerza estabilizadora en futbolistas femeninas permanece poco caracterizada (Moraleda et al., 2025; Fahey et al., 2025). Históricamente, la ciencia del deporte ha extrapolado metodologías y datos del fútbol masculino, ignorando que las mujeres poseen perfiles anatómicos y neuromusculares marcadamente distintos. Las mujeres presentan una postura más erguida que disminuye la flexión del complejo cadera-rodilla, promoviendo un mayor valgo de rodilla en acciones de aterrizaje; esto, sumado a los cambios hormonales del ciclo menstrual, predispone dramáticamente a la lesión (Quiceno et al., 2021; Raya, 2022; Guillén, 2022). En el contexto colombiano, la brecha es aún mayor: los clubes profesionales cuentan con recursos limitados para

evaluaciones sistemáticas, lo que impide la construcción de programas preventivos ajustados a sus propias jugadoras.

Esta falta de especificidad en la comprensión del perfil femenino es la principal responsable de una preocupante incidencia lesiva, que llega hasta 8 lesiones por cada 1000 horas de juego (Quintero et al., 2024). Resulta particularmente crítica la prevalencia de lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) en mujeres futbolistas (Quiceno et al., 2021; Fahey et al., 2025; Moraleda et al., 2025). Diversos autores coinciden en que la inmensa mayoría de estas afecciones articulares ocurren en acciones sin contacto directo, originándose por fallos neuromusculares durante cambios de dirección, desaceleraciones bruscas o aterrizajes asimétricos (Guillén, 2022; Pardos-Mainer et al., 2021).

Frente a esta problemática, se hace evidente la necesidad de establecer perfiles biomecánicos precisos. Por consiguiente, el objetivo general de este estudio es analizar la relación entre la capacidad de potencia reactiva (evaluada mediante la prueba *Drop Jump*) y la fuerza isométrica unilateral de la musculatura isquiosural (medida a través del test *SLH 30/30*) en futbolistas profesionales del club Real Santander. Para alcanzar este propósito, la investigación se centrará en caracterizar los perfiles neuromusculares individuales e identificar la magnitud de las asimetrías bilaterales en los miembros inferiores. A partir de esta caracterización cruzada, se busca aportar nueva evidencia sobre el rol de estos componentes como determinantes del perfil neuromuscular, siendo fundamentales tanto para la optimización del rendimiento físico como para la prevención estratégica de lesiones en el fútbol profesional femenino en Colombia.

## Metodología de análisis y recolección de datos

### Diseño de la Investigación

Se desarrolló un estudio de enfoque cuantitativo, con un diseño observacional de corte transversal y un alcance descriptivo-exploratorio. El propósito principal fue analizar la relación entre la capacidad de potencia reactiva, evaluada a través de la prueba *Drop Jump (DJ)* y la fuerza isométrica unilateral de los isquiotibiales, medida mediante el test *Single Leg Hamstring 30/30 (SLH 30/30)*, en futbolistas profesionales de la liga femenina de Colombia.

Las mediciones se ejecutaron en una única jornada de evaluación (*testing day*) durante la fase previa al inicio de la pretemporada. Este momento temporal garantizó que todas las jugadoras se encontraran metabólicamente activas y sin la fatiga acumulada propia de la competición regular.

Se establecieron los siguientes criterios de exclusión para la selección final de la muestra: a) presencia de lesiones músculo-esqueléticas en miembros inferiores que hubieran limitado el entrenamiento regular o la marcha durante los últimos 3 meses, y b) manifestación de dolor agudo o incapacitante al momento de ejecutar los gestos biomecánicos.

### **Características de las Participantes**

La muestra final estuvo conformada por 13 futbolistas profesionales ( $n = 13$ ) pertenecientes al primer equipo del club Real Santander Femenino. La caracterización sociodemográfica indicó una población joven (con un promedio de edad aproximado de 19 a 20 años) y perteneciente mayoritariamente a los estratos socioeconómicos 2 y 3, variables contextuales relevantes para comprender el historial de exposición a programas preventivos y tecnológicos de fuerza en etapas de formación.

El presente estudio se desarrolló bajo estricto apego a los lineamientos de la Declaración de Helsinki para la investigación con seres humanos. Previo a la recolección de datos, se realizó una sesión informativa con el cuerpo técnico y las deportistas, donde se detallaron los procedimientos y la naturaleza exploratoria del estudio. Asimismo, todos los procedimientos, protocolos de evaluación biomecánica y el formato de consentimiento informado y asentimiento (para menores de edad) fueron sometidos a revisión y contaron con el aval oficial del Comité de Ética de la Universidad Santo Tomás - Bucaramanga, garantizando así la protección de los derechos, la integridad física y la confidencialidad de los datos de todas las jugadoras participantes.

### **Instrumentos de Medición**

Para la cuantificación precisa de las variables cinéticas, cinemáticas y temporales de ambas pruebas, se utilizó un sistema de plataformas de fuerza duales de grado médico (ForceDecks, VALD Performance, Brisbane, Australia). Este hardware operó a una frecuencia de muestreo de 1000 Hz, permitiendo un análisis independiente y simultáneo de las extremidades derecha e izquierda. Los datos brutos fueron procesados automáticamente mediante el software propietario de *VALD Performance*, exportándose posteriormente en unidades absolutas (Newtons y segundos) y relativas a la masa corporal para su tabulación.

### **Descripción de los Procedimientos**

Las evaluaciones se llevaron a cabo de manera individual en un entorno controlado. Como preparación fisiológica, las jugadoras completaron un calentamiento estandarizado basado en el protocolo de Turki et al. (2011), dirigido por el departamento de preparación física del club. Este consistió en 5 minutos de actividad aeróbica de baja intensidad, seguidos de 5 minutos de estiramientos dinámicos enfocados en la cadena posterior (glúteos e isquiotibiales) y el complejo extensor de la rodilla (cuádriceps). Posteriormente, cada deportista recibió instrucciones verbales estandarizadas para garantizar la correcta ejecución de cada test.

### **Protocolo de la Prueba Drop Jump (DJ)**

Para evaluar el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) rápido y la capacidad de propulsión concéntrica, cada jugadora ejecutó tres intentos de DJ. Se utilizó un cajón pliométrico con una

altura de 30 cm, medida considerada óptima en la literatura deportiva femenina para inducir una sobrecarga excéntrica segura sin alterar la mecánica de despegue (Flanagan & Comyns, 2008).

El procedimiento técnico se estandarizó bajo las siguientes directrices:

1. La atleta partió desde una posición bípeda sobre el cajón, manteniendo las manos firmemente apoyadas en la cintura (crestas ilíacas) durante todo el recorrido para neutralizar el impulso auxiliar de los miembros superiores (Lees et al., 2004).
2. El descenso se realizó "dejándose caer" hacia adelante (sin saltar ni elevar el centro de gravedad previo a la caída).
3. El aterrizaje debía ser simultáneo, contactando la plataforma de fuerza principalmente con el antepié y evitando el impacto plano del talón.
4. La instrucción cognitiva principal fue minimizar el tiempo de contacto en el suelo y rebotar de forma reactiva para alcanzar la máxima altura vertical posible.

Se otorgó un periodo de recuperación pasiva de 20 a 30 segundos entre cada repetición. De los tres saltos registrados, el software seleccionó el mejor intento para el análisis estadístico, extrayendo las variables de Altura de Salto (*Jump Height* en cm), Potencia Pico relativa a la masa corporal (*Peak Power / BM* en W/kg) y Fuerza Pico de Despegue Bilateral (*Peak Drive-Off Force* en N).

### **Protocolo de la Prueba Single Leg Hamstring 30/30 (SLH 30/30)**

La evaluación de la fuerza de frenado de los isquiotibiales se fundamentó en los protocolos isométricos validados por McCall et al. (2015) y Moraleda et al. (2025). Esta prueba se seleccionó por su alta especificidad biomecánica, ya que reproduce los ángulos articulares críticos donde la musculatura isquiosural es más vulnerable durante la fase de oscilación tardía del sprint.

El test se ejecutó siguiendo este rigor postural:

1. La jugadora se ubicó en posición decúbito supino (boca arriba) sobre una colchoneta contigua al sistema de evaluación.
2. Las extremidades a evaluar se posicionaron con una flexión de cadera de aproximadamente 30° y una flexión de rodilla de 30°. El talón se apoyó firmemente sobre el centro de la plataforma de fuerza (o sobre la celda de carga del dispositivo de tracción de *ForceDecks*).
3. La extremidad contralateral permaneció extendida y en reposo. Los brazos se ubicaron cruzados sobre el pecho para evitar compensaciones de empuje contra el suelo.
4. A la señal del evaluador, la participante realizó una Contracción Isométrica Voluntaria Máxima (CIVM), empujando el talón contra la plataforma con la mayor fuerza y velocidad posibles durante un periodo de 3 a 5 segundos.

5. Se brindó estímulo verbal vigoroso y estandarizado durante cada contracción para asegurar la máxima implicación del sistema nervioso central.

Se realizaron tres repeticiones por cada pierna, alternando las extremidades con un descanso de 30 segundos entre esfuerzos para evitar la fatiga neural. A partir de la curva fuerza-tiempo generada, se extrajeron tres métricas fundamentales: la Fuerza Pico Vertical (*Peak Vertical Force* en N/kg), el Tiempo hasta alcanzar la Fuerza Pico (*Start Time to Peak Force* en segundos), y la Tasa de Desarrollo de Fuerza en la ventana crítica de los 200 milisegundos iniciales (*RFD - 200 ms* en N/s). Además, el sistema calculó automáticamente el porcentaje de asimetría bilateral entre la pierna dominante y la no dominante.

## Resultados

### Caracterización Sociodemográfica y Clínica de la Muestra

El procesamiento y análisis estadístico de los datos descriptivos se llevó a cabo utilizando el software econométrico y bioestadístico Stata (StataCorp, Texas, EE. UU.), lo que permitió una estratificación robusta de las frecuencias, porcentajes y medidas de dispersión de la muestra.

La población de estudio estuvo conformada por futbolistas femeninas activas, ubicadas principalmente en la categoría sub-20, con una edad media de  $19.69 \pm 3.90$  años. Desde una perspectiva sociodemográfica, la muestra se concentró predominantemente en el nivel socioeconómico medio (76.92%), seguido por el nivel alto (15.38%) y el nivel bajo (7.69%). Este predominio de los estratos medio y bajo (agrupando el 84.61% de la población) constituye una variable contextual clave para el análisis posterior, ya que refleja entornos formativos que históricamente presentan limitaciones en el acceso a tecnologías de monitorización de cargas y programas estructurados de fuerza en etapas tempranas. En cuanto a la distribución táctica en el terreno de juego, se observó una mayor representación de posiciones defensivas y de contención, destacándose las defensas centrales (30.77%), seguidas de manera equitativa por laterales, volantes, delanteras y extremas (15.38% respectivamente), y arqueras (7.69%).

Al revisar la anamnesis ortopédica previa a las valoraciones, el escenario preventivo resultó sumamente crítico. Apenas una jugadora (7.69%) llegó a las pruebas sin antecedentes de lesión. El 92.31% del equipo arrastraba un historial de daños músculo-esqueléticos en el tren inferior. Las incidencias más frecuentes incluyeron desgarros del recto anterior, esguinces de tobillo y esguinces del ligamento colateral (cada uno con un 15.38% de prevalencia). A esto se suman traumatismos de alta severidad estructural, como rupturas del ligamento cruzado anterior (LCA), fisuras meniscales y contracturas isquiosurales, presentes en un 7.69% respectivamente. Esta abrumadora carga lesional previa sirve como telón de fondo indispensable para interpretar las deficiencias estabilizadoras que arrojaron las plataformas de fuerza (*Figura 1*).

**Figura 1.** Prevalencia y tipología del historial lesional en la muestra evaluada.

El 92.31% de las jugadoras reportó antecedentes de lesión ortopédica, destacando la alta incidencia clínica en el complejo articular de la rodilla (46,16) y el tobillo.

### Perfil Biomecánico y Asimetrías Neuromusculares

La evaluación del perfil neuromuscular a partir de la prueba isométrica unilateral (*Single Leg Hamstring 30/30*) reveló deficiencias críticas en la capacidad de estabilización y velocidad de reclutamiento del complejo isquiosural. En cuanto a la producción de fuerza absoluta (*Peak Vertical Force*), la extremidad derecha registró una media de  $2.97 \pm 0.47$  N/kg, situando al 61.54% de la muestra fuera de la zona de riesgo clínico. La extremidad izquierda mostró valores ligeramente inferiores ( $2.85 \pm 0.49$  N/kg), con un 46.15% de jugadoras sin riesgo. A nivel bilateral, la diferencia en la fuerza máxima producida fue de apenas  $8.92 \pm 6.25\%$ , clasificando al 84.62% del equipo como "sin riesgo" de asimetría en este parámetro aislado.

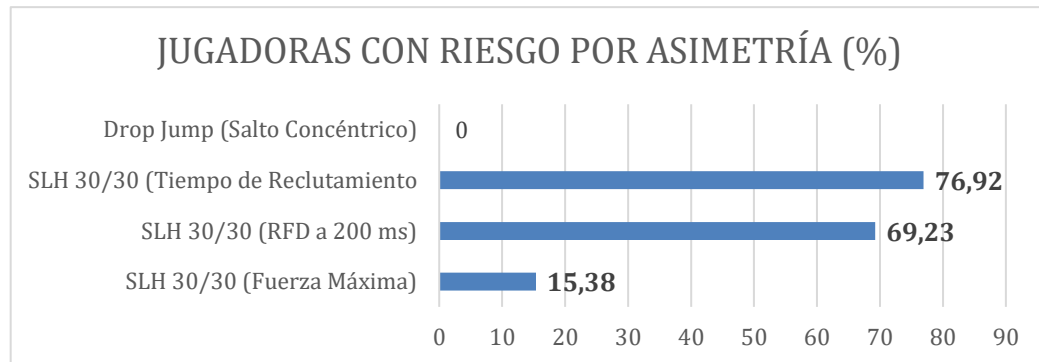
Sin embargo, la eficiencia temporal para alcanzar dicha fuerza (*Start Time to Peak Force*) evidenció un colapso sistémico en la muestra. El 100% de las extremidades evaluadas (tanto derechas como izquierdas) se ubicaron en la categoría de riesgo máximo. Las latencias de reclutamiento promediaron  $3.84 \pm 2.12$  segundos para la pierna derecha y  $2.54 \pm 1.09$  segundos para la izquierda, valores exponencialmente alejados de la ventana funcional de 500 milisegundos requerida en el alto rendimiento. Esta discrepancia temporal generó que el 76.92% de las jugadoras presentaran asimetrías de alto riesgo en sus tiempos de activación, con una diferencia media del  $32.23 \pm 21.58\%$  entre piernas.

Asimismo, la Tasa de Desarrollo de Fuerza en la ventana crítica de 200 ms (RFD - 200 ms) ratificó la lentitud del sistema: la extremidad derecha generó  $625.30 \pm 191.42$  N/s (69.23% en riesgo) y la izquierda  $525.34 \pm 245.50$  N/s (46.15% en riesgo), derivando en que el 69.23% de las jugadoras presentaran asimetrías severas en la aplicación explosiva de fuerza.

Paradójicamente, el rendimiento dinámico evaluado mediante el *Drop Jump* contrastó drásticamente con los déficits isométricos. En esta tarea bilateral, el equipo exhibió una alta capacidad reactiva y propulsiva, alcanzando una Altura de Salto media de 26.14 cm y una Potencia

Pico (*Peak Power / BM*) de 79.70 W/kg. Durante la fase de despegue concéntrico, el mecanismo compensatorio bilateral logró enmascarar las deficiencias unilaterales, registrando un 0% de riesgo por asimetría y una diferencia media de impulso de apenas 2.92% entre extremidades.

**Figura 2.** Contraste del riesgo de asimetría bilateral entre la tarea dinámica (Drop Jump) y las variables biomecánicas de la tarea isométrica unilateral (SLH 30/30).



El rendimiento dinámico evaluado mediante el Drop Jump contrastó drásticamente con los déficits isométricos.

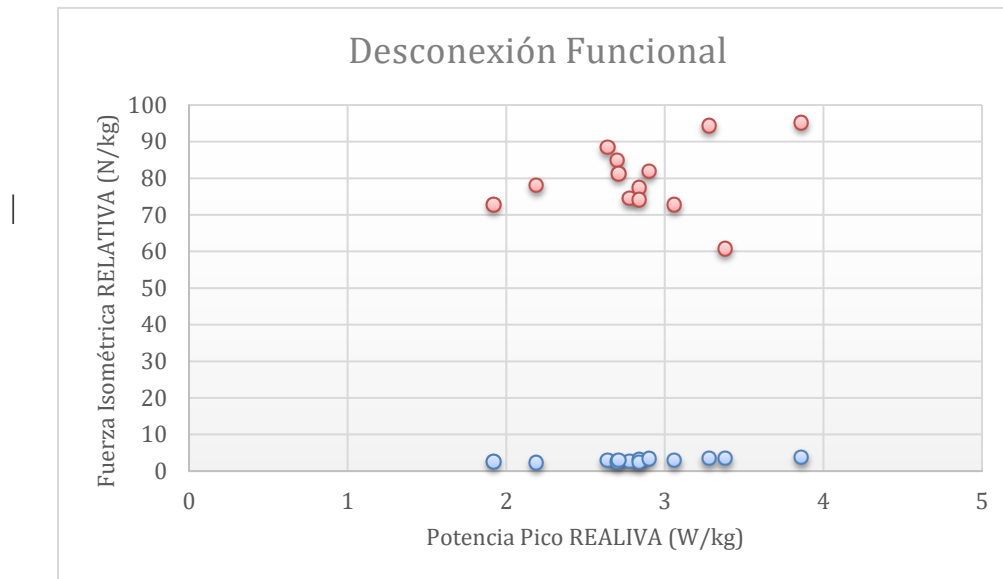
### Análisis de Correlación de Spearman

Para determinar la magnitud de la relación entre la capacidad de estabilización isométrica/excéntrica de la cadena posterior y el rendimiento reactivo concéntrico, se aplicó el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman ( $r_s$ ), cruzando las variables del *SLH 30/30* con las del *Drop Jump*.

El análisis estadístico demostró una ausencia de correlación positiva y significativa entre la Fuerza Pico Vertical isométrica y la Potencia Pico del salto reactivo ( $r_s = 0.18$ ,  $\rho = 0.554$ ). De igual manera, no se encontró una correlación estadísticamente significativa entre los tiempos de reclutamiento neuromuscular (*Start Time to Peak Force*) y la altura alcanzada en el *Drop Jump* ( $r_s = -0.12$ ,  $\rho = 0.697$ ).

Esta desconexión estadística confirma biomecánicamente el desfase funcional del plantel: la capacidad de las jugadoras para generar altos niveles de potencia propulsiva en el plano vertical (salto) es estadísticamente independiente de su capacidad para estabilizar y reclutar rápidamente la musculatura isquiosural. En términos clínicos, las jugadoras logran saltar alto y con potencia sin depender de la fuerza estabilizadora de sus isquiotibiales, lo que genera una sobrecarga en rodillas y en la cadena anterior del muslo (cuádriceps), validando estadísticamente el alto índice de historial lesional (92.31%) documentado en la muestra.

**Figura 3.** Diagrama de dispersión correlacional entre la potencia pico de despegue y la fuerza estabilizadora unilateral.



La amplia dispersión y la trayectoria de la línea de tendencia ilustran gráficamente la desconexión funcional de los sistemas neuromusculares.

## Discusión

- **La Paradoja Biomecánica: Enmascaramiento de Déficits en Tareas Bilaterales vs. Unilaterales**

El contraste entre las ejecuciones bilaterales y unilaterales expone lo que podría interpretarse como una paradoja biomecánica. Mientras que el Drop Jump proyectó un aparente bajo riesgo de asimetría, con diferencias de impulso menores al 3%, el aislamiento muscular que impone el SLH 30/30 reveló que una parte considerable del plantel convive con desbalances en su Tasa de Desarrollo de Fuerza y asimetrías temporales. Este comportamiento sugiere que el córtex motor podría estar orquestando estrategias de compensación; ante una exigencia a dos piernas, la carga tendería a desviarse hacia la extremidad hábil para salvaguardar el rendimiento del salto (Bishop et al., 2018). Analizar únicamente los datos del salto podría enmascarar posibles factores de riesgo estructural (Buckthorpe et al., 2019), los cuales parecen aflorar cuando se suprimen estos atajos neuronales mediante valoraciones isométricas (Romero-Moraleda et al., 2025).

- **Desfase Biomecánico entre Fuerza Absoluta y Eficiencia de Reclutamiento (El Perfil "Fuerte pero Lento")**

Una revisión de la prueba isquiosural permite observar un comportamiento dualista en las atletas. Si bien los picos absolutos de fuerza muestran a un porcentaje del grupo en zonas de menor

riesgo, el análisis temporal sugiere un escenario distinto: la muestra parece requerir tiempos prolongados para reclutar dicha fuerza (promedios de hasta 3.84 s). Producir buenos niveles de tensión muscular podría perder utilidad funcional si el sistema sobrepasa los 200 milisegundos que, según la literatura, conforman la ventana crítica para proteger la articulación (Maffiuletti et al., 2016). Considerando el contexto socioeconómico de la muestra, este letargo neuromuscular podría relacionarse con posibles limitaciones históricas en el acceso a programas de entrenamiento pliométrico y balístico durante sus fases sensibles de desarrollo motor (Lloyd & Oliver, 2012; Quiceno et al., 2021).

- **Desequilibrio Funcional: Alta Potencia en Drop Jump frente a Baja Estabilización Isquiosural**

El cruce de ambas evaluaciones sugiere la coexistencia de un aparato propulsivo destacado frente a un sistema de frenado potencialmente ineficiente. Las jugadoras son capaces de despegar alcanzando promedios de 26 cm de altura, conviviendo con tiempos de activación isquiosural prolongados. Este aparente desequilibrio podría alterar la co-contracción articular. Como advierte la literatura (Hewett et al., 2005), cuando el impulso motor supera la capacidad del tren posterior para absorber energía excéntricamente, los ligamentos podrían terminar asumiendo el impacto residual. Estos hallazgos exploratorios parecen alinearse con los postulados de Fahey et al. (2025), indicando que los programas preventivos deberían considerar emparejar el entrenamiento reactivo con el desarrollo de la RFD en los isquiotibiales.

La elevada prevalencia agrupada de lesiones de rodilla observada (46.16%) guarda una relación lógica con el déficit de estabilización isométrica identificado. Si consideramos que la muestra posee un sistema propulsivo potente, pero con tiempos de reclutamiento isquiosural significativamente lentos, es probable que la rodilla haya operado históricamente bajo un fenómeno de dominancia del cuádriceps sin el freno protector necesario. Como sugieren Hewett et al. (2005), este desequilibrio neuromuscular es un predictor directo de las lesiones estructurales (LCA y meniscos) que predominan en este equipo.

- **El Paradigma de la "Simetría Disfuncional" o "Simetría de Bajo Rendimiento"**

Los estadísticos obligan a reflexionar sobre la visión tradicional que equipara la simetría exclusivamente con la salud deportiva. Aunque los datos muestran a un 23% de las jugadoras sin asimetrías de tiempo entre sus piernas, ambas extremidades registran tiempos de activación lentos frente a las demandas de élite. Este escenario se aproxima a lo que Bishop et al. (2021) catalogan como un perfil de "simetría disfuncional". Una atleta simétricamente lenta podría padecer vulnerabilidades mecánicas equiparables a las de una francamente asimétrica. Esto sugiere que la intervención de la asimetría cobraría mayor relevancia clínica cuando al menos una de las extremidades ha logrado consolidar los estándares funcionales exigidos por fútbol profesional

### **Limitaciones del estudio**

La presente investigación contiene ciertas limitaciones metodológicas que deben tenerse en cuenta al interpretar sus hallazgos. En primer lugar, el tamaño reducido de la muestra ( $n= 13$ ) y el diseño de corte transversal confieren a este estudio un carácter estrictamente exploratorio. Por consiguiente, los resultados observados no permiten establecer inferencias causales definitivas entre los déficits de estabilización isométrica y la incidencia real de lesiones en el campo de juego.

En segundo lugar, durante la fase de recolección de datos no fue posible registrar el peso corporal exacto de las participantes en el momento de la prueba, lo cual podría inducir ligeras variaciones en la precisión de las variables relativas a la masa corporal. Finalmente, la plataforma empleada no permitió registrar el tiempo de contacto durante la ejecución del *Drop Jump*, una métrica que habría posibilitado el cálculo del Índice de Fuerza Reactiva (RSI) para enriquecer aún más el perfil del ciclo estiramiento-acortamiento. Se sugiere que futuras líneas de investigación repliquen este abordaje con muestras poblacionales más amplias y diseños longitudinales.

### **Conclusiones**

Los hallazgos de este estudio exploratorio sugieren que ostentar una alta capacidad reactiva en tareas dinámicas no necesariamente se traduce en una competencia equivalente de los mecanismos estabilizadores. La cohorte analizada parece exhibir un fenotipo biomecánico donde un aparato extensor explosivo cohabita con una cadena isquiosural de respuesta lenta. Esta aparente desconexión neurofisiológica, respaldada por la ausencia de correlación estadística en esta muestra, podría perfilarse como un factor que contribuya a comprender el amplio historial de lesiones previas del plantel.

Asimismo, los datos insinúan que confiar el monitoreo de la atleta exclusivamente a evaluaciones bilaterales podría generar un sesgo interpretativo, ocultando posibles déficits unilaterales que parecerían emerger solo mediante aislamientos isométricos. Por lo tanto, se plantea la necesidad de que los futuros programas de preparación física femenina no solo prioricen la altura del salto, sino que incorporen estrategias para optimizar la Tasa de Desarrollo de Fuerza (RFD), buscando mitigar el riesgo de daño articular.

Finalmente, la notable incidencia de lesiones agrupadas en la articulación de la rodilla (46.16%) resulta sugestiva para trascender los métodos de evaluación convencionales. Esta evidencia invita a considerar que tales traumas previos podrían ser la manifestación clínica de una desconexión funcional entre la potencia de salto y la capacidad de frenado, lo que sugiere la pertinencia de replantear los protocolos de retorno al juego y prevención primaria en el contexto del fútbol femenino colombiano.

## Referencias

- Bishop, C., Turner, A., & Read, P. (2018). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 36(10), 1135-1144.
- Buckthorpe, M., Wright, S., Bruce-Low, S., Nanni, G., Stutchfield, T., Goss-Sampson, M., & Gimpel, M. (2019). Recommendations for hamstring injury prevention in elite football: translating research into practice. *British Journal of Sports Medicine*, 53(7), 449-456.
- Byrne, D., Browne, D., Byrne, Paul., Richardson, N. 2017. Interday Reliability of the Reactive Strength Index and Optimal Drop Height. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31(3):p 721-726. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001534
- Chavda, S., Turner, N., Baker, P., Freeman, P., Ribeiro, J., Meldrum, S., & Bishop, C. (2018). Is bilateral asymmetry in drop jump performance associated with change of direction speed in youth soccer players? *Sports*, 6(4), 163.
- Cuthbert, M., Peart, A., Latif, M. S., Evans, M., & Read, P. 2021. The validity and reliability of a smartphone application for measuring the reactive strength index and drop jump performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 20(4), 746–753.
- Doyle, B., Browne, D., & Horan, D. 2021. Age-Group Differences in Reactive Strength and Measures of Intra-day Reliability in Female International Footballers. *International Journal of Strength and Conditioning*.
- Fahey, J., Confort, P & Ripley, N. 2025. Lower Limb Muscle Strength Matters: Effect of Relative Isometric Strength on Countermovement and Rebound Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *National Library of Medicine*. 10;4(3), 23. doi: 10.3390/muscles4030023
- Fernández, I., García, F., Charneco, G., Cárdenas, J., Ortega, Y., Carrion, O., Fernández, L. 2022. Knee Isokinetic Profiles and Reference Values of Professional Female Soccer Players. *Sports (Basel)*. No.10(12):204. doi: 10.3390/sports10120204.
- Flanagan, E & Comyns, T. 2008. The Use of Contact Time and the Reactive Strength Index to Optimize Fast Stretch-Shortening Cycle Training. *Strength & Conditioning Journal* 30(5):32-38. DOI:10.1519/SSC.0b013e318187e25b
- Flanagan, E., Ebben, W., & Rnadall, J. 2008. Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(5)/1677–1682.
- Guillén, M. C. (2022). Efecto agudo de la biomecánica del aterrizaje y factores neuromusculares del salto tras un partido en jugadoras de fútbol [Trabajo de Fin de Máster, Universidad Miguel Hernández de Elche]. Repositorio Institucional RediUMH.

- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt Jr, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492-501.
- Lees, A., Vanrenterghem, J., De Clercq, D. (2004). Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *Journal of Biomechanics*. 37(12), 1929-1940.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.02.021>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61-72.
- McMahon, J., Suchomel, J., Lake, P., & Comfort, P. (2018). Understanding the key phases of the countermovement jump force-time curve. *Strength & Conditioning Journal*, 40(4), 96–106.
- Maffiuletti, A., Aagaard, P., Blazevich, J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*. 116(6), 1091–1116.
- McCall, A., Nedelec, M., Carling, C., Le Gall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2015). Reliability and sensitivity of a simple isometric posterior lower limb muscle test in professional football players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1298–1304.
- Moraleda, B., Mazola, I., Vasquez, A., Gonzáles, J. 2025. Individual changes in neuromuscular performance in the Spanish women's national football team throughout the 2023 World Cup. *Biology of Sport*. 42(3), 79-87. doi: 10.5114/biolsport.2025.146789.
- Quiceno, C., & Mantilla, I. (2021). Perfil de la fuerza y potencia muscular en futbolistas profesionales: Consideraciones biomecánicas y diferencias por sexo. *Kronos: Revista Universitaria de la Educación Física y el Deporte*, 20(1), 1-12.
- Pardos-Mainer, E., Casajús, A., & Gonzalo-Skok, O. (2021). Adolescent female soccer players' physical performance and inter-limb asymmetries after a plyometric training program with different landing instructions. *Journal of Sports Sciences*, 39(8), 915–923.
- Quiceno, C., Alfonso, J., Samudio, M., Del Castillo, D. 2021. Efecto de un programa de prevención de lesiones en la fuerza muscular de jugadoras de futbol profesional colombiano. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. No.10(2): 1-17. DOI: 10.24310/riccafd.2021.v10i2.11323
- Quintero, E., Carrero, H., Cetina, F., Gil, S., & Afanador, F. (2024). Dosis-respuesta del entrenamiento excéntrico para prevenir lesiones en isquiotibiales en futbolistas: una revisión sistemática con metaanálisis. *Retos*, 57, 8-17.

Raya, M., Ruiz, E., & De la Cruz, C. (2022). Estudio descriptivo de las lesiones de ligamento cruzado en el fútbol femenino: Relación con el ciclo menstrual y mecanismos de no contacto. *Retos*, 47, 1-9.

Read, P., Pedley, S., Eirug, I., Sideris, V., & Oliver, J. (2022). Impaired stretch-shortening cycle function persists despite improvements in reactive strength after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(5), 1238-1244.

Stolen, Tomas., Chamari, K., Castagna, C., Wisloff, U. 2005. Physiology of Soccer. *Sports Medicine*. 35, 501-36. DOI:10.2165/00007256-200535060-00004.

Timmins, R., Bourne, M., Shield, A., Williams, D., Lorenzen, C., Opar, D. 2015. Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*. 50(24).

Turki, O., Drinkwater, E., Chaouachi, A., Chatra, M., Chamari, K., Mohamed, A., Behm, D. 2011. Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(9):p 2453-2463. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31822a5a79