



explicando el 44,4% de la varianza. AceR ( $p < 0,01$ ), AceMáx ( $p < 0,01$ ), VMáx ( $p < 0,01$ ) fueron mayores en hombres respecto a las mujeres. Mientras que la FCmedia ( $p = 0,02$ ) fue mayor en mujeres que hombres. Se concluye que la carga externa e interna mostró diferencias entre jugadores masculinos y femeninos. Hombres caracterizados 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

To identify of external and internal load indicators in youth handball players during a congested-fixture tournament, selecting variables through Principal Component Analysis (PCA) as a data reduction technique, and to determine difference between sexes. Methods: Data were obtained from 73 youth handball players (33 women and 38 men) of eight local clubs during a 3-days congested-fixture tournament. Twelve matches (six women, six men) were analysed using PCA and an independent t-test for sex-related differences. Results: six main load indicators were identified, five of external load [relative distance (RD), relative acceleration (Racc), maximum acceleration (AccMAX), maximum speed (MS), and acceleration-deceleration differences (DfAcc-Dec)] and, one indicator of internal load [average heart rate (HRAVG)]. In men, the most representative indicators were RD, HRAVG and AccMAX, they explained 39.6% of the variance. In women, MS and AccMAX, they explained 44.4% of the variance. RAcc ( $p < .01$ ), AccMAX ( $p < .01$ ), MS ( $p < .01$ ) were higher in men than women, and HRAVG ( $p = .02$ ) was higher in women than men. Conclusions: External and internal load showed differences between male and female handball players. Men were characterized by variables associated with volume, while for women, indicators related to intensity were more common. For congested tournaments, it is important to individualize the training loads according to gender, as well as to prioritize the physical qualities to be trained.

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



Se han demostrado diferencias relacionadas con el sexo en cuanto a la dinámica de juego, comportamientos y esfuerzos físico y fisiológicos 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 ( $3945 \pm 538$  m) que en las mujeres ( $4693 \pm 333$  m), pero, los hombres reportaron mayores distancias a carreras de alta intensidad por partido (7,9% vs 2,5%,  $p < 0,01$ ) y un menor porcentaje de tiempo detenido (10,8% vs 36,9%,  $p < 0,01$ ) 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 lograr 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 dificulta 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 asociados 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 pocamente 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 cuales son aquellas variables que deben de priorizarse a analizar 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.

## **METODOLOGÍA**

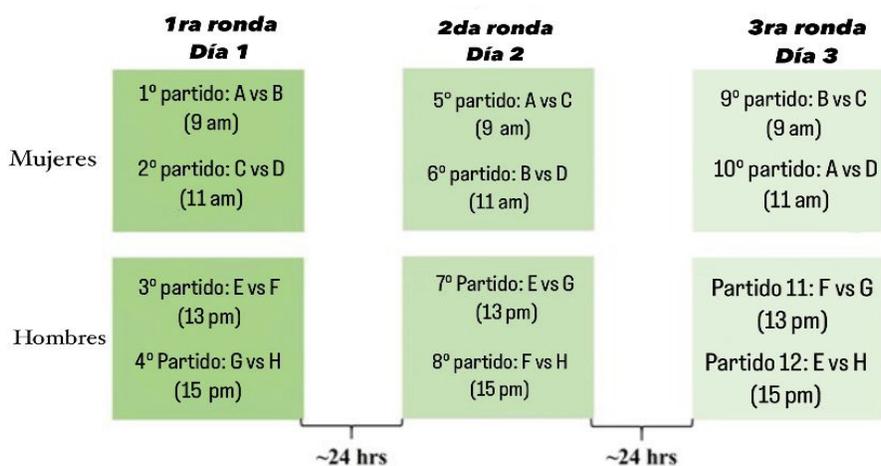
### ***Diseño***

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). 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 partidos tanto en la categoría femenina como 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 Federación Internacional de Balonmano (IHF por sus siglas en inglés) (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**

Un total de 71 jugadores de balonmano juveniles, 33 mujeres (edad:  $18,24 \pm 2,11$  años, peso:  $62,91 \pm 10,92$  kg, altura:  $1,61 \pm 0,06$  cm,  $VO_{2m\acute{a}x}$ :  $41,2 \pm 4,99$  ml/kg/min, experiencia deportiva:  $4,21 \pm 0,92$  años) y 38 hombres (edad:  $22,06 \pm 4,58$  años, peso:  $83,17 \pm 24,26$  kg, altura:  $1,77 \pm 0,08$  cm,  $VO_{2m\acute{a}x}$ :  $48,62 \pm 5,52$  ml/kg/min, experiencia deportiva:  $4,66 \pm 3,19$  años) que eran miembros de ocho clubes de la liga costarricense, participaron en este estudio. Todos los jugadores cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: (a) haber jugado  $\geq 40$  min del total de 60 min de juego y  $\geq 20$  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](#)).





esfericidad de Bartlett ( $p < 0,01$ ) (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; sólo 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  $p < 0,05$ . 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).

## RESULTADOS

En esta investigación, tras el proceso de ACP, se seleccionaron seis variables (a) distancia relativa (m/min) como la distancia total recorrida por minuto, (b) frecuencia cardíaca media (lpm) como el promedio de pulsaciones por minuto durante el partido, (c) aceleraciones relativas (n/min) como la aceleraciones totales por minuto, (d) aceleración máxima ( $m/s^2$ ) como el cambio máximo de velocidad a lo largo del partido, (e) la diferencia entre aceleraciones-desaceleraciones (n) como la diferencia entre el número total de aceleraciones y desaceleraciones, y (f) 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 14,3% 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.

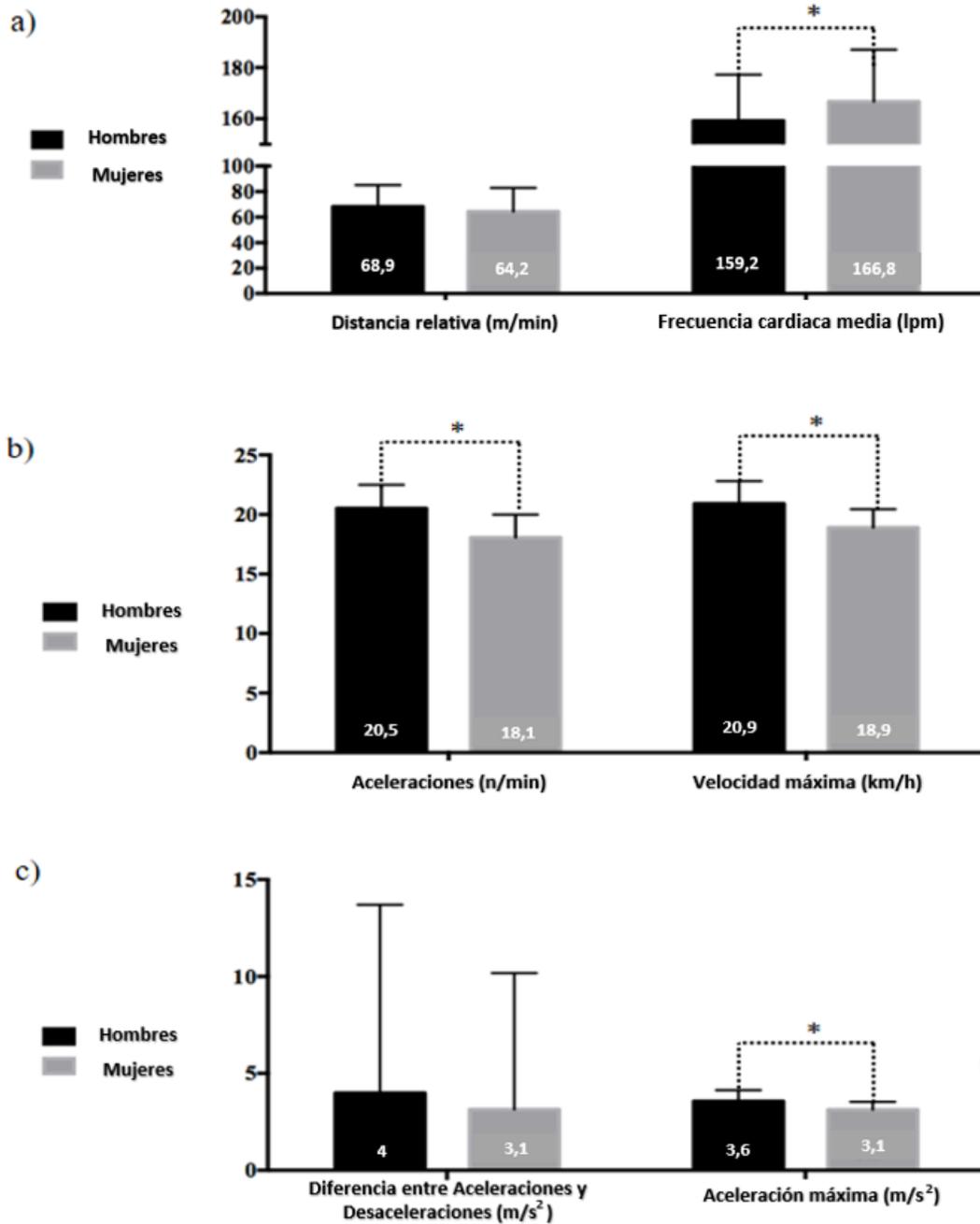
Hubo diferencias significativas relacionadas con el sexo: los hombres presentaron mayor cantidad de aceleraciones por minuto ( $t= 7,75, p < 0,01, d= 1,26$ ), una mayor aceleración máxima ( $t= 5,276, p < 0,01, d= 0,84$ ), y la velocidad máxima ( $t= 7,11, p < 0,01, d= 1,16$ ) en comparación con las mujeres. Por su parte, la frecuencia cardíaca media ( $t= -2.356, p= 0,02, d= -0,39$ ) fue mayor en mujeres que en los hombres. No se encontraron diferencias significativas en la distancia relativa ( $t= 1,362, p= 0,175, d= 0,95$ ) ni en la diferencia entre aceleraciones-deceleraciones ( $t= 0,621, p= 0,535, d= 0,1$ ) (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
<b>Valor propio</b>	2,375	1,27	0,922	2,663	1,280	0,901
<b>Porcentaje de varianza</b>	39,58	21,17	15,37	44,38	21,34	14,36
<b>Porcentaje de varianza acumulada</b>	39,58	60,75	76,12	44,38	65,72	80,04
<b>Distancia relativa (m/min)</b>	0,836			0,692		
<b>Frecuencia cardíaca media (lpm)</b>	0,838			0,809		
<b>Aceleraciones (n/min)</b>		0,826		0,754		
<b>Velocidad máxima (km/h)</b>		0,701		0,903		
<b>Aceleración máxima (m/s<sup>2</sup>)</b>	0,642			0,852		
<b>Diferencia entre aceleraciones y desaceleraciones (m/s<sup>2</sup>)</b>			0,951			0,914

Fuente: elaboración propia. CP= componente principal.



**Figura 2.** Comparación entre sexos de las variables seleccionadas de los ACP. \*Diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Fuente: elaboración propia.

## 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) provocan 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 persigue 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. Mientras que el indicador de carga interna más representativo fue la frecuencia cardiaca media. En 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, 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 expuestos 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 previos trabajos que hayan realizado ACP para diferenciar las demandas entre jugadoras y jugadores de balonmano. Sin embargo, en la literatura

científica deportiva, si 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](#)).

En específico 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 ( $3945 \pm 538$  m) y mujeres ( $4693 \pm 333$  m). Además, los varones cubren más distancias a carreras de alta intensidad ( $7,9 \pm 4,9\%$  vs  $2,5 \pm 1,8\%$ ,  $p < .01$ ), mayor velocidad media ( $6,40 \pm 1,01$  vs  $5,31 \pm 0,33$  km/h) y pasan menos tiempo de pie ( $10,8\%$  vs  $36,9\%$ ,  $p < 0,01$ ) respecto a las mujeres (Michalsik y Aagaard, [2015](#)). Los resultados anteriores muestran concordancia con lo encontrado en el presente trabajo en cuando 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, siendo estas favorables para 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 estas diferencias. Los hombres tienden a tener mayor cantidad de masa muscular que las mujeres (Stojanović et al., [2018](#); Ziv y Lidor, [2009](#)). Los hombres, 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](#)). 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](#)). Algo que respalda el hecho de que las mujeres obtengan relativamente mejores resultados en pruebas específicas en comparación con los hombres (Wagner et al., [2018](#)).





- 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/ijsspp.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](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](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.0b013e318248aeec>
- 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/ijspp.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>