

Investigación descriptiva, correlacional o cualitativa

Volumen 22, número 1, pp. 1-19

Abre 1º de enero, cierra 30 de junio, 2024

ISSN: 1659-4436

Indicadores de carga externa e interna según el sexo durante un torneo congestionado juvenil de balonmano costarricense

Daniel Rojas-Valverde, Jose Pino-Ortega, Carlos Gómez-Carmona, Alexis Ugalde-Ramírez, Jose Trejos-Montoya, Braulio Sánchez-Ureña, Juan Carlos Gutiérrez-Vargas y Randall Gutiérrez-Vargas

Envío original: 2023-01-16 | Reenviado: 2024-02-22 | Aceptado: 2024-03-08

Publicado: 2024-03-21

Doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v22i1.53767>

Editor asociado a cargo: Ph.D. Elizabeth Carpio Rivera

¿Cómo citar este artículo?

Rojas Valverde, D., Pino-Ortega, J., Gómez-Carmona, C., Ugalde-Ramírez, A., Trejos-Montoya, J., Sánchez-Ureña, B., Gutiérrez-Vargas, J.C., y Gutiérrez-Vargas, R. (2024). Indicadores de carga externa e interna según el sexo durante un torneo congestionado juvenil de balonmano costarricense. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 22(1), e53767. <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v22i1.53767>

Indicadores de carga externa e interna según el sexo durante un torneo congestionado juvenil de balonmano costarricense

Sex-related external and internal load indicators during a congested youth handball tournament in Costa Rica

Indicadores de carga externa e interna por sexo durante um torneio de handebol juvenil congestionado na Costa Rica

Daniel Rojas-Valverde  ¹

Jose Pino-Ortega  ²

Carlos Gómez-Carmona  ³

Alexis Ugalde Ramírez  ⁴

Jose Trejos-Montoya  ⁵

Braulio Sánchez Ureña  ⁶

Juan Carlos Gutiérrez-Vargas  ⁷

Randall Gutiérrez-Vargas  ⁸

Resumen: El objetivo de la investigación fue identificar los indicadores de carga externa e interna en balonmano juvenil durante un torneo congestionado en Costa Rica y determinar si existen diferencias por sexo. Se seleccionaron variables a través de Análisis de Componentes Principales (ACP) como técnica de reducción de datos. Los datos se obtuvieron de 73 jugadores juveniles de balonmano (33 mujeres y 38 hombres) de ocho clubes locales durante un torneo de partidos congestionados de tres días. Se analizaron doce partidos (seis masculinos y seis femeninos) utilizando ACP y una prueba t-Student independiente para las diferencias relacionadas entre sexos. Se identificaron seis indicadores principales de carga, cinco de carga externa (distancia relativa [DR]; cantidad de aceleraciones [AceR], aceleración máxima [AceMáx], velocidad máxima [VMáx] y diferencia entre aceleraciones y deceleraciones [DfAce-Dec]) y uno de carga interna (frecuencia cardíaca media [FCmedia]). En hombres, los indicadores más representativos fueron la DR, la FCmedia y AceMáx, los cuales explicaron el 39.6% de la varianza. En mujeres, fueron la VMáx y AceMáx, explicando el 44.4% de la varianza. AceR ($p < .01$), AceMáx ($p < .01$), VMáx ($p < .01$) fueron mayores en hombres, mientras que la FCmedia (p

¹ Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: drojasv@una.cr

² Universidad de Murcia, Murcia, España. Correo electrónico: josepinoortega@um.es

³ Universidad de Extremadura, Cáceres, España. Correo electrónico: cdgomezcarmona@unex.es

⁴ Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: jose.ugalde.ramirez@una.cr

⁵ Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: jtremos@una.cr

⁶ Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: braulio.sanchez.urena@una.cr

⁷ Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: juan.gutierrez.vargas@una.cr

⁸ Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: randall.gutierrez.vargas@una.cr



= .02) fue mayor en mujeres. Se concluye que la carga externa e interna mostró diferencias entre jugadores masculinos y femeninos. Los hombres se pueden caracterizar por variables asociadas con el volumen, mientras que, para las mujeres, fueron más comunes indicadores relacionados con la intensidad. Para torneos congestionados, es importante individualizar según sexo las cargas de entrenamiento, así como priorizar las cualidades físicas a entrenar.

Palabras claves: balonmano, jugadores de balonmano, medición de la actividad física, locomoción

Abstract: The purpose of this research was to identify external and internal load indicators in youth handball, during a congested tournament held in Costa Rica, and to determine whether there are sex-related differences. Variables were selected through the Principal Components Analysis (PCA) as a data reduction technique. The data were obtained from 73 youth handball players (33 women and 38 men) from eight local clubs, during a three-day congested tournament. Twelve games were analyzed (six male and six female games) using PCA and an independent t-Student test for sex-related differences. Six major load indicators were identified—six for external load (relative distance [RD], relative acceleration [RAcc], maximum acceleration [MaxAcc], maximum speed [MS] and difference between acceleration a deceleration [DfAcc-Dec]) and one for internal load (average heart rate [AvHR]). In the men, the most representative indicators were RD, AvHR and MaxAcc, which accounted for 39.6% of the variance. In the women, these were MS and MaxAcc, accounting for 44.4% of the variance. RAcc ($p < .01$), MaxAcc ($p < .01$) and MS ($p < .01$) were higher in men, whereas AvHR ($p = .02$) was higher in women. The conclusion is that external and internal load showed differences between male and female players. Men can be characterized by volume-related variables, whereas intensity-related indicators were more frequent for women. For congested tournaments, it is important to separate training loads according to sex, as well as to prioritize the physical qualities for training.

Keywords: handball, handball players, physical activity measurement, locomotion

Resumo: O objetivo da pesquisa foi identificar os indicadores de carga externa e interna no handebol juvenil durante um torneio congestionado na Costa Rica e determinar se há diferenças por sexo. As variáveis foram selecionadas usando a Análise de Componentes Principais (PCA) como uma técnica de redução de dados. Os dados foram coletados de 73 jogadores de handebol juvenil (33 mulheres e 38 homens) de oito clubes locais durante um torneio de três dias com jogos congestionados. Doze jogos (seis masculinos e seis femininos) foram analisados usando PCA e um teste t de Student independente para diferenças relacionadas ao sexo. Foram identificados seis indicadores principais de carga, cinco para carga externa (distância relativa [DR]; número de acelerações [AceR], aceleração máxima [AceMax], velocidade máxima [VMmax] e diferença entre acelerações e desacelerações [DfAce-Dec]) e um para carga interna (frequência cardíaca média [FC média]). Nos homens, os indicadores mais representativos foram



DR, FC média e AceMax, que explicaram 39,6% da variação. Nas mulheres, eles foram MVmax e AceMax, explicando 44,4% da variação. AceR ($p < 0,01$), AceMax ($p < 0,01$), VMax ($p < 0,01$) foram maiores nos homens, enquanto a FC média ($p = 0,02$) foi maior nas mulheres. Conclui-se que a carga externa e interna apresentou diferenças entre os jogadores do sexo masculino e feminino. Os homens podem ser caracterizados por variáveis associadas ao volume, enquanto nas mulheres os indicadores relacionados à intensidade foram mais comuns. Para torneios congestionados, é importante individualizar as cargas de treinamento de acordo com o sexo, bem como priorizar as qualidades físicas a serem treinadas.

Palavras-chave: handebol, jogadores de handebol, medição da atividade física, locomoção.

1. Introducción

El proceso de identificación y evaluación de los principales elementos técnicos, tácticos y físicos relacionados con el rendimiento deportivo ha recibido un gran interés por parte de entrenadores e investigadores con el objetivo de obtener datos que puedan ayudar al diseño de entrenamientos más específicos (Hermassi et al., [2018](#)). En deportes como el balonmano, se han identificado elementos que están relacionados con el éxito deportivo. En revisiones sistemáticas anteriores, se han mostrado y discutido diferentes indicadores técnicos, fisiológicos, psicológicos, cognitivos y socioculturales que podrían influir sobre el rendimiento deportivo (Bilge, [2012](#); Manchado et al., [2013a](#); Milanović et al., [2018](#)).

El balonmano es un deporte de equipo que se caracteriza por esfuerzos físicos intermitentes y una gran variedad de desplazamientos locomotores y ejecuciones técnicas durante la competición (Michalsik et al., [2015](#)). En competiciones de élite (Cardinale et al. [2017](#); Michalsik et al., [2013](#)) y de jugadores jóvenes (Oliveira et al., [2014](#)) se han realizado algunos estudios que describen la carga externa e interna del balonmano. En este sentido, se entiende la carga externa como las actividades realizadas por los jugadores durante el partido, como distancias recorridas, número de *sprints*, aceleraciones, saltos, entre otros (Michalsik y Aagaard, [2015](#)). Por su parte, la carga interna representa la exigencia a la que se somete el organismo al realizar las actividades, siendo indicadores de carga interna la frecuencia cardiaca, el lactato, frecuencia respiratoria, entre otros (Manchado et al., [2013b](#); Ziv y Lidor, [2009](#)).

En cuanto a la carga externa de jugadores durante el Campeonato Mundial de Balonmano celebrado en Qatar 2015 (Cardinale et al., [2017](#)), se reportó que recorrieron una distancia promedio de 2607.5 ± 1438.4 m y realizaron una media de cambios de actividad de 857.2 ± 445.7 , con un tiempo de recuperación de 124.3 ± 143 s entre acciones por partido. Del total de la distancia recorrida durante un partido, un 50.4% se realiza caminando, un 26.6% trotando, un 14.8% corriendo, un 6.1% corriendo a alta intensidad y un 1% esprintando (Cardinale et al., [2017](#)). En jugadores profesionales, se ha reportado una media de 0.7 ± 0.4 y 2.3 ± 0.9 de aceleraciones y desaceleraciones por minuto, respectivamente, considerando un umbral de > 2.5 m/s^2 (Luteberget y Spencer, [2017](#)).



Respecto a la carga interna, los estudios reportan una frecuencia cardiaca (FC) promedio de 157 ± 18 lpm por partido en jugadores masculinos (Póvoas et al., [2012](#)), mientras que en jugadoras femeninas, la FC promedio durante un juego supera 86% de la FC máxima, lo cual se mantiene durante el 65% del tiempo de juego (Manchado et al., [2013b](#)).

Se han demostrado diferencias relacionadas con el sexo en cuanto a la dinámica de juego, comportamientos y esfuerzos físico y fisiológico en deportes colectivos como el fútbol (Bradley et al., [2014](#)), baloncesto (Gutiérrez-Vargas et al., [2022](#); Scanlan et al., [2015](#); Stojanović et al., [2018](#)) y en el balonmano (Michalsik y Aagaard, [2015](#); Wagner et al., [2018](#)). En balonmano, los estudios comparativos entre hombres y mujeres son pocos. Un estudio encontró una menor distancia total recorrida en los varones (3945 ± 538 m) que en las mujeres (4693 ± 333 m), pero los hombres reportaron mayores distancias a carreras de alta intensidad por partido (7.9% vs 2.5%, $p < .01$) y un menor porcentaje de tiempo detenido (10.8% vs 36.9%, $p < .01$) en comparación con las mujeres (Michalsik et al., [2015](#)). Es crucial considerar estas diferencias al momento de planificar entrenamientos para buscar la aplicación adecuada de cargas y la potencialización de las diferentes capacidades demandadas durante los partidos (Hermassi et al., [2018](#)).

Para la cuantificación de la carga externa e interna durante los partidos, se utilizan diferentes sistemas de medición, como microsensores y dispositivos de medición inercial, como los sistemas electrónicos de rendimiento y seguimiento ([EPTS] Naser et al., [2017](#); Pino-Ortega et al., [2019](#)). Estos dispositivos permiten obtener varios datos que reflejan las demandas físicas y fisiológicas del balonmano y cómo estas variables pueden influir en el rendimiento. Sin embargo, es importante identificar de una manera objetiva cuáles son las variables que más representatividad tienen, más aún cuando se cuenta con una gran cantidad de datos que dificultan su entendimiento y aplicabilidad (Rojas-Valverde et al., [2019a](#)). Para esto, existen diferentes métodos estadísticos que se pueden aplicar en ciencias del deporte. Uno de los más comunes es el análisis de componentes principales (ACP) (Gløersen et al., [2018](#); Parmar et al., [2018](#)).

El ACP, en el contexto deportivo, identifica las variables que mejor explican la varianza de un conjunto de datos y excluye aquellas con menos representatividad. La utilidad del ACP radica en la capacidad de reducir un gran volumen de datos, mostrando una explicación de la varianza total con un número reducido de componentes (Rojas-Valverde et al. [2019a](#)). El ACP representa una técnica estadística que puede ser utilizada cuando sea necesario obtener la información más relevante del *big data*, invirtiendo menos tiempo y coste, así como para potenciar los análisis estadísticos y resultados (Rojas-Valverde et al. [2019a](#)).

Estudios recientes han empleado el ACP para seleccionar las variables más representativas al momento de conducir análisis de acciones técnicas (Federolf et al., [2014](#); Gløersen et al., [2018](#)), para analizar la carga física en carreras de montaña (Rojas-Valverde et al. [2019b](#)) y deportes colectivos como el baloncesto (Svilar et al., [2018](#)). Se ha empleado para discriminar variables asociadas a la selección de talentos deportivos en fútbol (Till et al., [2016](#)). Asimismo, ha demostrado ser una técnica útil para seleccionar las variables técnico-tácticas que explican mayormente la varianza y que pueden ser más representativas para determinar el rendimiento en partidos de rugby (Palmar et al., [2018](#)) y fútbol (Ric et al., [2016](#)). En balonmano,

este método estadístico ha sido escasamente utilizado; en concreto, ha sido aplicado para investigar las variaciones de los movimientos durante los lanzamientos de penalti (Bourne et al., [2011](#)).

En el balonmano, se han realizado estudios por medio de análisis inferenciales para analizar la carga externa e interna durante partidos (Cardinale et al., [2017](#); Manchado et al., [2013b](#); Michalsik et al., [2015](#); Oliveira et al., [2014](#); Wagner et al., [2018](#)); sin embargo, no se ha realizado ningún análisis de técnicas de reducción de datos que aporte, de manera objetiva, cuáles son aquellas variables que deben analizarse prioritariamente debido a que mejor explican la carga externa e interna de un partido o la carga a lo largo de un torneo congestionado. Además, debido a que la evidencia sugiere diferencias entre jugadores y jugadoras de balonmano (Michalsik et al., [2015](#); Wagner et al., [2018](#)), y a la importancia y necesidad de planificar procesos de entrenamiento considerando las características y la demandas de juego para cada sexo, los objetivos de esta investigación fueron: (a) identificar los indicadores de carga externa e interna que mejor explican la carga en jugadores juveniles de balonmano durante un torneo congestionado, seleccionando las variables a través de un ACP como técnica de reducción de datos, y b) determinar si existen diferencias entre hombres y mujeres en los indicadores de carga identificados.

2. Metodología

Diseño

Los datos se obtuvieron de un torneo local amistoso que se celebró en una nación emergente de Norteamérica y el Caribe, miembro de la Federación Internacional de Balonmano (IHF, por sus siglas en inglés). Participaron ocho equipos (cuatro femeninos y cuatro masculinos). Se seleccionaron los cuatro equipos mejor ubicados en la tabla de posiciones del torneo regular femenino y masculino en ese momento.

Este torneo se caracterizó por ser congestionado, dado a que cada equipo jugó un partido por día de manera consecutiva durante tres días. En total, el torneo consistió en 12 partidos, seis en la categoría femenina y seis en la masculina (ver [Figura 1](#)). Se jugaron cuatro partidos por día (dos partidos por categoría de sexo). Los enfrentamientos se programaron al azar y en un horario similar (ver [Figura 1](#)). Todos los jugadores tuvieron participación en cada jornada.

Todos los partidos se jugaron con las reglas oficiales de la IHF (campo de 40x20 m, dos periodos de 30 minutos) y con árbitros federados. Todos los partidos se celebraron en la misma sede: Gimnasio de la Universidad Nacional de Costa Rica (temperatura interior ~23-25°C) sin condiciones de local ni de visita entre los equipos. Cada equipo realizó un calentamiento específico de balonmano de ~15 min antes de los partidos para evitar el sesgo de descanso entre días.



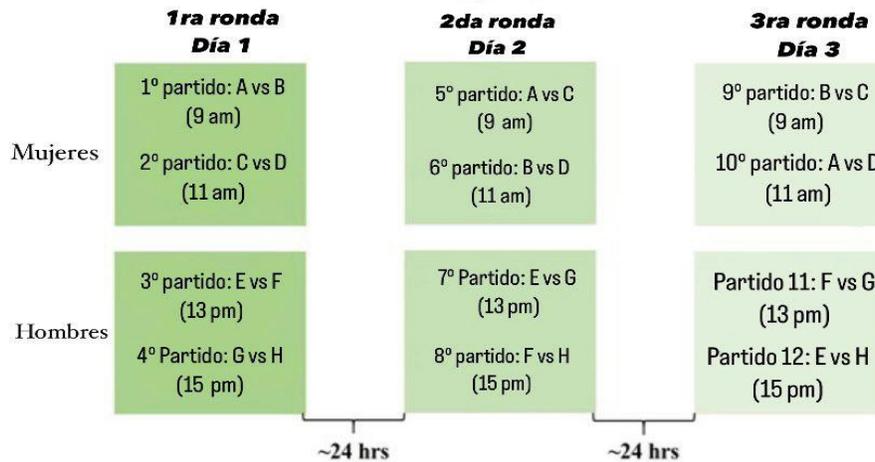


Figura 1. Calendario del torneo congestionado de balonmano juvenil. Fuente: elaboración propia.

Participantes

Participó en este estudio un total de 71 jugadores de balonmano juveniles, 33 mujeres (edad: 18.24 ± 2.11 años, peso: 62.91 ± 10.92 kg, altura: 1.61 ± 0.06 cm, $VO_{2m\acute{a}x}$: 41.2 ± 4.99 ml/kg/min, experiencia deportiva: 4.21 ± 0.92 años) y 38 hombres (edad: 22.06 ± 4.58 años, peso: 83.17 ± 24.26 kg, altura: 1.77 ± 0.08 cm, $VO_{2m\acute{a}x}$: 48.62 ± 5.52 ml/kg/min, experiencia deportiva: 4.66 ± 3.19 años) que eran miembros de ocho clubes de la liga costarricense. Todos los jugadores cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: (a) haber jugado ≥ 40 min del total de 60 min de juego y ≥ 20 min por periodo en cada partido (Michalsik y Aagaard, 2015; Michalsik et al., 2015), (b) no presentar limitaciones físicas ni lesiones musculoesqueléticas que pudieran haber afectado al rendimiento, (c) solo se consideraron los jugadores de campo debido a las claras diferencias con los patrones de actividad de los porteros (Michalsik et al., 2015).

Los participantes fueron informados de los riesgos y molestias asociados a las pruebas y dieron su consentimiento informado. El tutor legal dio su consentimiento para la participación de los menores y ellos también dieron su asentimiento. El estudio se realizó siguiendo los principios éticos de la Declaración de Helsinki revisado y aprobado por el Comité Ético Científico (CECUNA-P008).

Procedimientos

Caracterización de los jugadores. Para la composición corporal se evaluó el peso con una báscula digital (Elite Series BC554, Tanita-Ironman®, IL, Estados Unidos de América) con una sensibilidad de ± 0.1 kg, en la que el participante se colocaba bípedo sobre la báscula sin zapatos y en ropa interior. La altura de los atletas se evaluó con un estadiómetro portátil (CE213, SECA®, Hamburgo, Alemania) y se le pidió al sujeto que se colocara en posición bípeda y realizara una inspiración sostenida durante tres segundos.

La evaluación de consumo máximo de oxígeno se realizó mediante un analizador de gases Cosmosmed (precisión del 98%) y siguiendo un protocolo incremental en un tapiz rodante (Trackmaster) que comenzaba a una intensidad de 3.5 mph y aumentaba cada 2 minutos en 1

mph. Cuando llegaba a 8.5 mph, la inclinación se incrementó en un 2% cada 2 minutos. La prueba finalizó cuando el participante percibía la fatiga volitiva.

Evaluación de las demandas de carga externa e interna. Previo a los partidos, se instaló un sistema de banda ultra ancha (UWB) para interiores a través de seis antenas que fueron colocadas alrededor de la cancha. A cada jugador se le fijó una unidad de medición inercial (IMU) (WIMUPro™, RealTrack Systems, Almería) a nivel de T2-T4 y entre las escápulas mediante un chaleco especial de neopreno. Estos dispositivos han sido ampliamente utilizados en investigaciones deportivas y no afectan el movimiento de los jugadores durante los partidos oficiales (Oliva-Lozano et al., [2020](#); Pino-Ortega et al., [2019](#)).

Los dispositivos IMU registran variables de carga externa como: la distancia recorrida, la velocidad, los saltos, los cambios de dirección, la carga corporal, los impactos y la acelerometría a través de tres sensores (acelerómetro, magnetómetro y giroscopio). Asimismo, por medio del uso de monitores cardíacos Garmin, que los jugadores utilizaron a la altura del esternón, fue posible el registro de la respuesta cardíaca como variable de carga interna. Los datos de frecuencia cardíaca son transferidos y almacenados en las IMU por tecnología Bluetooth. A través del *software* especial: SPro™, (RealTrack Systems, Almería, España) se obtienen 250 variables.

La calibración de los dispositivos y los ajustes de las antenas como referencia de campo se realizaron siguiendo los protocolos de estudios anteriores (Bastida Castillo et al., [2018](#)). Se consideraron y evitaron todos los posibles sesgos al utilizar este tipo de microsensores que pudieran afectar a las mediciones (temperatura de la IMU, frecuencia de muestreo de la recogida de datos). La precisión y fiabilidad de los dispositivos mediante la tecnología de banda ultra ancha (UWB) para escenarios interiores y el registro de la frecuencia cardíaca han sido reportados previamente (Bastida-Castillo et al., [2019](#)). La frecuencia de muestreo fue de 18 Hz en las variables locomotoras y de 100 Hz en los sensores inerciales (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro).

Tiempo total jugado y gestión de las sustituciones. Teniendo en cuenta las particularidades de la sustitución en el balonmano (Michalsik et al., [2013](#); Michalsik et al., [2015](#)), el *software* fue programado para identificar automáticamente quién estaba jugando y qué jugador estaba en el banquillo. El *software* permite preestablecer y delimitar las líneas laterales del campo de juego, así, identifica cuando un jugador se encuentra dentro del campo de juego y cuando estaba descansando fuera de la cancha (suplentes).

Debido a estas particularidades en la sustitución y los cambios de posición entre los jugadores durante el juego, las variables se relativizaron en función del tiempo jugado (por ejemplo, la distancia relativa recorrida por minuto, cantidad las aceleraciones por minuto). Asimismo, los valores máximos de una variable (por ejemplo, la aceleración máxima, la velocidad máxima) se utilizaron debido a que son representativas del volumen general y la intensidad de los esfuerzos intermitentes en los deportes de equipo y pueden ser utilizados como índices globales para proporcionar información más precisa sobre sus demandas, independientemente del tiempo de juego (Naser et al., [2017](#); Pino-Ortega et al., [2019](#)).

Análisis estadístico

Los datos fueron expresados utilizando la media y la desviación típica. El procedimiento utilizado para desarrollar el ACP fue basado en trabajos anteriores (Gløersen et al. [2018](#); Oliva-Lozano et al. [2020](#); Rojas-Valverde et al. [2019b](#)) que aplicaron los siguientes pasos: 1) de un total de 250 variables se seleccionaron solo 129 máximas y relativas ($n = 129$) considerado su aplicabilidad; 2) la exploración de la matriz de correlaciones se realizó y se extrajeron para el ACP aquellas variables con un valor $r < 0.7$ para evitar dependencia o relaciones entre variables (Tabachnick y Fidell, [2007](#)); 3) las variables fueron escaladas y centradas (Z-Score) y se valoró la aplicabilidad del ACP considerando los valores de Kaiser-Meyer-Olkin ($KMO = 0,623-0,654$) y la prueba de esfericidad de Bartlett ($p < .01$) (Kaiser, [1960](#)); 4) tras el ACP, los valores propios superiores a 0.9 se incluyeron para su extracción en los respectivos componentes principales (CP) (Kaiser, [1960](#)); 5) se utilizó una rotación ortogonal mediante el método VariMax para identificar las cargas respectivas en cada CP, solo se retuvieron para su interpretación las variables que mostraron cargas superiores a 0.6, para garantizar una representatividad factorial moderada-alta para el componente (Tabachnick y Fidell, [2007](#)). La carga más alta se reportó cuando se identificó una carga cruzada entre componentes. Este proceso fue realizado tanto para los hombres como para las mujeres.

Posteriormente, con las variables seleccionadas en los ACP, se aplicó una prueba t-student para grupos independientes para comparar estas variables entre hombres y mujeres utilizando la d -Cohen como indicador de la magnitud de las diferencias. El alpha se estableció previamente como $p < .05$. El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando el Paquete Estadístico para Ciencias Sociales ([SPSS, por sus siglas en inglés] IBM, SPSS Statistics, v.22.0 Chicago, IL, EE. UU.) y los gráficos se realizaron con el software Prism (GraphPad Software, San Diego, CA).

3. Resultados

En esta investigación, tras el proceso de ACP, se seleccionaron seis variables: distancia relativa (m/min), como la distancia total recorrida por minuto; frecuencia cardíaca, media (lpm) como el promedio de pulsaciones por minuto durante el partido; aceleraciones relativas (n/min), como la aceleraciones totales por minuto; aceleración máxima (m/s^2), como el cambio máximo de velocidad a lo largo del partido; diferencia entre aceleraciones-desaceleraciones (n), como la diferencia entre el número total de aceleraciones y desaceleraciones; y velocidad máxima (km/h), como la velocidad máxima alcanzada a lo largo del partido.

La [Tabla 1](#) muestra los resultados del ACP realizado para cada sexo. En hombres, el CP1 estuvo conformado por la distancia relativa, la frecuencia cardíaca media y aceleración máxima, explicando el 39.6% de la varianza. El CP2 lo conformaron la velocidad máxima y la cantidad de aceleraciones, explicando el 21.2% de la varianza. El CP3 estuvo compuesto únicamente por la diferencia entre aceleraciones y deceleraciones y explicó el 15.3% de la varianza. Por su parte, las mujeres presentaron, en el CP1, la velocidad y aceleración máxima y explicaron el 44.4% de la varianza. El CP2 estuvo conformado por la distancia relativa, la frecuencia cardíaca media y la cantidad de aceleraciones, y explicaron el 21.3% de la varianza. La diferencia entre



aceleraciones y deceleraciones conformó el CP3 y explicó el 143% de la varianza de los datos. Los tres CP explicaron el 76.12 de las varianzas totales en los hombres y el 80.04% en las mujeres.

Hubo diferencias significativas relacionadas con el sexo: los hombres presentaron mayor cantidad de aceleraciones por minuto ($t = 7.75, p < .01, d = 1.26$), una mayor aceleración máxima ($t = 5.276, p < .01, d = 0.84$) y la velocidad máxima ($t = 7.11, p < .01, d = 1.16$) en comparación con las mujeres. Por su parte, la frecuencia cardíaca media ($t = -2.356, p = .02, d = -0.39$) fue mayor en mujeres que en los hombres. No se encontraron diferencias significativas en la distancia relativa ($t = 1.362, p = .175, d = 0.95$) ni en la diferencia entre aceleraciones-deceleraciones ($t = 0.621, p = .535, d = 0.1$) (véase la [Figura 2](#)).

Tabla 1

Resultados del análisis de componentes principales (rotación ortogonal) con porcentaje de varianza explicada para cada sexo

	Hombres			Mujeres		
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
Valor propio	2.375	1.27	0.922	2.663	1.280	0.901
Porcentaje de varianza	39.58	21.17	15.37	44.38	21.34	14.36
Porcentaje de varianza acumulada	39.58	60.75	76.12	44.38	65.72	80.04
Distancia relativa (m/min)	0.836				0.692	
Frecuencia cardíaca media (lpm)	0.838				0.809	
Aceleraciones (n/min)		0.826			0.754	
Velocidad máxima (km/h)		0.701		0.903		
Aceleración máxima (m/s²)	0.642			0.852		
Diferencia entre aceleraciones y desaceleraciones (m/s²)			0.951			0.914

Nota. CP = componente principal. Fuente: elaboración propia.

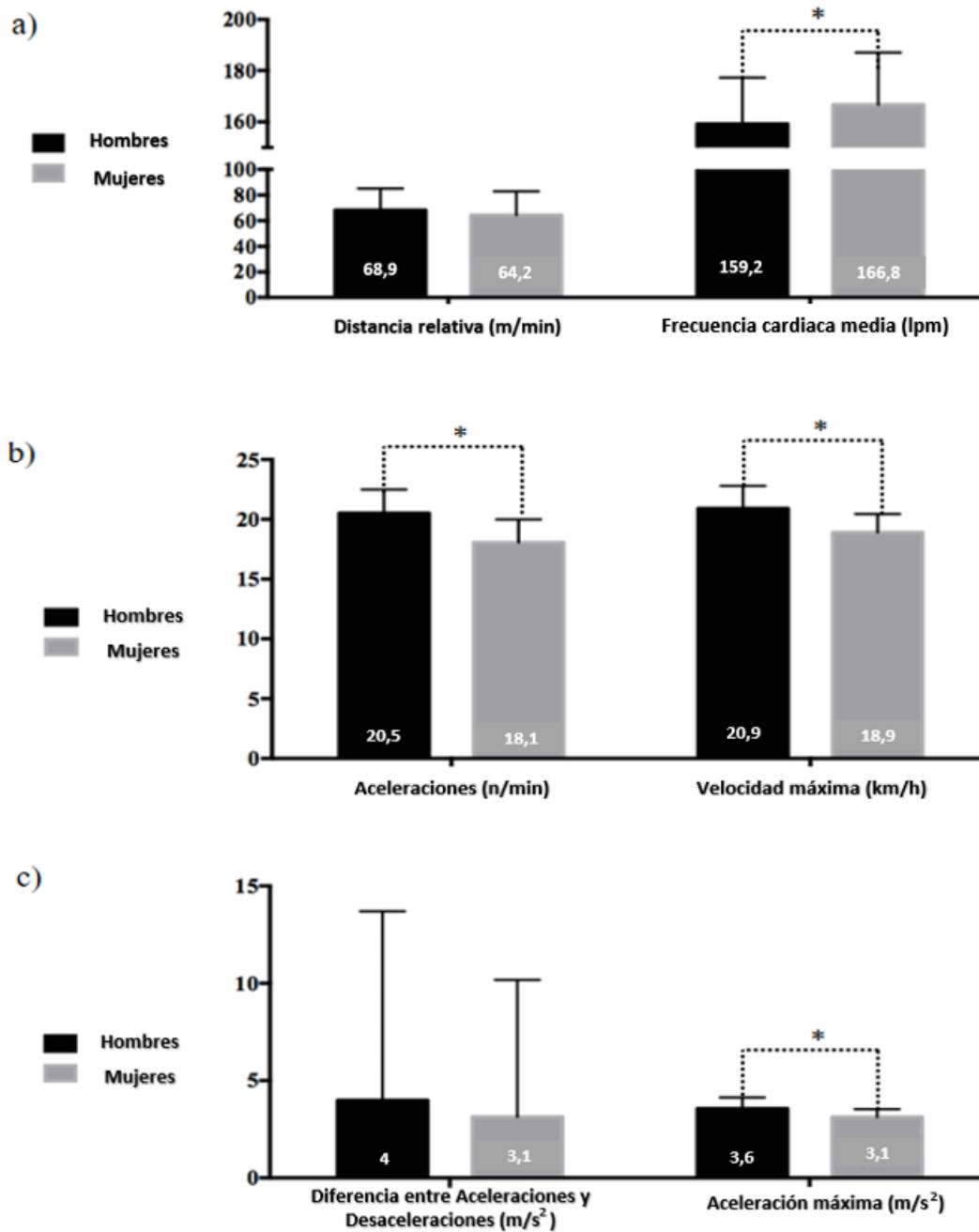


Figura 2. Comparación entre sexos de las variables seleccionadas de los ACP. *Diferencias significativas ($p < .05$). Fuente: elaboración propia.

4. Discusión

Actualmente, el gran volumen de datos, tanto de carga de carga externa como de carga interna que proporcionan los sistemas electrónicos de rendimiento y seguimiento (EPTS), provoca que el análisis posterior sea difícil de realizar. El análisis previo para identificar e interpretar las variables que explican la carga externa e interna con mayor facilidad y objetividad es un aspecto que persiguen los integrantes de cuerpos técnicos de los equipos deportivos para mejorar el rendimiento (Manchado et al., [2013b](#)). Por estas razones, el presente estudio tuvo como objetivos: (a) identificar los indicadores de carga externa e interna que mejor explican la carga en jugadores juveniles de balonmano durante un torneo congestionado, seleccionando las variables a través de un ACP como técnica de reducción de datos, y b) determinar si existen diferencias entre hombres y mujeres en los indicadores de carga identificados.

Los principales resultados indican que los indicadores de carga externa que mejor explican la carga del balonmano juvenil durante un torneo de tres días consecutivos fueron la distancia relativa, la aceleración máxima, la cantidad de aceleraciones, la velocidad máxima y los cambios de velocidad. El indicador de carga interna más representativo fue la frecuencia cardíaca media. Estudios previos, que han explorado la identificación de parámetros de carga externa en deportes colectivos y utilizando dispositivos inerciales, reflejan resultados similares. En fútbol, durante partidos de competición, se han encontrado como principales indicadores: la distancia total, la distancia a diferentes intensidades (0-6 km/h; 21-24 km/h; >21 km/h), el total de acciones a una intensidad >21 km/h y >24 km/h, la máxima velocidad, total de aceleraciones y desaceleraciones y la máxima aceleración, los cuales explican 66% de la varianza (Oliva-Lorenzo et al., [2020](#)). Durante entrenamientos de baloncesto, se ha extraído que las aceleraciones, desaceleraciones y cambios de dirección son parámetros determinantes para la carga externa y pueden explicar más de 60% de la varianza (Svilar et al., [2018](#)). Complementando lo anterior, las acciones de alta intensidad en los deportes colectivos se han expuesto como acciones determinantes o asociadas al rendimiento deportivo (Gutiérrez-Vargas et al., [2022](#); Bradley et al., [2014](#)).

Analizando los resultados entre sexos, la velocidad y aceleración máxima fueron las demandas de locomoción más representativas para las mujeres (44.38%). Por el contrario, las demandas masculinas fueron explicadas por la distancia relativa y la frecuencia cardíaca media (39.58%). Además, los análisis comparativos muestran que las mujeres obtuvieron valores más altos en la frecuencia cardíaca media, mientras que los hombres realizaron mayor número de aceleraciones por minuto, alcanzaron mayores valores en la velocidad y aceleración máxima. No se encontraron diferencias en la distancia relativa y en la relación aceleración-desaceleración.

No se han encontrado trabajos previos que hayan realizado ACP para diferenciar las demandas entre jugadoras y jugadores de balonmano. Sin embargo, en la literatura científica deportiva, sí se detallan diferentes investigaciones que han comparado la carga externa e interna en entrenamientos y en competiciones en otros deportes entre hombres y mujeres con parámetros seleccionados a conveniencia. En este sentido, trabajos en fútbol (Bradley et al., [2014](#)) demuestran que hombres recorren más distancia a velocidades superiores a los 18 km/h.



En un deporte *indoor*, como el baloncesto (Scanlan et al., [2015](#)), se encontró que las mujeres realizan acciones a baja intensidad (< 7 km/h), recorren más distancia a baja intensidad (trote = 3.6-10.8 km/h) y realizan más saltos que los hombres. Igualmente, en jugadores de baloncesto de Costa Rica, se encontró que las mujeres realizan más esfuerzos que superan el 90% de la frecuencia cardiaca máxima que los hombres en aquellos partidos en los que pierden (Gutiérrez-Vargas et al., [2022](#)).

Específicamente en el balonmano, un estudio (Michalsik y Aagaard, [2015](#)) comparó el patrón de actividad locomotora entre hombres y mujeres en partidos y encontró diferencias en la distancia total entre hombres (3945 ± 538 m) y mujeres (4693 ± 333 m). Además, los varones cubren más distancias a carreras de alta intensidad (7.9 ± 4.9% vs 2.5 ± 1.8%, $p < .01$), mayor velocidad media (6.40 ± 1.01 vs 5.31 ± 0.33 km/h) y pasan menos tiempo de pie (10.8% vs 36.9%, $p < .01$) respecto a las mujeres (Michalsik y Aagaard, [2015](#)). Los resultados anteriores muestran concordancia con lo encontrado en el presente trabajo en cuanto a las acciones de alta intensidad y la velocidad media.

Estas diferencias entre hombres y mujeres deportistas han sido discutidas en trabajos publicados en años atrás. Por ejemplo, en baloncesto, una revisión sistemática indicaba diferencias en capacidades condicionales como la capacidad aeróbica, la fuerza y potencia a favor de los hombres (Stojanović et al., [2018](#)). Similares resultados han sido expuestos en balonmano (Ziv y Lidor, [2009](#)). Asimismo, las diferencias antropométricas y físicas entre hombres y mujeres podrían explicar estos resultados; los hombres tienden a tener mayor cantidad de masa muscular que las mujeres (Stojanović et al., [2018](#); Ziv y Lidor, [2009](#)); además, al ser generalmente más altos, pueden manifestar mayor fuerza al lanzar dado a que cuentan con mayor facilidad para una rotación del tronco y rotación del hombro (Michalsik et al., [2015](#); Wagner et al., [2018](#)). Por otro lado, las mujeres tienen menor rendimiento en pruebas de velocidad (tiempo de *sprint* de 15 y 30 metros), los jugadores masculinos sacan ventajas en estas evaluaciones (Wagner et al., [2018](#)). No obstante, las mujeres más altas y con menos porcentaje de grasa muestran mejor rendimiento técnico (Manchado et al., [2013b](#)), lo cual respalda el hecho de que las mujeres obtengan relativamente mejores resultados en pruebas específicas en comparación con los hombres (Wagner et al., [2018](#)).

Por lo tanto, la individualización de las cargas de trabajo acorde con el sexo del jugador es importante para la mejora del rendimiento. Además de lo anterior, es necesario individualizar las sesiones de entrenamiento enfocadas en trabajos de fuerza y acondicionamiento, fortalecer los programas de prevención de lesiones y promover tareas que simulen el juego real.

Limitaciones

Aunque los resultados de este estudio han proporcionado información sobre las demandas de carga externa e interna de jugadores juveniles de balonmano a lo largo de un torneo congestionado gracias al uso de un sistema de seguimiento avanzado y a la utilización de una técnica estadística de reducción de datos y comparándolas en función de las diferencias relacionadas con el sexo, hay que reconocer algunas limitaciones del estudio. A pesar de que la muestra utilizada para este estudio es de equipos juveniles de una nación emergente de la IHF, la edad media estaba representada con un mayor porcentaje de jugadores juveniles, por lo que



estos resultados deben ser tomados con precaución cuando se comparen o usen de referencia para equipos de mayor edad. Debido a la dinámica del balonmano, el cambio de posiciones entre jugadores durante el partido y la ausencia de análisis tácticos pudo afectar el rendimiento físico y las respuestas fisiológicas y esto no se pudo comprobar. Por último, la ausencia de variables contextuales imposibilita tener un panorama más completo sobre los factores que podrían condicionar la carga externa e interna. Estos resultados deberían confirmarse en otras condiciones, como en torneos regulares y en poblaciones diferentes.

5. Conclusión

La utilización de las variables distancia relativa (m/min), frecuencia cardíaca media (lpm), aceleraciones relativas (n/min), aceleración máxima (m/s^2), diferencia entre aceleraciones-desaceleraciones (n) y velocidad máxima (km/h) son útiles para el control de cargas durante partidos juveniles de balonmano en torneos congestionados. Las variables que mejor representaron la carga externa e interna durante los partidos del torneo congestionado difirieron entre hombres y mujeres. La distancia relativa y la frecuencia cardíaca media representaron mejor a los hombres mientras que para las mujeres fueron la velocidad y la aceleración máxima. Los jugadores realizaron más aceleraciones y alcanzaron una mayor aceleración y velocidad máxima que las mujeres. Por su parte, las jugadoras tuvieron promedios más altos de frecuencia cardíaca.

Aplicaciones prácticas

Para un rápido y eficiente análisis del comportamiento o rendimiento físico general de equipos juveniles de balonmano, los especialistas en ciencias del deporte y el personal de los cuerpos técnicos pueden priorizar el uso de variables como la distancia relativa (m/min), la frecuencia cardíaca media (lpm), las aceleraciones relativas (n/min), la aceleración máxima (m/s^2), la diferencia entre aceleraciones-desaceleraciones (n) y la velocidad máxima (km/h). La prescripción de la carga física durante el entrenamiento en los jugadores juveniles de balonmano debe tener en cuenta las diferencias relacionadas con el sexo en la distancia relativa y la frecuencia cardíaca media en los hombres y los parámetros de velocidad y aceleraciones máximas en las mujeres, con el fin de preparar de una manera más específica a los jugadores en este tipo de torneos congestionados.

Con base en los indicadores de carga externa e interna identificados como los más representativos para evaluar las exigencias de los partidos de balonmano en torneos congestionados, se pueden diseñar estrategias para la gestión táctica de las sustituciones y el descanso de los jugadores durante los juegos así como protocolos de recuperación post partido, tomando en cuenta las exigencias físicas y fisiológicas a las que se sometieron los jugadores y diferenciando entre equipos femeninos y masculinos.



Contribuciones: Daniel Rojas-Valverde (B,C,D,E), Jose Pino-Ortega (B,C,D,E), Carlos Gómez-Carmona (B,C,D,E), Alexis Ugalde-Ramírez (B,C,E), Jose Trejos-Montoya (B,C,E), Braulio Sánchez-Ureña (A,B,C,D), Juan Carlos Gutiérrez-Vargas (A,B,E) y Randall Gutiérrez-Vargas (A,B,C,E)

A-Financiamiento, **B**-Diseño del estudio, **C**-Recolección de datos, **D**-Análisis estadístico e interpretación de resultados, **E**-Preparación del manuscrito.

6. Referencias

- Bastida-Castillo, A., Gómez Carmona, C. D., De la Cruz Sánchez, E., y Pino Ortega, J. (2018). Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time–motion analyses in soccer. *European Journal of Sport Science*, 18(4), 450-457. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1427796>
- Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C., De la Cruz Sánchez, E., Reche-Royo, X., Ibáñez, S., y Pino-Ortega, J. (2019). Accuracy and Inter-Unit Reliability of Ultra-Wide-Band Tracking System in Indoor Exercise. *Applied Science*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/app9050939>
- Bilge, M. (2012). Game Analysis of Olympic, World and European Championships in Men's Handball. *Journal of Human Kinetics*, 35, 109-118. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3588687/>
- Bourne, M., Bennett, S. J., Hayes, S. J., y Williams, A. M. (2011). The dynamical structure of handball penalty shots as a function of target location. *Human Movement Science*, 30(1), 40-55. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2010.11.001>
- Bradley, P., Dellal, A., Mohr, M., Castellano, J., y Wilkie, A. (2014). Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Human Movement Science*, 33, 159-171. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.07.024>
- Cardinale, M., Whiteley, R., Hosny, A., y Popovic, N. (2017). Activity Profiles and Positional Differences of Handball Players During the World Championships in Qatar 2015. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), 908-915. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0314>
- Federolf, P., Reid, R., Gilgien, M., Haugen, P., y Smith, G. (2014). The application of principal component analysis to quantify technique in sports: PCA quantification of technique. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(3), 491-499. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01455.x>
- Gløersen, Ø., Myklebust, H., Hallén, J., y Federolf, P. (2018). Technique analysis in elite athletes using principal component analysis. *Journal of Sports Sciences*, 36(2), 229-237. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1298826>
- Gutiérrez-Vargas, R., Gutiérrez-Vargas, J., Ugalde-Ramírez, J., y Rojas-Valverde, D. (2019). Kinematics and thermal sex-related responses during an official beach handball game in



- Costa Rica: A pilot study. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 36(1), 13-18. https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or02_randall_ingles.pdf
- Gutiérrez-Vargas, R., Pino-Ortega, J., Ugalde-Ramírez, A., Sánchez-Ureña, B., Blanco-Romero, L., Trejos-Montoya, J., Gutiérrez-Vargas, J., y Rojas-Valverde, D. (2022). Physical and physiological demands according to gender, playing positions, and match outcomes in youth basketball players. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 67(18), 15-28. https://www.academia.edu/83722656/Physical_and_physiological_demands_according_to_gender_playing_positions_and_match_outcomes_in_youth_basketball_players
- Hermassi, S., Chelly, M.-S., Wollny, R., Hoffmeyer, B., Fieseler, G., Schulze, S., Irlenbusch, L., Delank, K.-S., Shephard, R. J., Bartels, T., y Schwesig, R. (2018). Relationships between the handball-specific complex test, non-specific field tests and the match performance score in elite professional handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(6), 778-784. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07373-X>
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 141-151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>
- Luteberget, L. S., y Spencer, M. (2017). High-intensity events in international women's team handball matches. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 56-61. <http://dx.doi.org/10.1123/ijspp.2015-0641>
- Manchado, C., Tortosa-Martínez, J., Vila, H., Ferragut, C., y Platen, P. (2013a). Performance factors in women's team handball: Physical and physiological aspects--a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708-1719. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891535>
- Manchado, C., Pers, J., Navarro, F., Han, A., Sung, E., y Platen, P. (2013b). Time-motion analysis in women's team handball: Importance of aerobic performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(2), 376-390. <https://doi.org/10.4100/jhse.2012.82.06>
- Michalsik, L., y Aagaard, P. (2015). Physical demands in elite team handball: Comparisons between male and female players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(9), 878-891. <https://www.minervamedica.it/en/journals/sports-med-physical-fitness/article.php?cod=R40Y2015N09A0878>
- Michalsik, L., Aagaard, P., y Madsen, K. (2013). Locomotion characteristics and match-induced impairments in physical performance in male elite team handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 590-599. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1329989>
- Michalsik, L., Madsen, K., y Aagaard, P. (2015). Technical Match Characteristics and Influence of Body Anthropometry on Playing Performance in Male Elite Team Handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 416-428. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000595>
- Milanović, D., Vuleta, D., y Ohnjec, K. (2018). Performance Indicators of Winning and Defeated Female Handball Teams in Matches of the 2012 Olympic Games Tournament. *Journal of Human Kinetics*, 64, 247-253. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6231342/>



- Naser, N., Ali, A., y Macadam, P. (2017). Physical and physiological demands of futsal. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 15(2), 76-80. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2017.09.001>
- Oliva-Lozano, J. M., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Fortes, V., y Pino-Ortega, J. (2020). Impact of contextual variables on the representative external load profile of Spanish professional soccer match-play: A full season study. *European Journal of Sport Science*, 21(4), 497-506. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1751305>
- Oliveira, T., Abade, E., Gonçalves, B., Gomes, I., y Sampaio., J. (2014). Physical and physiological profiles of youth elite handball players during training sessions and friendly matches according to playing positions. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(1), 162-173. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868712>
- Parmar, N., James, N., Hearne, G., y Jones, B. (2018). Using principal component analysis to develop performance indicators in professional rugby league. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(6), 938-949. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1528525>
- Pino-Ortega, J., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C., Bastida-Castillo, A., Hernández-Belmonte, A., García-Rubio, J., Nakamura, F., y Ibáñez, S. (2019). Impact of contextual factors on external load during a Congested-Fixture tournament in Elite U'18 Basketball Players. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01100>
- Póvoas, S. C., Seabra, A. F., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Soares, J. M., y Rebelo, A. N. (2012). Physical and physiological demands of elite team handball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3365-3375. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248aeee>
- Ric, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Sampaio, J., y Hristovski, R. (2016). Soft-assembled Multilevel Dynamics of Tactical Behaviors in Soccer. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01513>
- Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Gutiérrez-Vargas, R., y Pino-Ortega, J. (2019a). From big data mining to technical sport reports: The case of inertial measurement units. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 5(1). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000565>
- Rojas-Valverde, D., Sánchez-Ureña, B., Pino-Ortega, J., Gómez-Carmona, C., Gutiérrez-Vargas, R., Timón, R., y Olcina, G. (2019b). External Workload Indicators of Muscle and Kidney Mechanical Injury in Endurance Trail Running. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph16203909>
- Scanlan, A., Dascombe, B., Kidcaff, A., Peucker, J., y Dalbo, V. (2015). Gender-Specific Activity Demands Experienced during Semiprofessional Basketball Game Play. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 618-625. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0407>
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A., Dalbo, V., Berkelmans, D., y Milanović, Z. (2018). The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48, 111-135. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>



- Svilar, L., Castellano, J., Jukic, I., y Casamichana, D. (2018). Positional Differences in Elite Basketball: Selecting Appropriate Training-Load Measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(7), 947-952. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0534>
- Tabachnick, B., y Fidell, L. (2007). *Using Multivariate Statistics* (6th ed.). Pearson Education.
- Till, K., Jones, B. L., Cobley, S., Morley, D., O'Hara, J., Chapman, C., Cooke, C., y Beggs, C. B. (2016). Identifying Talent in Youth Sport: A Novel Methodology Using Higher- Dimensional Analysis. *PLOS ONE*, 11(5), e0155047. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155047>
- Wagner, H., Fuchs, P., Fusco, A., Fuchs, P., Bell, W. J., y Duvillard, S. P. (2018). Physical Performance in Elite Male and Female Team Handball Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(1), 60-67. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0014>
- Ziv, G., y Lidor, R. (2009). Physical characteristics, physiological attributes, and on-court performances of handball players: A review. *European Journal of Sport Science*, 9(6), 375–386. <https://doi.org/10.1080/17461390903038470>



Pensar en Movimiento

Realice su envío [aquí](#)

Consulte nuestras
normas de publicación
[aquí](#)

Indexada en:



pensarenmovimiento.eefd@ucr.ac.cr



Revista Pensar en Movimiento



PensarMov

- 19 -



Esta obra está bajo una
[Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)