



Índice de rendimiento posicional en fútbol juvenil mediante análisis de componentes principales

Positional performance index in youth football through principal component analysis

Autores

Luis Felipe Melo Ipiates ¹
 Miguel Ángel Gómez García ²
 Luis Adolfo Motato Rodríguez ³
 Julián David Galeano Virgen ⁴
 Javier Gaviria Chavarro ⁵

¹⁻⁴ Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte

⁵ Universidad Santiago de Cali

Autor de correspondencia:
 Miguel Ángel Gómez García
gomezgarciamiguel440@gmail.com

Recibido: 07-01-26
 Aceptado: 29-05-26

Cómo citar en APA

Melo Ipiates, L. F., Gómez García, M. Ángel, Motato Rodríguez, L. A., Galeano Virgen, J. D., & Gaviria Chavarro, J. (2026). Índice de rendimiento posicional en fútbol juvenil mediante análisis de componentes principales. *Retos*, 82, 164-179. <https://doi.org/10.47197/retos.v82.118527>

Resumen

Introducción: el fútbol juvenil presenta grandes desafíos, a partir de la identificación de las capacidades preponderantes que debe tener cada jugador según la posición de juego en la que estos se desempeñen.

Objetivo: el objetivo de esta investigación fue diseñar un Índice de Rendimiento Integrado por medio de análisis de componentes principales para diferenciar la posición en jugadores de fútbol.

Metodología: el estudio se desarrolló bajo un diseño transversal, analítico-comparativo y multivariante. La muestra estuvo conformada por 160 futbolistas masculinos categoría sub-20 pertenecientes a clubes formativos de la ciudad de Santiago de Cali. La muestra estuvo conformada por 160 futbolistas masculinos categoría U-20 pertenecientes a clubes formativos de la ciudad de Santiago de Cali. Se evaluaron los saltos CmJ y SJ utilizando el dispositivo de ADR Jumping, por otra parte, a partir del uso de fotoceldas se realizaron los test de sprint de 10,20,30 m., la prueba de cambios de dirección y el Illinois test. Finalmente, se aplicaron el salto horizontal, la prueba RSA 6×20 m y el Yo-Yo test, a partir del cual se estimó indirectamente el VO₂máx.

Resultados y Discusión: El análisis de componentes principales identificó tres componentes que explican el 51,5% de la varianza del rendimiento físico, destacando un eje principal velocidad-agilidad frente a resistencia aeróbica/potencia. Los índices derivados del PCA, especialmente el índice ponderado y el IIR, mostraron una alta capacidad discriminativa entre posiciones de juego, con tamaños del efecto muy grandes.

Conclusiones: El PCA permitió identificar ejes funcionales del rendimiento físico y construir un índice sensible a las demandas posicionales del fútbol juvenil.

Palabras clave

Fútbol juvenil; índice de rendimiento; posición de juego, análisis de componente principal.

Abstract

Introduction: Youth football presents significant challenges related to the identification of position-specific physical demands required by players according to their playing roles.

Objective: The aim of this study was to develop an integrated performance index based on principal component analysis to distinguish between playing position among youth football players.

Methodology: The study was conducted using a cross-sectional, analytical-comparative, and multivariate design. The sample consisted of 160 male U-20 football players affiliated with formative clubs in Santiago de Cali. The sample consisted of 160 masculine youth football players on the U-20, affiliated to formative clubs in Santiago de Cali. CMJ and SJ were applied to assess neuromuscular ability employing ADR jumping tool, also photocells were employed to evaluate sprint times on 10, 20 or 30 meters, change of directions and Illinois test were also used. Finally, the horizontal jump, the RSA 6×20 m test, and the Yo-Yo test were applied, with VO₂max estimated indirectly from the latter.

Results and discussion: Principal component analysis identified three components explaining 51.5% of the total variance in physical performance, highlighting a primary axis dominated by speed and agility in contrast to aerobic endurance and power. PCA derived indices, particularly the weighted index and the IIR, demonstrated a high discriminative capacity between playing positions, with large effect sizes.

Conclusions: PCA enabled the identification of key functional axes of physical performance and the development of a sensitive index reflecting the position-specific demands of youth football.

Keywords

Youth football; performance index; playing position; principal component analysis.

Introducción

El fútbol ha presentado una evolución y transformación significativas durante los últimos años (Motato et al., 2024). Este crecimiento ha permitido identificar que tener un nivel adecuado de condición física favorece la capacidad de fuerza, resistencia y velocidad, lo cual se traduce en una optimización del rendimiento mediante una mayor resistencia a la fatiga y una prolongación de los esfuerzos (Yu et al., 2021). Por otro lado, el control de las capacidades físicas permite identificar el nivel de sobrecarga en el deportista. Esto cobra especial relevancia en el contexto juvenil, en donde los atletas comienzan un proceso sistemático de entrenamiento, ya que posibilita reconocer con mayor precisión los aspectos que requieren fortalecimiento y mejora. Asimismo, estos controles son realizados a través de tecnologías validadas, si bien existen múltiples disciplinas deportivas que invierten en herramientas, pocas las implementan de forma sistemática, como se observa en el fútbol profesional (Pino-Ortega et al., 2021; Teixeira et al., 2023; Santacruz et al., 2025). Por esta razón, el análisis de componente físico es una técnica imprescindible en el contexto de deportistas juveniles, la cual permite identificar las demandas específicas que ocurren según cada posición de juego, adecuándose de esta forma a las necesidades individuales de cada deportista (Pérez-Contreras et al., 2025), permitiendo estimar la posición de juego según las exigencias que se presenten durante la competencia o entrenamiento.

Examinar grandes volúmenes de datos sobre rendimiento físico requiere de técnicas estadísticas avanzadas que permitan identificar relaciones significativas y expliquen la varianza entre variables. Por consiguiente, los métodos multivariados como el análisis de componentes principales (PCA), resultan esenciales para reducir la dimensionalidad de los datos y extraer patrones interpretables que optimicen la toma de decisiones (Azzami et al., 2025; Stone et al., 2022). De acuerdo con esto, los dispositivos que evalúan las capacidades físicas de los deportistas según la posición de juego extraen bastante información, sofisticando la dinámica de interpretación de datos, por lo que tratar de explicar cada variable de manera independiente se vuelve laborioso, aún más si el objetivo es analizar datos de una temporada entera. Por tal motivo, autores como Pérez-Contreras et al. (2025) han destacado la importancia de integrar enfoques más complejos, debido a que el análisis tradicional de métricas (estadística tradicional) no captura toda la información sobre el rendimiento físico y táctico, por lo que técnicas como el PCA se convierten en alternativas más deseables en este contexto.

La aplicabilidad del PCA en el fútbol profesional es recomendable por agrupar las variables y explicar la varianza total sobre el rendimiento físico señalando un índice de carga útil para examinar la fluctuación del esfuerzo interno y externo, las cuales miden las capacidades fisiológicas: frecuencia cardíaca, variabilidad de la frecuencia cardíaca y elementos de carga externa: aceleraciones, desaceleraciones, sprints, distancias recorridas (Rasid et al., 2025). Un control regular de las capacidades condicionales a través de pruebas físicas favorece la cuantificación del nivel de fatiga y sobrecarga (Pérez-Castilla et al., 2021; Claudino et al., 2017) especialmente en el fútbol donde la frecuencia de competición es considerable. Además, las evaluaciones que involucren gestos de carácter horizontal, cambios de dirección, sprint 30m, sprint 20m, salto vertical CMJ y SJ permiten identificar asimetrías y deficiencias en los sprints y aceleraciones que son movimientos esenciales en la actividad competitiva (Svynos et al., 2024; Krawczyk et al., 2024).

Considerar esta técnica de análisis mejora la interpretación de los datos que se extraen de GPS, monitores de frecuencia cardíaca, y cuestionarios de wellness, lo que se traduce en una mayor aplicabilidad de la información. En particular, Teixeira et al. (2023) encontraron que las variables: desaceleración, distancia del sprint, frecuencia cardíaca promedio, edad cronológica y velocidad de sprint máxima explicaban en mayor medida la varianza respecto a la monitorización de la carga total de entrenamiento. De igual forma, otros estudios han observado el efecto de agrupar las posiciones de juego según las aptitudes físicas de los jugadores, encontrando una diferencia en fuerza, agilidad y velocidad de cada posición (Azzami et al., 2025), señalando la importancia del PCA. De esta forma, los investigadores en ciencias del deporte, analistas y entrenadores que inspeccionen un índice de rendimiento por medio de PCA pueden identificar variables más representativas (Oliva-Lozano et al., 2021; Ryan et al., 2020) en efecto, los análisis tradicionales estiman la importancia de las variables a través de significancia estadística y tamaño del efecto (Kühberger et al., 2015), no obstante, este tipo de enfoque no es capaz de examinar la

contribución de un conjunto variables, trasladado al contexto deportivo, las técnicas inferenciales presentan obstáculos para interpretar un volumen considerable de datos en relación con un índice de rendimiento, por esta razón, es pertinente su estudio por PCA aplicado al fútbol.

El problema de base que se percibe por estas técnicas de análisis tradicional (estadística inferencial y descriptiva) es su incapacidad de contextualizar los hallazgos, basándose únicamente en resultados estadísticamente significativos y cuál es el tamaño de efecto de estos resultados en el caso de la posición de juego. Finalmente, un Índice de Rendimiento Integrado por PCA ayuda en el monitoreo del deportista, en ciertas ocasiones se ha observado la variabilidad de la técnica y la táctica en el resultado de la competencia (Pino-Ortega et al., 2021), además si se integran estos datos con los valores de sobrecarga interna y externa (Rasid et al., 2025), se obtiene resultados rigurosos y confiables. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue diseñar un Índice de Rendimiento Integrado por medio de análisis de componentes principales para diferenciar la posición en jugadores de fútbol.

Método

El estudio se desarrolló bajo un diseño transversal, analítico-comparativo y multivariante (Sampieri & Mendoza, 2018). Las mediciones físicas fueron realizadas en un único periodo de evaluación, sin intervención ni seguimiento longitudinal, con el propósito de caracterizar el perfil físico de futbolistas masculinos sub-20 y examinar diferencias según la posición de juego. El componente analítico-comparativo se fundamentó en la comparación de los índices derivados del análisis de componentes principales entre porteros, defensas, mediocampistas y delanteros. Asimismo, el enfoque multivariante respondió a la necesidad de sintetizar múltiples indicadores de rendimiento físico en componentes comunes y construir un índice integrado que permitiera interpretar de manera global las diferencias posicionales (Ortega, 2018).

Participantes

La población estuvo conformada por futbolistas masculinos sub-20 pertenecientes a clubes formativos de la ciudad de Cali, quienes entrenaban y competían de manera regular durante el periodo de evaluación. La muestra fue seleccionada de forma intencional y estuvo integrada por jugadores activos en sus respectivos planteles, aptos para la realización de pruebas físicas de campo.

Como criterios de inclusión se consideraron: ser futbolista masculino de categoría sub-20; pertenecer a un club formativo de la ciudad de Cali; encontrarse activo en el plantel durante el periodo de evaluación; participar regularmente en los procesos de entrenamiento y competencia; contar con al menos seis meses de entrenamiento sistemático previo; y aceptar voluntariamente la participación en el estudio mediante la firma del consentimiento informado correspondiente.

Como criterios de exclusión se establecieron: presentar lesiones musculares, articulares o tendinosas agudas durante las seis a ocho semanas previas a la evaluación; reportar dolor o molestia física que limitara la ejecución de las pruebas; presentar una condición clínica que contraindicara la realización de esfuerzos físicos de alta intensidad; no completar la batería de pruebas físicas; o registrar intentos inválidos que impidieran obtener un dato confiable para el análisis.

La muestra final estuvo compuesta por 160 futbolistas sub-20, distribuidos de manera equitativa según la posición de juego: porteros ($n = 40$), defensas ($n = 40$), mediocampistas ($n = 40$) y delanteros ($n = 40$). Esta distribución balanceada permitió mejorar la comparabilidad entre grupos y favorecer la estabilidad del análisis multivariante, reduciendo asimetrías en el tamaño de los grupos y facilitando la interpretación de las diferencias posicionales en el rendimiento físico.

Procedimiento

Las evaluaciones físicas se realizaron bajo condiciones estandarizadas para todos los participantes, procurando mantener el mismo horario de aplicación y condiciones similares de superficie, espacio y organización del campo. Con el propósito de reducir el efecto de la fatiga acumulada sobre el rendimiento, las pruebas fueron distribuidas en diferentes momentos de la semana y se dejó al menos un día intermedio de recuperación entre sesiones de evaluación. Antes de iniciar cada jornada, se verificó que los

futbolistas no reportaran dolor, lesión reciente o molestias musculares que limitaran la ejecución de los test.

Previo a la aplicación de las pruebas, todos los participantes realizaron un calentamiento estandarizado compuesto por dos fases. La primera correspondió a una activación general de aproximadamente 8 minutos, que incluyó movilidad articular, desplazamientos suaves, ejercicios coordinativos y progresiones de carrera. La segunda fase tuvo una duración aproximada de 5 minutos y estuvo orientada a la preparación específica de los gestos evaluados en cada sesión, incluyendo saltos submáximos, aceleraciones progresivas, cambios de dirección controlados o desplazamientos intermitentes, según la prueba correspondiente.

Las pruebas se aplicaron siguiendo un orden orientado a minimizar la interferencia entre capacidades físicas. En primer lugar, se realizaron las pruebas neuromusculares de salto; posteriormente, las pruebas de velocidad lineal y cambio de dirección; y finalmente, las pruebas de resistencia intermitente o esfuerzos repetidos, debido a su mayor demanda metabólica. Entre intentos de una misma prueba se otorgaron pausas de recuperación para evitar la fatiga inmediata, y entre pruebas se establecieron descansos más amplios antes de continuar con la siguiente evaluación. En términos generales, se concedieron entre 60 y 90 segundos de recuperación entre intentos de salto, entre 2 y 3 minutos entre intentos de sprint o cambio de dirección, y entre 5 y 8 minutos entre pruebas de distinta naturaleza. Cuando una ejecución no cumplía los criterios técnicos establecidos, el intento se consideraba nulo y se repetía después del tiempo de recuperación correspondiente.

Todas las mediciones fueron realizadas por evaluadores previamente familiarizados con los protocolos, quienes explicaron y demostraron cada prueba antes de su ejecución. Además, se permitió a los participantes realizar intentos de familiarización cuando la naturaleza del test lo requería. Los resultados registrados correspondieron al mejor intento válido o al valor final alcanzado, según las características de cada prueba.

El estudio se desarrolló conforme a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki para la investigación con seres humanos. Todos los participantes fueron informados previamente acerca de los objetivos, procedimientos, posibles riesgos y beneficios del estudio, y firmaron voluntariamente el consentimiento informado antes de iniciar las evaluaciones. Se garantizó el derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias, así como la confidencialidad y el uso exclusivo de los datos con fines científicos, preservando el anonimato de los deportistas.

Instrumentos

La potencia de miembro inferior fue evaluada mediante las pruebas de Squat Jump (SJ) y Countermovement Jump (CMJ), utilizando el dispositivo ADR Jumping, el cual permitió registrar variables como altura del salto, tiempo de vuelo y tiempo de contacto (Jiménez-Olmedo et al., 2023; González-Conde, et al., 2022). Antes de cada prueba, los deportistas recibieron una explicación verbal y una demostración técnica. En el SJ, el participante inició desde una posición semiflexionada, evitando el contramovimiento previo; mientras que en el CMJ se permitió la acción excéntrico-concéntrica propia del gesto. Para cada prueba se realizaron tres intentos válidos, separados por 60 a 90 segundos de recuperación. Se seleccionó para el análisis el mejor intento técnicamente válido.

El salto largo horizontal se aplicó desde una posición inicial bípeda, con los pies ubicados detrás de una línea de referencia señalada mediante un cono (Castro-Piñero et al., 2010). El deportista debía realizar un salto horizontal máximo y estabilizar la caída sin desplazamientos adicionales. La distancia fue medida desde la línea inicial hasta la tuberosidad del calcáneo más cercana al punto de partida. Cada participante realizó tres intentos, con recuperación aproximada de 60 a 90 segundos entre ellos. Si el jugador perdía el equilibrio, movía los pies después del aterrizaje o no lograba mantener la posición final, el intento era considerado nulo y se repetía después del descanso establecido. Para el análisis se tomó la mayor distancia válida alcanzada.

Las pruebas de velocidad lineal en 10, 20 y 30 metros fueron evaluadas mediante fotoceldas ubicadas al inicio y al final de cada distancia (Ferro et al., 2014). Los participantes iniciaron desde una posición estática, ubicados detrás de la línea de salida, evitando movimientos previos que pudieran activar anticipadamente el sistema de medición. Cada deportista realizó tres intentos por distancia, con pausas de

2 a 3 minutos entre repeticiones, registrándose el menor tiempo válido como indicador de rendimiento. Los tiempos fueron almacenados automáticamente en una tableta vinculada al sistema de fotoceldas.

La capacidad de cambio de dirección fue evaluada mediante el test 505 y el Illinois Agility Test, también con apoyo de fotoceldas para el registro del tiempo. Antes de cada prueba se explicó el recorrido y se permitió una ejecución de familiarización a intensidad submáxima. En el test 505, el jugador debía acelerar, realizar el cambio de dirección en la línea establecida y regresar lo más rápido posible (Stewart et al., 2014). En el Illinois Agility Test, el deportista debía completar el recorrido respetando la trayectoria señalizada con conos. Se realizaron tres intentos válidos por prueba, con 2 a 3 minutos de recuperación entre intentos. Se registró el menor tiempo obtenido, siempre que la ejecución cumpliera con el recorrido y los criterios técnicos establecidos (Stewart et al., 2014).

La capacidad de repetir esfuerzos de alta intensidad fue valorada mediante la prueba RSA 6×20 m. Los jugadores realizaron seis sprints de 20 metros, separados por pausas breves de recuperación establecidas en el protocolo (Gabbett, 2010). Se registró el tiempo de cada repetición mediante fotoceldas y posteriormente se calculó el tiempo medio y el índice de fatiga. Esta prueba fue aplicada después de las pruebas de velocidad y cambio de dirección, garantizando un periodo de recuperación previo suficiente para reducir la interferencia de la fatiga acumulada.

Finalmente, la resistencia intermitente fue evaluada mediante el Yo-Yo test, aplicado en una pista oficial adaptada y señalizada. La prueba se realizó siguiendo una señal auditiva emitida por un parlante, que marcaba el ritmo de desplazamiento y la progresión de la intensidad (Bangsbo et al., 2008). Los participantes debían completar los recorridos de ida y vuelta conforme al tempo establecido. La prueba finalizaba cuando el deportista no lograba mantener el ritmo exigido en dos ocasiones consecutivas o decidía detenerse por fatiga voluntaria. Se registró la distancia total alcanzada y la fase final completada, datos que posteriormente fueron utilizados para estimar el $\text{VO}_2\text{máx}$.

Análisis de datos

Para el tratamiento de los datos se combinó un análisis descriptivo inicial con procedimientos multivariados e inferenciales. En primera instancia, se calcularon medidas de tendencia central y dispersión para caracterizar el perfil físico general de los futbolistas.

Posteriormente, se aplicó un análisis de componentes principales (PCA) con el propósito de sintetizar la información contenida en las variables físicas evaluadas y detectar patrones comunes de rendimiento. Antes de su aplicación, todas las variables fueron estandarizadas mediante puntajes z, debido a que estaban expresadas en unidades de medida diferentes. De esta manera, el PCA se realizó sobre la matriz de correlaciones, evitando que las variables con mayor escala numérica tuvieran una influencia desproporcionada en la extracción de los componentes. La adecuación de los datos para el análisis multivariante se verificó mediante el índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. La extracción de los componentes se realizó mediante el método clásico de componentes principales, basado en la descomposición de la matriz de correlaciones y la estimación de autovalores y autovectores. El número de componentes retenidos se definió a partir del criterio de Kaiser, conservando aquellos componentes con autovalores mayores que 1. Adicionalmente, se examinó la proporción de varianza explicada por cada componente y la varianza acumulada, con el fin de valorar la capacidad sintética del modelo.

No se aplicó rotación a la solución factorial, dado que el propósito del análisis no fue obtener factores latentes independientes desde una perspectiva psicométrica, sino construir índices derivados directamente de la estructura original del PCA y conservar la jerarquía de varianza explicada por los componentes. Las cargas factoriales fueron interpretadas considerando su magnitud absoluta y su dirección. Para la descripción sustantiva de cada componente se otorgó mayor peso a las variables con cargas más elevadas en valor absoluto, especialmente aquellas iguales o superiores a 0.40, criterio que permitió identificar los dominios físicos predominantes asociados a cada componente.

A partir de las puntuaciones factoriales se construyeron distintos índices derivados del PCA: un índice basado en el primer componente, un índice ponderado que integra los componentes retenidos según su varianza explicada y un Índice Integrado de Rendimiento (IIR), configurado para que valores más altos reflejen un mejor desempeño físico global.



Con el fin de examinar si estos índices permitían diferenciar el rendimiento según la posición de juego, se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), considerando como factor las posiciones de campo. En los casos con diferencias significativas, se empleó la prueba post hoc de Tukey para identificar entre qué grupos se presentaban dichas diferencias. La magnitud de los efectos se complementó mediante el cálculo del η^2 parcial, con el objetivo de valorar la relevancia práctica de los hallazgos.

Todos los análisis se realizaron en el entorno de programación Python, y se adoptó un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Resultados

En total participaron 160 futbolistas juveniles, sobre quienes se analizaron variables asociadas a velocidad, agilidad, salto, resistencia aeróbica y potencia neuromuscular.

En las pruebas de sprint, los jugadores registraron tiempos promedio de 1.80 ± 0.08 s en 10 m, 3.08 ± 0.11 s en 20 m y 4.43 ± 0.16 s en 30 m, evidenciando un incremento progresivo acorde con la distancia recorrida. En el test 505 de cambio de dirección, el tiempo medio fue de 2.36 ± 0.09 s, mientras que en el Illinois Agility Test el valor promedio alcanzó 16.17 ± 0.68 s, mostrando variabilidad moderada en la capacidad de maniobra y desplazamiento con cambios de trayectoria.

En relación con las variables de salto, la altura del CMJ presentó una media de 38.93 ± 6.82 cm, y el salto horizontal alcanzó 230.92 ± 16.97 cm, valores que reflejan una adecuada expresión de fuerza explosiva de tren inferior en esta categoría etaria.

Respecto a la resistencia intermitente, el Yo-Yo test mostró un rendimiento promedio de 2520.68 ± 368.12 m, acompañado de un $\text{VO}_2\text{máx}$ estimado de 56.09 ± 3.82 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, indicando una capacidad aeróbica adecuada para jugadores juveniles en etapa formativa. Asimismo, el índice de RSA (6×20 m) presentó un tiempo medio de 6.99 ± 0.27 s, mientras que el índice de fatiga registró 4.24 ± 1.02 %, sugiriendo una tolerancia moderada a esfuerzos repetidos de alta intensidad.

Por su parte, la fuerza pico relativa alcanzó 28.86 ± 4.61 kg, evidenciando valores homogéneos entre participantes. Finalmente, el volumen semanal de entrenamiento osciló entre 5 y 8 horas, con un promedio de 6.56 ± 1.11 horas semanales, lo que confirma una exposición sistemática a cargas organizadas de práctica deportiva.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables físicas y de entrenamiento de los futbolistas sub-20

Variables	Mínimo	Máximo	Media	D_ estándar
Sprint_10m_s	1,6	2,02	1,801	0,0755
Sprint_20m_s	2,81	3,3	3,0786	0,11349
Sprint_30m_s	4,05	4,8	4,4348	0,16404
CambDirecc_505_s	2,17	2,6	2,3612	0,08729
Illinois_Agility_s	14,54	17,69	16,1687	0,67524
CMJ_altura_cm	25	55	38,9306	6,81963
SLargoHoriz_cm	180	273	230,9169	16,96841
YoYo_m	1510	3200	2520,68	368,119
VO2max_ml_kg_min	48	66	56,091	3,8176
FuerzaPicoRelativo_kg	20	39,8	28,8644	4,61356
RSA_6x20m_mean_s	6,2	7,67	6,9968	0,27106
IndiceFatiga%	1,72	8	4,2423	1,01931
Training_hours_Semana	5	8	6,56	1,114

Fuente: Elaboración propia

Al analizar la dispersión de las variables, se observó que la variabilidad entre jugadores no fue homogénea en todas las pruebas. Las variables con mayor heterogeneidad relativa fueron el índice de fatiga, la altura del CMJ, la fuerza pico relativa, las horas semanales de entrenamiento y la distancia alcanzada en el Yo-Yo test. Este comportamiento sugiere que, aunque los futbolistas pertenecían a una misma categoría competitiva, existían diferencias individuales relevantes en la capacidad de sostener esfuerzos repetidos, la expresión de potencia neuromuscular, la fuerza relativa y la tolerancia al ejercicio intermitente. En contraste, los tiempos de sprint en 10, 20 y 30 m, así como las pruebas de cambio de dirección,



presentaron menor dispersión relativa, lo que indica un comportamiento más homogéneo en las variables de velocidad lineal y agilidad dentro de la muestra. Esta diferencia en la variabilidad inicial es relevante porque permite comprender por qué algunas variables pueden aportar más información al análisis de componentes principales y contribuir de manera distinta a la construcción del índice integrado de rendimiento.

Antes de realizar el análisis de componentes principales, se verificó la adecuación de la matriz de correlaciones mediante el índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. El valor de KMO fue de 0,82, lo que indica una adecuada proporción de varianza común entre las variables y respalda la pertinencia del análisis multivariante. Asimismo, la prueba de esfericidad de Bartlett resultó significativa ($\chi^2 = 487,18$; $p < 0,001$), evidenciando que la matriz de correlaciones difiere significativamente de una matriz identidad. En conjunto, estos resultados indican que las variables físicas evaluadas presentan correlaciones suficientes para ser sintetizadas mediante análisis de componentes principales.

El análisis de componentes principales (PCA) permitió reducir la dimensionalidad de las variables físicas evaluadas y explorar patrones multivariados asociados al rendimiento de los jugadores. Según el criterio de Kaiser (autovalores > 1), se retuvieron tres componentes principales que en conjunto explican el 51.5% de la varianza total (Tabla 2). El primer componente (CP1) fue el más relevante, con un autovalor de 4.075 y una varianza explicada del 31.2%, seguido por el CP2 (11.7%) y el CP3 (8.7%).

Tabla 2. Varianza total por componente principal

Componente	Autovalor	VarianzaExp_%	VarianzaAcum_%
CP1	4.075	31.153	31.153
CP2	1.530	11.694	42.848
CP3	1.135	8.675	51.522

Fuente: Elaboración propia

Para facilitar la interpretación de los componentes, se consideraron principalmente las cargas factoriales con magnitud absoluta igual o superior a 0.40, sin desconocer la contribución secundaria de variables con cargas menores cuando aportaban sentido funcional al componente.

La matriz de cargas factoriales (Tabla 3) muestra la contribución de cada variable a los tres componentes extraídos. El CP1 agrupa principalmente las pruebas de velocidad y agilidad (Sprint 10 m: 0.752; Sprint 20 m: 0.619; Sprint 30 m: 0.685; Illinois: 0.603; 505: 0.585), además de la variable de resistencia anaeróbica intermitente RSA (0.651). En contraste, presenta cargas negativas en las variables asociadas a la resistencia aeróbica y la potencia de salto (YoYo: -0.627; VO₂máx: -0.539; CMJ: -0.443; Salto horizontal: -0.563). Esta configuración sugiere que CP1 representa un eje de rendimiento integrado velocidad-agilidad vs. resistencia aeróbica/potencia explosiva.

El CP2 (11.7% de varianza) se asocia de manera positiva con el CMJ altura (0.569) y el salto horizontal (0.513), además de la fuerza pico relativa (0.319), lo cual lo perfila como un componente de potencia de tren inferior.

El CP3 (8.7% de varianza) muestra un peso dominante en las horas de entrenamiento por semana (0.849), junto con una carga secundaria en el CMJ altura (0.357), reflejando un eje de exposición al entrenamiento más que de rendimiento directo.

Tabla 3. Matriz de cargas factoriales

Variable	CP1	CP2	CP3
Sprint 10m (s)	0.752	-0.125	-0.113
Sprint 20m (s)	0.619	-0.399	0.128
Sprint 30m (s)	0.685	-0.243	0.089
Cambios dirección 505 (s)	0.585	0.448	0.016
Illinois gility (s)	0.603	0.239	0.052
CMJ altura (cm)	-0.443	0.569	0.357
Salto horizontal (cm)	-0.563	0.513	0.094
YoYo (m)	-0.627	-0.461	0.045
VO ₂ máx (ml/kg/min)	-0.539	-0.534	-0.026
Fuerza pico relativa (kg)	-0.361	0.319	-0.035
RSA 6×20 m (s)	0.651	-0.108	-0.249
Índice de fatiga (%)	0.440	0.154	-0.341



Horas/semana	-0.081	-0.185	0.849
--------------	--------	--------	-------

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de evaluar la capacidad discriminativa de los índices derivados del PCA, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) considerando la posición de juego como factor independiente. La Tabla 4 resume los tamaños del efecto (η^2 parcial) asociados a cada índice. El índice ponderado, construido a partir de la combinación de los tres componentes retenidos, explicó la mayor proporción de la varianza entre posiciones ($\eta^2 p = 0.722$), mientras que tanto el Índice_CP1 como el Índice Integrado de Rendimiento (IIR, definido como $-\text{CP1}$ para orientar valores altos hacia mejor desempeño) alcanzaron un $\eta^2 p$ de 0.645. Estos valores corresponden a tamaños del efecto muy grandes, lo que evidencia que los tres índices son altamente sensibles para discriminar el rendimiento según la posición de juego.

Tabla 4. Tamaño del efecto Vs. Cada índice

Índice	η^2 parcial vs. Posición
Índice_CP1	0.645
Índice_Ponderado	0.722
IIR ($-\text{CP1}$)	0.645

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5 muestra las medias del IIR por posición. Se observa que los porteros presentan los valores promedio más elevados (2.75 ± 1.26), mientras que los jugadores de campo exhiben puntuaciones negativas, con los delanteros (-1.35 ± 1.31) como el grupo con menor rendimiento integrado. Volantes y defensas se ubican en un rango intermedio (-0.50 y -0.89 , respectivamente). Este patrón confirma que el índice logra captar diferencias sistemáticas entre posiciones, reflejando las demandas físicas específicas asociadas al rol de cada jugador en el campo.

Tabla 5. Medidas del índice de rendimiento por posición de juego

Posición	n	Media IIR	DE
Portero	40	2.750	1.258
Volante	40	-0.503	1.055
Defensa	40	-0.896	1.218
Delantero	40	-1.351	1.313

Fuente: Elaboración propia

Para profundizar en la interpretación del ANOVA, se realizaron comparaciones múltiples de Tukey (Tabla 5). Los resultados muestran diferencias significativas entre porteros y todos los demás grupos de jugadores de campo. En particular, los porteros obtuvieron valores de IIR significativamente más altos que defensas ($\Delta = 3.65$, $p < 0.001$), delanteros ($\Delta = 4.10$, $p < 0.001$) y volantes ($\Delta = 3.25$, $p < 0.001$). Asimismo, se observaron diferencias significativas entre delanteros y volantes ($\Delta = 0.85$, $p = 0.011$), indicando que los delanteros presentan un perfil integrado más bajo que los mediocampistas.

Por el contrario, las comparaciones entre defensas y delanteros ($p = 0.339$) y entre defensas y volantes ($p = 0.473$) no alcanzaron significancia estadística, lo que sugiere que estos grupos mantienen un rendimiento físico integrado relativamente similar.

Tabla 6. Comparación múltiple de Tukey

Comparación	Diferencia de medias	p-adj	IC 95% inferior	IC 95% superior	Diferencia significativa
Defensa - Delantero	-0.456	0.339	-1.161	0.250	No
Defensa - Portero	3.645	<0.001	2.939	4.350	Sí
Defensa - Volante	0.393	0.473	-0.312	1.098	No
Delantero - Portero	4.100	<0.001	3.395	4.806	Sí
Delantero - Volante	0.848	0.011	0.143	1.554	Sí
Portero - Volante	-3.253	<0.001	-3.957	-2.547	Sí

Fuente: Elaboración propia



El análisis post-ANOVA de Tukey (Tabla 6) observó cambios de rendimiento por posición de juego ajustado por el índice entre Defensa-Portero, Delantero-Portero, Portero-Volante y Delantero-Volante, lo que señala una diferencia de desempeño físico de los volantes y los porteros con respecto a los defensas y delanteros.

Discusión

Este modelo matemático representa una contribución significativa y novedosa al desarrollar un índice que integra variables de rendimiento específicas, alineadas con las características condicionales inherentes al fútbol. La aplicación del Análisis de Componentes Principales (PCA) permitió corroborar las diferencias posicionales previamente establecidas (Pillitteri et al., 2023) y subrayar la relevancia del entrenamiento en la adaptación de los futbolistas.

El fútbol es un deporte complejo (Perlaza Estupiñán et al., 2025) que se caracteriza por la variabilidad en los tipos de movimientos, desplazamientos y acciones con el balón (Baptista et al., 2018); estos pueden diferir según las variables contextuales presentes tanto en la competencia como en el entrenamiento (Gaviria Chavarro et al., 2025). Esta realidad exige comprender cuáles son los principales componentes físicos que inciden en la programación, control y la evaluación del desempeño en deportistas adolescentes. Por tanto, analizar la respuesta adaptativa de los futbolistas a partir de pruebas físicas clasificadas en locomotoras, mecánicas y metabólicas, así como su comportamiento según la posición de juego, resulta relevante no sólo para determinar el rendimiento físico, sino también para establecer criterios en la captación y selección de talento (Huang et al., 2025).

El modelo permite a los entrenadores optimizar los procesos de selección, toma de decisiones y seguimiento en clubes, materializándose en la generación de valores de referencia contextuales y condicionales específicos en deportistas previas al alto rendimiento, según evaluaciones realizadas. Este aporte supera la limitación impuesta por la ausencia de dispositivos GPS, constituyéndose en un estándar de referencia para este tipo de procedimientos (Akenhead & Nassis, 2016). De manera complementaria, el modelo ofrece un enfoque metodológico que influye positivamente en los procesos de entrenamiento, adaptando el contenido a las necesidades individuales de los deportistas. De este modo, se facilita la elaboración de planes de trabajo coherentes desde el punto de vista metodológico, con el propósito de elevar el rendimiento deportivo y optimizar la preparación de los deportistas.

Es importante por parte de los entrenadores adoptar una perspectiva sistémica u holística del deporte y la comprensión del modelo de planificación seleccionado, dada su alta incidencia en el entrenamiento y competencia, estudios como los de Duque et al. (2025) respaldan esta necesidad, sumado a la importancia de priorizar los objetivos formativos inherentes a la etapa de desarrollo en la que se encuentre el jugador de fútbol.

Entre tanto, el análisis de componentes principales clasificó las variables calculadas en tres componentes, explicando el 51,5% de la varianza (Tabla 2). Este nivel de síntesis resulta razonable de acuerdo con modelos que priorizan pocas dimensiones con valor práctico para el seguimiento del rendimiento interno (Oliva-Lozano et al., 2024).

El aporte del análisis trasciende la reducción estadística, al mostrar ejes funcionales relevantes: el CP1 integra velocidad y agilidad frente a la resistencia aeróbica y potencia, lo que permite evidenciar un eje crítico para la caracterización del perfil físico de los deportistas juveniles. Saward et al. (2020) demostraron que los futbolistas juveniles que alcanzaron el estatus de profesional presentaron un desarrollo superior en pruebas de sprint, agilidad y salto vertical desde edades tempranas, confirmando que estas capacidades son predictores longitudinales de éxito competitivo. Por su parte, el CP2, vinculado a la potencia de miembro inferior, confirma la importancia de las acciones explosivas en posiciones que requieren saltos, duelos aéreos, gestos técnicos como el pateo, entre otros. Esta dimensión no se presenta de manera aislada, pues estudios experimentales han mostrado que el incremento de la potencia repercute directamente en la mejora de la velocidad y la agilidad, capacidades que estructuran el CP1 (Baze et al., 2025).

El CP3, asociado a la exposición semanal al entrenamiento, evidencia cómo la carga acumulada influye en la expresión del rendimiento. Este hallazgo se complementa con lo reportado por Da Silva et al.



(2022), quienes observaron que un mayor volumen de entrenamiento físico y técnico-táctico se relaciona con el sprint, resistencia intermitente y potencia en miembro inferior, confirmando que la exposición regular mejora otras capacidades, siempre que se considere el estado de maduración para evitar efectos adversos.

Según lo evidenciado, los esfuerzos neuromusculares en eventos de alta intensidad y la resistencia (capacidad y potencia) en contextos juveniles constituyen ejes latentes. Al mismo tiempo, las variables de resistencia aeróbica y potencia de salto se presentan en oposición dentro del CP1, lo que confirma que la combinación de velocidad e intermitencia resulta determinante para explicar las diferencias posicionales y competitivas. Este análisis posibilita comprender la necesidad de diseñar planes de entrenamiento estructurados, en los que la fuerza se conciba como una capacidad transversal y asociada al desplazamiento, la técnica de carrera en consideración a las exigencias de movimiento propias del fútbol y la resistencia adquiera un criterio relevante, pero no únicamente desde una perspectiva aislada.

El CP2, se perfiló como un eje neuromuscular independiente del CP1, arrojando valores elevados en variables que evalúan la producción de fuerza. Esto se explica porque las variables consideradas en este componente se presentan en situaciones y contextos diferentes a los comprendidos en el CP1, lo que justifica la separación factorial entre componentes (Alanen et al., 2023).

Desde una perspectiva fisiológica, el CP2 refleja la capacidad de generar picos de fuerza en el menor tiempo posible, asociado principalmente a la activación de fibras tipo II, la eficiencia de los mecanismos en el reclutamiento neuromotor y la coordinación intermuscular. Lo que confirma que el entrenamiento neuromuscular incrementa la producción de fuerza explosiva y la estabilidad funcional en futbolistas, lo que respalda la interpretación del CP2 como un dominio fisiológico específico y esencial para orientar programas de entrenamiento (Jiménez-Rubio et al., 2025).

A partir de esta evidencia fisiológica, se destaca la relevancia que tiene la capacidad de la fuerza en el fútbol, estableciendo la necesidad de generar procesos metodológicos acordes con las posiciones de juego, la edad y las necesidades biológicas de los individuos, e incluso con las condiciones de infraestructura. Debe considerarse como una capacidad para tener en cuenta en los procesos de selección de jugadores y en la definición de posiciones de juego. En esta perspectiva, resulta imprescindible que el cuerpo técnico contemple estos elementos para el diseño de las sesiones de entrenamiento, con fines tanto preventivos como de desarrollo.

Asimismo, en distintos análisis por posición con componentes principales se ha observado que la fuerza se agrupa en ejes distintos a la velocidad en ciertos roles, especialmente en defensas, ya que sus desplazamientos y demandas son totalmente diferentes a los mediocampistas y delanteros, los cuales se ven expuestos a otro tipo de acciones a causa de la influencia que ejercen en el desarrollo del juego (Becerra Patiño et al., 2025).

Continuando con el CP3, este componente aporta información sobre el número de sesiones de entrenamiento y la cantidad de horas a las que se exponen los jugadores jóvenes en los clubes de fútbol, sin describir directamente capacidades físicas. Su cálculo explica cómo el proceso de entrenamiento incide en los valores obtenidos por los deportistas en las diferentes capacidades, justificando las variaciones observadas en la medición y confirmando que el organismo responde de manera diferente ante una carga externa o un estímulo de entrenamiento. Desde la fisiología, se evidencia que la exposición acumulada condiciona el proceso de adaptación neuromuscular y metabólica, donde la eficiencia en el reclutamiento motor, la recuperación energética y la estabilidad funcional dependen de la distribución semanal del estímulo (Xiong, 2025).

La evidencia científica respalda la relación entre entrenamiento y partido, señalando que la distribución semanal debe ajustarse a ciertos valores de referencia para garantizar una preparación adecuada. Esto resulta fundamental, dado que en el contexto competitivo se presenta el máximo desempeño de los deportistas. En investigaciones llevadas a cabo por Asian-Clemente et al. (2025a, 2025) en jugadores jóvenes, se explican las diferencias en las demandas derivadas por las variaciones de tamaño y características de los juegos, así como diferencias individuales dentro de esas tareas en el microciclo, respaldando el valor contextual de este componente.

El análisis de varianza (ANOVA) confirmó las diferencias por posición con tamaños de efecto muy grandes. Este resultado tiene relación con los contrastes posicionales en competición que aporta hace muchos años la evidencia científica, de igual forma hay que tener en consideración los diversos factores contextuales (Posición o rol, modelo de juego, resultado del partido, momento de la temporada, localia o visita, sistemas de juego, inicialistas o suplentes, calidad del rival, tipo de microciclo) que afectan los valores variables como: Distancia total, HSR, VSHR, aceleraciones, desaceleraciones, capacidad para repetir esfuerzos, lo que confirma una separación marcada entre roles (Silva et al., 2025; Baptista et al., 2018). El aumento de la discriminación al ponderar con CP3 sugiere que la cantidad semanal de exposición a dosis de entrenamiento explica y da una razón para entender la variabilidad posicional. (Ammann & Altmann, 2023)

El IIR mostró un orden posicional que ubica a los porteros con un perfil más favorable, seguidos por los volantes, mientras que defensas y delanteros presentan valores similares. Este patrón se relaciona con la estabilidad de los movimientos propios del entrenamiento y la competencia en porteros, quienes a su vez presentan demandas específicas caracterizadas por acciones explosivas, cambios de dirección y esfuerzos de máxima intensidad más que por volumen total de carrera (White et al., 2020).

En contraste, los jugadores de campo presentan mayor variabilidad. En efecto, mediocampistas y extremos suelen acumular mayor volumen y alta velocidad que delanteros centro y defensores centrales (Sarmiento et al., 2024). Además, se debe considerar que los jugadores de campo, según la función que ejecutan en su práctica, alternan esfuerzos intermitentes de moderada, alta y máxima intensidad, con otros momentos de pausa o baja intensidad, (Dolci et al., 2020) y las ya nombradas variables contextuales que modulan las respuestas fisiológicas en cada deportista.

Los resultados alcanzados en deportistas juveniles reflejan componentes principales de carácter físico semejantes a futbolistas de alto rendimiento.

Otro factor relevante es la incidencia de los entrenadores en el proceso de preparación, vinculada con la comprensión y la perspectiva sistémica que tienen del fútbol (Martín-Moya, 2022) y la forma en que desean que su equipo afronte la competición. La evidencia científica ratifica que, según el estilo de juego, se estimularan o no ciertas adaptaciones: ya sea en la asociación y el posicionamiento en espacios cortos, donde predominan variables neuromusculares y sin grandes desplazamientos, o, por el contrario, de manera reactiva, esperando responder al juego que proponga el equipo contrario, predominando variables de distancias recorridas a alta intensidad y desplazamientos más prolongados (Caldbeck & DosSantos, 2023; Asian-Clemente et al., 2024). Estos aspectos también sirven de referencia para los contenidos de entrenamiento, de acuerdo con los tipos de tareas, formatos, cantidad, normas de provocación utilizadas, constreñimientos; que modulan el proceso de estímulo respuesta del jugador (Beato et al., 2026; Rumpf et al., 2026).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que los deportistas pertenecen a clubes diferentes, lo cual genera interrogantes en cuanto a la variabilidad de los datos, dado su proceso formativo.

Cabe señalar que el índice tomó como referencia CP1, permitiendo entender que, en el cálculo, la muestra presentó disparidades significativas entre roles. De allí, que, para futuras investigaciones, resulte pertinente evaluar subposiciones, dado que en los defensores existen variaciones entre defensas centrales y laterales, de la misma manera que ocurre con mediocampistas y delanteros, comprendiendo que la función condiciona las exigencias.

Es importante considerar que las respuestas físicas por posición pueden verse alteradas por múltiples variables, lo que aconseja evitar la transferencia de umbrales entre planteles y temporadas. El índice diseñado constituye un soporte válido para un futuro seguimiento longitudinal por rol, siendo una herramienta útil para el control y evaluación del rendimiento en futbolistas juveniles. Asimismo, este índice permite a cuerpos técnicos cuantificar el déficit de rendimiento individual respecto al perfil posicional, facilitando la programación de las cargas de entrenamiento de las capacidades físicas principales identificadas.

Tal como señalan Pino-Ortega et al. (2021) el uso del PCA en deportes colectivos posibilita transformar grandes volúmenes de datos en criterios prácticos para el diseño del entrenamiento hasta la identificación del talento. Para fortalecer su aplicación en futuras investigaciones, se recomienda incluir métricas

más específicas del deporte y de la posición de juego, como HSR, VSHR velocidad máxima, potencia metabólica, aceleraciones, desaceleraciones, variables antropométricas, entre otros. De este modo, se robustecería la validez del índice y se facilitaría una comprensión más objetiva de la respuesta de los deportistas a los estímulos propios del fútbol.

Conclusiones

El análisis de componentes principales (PCA) permitió identificar tres ejes con significado funcional que explican la varianza observada en las respuestas físicas de los futbolistas juveniles y construir un índice sensible a la demandas posicionales. Este índice, basado en el CP1 y complementado con CP2 y CP3, confirma que las capacidades de acelerar, desacelerar, cambiar de dirección y repetir esfuerzos son determinantes en la caracterización del perfil físico juvenil.

La evidencia respalda la existencia de contrastes posicionales y enfatiza la necesidad las mediciones a diferentes categorías y géneros (Sánchez Barba, 2024; Rábano-Muñoz et al., 2023), garantizando la validez del índice y su utilidad para establecer lineamientos en la programación del entrenamiento en jugadores adolescentes.

En este sentido, se refuerza la importancia de considerar un enfoque holístico en la preparación deportiva, donde la fuerza, velocidad y resistencia (capacidad y potencia) se conciben como dimensiones interdependientes y superando limitaciones como la ausencia de GPS. De este modo, el estudio cumple con el objetivo planteado al ofrecer un aporte metodológico aplicable a la práctica, que contribuye a optimizar la planificación y la integridad de los deportistas en etapas formativas.

Agradecimientos

Agradecemos a los participantes del estudio y a la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte.

Financiación

Los investigadores reportan no haber recibido financiación de terceros, todo los instrumentos fueron por parte de los investigadores.

Afiliación de los autores

Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte, Luis Felipe Melo Ipiales; Miguel Ángel Gómez García; Luis Adolfo Motato Rodriguez; Julián David Galeano Virgen.

Universidad Santiago de Cali, Javier Gaviria Chavarro.

Referencias

- Alanen, A.-M., et al. (2023). Differences in situational patterns during change of direction in elite soccer. *Journal of Human Kinetics*, 89, 149–160. <https://doi.org/10.5114/jhk/169524>
- Ammann, L., & Altmann, S. (2023). Training and match load ratios in professional soccer: A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1151828. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1151828>
- Asian-Clemente, J. A., Beltrán-Garrido, J. V., & Requena, B. (2025a). Different sizes of position games in soccer: Effects on external load. *Biology of Sport*, 42(2), 177–185. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2025.144297>
- Asian-Clemente, J. A., Beltrán-Garrido, J. V., & Requena, B. (2025b). Assessing individual running demands in position games: A comparison between official matches and different task sizes in



- young professional soccer players. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12251> onlinelibrary.wiley.com
- Asian-Clemente, J. A., et al. (2024). Analysis of differences in running demands in soccer small-sided games: Effects of pitch dimensions. *Journal of Human Kinetics*, 89, 69–80. <https://doi.org/10.5114/jhk/175339>
- Azzami, S. Y. A., Hadi, H. P., Alzami, F., Irawan, C., Nurhindarto, A., & Sulistyono, M. T. (2025). Clustering and Profiling Analysis for FIFA Football Player using K-Means. *Jurnal Informatika Jurnal Pengembangan IT*, 10(1), 178–189. <https://doi.org/10.30591/jpit.v10i1.7897>
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test. *Sports Medicine*, 38(1), 37–51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Baptista, I., et al. (2018). Position-specific player load during match-play in professional football. *PLOS ONE*, 13(5), e0198115. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198115>
- Baze, A., Delia, B., Muca, G., & Derhemi, L. (2025). Impact of a structured training program on agility, strength, and sprint performance in U-13 soccer players. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 9(7), 66–73. <https://doi.org/10.55214/25768484.v9i7.8534>
- Becerra Patiño, J., Rodríguez-Agudelo, Y., Lucumí-Perea, J., Franco-Montoya, A., & Martínez-Cervera, F. (2025). Characterization of fitness profiles in youth soccer players in response to playing roles through Principal Component Analysis. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10, 40. <https://doi.org/10.3390/jfmk10010040>
- Caldbeck, P., & Dos'Santos, T. (2023). How do soccer players sprint from a tactical context? Observations of an English Premier League soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 40(23), 2669–2680. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2183605>
- Castro-Infantes, S., Soto Hermoso, V. M., Martín-Moya, R., Manuel Clemente, F., Sarmiento, H., Castillo-Rodríguez, A., & González-Fernández, F. T. (2024). Principal Component Approach and Relationship between Nomination Scale for Identification of Football Talent and Physical Fitness in Young Soccer Players. *Applied Sciences*, 14(17), 7569. <https://doi.org/10.3390/app14177569>
- Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Artero, E. G., Girela-Rejón, M. J., Mora, J., Sjöström, M., & Ruiz, J. R. (2010). Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *Journal of strength and conditioning research*, 24(7), 1810–1817. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d>
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 20(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Da Silva, M. H. A. F., Gonçalves, E., Aquino, R., Liparotti, J. R., Alves, M. J., Ribeiro, R. D., & Figueiredo, A. J. (2022). Effects of maturity status on anthropometric measures, physical fitness, and training load in young Brazilian soccer players. *Human Movement*, 23(1), 28–36. <https://doi.org/10.5114/hm.2021.104184>
- Dolci, F., Hart, N. H., Kilding, A. E., Chivers, P., Piggott, B., & Spiteri, T. (2020). Physical and energetic demand of soccer: A brief review. *Strength & Conditioning Journal*, 42(3), 70–77. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000533R>
- Duque, A. F., Delgado Gutierrez, K. A., Prado Velez, J. S., Gaviria Chavarro, J., Galeano Virgen, J. D., Orejuela Aristizabal, D. F., & Motato Rodriguez, L. A. (2025). Influencia entre edad, nivel académico y selección de modelos de periodización en entrenadores de fútbol. *Retos*, 70, 632–643. <https://doi.org/10.47197/retos.v70.113783>
- Ferro, A., Villaceros, J., Floría, P., & Graupera, J. L. (2014). Analysis of speed performance in soccer by a playing position and a sports level using a laser system. *Journal of human kinetics*, 44, 143–153. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0120>
- Gabbett, T. J. (2010). The development of a test of Repeated-Sprint ability for elite women's soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1191–1194. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181d1568c>
- Gaviria Chavarro, J., Motato Rodriguez, L. A., Galeano Virgen, J. D., Ortegón castaño, J. C., Muñoz Chavez, L. F., & Hurtado Hurtado, J. S. (2025). Comportamiento del perfil de movimiento en un club de fútbol femenino profesional durante competencia según algunas variables contextuales. *Retos*, 65, 520–531. <https://doi.org/10.47197/retos.v65.111287>



- González-Conde, A., González-Devesa, D., Suárez-Iglesias, D., & Ayán, C. (2022). The validity and reliability of a portable device (ADR-Jumping) to estimate vertical jump performance. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part P Journal of Sports Engineering and Technology*, 239(3), 349–355. <https://doi.org/10.1177/17543371221127079>
- Huang, J., Zhang, Y., Xu, M., Lv, Y., Zhang, J., & Shafieezadeh, M. M. (2025). Hybrid FAHP-FTOPSIS methodology for objective football player selection and ranking. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13973-6>
- Jimenez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomas, A., Pueo, B., & Villalon-Gasch, L. (2023). Reliability of ADR Jumping Photocell: Comparison of Beam Cut at Forefoot and Midfoot. *International journal of environmental research and public health*, 20(11), 5935. <https://doi.org/10.3390/ijerph20115935>
- Jiménez-Rubio, S., García-Albín, D., Estévez Rodríguez, J. L., & Jiménez-Sáiz, S. L. (2025). Effects of Neuromuscular Training on Stable Versus Unstable Surfaces on Unilateral Force Production and Stability in Elite Male Soccer Players. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(4), 379. <https://doi.org/10.3390/jfmk10040379>
- Krawczyk, M., Pocięcha, M., Tallent, J., & Ehiogu, U. D. (2024). Effects of vertical and horizontal strength exercises on sprint performance and sprint mechanical outputs in amateur soccer players. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*, 34(105), 60–67. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.3294>
- Kühberger, A., Fritz, A., Lerner, E., & Scherndl, T. (2015). The significance fallacy in inferential statistics. *BMC Research Notes*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13104-015-1020-4>
- Li, J., & Khongsuebsor, W. (2025). A data-driven multidimensional performance evaluation framework for university soccer midfielders. *International Journal of Innovation, Creativity and Change (IJIRSS)*, 8(2), 1855–1863. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i2.5555>
- Martín-Moya, R. (2022). Periodización táctica y metodología de enseñanza-entrenamiento-aprendizaje en fútbol. Modelo de Juego (Tactical periodization and teaching-training-learning methodology in soccer. Game model). *Retos*, 45, 693–703. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.92675>
- Motato, L. A., Ortegon Castaño, J. C., Galeano Virgen, J. D., Gaviria Chavarro, J., Orejuela Aristizabal, D. F., & Mena Montañez, L. K. (2024). Efectos fijos y aleatorios de la carga física con respecto a la posición de juego, según el tipo de microciclo en fútbol femenino con Tecnología IMU (Fixed and random effects of physical load across playing position, according to the type of microcycle in women's soccer with IMU Technology). *Retos*, 59, 953–962. <https://doi.org/10.47197/retos.v59.106782>
- Oliva-Lozano, J. M., Cefis, M., Fortes, V., López-Del Campo, R., & Resta, R. (2024). Summarizing physical performance in professional soccer: Development of a new composite index. *Scientific Reports*, 14, 14453. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65581-5> Nature
- Oliva-Lozano, J. M., Muyor, J. M., Ortuño, D. P., Rico-González, M., & Pino-Ortega, J. (2021). Analysis of key external and internal load variables in professional female futsal players: a longitudinal study. *Research in Sports Medicine*, 31(4), 309–318. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1963728>
- Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., Gómez-Martínez, F., & García-Ramos, A. (2021). Vertical jump performance is affected by the velocity and depth of the countermovement. *Sports biomechanics*, 20(8), 1015–1030. <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1641545>
- Pérez-Contreras, J., Villaseca-Vicuña, R., Aedo-Muñoz, E., Inostroza-Ríos, F., Brito, C. J., Bustamante-Garrido, A., Cortés-Roco, G., Loro-Ferrer, J. F., & Merino-Muñoz, P. (2025). External load in elite youth soccer players according to age category and playing position in official international matches. *Biomechanics*, 5(4), 78. <https://doi.org/10.3390/biomechanics5040078>
- Perlaza Estupiñán, A. A., Burgos Angulo, D. J., Menoscal Burgos, J. F., Vivero Quintero, C. E., Figueroa Silva, M. F., & Coello Castro, M. A. (2025). Metodología de entrenamiento integral vs enfoque tradicional para el desarrollo del rendimiento físico en futbolistas de 12-14 años. *Retos*, 70, 907–920. <https://doi.org/10.47197/retos.v70.113899>
- Pino-Ortega, J., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., & Rico-González, M. (2021). Training Design, Performance Analysis, and Talent Identification-A Systematic Review about the Most Relevant Variables through the Principal Component Analysis in Soccer, Basketball, and Rugby. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 2642. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052642>



- Rábano-Muñoz, A., et al. (2023). Internal and external loads in professional soccer players: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 87, 179–188. <https://doi.org/10.5114/jhk/162027>
- Rasid, A. M. A., Musa, R. M., Majeed, A. P. P. A., Eswaramoorthi, V., Raj, N. B., & Mohamed, Z. (2025). Longitudinal study of match load zones and performance in elite football: a multivariate analysis and machine learning technique. *Retos*, 65, 773–784. <https://doi.org/10.47197/retos.v65.111326>
- Ryan, S., Kempton, T., & Coutts, A. J. (2020). Data reduction approaches to athlete monitoring in professional Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(1), 59–65. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0083>
- Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta
- Sánchez Barba, M. (2024). Influencia de las variables contextuales en las acciones técnicas de jugadores de fútbol profesional durante la competición. *Retos*, 57, e105125. <https://doi.org/10.47197/retos.v57.105125>
- Santacruz Marín, C. A., España Chacua, W. A., Gaviria Chavarro, J., Motato Rodríguez, L. A., & Galeano Virgen, J. D. (2025). Predictive model of sprint performance based on countermovement jump and body mass index in football players. *Sportis: Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 11(4). <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.4.11646>
- Sarmiento, H., Martinho, D. V., Gouveia, É. R., Afonso, J., Chmura, P., Field, A., ... Clemente, F. M. (2024). The influence of playing position on physical, physiological, and technical demands in adult male soccer matches: A systematic scoping review with evidence gap map. *Sports Medicine*, 54, 2841–2864. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02088-z>
- Saward, C., Hulse, M., Morris, J. G., Goto, H., Sunderland, C., & Nevill, M. E. (2020). Longitudinal Physical Development of Future Professional Male Soccer Players: Implications for Talent Identification and Development? *Frontiers in Sports and Active Living*, 2. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.578203>
- Silva, H., Nakamura, F. Y., Gómez-Díaz, A., Menezes, P., & Marcelino, R. (2025). Match peak speed of elite male soccer players across a full season. *Kinesiology*, 57(1), 83–91. <https://doi.org/10.26582/k.57.1.7>
- Stewart, P. F., Turner, A. N., & Miller, S. C. (2014). Reliability, factorial validity, and interrelationships of five commonly used change of direction speed tests. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(3), 500–506. <https://doi.org/10.1111/sms.12019>
- Stone, J. D., Merrigan, J. J., Ramadan, J., Brown, R. S., Cheng, G. T., Hornsby, W. G., Smith, H., Galster, S. M., & Hagen, J. A. (2022). Simplifying External Load Data in NCAA Division-I Men's Basketball Competitions: A Principal Component Analysis. *Frontiers in sports and active living*, 4, 795897. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.795897>
- Svynos, G., Michailidis, Y., Kotsakis, P., Mandroukas, A., Metaxas, I., Gissis, I., & Metaxas, T. I. (2024). Effects of vertical and horizontal jumping asymmetries on linear and Change-of-Direction speed performance of female soccer players. *Applied Sciences*, 14(9), 3901. <https://doi.org/10.3390/app14093901>
- Teixeira, J. E., Forte, P., Ferraz, R., Branquinho, L., Morgans, R., Silva, A. J., Monteiro, A. M., & Barbosa, T. M. (2023). Resultant equations for training load monitoring during a standard microcycle in sub-elite youth football: a principal components approach. *PeerJ*, 11, e15806. <https://doi.org/10.7717/peerj.15806>
- White, A., Hills, S. P., Hobbs, M., Cooke, C. B., Kilduff, L. P., Cook, C., Roberts, C., & Russell, M. (2020). The physical demands of professional soccer goalkeepers throughout a week-long competitive microcycle and transiently throughout match-play. *Journal of Sports Sciences*, 38(8), 848–854. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1736244>
- Xiong, Z. (2025). Effects of Different Training Load Parameters on Physical Performance Adaptation in Soccer Players: How Complex Intensities Influence The Magnitude of Adaptations. *Journal of Sports Science and Medicine*, 475–484. <https://doi.org/10.52082/jssm.2025.475>
- Yu, L., Altieri, C., Bird, S. P., Corcoran, G., & Jiuxiang, G. (2021). The Importance of In-Season Strength and Power Training in Football Athletes: A Brief review and recommendations. *International Journal of Strength and Conditioning*, 1(1). <https://doi.org/10.47206/ijsc.vi0.23>



Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Luis Felipe Melo Ipiales
Miguel Ángel Gómez García
Luis Adolfo Motato Rodríguez
Julián David Galeano Virgen
Javier Gaviria Chavarro

luismeloipia@gmail.com
gomezgarciamiguel440@gmail.com
luis.motato@endeporte.edu.co
daga1293@gmail.com
javier.gaviria@gmail.com

Autor/a
Autor/a
Autor/a
Autor/a
Autor/a