







# Antropometría, posición táctica, parámetros de rendimiento y experiencia en waterpolo: análisis de redes

Dieisson M. Vasques<sup>1\*</sup> , Guilherme Tucher<sup>2</sup> , Camila D. De Castro<sup>1</sup>, Diego A. Paixão<sup>1</sup> , Paulo F. Bandeira<sup>3</sup> y Flávio A. de S. Castro<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Deportes Acuáticos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brasil).

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigación en Ciencias de Deportes Acuáticos (LaPCEA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil).

<sup>3</sup> Universidad Regional de Cariri (Brasil).



## Citación

Vasques, D. M., Tucher G., De Castro, C. D., Paixão D. A., Bandeira, P. F. & Castro, F. A. de S. (2023). Anthropometry, Tactical Position, Performance Parameters and Experience in Water Polo: Network Analysis. *Apunts Educación Física y Deportes*, 152, 62-69. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2023/2\).152.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2023/2).152.07)

## Editado por:

© Generalitat de Catalunya  
Departament de la Presidència  
Institut Nacional d'Educació  
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

## \*Correspondencia:

Dieisson M. Vasques  
[dieissonvasques@gmail.com](mailto:dieissonvasques@gmail.com)

## Sección:

Entrenamiento deportivo

## Idioma del original:

Inglés

## Recibido:

4 de julio de 2022

## Aceptado:

18 de noviembre de 2022

## Publicado:

1 de abril de 2023

## Portada:

Una joven velocista se prepara con unas series en pista para trabajar su explosividad.  
@Jérôme Aafort/Adobestock

## Resumen

Este estudio tuvo por meta comprobar, en el ámbito del waterpolo, las redes formadas con la antropometría, la posición táctica de los jugadores y el rendimiento en determinadas pruebas de waterpolo, según la experiencia en la modalidad. También se pretendía comparar las variables de la red entre los jugadores menos experimentados (grupo 1 - G1, 24 jugadores) y los más experimentados (grupo 2 - G2, 25 jugadores). En el estudio participaron jugadores de waterpolo de cuatro equipos. Se midieron la masa corporal, la altura y la envergadura del brazo y se llevaron a cabo pruebas de agilidad (AGIL), salto vertical (SV) y velocidad de lanzamiento (VL). La comparación entre grupos se realizó con la prueba *t* de Student para datos independientes y el tamaño de los efectos se verificó con la *d* de Cohen. Se utilizaron tres medidas de centralidad, en puntuación *z*: influencia esperada (IE), centralidad de cercanía (CC) y centralidad de fuerza (CF). Las figuras de las redes demostraron las relaciones entre las variables de cada grupo. Los tamaños del efecto de la experiencia fueron moderados en cuestión de masa corporal y SV. La amplitud de brazo y la experiencia presentaron los valores de IE más elevados (1.70 y 1.32, respectivamente), lo cual indica que son las variables más susceptibles de intervención. Para el G1, la posición táctica y el SV presentaron los valores más altos de CC (1.23 y 1.75, respectivamente); esto indica que las variables se ven afectadas más rápidamente por las intervenciones, y la CF (1.14 y 0.77, respectivamente), lo cual indica a su vez que son los elementos del sistema que tienen relaciones más fuertes. Para el G2, la altura y la envergadura del brazo tenían los valores de IE más altos (1.05 y 0.91, respectivamente). La envergadura del brazo y la masa corporal presentaban los valores de CC más elevados (1.57 y 0.91, respectivamente). La amplitud de brazo y la experiencia tuvieron los valores de CF más altos (2.16 y 0.69, respectivamente). Los jugadores del G2 formaron una red más estable y con menos relaciones que los del G1. En general, el G1 tuvo una red más compleja y el G2, una red menos compleja entre variables; la antropometría y la experiencia influyen en (i) el rendimiento del jugador de waterpolo al realizar acciones específicas (agilidad, salto y lanzamiento) y (ii) la definición de la posición táctica del jugador en el equipo.

**Palabras clave:** deporte acuático, evaluación, rendimiento.

## Introducción

El waterpolo es un deporte de equipo y de invasión, cuyo objetivo principal es invadir el sector defendido por el adversario, llegar a la portería contraria para marcar y, al mismo tiempo, proteger la portería propia. Se practica en el agua, un medio que presenta incertidumbres para los practicantes; por lo tanto, debe requerir una adaptación motora permanente (Lamas et al., 2014). Se necesitan habilidades específicas y vastas, por lo que los requisitos van más allá de las técnicas clásicas de natación, es decir, las cuatro brazadas. Es esencial adquirir un repertorio motor más amplio que incluya cambios de dirección y ritmo, aceleraciones, frenadas, saltos, rotaciones, patadas batidora y manejo del balón (Canossa et al., 2009). Estas habilidades, que se expresan de forma compleja en tareas relacionadas con la agilidad, el tiro, el bloqueo y el pase, también son cruciales para la táctica del juego.

Las características antropométricas presentan importantes correlaciones con acciones específicas del waterpolo, como la velocidad de lanzamiento, por ejemplo, e indican características que deben tenerse en cuenta a la hora de determinar las diferentes posiciones tácticas de los jugadores, ya que los boyas suelen ser más altos y pesados que los extremos, por ejemplo (Idrizović et al., 2013). El tiempo de experiencia ejerce una influencia importante en el rendimiento en waterpolo, en relación con el dominio del medio acuático, la percepción de competencia y el dominio de fundamentos técnico-tácticos (Iturriaga, 2015). De este modo, en los países más tradicionales, la iniciación en el waterpolo tiene lugar antes de los 10 años y, en las principales competiciones internacionales, los equipos cuentan con jugadores con una media de edad superior a los 25 años (Canossa et al., 2009).

En el deporte en general, los parámetros de rendimiento pueden evaluarse con pruebas específicas (Platanou, 2005). La evaluación es importante para controlar el entrenamiento y el rendimiento y, mediante la evaluación sistemática, es posible predecir el rendimiento individual y colectivo (Quevedo et al., 2015; Menescardi et al., 2019), lo que se traducirá en información valiosa para entrenadores y deportistas (Canossa et al., 2009). A menudo, en el waterpolo las pruebas se llevan a cabo de forma empírica o, en algunos casos, con una relevancia poco clara; por lo tanto, se necesitan pruebas que puedan evaluar habilidades motoras concretas de forma individual y combinada (Veale et al., 2010). La agilidad, la velocidad de lanzamiento y el salto vertical se consideran las principales habilidades que determinan el éxito de un jugador de waterpolo, tal y como se ha registrado anteriormente (Alcaraz et al., 2011;

Platanou, 2005). Esas pruebas presentan, como objetivos principales, respectivamente, evaluar la agilidad (AGIL) de los jugadores de línea, la velocidad de lanzamiento (VL) y el salto vertical (SV) con la ejecución de la patada batidora propulsiva.

Los análisis de correlación bivariada predominan en la investigación de las relaciones entre los parámetros de rendimiento en waterpolo (De Castro et al., 2021). Sin embargo, sus resultados no suelen apuntar a las correlaciones que cabía esperar desde la teoría. Así pues, estos análisis no parecen mostrar la mejor imagen de las relaciones entre las distintas variables que influyen en el rendimiento. En este caso, una posibilidad de estudio es el análisis de redes, que permite explorar los parámetros de rendimiento de forma individual, colectiva y sus interacciones (Lusher et al., 2010). En esta perspectiva, los jugadores y las características evaluadas pueden verse como nodos de una red conectados a través de variables relevantes para el rendimiento, que sostienen patrones complejos de interacción entre compañeros de equipo. De esta forma, se hace posible obtener información detallada de todas las variables analizadas (Ribeiro et al., 2017), sin excluirlas de los análisis. En el rendimiento deportivo, pequeñas contribuciones de variables al rendimiento pueden modificar toda la red y cambiar el rendimiento. Así, es posible identificar qué variables influyen más en los cambios derivados de las intervenciones. Teniendo en cuenta la complejidad del waterpolo, se seleccionaron tres medidas de centralidad para este estudio: (i) la influencia esperada (IE) indica las variables más susceptibles de intervención, además de indicar a qué variables es más difícil acceder, las más resistentes al cambio; (ii) la centralidad de cercanía (CC) indica qué variables tienen el camino más corto entre las demás, es decir, qué variables podrían verse afectadas por las intervenciones más rápidamente, y (iii) la centralidad de fuerza indica qué variables, en el patrón actual de la red, tienen las relaciones más fuertes.

Considerando (i) las amplias posibilidades de análisis de redes en el deporte, (ii) la necesidad de comprender las posibles relaciones entre los diferentes parámetros que influyen en el rendimiento en el waterpolo y (iii) el posible efecto de la experiencia práctica sobre el rendimiento, los objetivos de este estudio fueron: verificar las redes formadas con la antropometría, la posición táctica de los jugadores y el rendimiento en determinadas pruebas, por la experiencia en la modalidad, así como comparar las variables de la red entre los jugadores más y menos experimentados.

## Metodología

Participaron en este estudio cuarenta y nueve jugadores masculinos de waterpolo, de cuatro equipos diferentes. Se dividieron en dos grupos según el percentil 50 de experiencia (años) en campeonatos de entrenamiento de waterpolo. Las posiciones tácticas se identificaron en función del rendimiento de los deportistas en partidos y entrenamientos, por lo que se clasificaron en posiciones centrales (cubreboyas y boyas) y posiciones periféricas (extremos y laterales). El grupo 1 (menos experimentados, G1) estaba formado por 24 jugadores (3 centrales y 21 periféricos). El grupo 2 (más experimentados, G2) estaba formado por 25 jugadores (6 centrales y 19 periféricos). Los participantes entrenaban al menos tres veces por semana, entre 90 y 120 minutos por sesión, en los últimos 6 meses anteriores a la recogida, y solían participar en campeonatos regionales y nacionales. La Tabla 1 muestra las frecuencias (absolutas/relativas) de las posiciones tácticas de juego de los participantes en cada grupo.

**Tabla 1**

*Frecuencia absoluta (y relativa) de las posiciones preferidas de los participantes de cada grupo (G1: menos experimentados; G2 más experimentados).*

Jugadores	G1, n = 24	G2, n = 25
Centrales	3 (12.5 %)	6 (24 %)
Periféricos	21 (87.5 %)	19 (76 %)

Este estudio fue evaluado y aprobado por el Comité Ético Local de Investigación (36758920.3.0000.5347). Los participantes mayores de 18 años y los padres o tutores de los participantes menores de 18 años firmaron un formulario de consentimiento y los participantes menores de 18 años firmaron un formulario de consentimiento para participar en el estudio.

## Recogida y análisis de datos

Se obtuvieron datos antropométricos e información sobre la experiencia y la posición táctica antes de las pruebas en la piscina. Los deportistas recibieron instrucciones de no entrenar 24 horas antes de las pruebas. Además, se les pidió que evitaran, 72 horas antes de las pruebas, consumir productos con cafeína o alcohol. La altura, la masa corporal y la envergadura del brazo se obtuvieron mediante procedimientos estándares, con una cinta métrica y una báscula. Los jugadores iban descalzos y llevaban solamente el bañador. Las pruebas se aplicaron durante tres días, separados por al menos 24 horas, siempre con un calentamiento estándar para la sesión de entrenamiento de waterpolo.

## Pruebas

### Agilidad

Para obtener los datos de AGIL, se llevó a cabo la Prueba Funcional de Rendimiento de Agilidad (FTAP, por sus siglas en inglés) (Tucher et al., 2014, 2015, 2016). Los jugadores siguieron la trayectoria del balón tras los pases realizados por los jugadores situados en los vértices del área establecida para la prueba (9 m<sup>2</sup>). En cada vértice, se colocó un balón en un arco flotante. Se realizaron tres pases entre los jugadores situados en los vértices. Los jugadores evaluados solo conocían la dirección del primer pase ejecutado, por lo que, para el segundo y tercer pases, era necesario un desplazamiento rápido para sacar el balón del arco del respectivo jugador del vértice que recibía y ejecutaba el siguiente pase. Después de sacar el segundo balón, se paraba el cronómetro y se registraba el tiempo de la prueba de agilidad. Dos entrenadores experimentados utilizaron dos cronómetros (Casio, JS-9006P, Japón). Los evaluadores y los participantes en la prueba fueron informados de antemano sobre los procedimientos de la prueba y se familiarizaron adecuadamente con el protocolo. Para no interferir en el desempeño de la prueba, los deportistas no recibieron información sobre el resultado durante la realización de la FTAP.

### Velocidad de lanzamiento

La prueba se adaptó a partir de la propuesta por Vila et al. (2009). Los participantes realizaron un calentamiento de 5 minutos y efectuaron pases y lanzamientos. Los jugadores evaluados lanzaron a la portería a 5 m, simulando un penalti, sin portero. En la prueba, cada deportista evaluado realizó cinco disparos con 1 minuto de intervalo entre intentos. En las situaciones en las que el balón salía fuera, rebotaba en el agua antes de llegar a portería o daba en el poste, era necesario repetir el intento. Se utilizó un radar (26.5-40 gHz; Bushnell, Estados Unidos) situado detrás de la portería para medir la velocidad del balón tras el lanzamiento, tal y como describen Skoufas et al. (2003).

### Salto vertical

Los jugadores permanecieron en posición vertical realizando patada batidora y remada con una mano, mientras que el otro brazo permanecía extendido por encima de la línea de cabeza (posición defensiva para bloquear) durante 5 s, en un área cuya altura se calibró previamente en 200 cm (conversión posterior de píxeles a cm). Después, remaban con ambas manos y se preparaban para ejecutar el salto vertical más alto posible, realizando un movimiento de piernas de alta intensidad y tocando con una mano (brazo dominante) la plancha lo máximo posible (De Castro et al., 2021; Platanou, 2006). Cada

jugador realizó tres intentos con un intervalo de 5 minutos. Se utilizó una cámara de vídeo (60 Hz; VPC-WH1, Sanyo, Japón) sobre trípode. Las imágenes de las pruebas se analizaron en el programa informático de código abierto Kinovea ([www.kinovea.org](http://www.kinovea.org)) y se obtuvo el resultado del salto vertical en centímetros.

### Análisis estadístico

La normalidad de los datos se verificó con la prueba de Shapiro-Wilk. Se calcularon las medias, las desviaciones típicas y los límites de confianza de las medias (95 %) para las variables escalares. Se calcularon las frecuencias absolutas y relativas de las variables categóricas. La comparación de variables escalares, entre el G1 y el G2, se realizó mediante la prueba *t* de Student para datos independientes ( $\alpha \leq .05$ ). El tamaño del efecto de la experiencia (efecto de grupo) sobre las variables escalares se verificó con la *d* de Cohen y se categorizó según: de 0 a 0.19, insignificante; de 0.2 a 0.59, pequeño; de 0.6 a 1.19, moderado; de 1.2 a 1.99, grande; de 2.0 a 3.99, muy grande, y  $> 4.0$ , casi perfecto (Hopkins, Will G., 2002).

Para comprobar las posibles asociaciones entre la antropometría, la posición táctica y el rendimiento en las pruebas, se aplicó la técnica de aprendizaje automático denominada análisis de redes. Se generaron medidas de centralidad y se transformaron en puntuaciones *z* para comprender el papel de cada variable en el sistema. En el presente estudio, se utilizaron tres medidas (Epskamp et al., 2012):

(i) Influencia esperada (IE): estimada a partir de la magnitud de las aristas negativas y positivas que conectan un nodo con los demás.

(ii) Centralidad de cercanía (CC): se determina a partir de la inversa de las distancias de un nodo a todos los demás.

(iii) Centralidad de fuerza (CF): suma de todos los pesos de los caminos que conectan un nodo con los demás.

Por lo que respecta a las medidas de centralidad, cuanto más se alejen de cero, mayor es la relevancia de la variable dentro del sistema. En este estudio, se utilizó el modelo de campo aleatorio "pairwise Markov" para aumentar la precisión de la red de correlación parcial. El algoritmo de estimación utilizado asume la interacción de mayor orden

del grafo verdadero. El algoritmo incluye una penalización L1 (regresión por vecindad ponderada). La ponderación se consigue mediante un operador de selección y contracción mínima absoluta (LASSO, por sus siglas en inglés) que controla la dispersión del modelo (Friedman et al., 2008). Se utilizó el criterio de información bayesiano ampliado (EBIC, por sus siglas en inglés) porque es más conservador seleccionar  $\lambda$  a partir del parámetro de ponderación. El EBIC utiliza un hiperparámetro ( $\gamma$ ) que determina en qué medida selecciona modelos dispersos (Chen, 2008; Foygel y Drton, 2011). El valor de  $\gamma$  suele fijarse entre 0 y 0.5. Los valores más altos indican modelos más parsimoniosos con menos aristas. Un valor cercano a 0 indica una estimación con más aristas. Un valor de  $\gamma$  de 0.25 es potencialmente útil para las redes exploratorias. Se utilizó este valor en el presente estudio (Foygel y Drton, 2011). El LASSO ponderó los algoritmos para obtener la matriz de precisión, que, una vez normalizada, representa las asociaciones entre las variables de la red. Las relaciones positivas de la red se muestran en verde y las negativas, en rojo. El grosor y la intensidad de los colores representan la magnitud de las asociaciones. Para el análisis y la construcción de las redes, se utilizaron los programas SPSS v.20.0 y versión 0.14.1.0.

### Resultados

En la Tabla 2 se muestran las descripciones y comparaciones del tiempo de experiencia, la edad, las características antropométricas y los parámetros de rendimiento, así como los tamaños del efecto de la experiencia. El tiempo de experiencia presentó: (i) un gran tamaño del efecto sobre la edad, (ii) insignificante sobre la altura y la envergadura, y (iii) moderado sobre la masa corporal. En cuanto a los parámetros de rendimiento, los efectos de los grupos de experiencia fueron: (i) moderados en el salto vertical y (ii) pequeños en la agilidad con el balón y la velocidad de lanzamiento. Los G2 tenían más edad, más experiencia y más peso, y alcanzaban valores de SV superiores al G1.

Las Figuras 1 y 2 muestran las redes formadas para el G1 y el G2, respectivamente, utilizando las variables experiencia (EXP), edad (EDAD), altura (ALT), envergadura (ENV), masa corporal total (MCT), posición táctica (POS), salto vertical (SV), agilidad (AGIL) y velocidad de lanzamiento (VL). Las líneas azules indican relaciones positivas, mientras que las líneas rojizas indican relaciones negativas. El grosor de cada línea indica la fuerza de la relación<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Complementariamente, la matriz de correlaciones se encuentra en el Apéndice de este manuscrito.

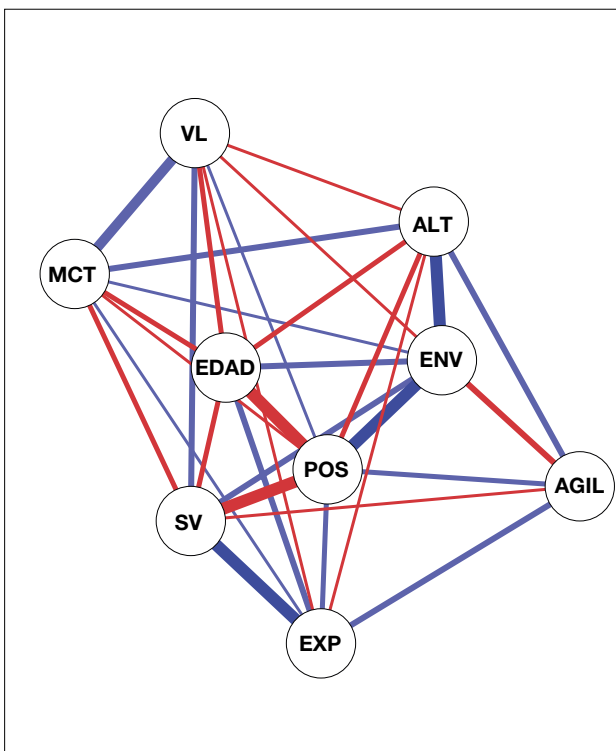
**Tabla 2**

Medias, desviaciones típicas, límites de confianza de las medias (95 %), comparaciones y *d* de Cohen y categoría respectiva del efecto de los grupos para el tiempo de experiencia, la edad, las características antropométricas y los parámetros de rendimiento; (G1: menos experimentados; G2 más experimentados).

	G1, n = 24	G2, n = 25	t valor de p	Efecto <i>d</i> de Cohen
Tiempo de experiencia (años)	4.7 ± 1.0 de 4.3 a 5.2	13.0 ± 6.7 de 10.2 a 15.7	-6.0 <.001	1.7 grande
Edad (años)	17.9 ± 5.7 de 15.4 a 20.3	26.5 ± 8.6 de 22.5 a 30.1	-4.1 .001	1.8 grande
Altura (cm)	180.0 ± 5.8 de 177.5 a 182.5	179.1 ± 5.8 de 177.5 a 182.5	0.51 .60	0.15 insignificante
Envergadura del brazo (cm)	185.6 ± 5.2 de 183.4 a 187.8	185.0 ± 7.2 de 182.0 a 188.0	0.31 .75	0.09 insignificante
Masa corporal total (kg)	74.6 ± 8.2 de 71.1 a 78.1	81.0 ± 13.4 de 75.4 a 86.6	-1.9 .05	0.82 moderado
Agilidad (s)	3.8 ± 0.2 de 3.7 a 3.9	3.7 ± 0.3 de 3.5 a 3.8	1.61 .11	0.39 pequeño
Velocidad de lanzamiento (m·s <sup>-1</sup> )	17.8 ± 1.2 de 17.2 a 18.3	18.2 ± 1.6 de 17.5 a 18.9	-1.0 .31	0.28 pequeño
Impulsión vertical (cm)	132.1 ± 10.9 de 127.4 a 136.7	141.0 ± 16.0 de 134.4 a 147.7	-2.2 .027	0.65 moderado

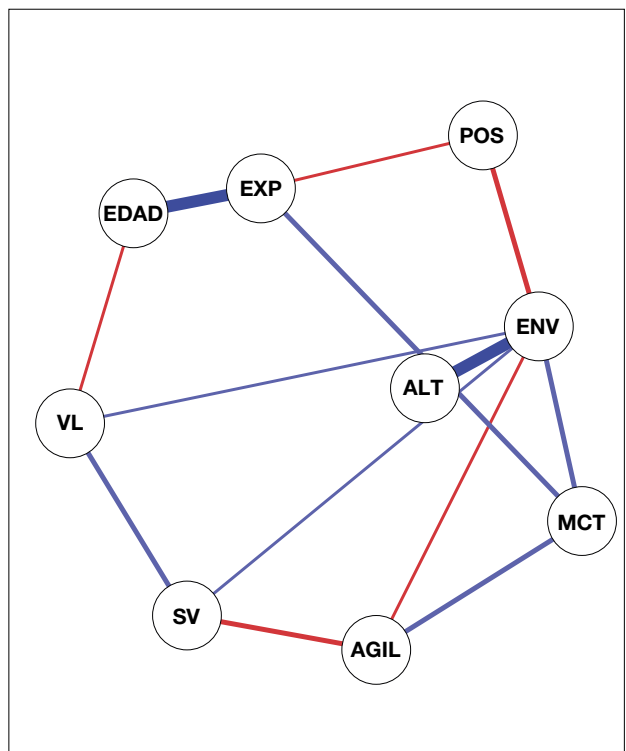
**Figura 1**

Red formada en el G1 (jugadores menos experimentados): EXP (experiencia), EDAD (edad), ALT (altura), ENV (envergadura del brazo), MCT (masa corporal total), POS (posición), SV (salto vertical), AGIL (agilidad) y VL (velocidad de lanzamiento). Las líneas azules indican relaciones positivas, mientras que las líneas rojas indican relaciones negativas. El grosor de cada línea indica la fuerza de la relación; n = 24.



**Figura 2**

Red formada en el G2 (jugadores más experimentados): EXP (experiencia), EDAD (edad), ALT (altura), ENV (envergadura del brazo), MCT (masa corporal total), POS (posición), SV (salto vertical), AGIL (agilidad) y VL (velocidad de lanzamiento). Las líneas azules indican relaciones positivas, mientras que las líneas rojas indican relaciones negativas. El grosor de cada línea indica la fuerza de la relación; n = 25.



**Tabla 3**

Medidas de centralidad para el G1 (menos experimentados; n = 24) y el G2 (más experimentados; n = 25).

	IE		CC		CF	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2
POS	-1.00	-1.77	1.23	0.56	1.75	-0.40
EXP	1.32	0.86	-0.13	0.38	-0.43	0.69
EDAD	-1.21	0.30	0.21	-0.15	0.31	0.65
ALT	-0.02	1.05	0.48	0.13	0.21	-0.20
ENV	1.70	0.91	0.66	1.57	0.64	2.16
MTC	0.35	0.65	-1.02	0.91	-0.85	-0.65
SV	-0.81	-0.57	1.14	-1.54	0.77	-0.79
AGIL	-0.08	-1.07	-1.20	-0.96	-1.19	-0.49
VL	-0.22	-0.38	-1.38	-0.91	-1.19	-0.94

IE: Influencia esperada; CC: Centralidad de cercanía; CF: Centralidad de fuerza

En la Tabla 3 se muestran las medidas de centralidad para el G1 y el G2 en relación con la posición táctica, la experiencia, la edad, la altura, la envergadura, la masa corporal total, SV, AGIL y VL.

## Discusión

Este estudio comprobó las redes formadas entre la antropometría, la posición táctica de los jugadores y el rendimiento en pruebas específicas de waterpolo según la experiencia en la modalidad; asimismo, comparó las variables de la red entre los grupos con mayor y menor experiencia. Entre los resultados de este estudio, destacan los siguientes: (i) el análisis gráfico de las redes ilustró la mayor conectividad de las variables para el G1 e indicó un menor nivel de complejidad entre las variables para el G2; y (ii) la influencia de EXP en los parámetros de antropometría y rendimiento se plasmó en tamaños del efecto moderados para masa corporal y SV, respectivamente. En comparación, G2 tenía valores más altos de edad, masa corporal total y SV que G1.

Para alcanzar un buen nivel técnico en waterpolo, se requieren al menos 15 años de experiencia competitiva. Esta afirmación se basa en el análisis de que los mejores equipos internacionales tienen jugadores con una media de edad superior a los 25 años y la iniciación en el waterpolo, en los países más tradicionales y ganadores, se produce incluso antes de los 10 años (Canossa et al., 2009). Así pues, la experiencia ejerce una influencia preponderante sobre el rendimiento en la modalidad. En este estudio, solo pudimos encontrar un tamaño del efecto de la experiencia

moderado sobre la masa corporal total y el SV. Sin embargo, en lo que respecta a la interpretación del tamaño del efecto, Cohen (1988) indicó que un tamaño del efecto moderado representa una magnitud evidente a simple vista para un investigador atento; así, de algún modo debe tenerse en cuenta la influencia sobre la variable observada (Espírito Santo y Daniel, 2017). El SV se presenta como un parámetro decisivo para alcanzar un rendimiento sobresaliente en el waterpolo, ya que influye en la capacidad para ejecutar pases, lanzamientos ofensivos y bloqueos (Platanou, 2005). En este caso, la experiencia indica que es relevante para dicha capacidad.

Diversos estudios tratan de investigar los factores que pueden influir en el rendimiento en waterpolo con análisis de correlación. Por ejemplo, en el estudio de De Castro et al. (2021) se analizaron tres parámetros de rendimiento en jugadores brasileños de waterpolo: AGIL, SV y VL. Los resultados indicaron una correlación positiva de AGIL con SV y VL. Sin embargo, no fue posible identificar un patrón para los mejores deportistas en las tres variables analizadas conjuntamente. En el estudio de Zinner et al. (2015), con jugadores de la selección alemana, se evaluó el rendimiento en la ejecución de la patada batidora, pruebas de fuerza isométrica y dinámica, y pruebas específicas de waterpolo. Se observaron correlaciones positivas entre fuerza muscular y un alto rendimiento en la ejecución de la patada batidora, cuya consecuencia es una mayor velocidad en el lanzamiento.

Los juegos deportivos, los equipos y los deportistas se han visto recientemente como sistemas adaptativos complejos cuyo comportamiento está influido por las restricciones ambientales, individuales y de la tarea (Pol et al., 2020).

Desde esta perspectiva, el waterpolo puede entenderse como un fenómeno complejo, ya que contiene variables de distinta naturaleza que influyen en el rendimiento: valores antropométricos, tácticas, técnicas. Por ello, deben ser sensibles a los cambios y mostrar comportamientos que no sean lineales. Para interpretar las distintas variables en relación con el rendimiento en waterpolo, el análisis de redes parece traducir mejor estas interacciones, es decir, de forma integrada, para poder observar todas las relaciones susceptibles de influir en el comportamiento para distintos niveles de rendimiento.

En este estudio, a través del análisis gráfico de las redes, fue posible identificar las relaciones entre las variables de cada grupo de experiencia. Además, se identificaron diferencias entre los grupos: la primera se refiere al patrón de red presentado por el grupo de deportistas menos experimentados (G1) en comparación con el grupo de deportistas más experimentados (G2). La Figura 1 indica una red con un mayor nivel de complejidad (G1), con interacciones estrechas y múltiples, un escenario que sugiere que los deportistas con menos experiencia tienen un mayor número de variables sensibles a los cambios. Por otra parte, la Figura 2 indica una red con un patrón distinto para los deportistas más experimentados (G2), con una mayor distancia entre las variables de rendimiento, que parecen ser más fijas. En consecuencia, parecen ser más resistentes al cambio. Tales resultados, teniendo en cuenta las posibles respuestas de los jugadores jóvenes al entrenamiento, parecen reforzar la posibilidad de que la experiencia desempeñe un papel importante, especialmente al proporcionar innumerables y diversas prácticas en deportistas jóvenes.

Los valores de IE, relativos a los parámetros de rendimiento, indican que, para el G1, AGIL (-0.08) es la variable de más difícil acceso y con menor capacidad de ser objeto de intervenciones directas. En el G1, fue posible identificar la importancia de la experiencia para todas las variables de la red (1.32). En cuanto a los parámetros antropométricos, para el G2 las principales variables fueron la envergadura del brazo (1.05) y la altura (0.91). Para el G1, la variable indicada más destacada fue la envergadura del brazo (1.70). En cuanto a la CC, teniendo en cuenta los parámetros de rendimiento, los valores indican que, para el G1, el SV (1.14) es la variable más próxima a la otra en la red. En consecuencia, una intervención podría surtir efecto sobre el SV rápidamente. En cuanto a la posición táctica, el G1 y el G2 presentaron, respectivamente, 1.23 y 0.56. Los valores sugieren que, en el caso del G1, la posición táctica es más sensible a los cambios. Este resultado puede indicar la baja especialidad de la acción en relación con el papel que deben desempeñar los jugadores menos experimentados. En cuanto a los parámetros antropométricos, destaca el valor

presentado para la envergadura del brazo (1.57) y la masa corporal (0.91) en el G2. Los valores de CF, en los parámetros de rendimiento, indican que, para el G1, SV (0.77) tiene relaciones más fuertes en el estándar de red actual. En relación con la posición táctica, el G1 y el G2 presentaron, respectivamente, 1.75 y -0.40. En cuanto a la experiencia, también hubo diferencias entre los grupos. El G1 y el G2 presentaron, respectivamente, -0.43 y 0.69. En cuanto a los parámetros antropométricos, destaca el valor presentado para la envergadura (2.16) en el G2. Este resultado indica la magnitud de las relaciones entre la envergadura y las demás variables. Así pues, los parámetros antropométricos pueden considerarse esenciales para que los entrenadores determinen las posiciones tácticas de sus deportistas en sus equipos.

El análisis integrado con varias variables, que busca verificar la compleja relación de los diversos parámetros que pueden influir en el rendimiento de waterpolo, solo es posible con análisis como el utilizado en este estudio. En waterpolo, ya se han demostrado anteriormente relaciones aisladas entre parámetros antropométricos y rendimiento (Platanou y Varamenti, 2011) y con parámetros de rendimiento (De Castro et al., 2021), por ejemplo. Sin embargo, estos análisis se limitan a la eliminación del análisis conjunto de parámetros seleccionados que podrían, de alguna manera, interferir en el rendimiento. Los resultados del presente estudio permiten, de inicio, realizar este análisis en función de la complejidad de la modalidad. Sin embargo, es posible indicar algunas limitaciones del presente estudio: la participación de un número reducido de jugadores que ocupan una posición central, la falta de análisis antropométricos más específicos, y la falta de análisis realizados en situaciones de juego.

## Conclusiones

Mediante el análisis de redes, fue posible visualizar el nivel de complejidad y la magnitud de las interacciones entre las variables antropométricas y de rendimiento en waterpolo para grupos con diferentes años de experiencia. Para el grupo menos experimentado (G1), la mayor intensidad entre las relaciones (es decir, la formación de una red más compleja con mayor conectividad entre nodos), indicaba que los jugadores en formación tienen más variables sensibles a las intervenciones y cambios que los jugadores más experimentados. Para los más experimentados (G2), la menor conectividad entre nodos (menor complejidad), indica variables más fijas y resistentes a los cambios. En general, la antropometría y la experiencia influyen en (i) el rendimiento del jugador de waterpolo al realizar acciones específicas (agilidad, salto y lanzamiento) y (ii) la definición de la posición táctica del jugador en el equipo.

## Referencias

- Alcaraz, P. E., Abroades, J. A., Ferragut, C., Rodríguez, N., Argudo, F. M., & Vila, H. (2011). Throwing velocities, anthropometric characteristics, and efficacy indices of women's european water polo subchampions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3051–3058. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212e20f>
- Argudo Iturriaga, F. M., de la Vega Marcos, R., & Ruiz Barquín, R. (2015). Perception of Success and Athletic Performance of a Water Polo Goalkeeper. *Apunts Educación Física y Deportes*, 122, 21–27. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/4\).122.02](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/4).122.02)
- Canossa, S., Garganta, J., & Fernandes, R. (2009). Pólo Aquático: Conteúdos de Ensino e Princípios do Jogo – Water Polo: The Teaching Contents and the Game Principles. In Argudo FM (ed). *Investigación en waterpolo (2004-2009)* (pp. 7-22). Madrid: Editorial Azarbe.
- Chen, W. C. (2008). Nonlinear dynamics and chaos in a fractional-order financial system. *Chaos, Solitons and Fractals*, 36(5), 1305–1314. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2006.07.051>
- Cohen (1988) *Statistical Power for the behavioural science*, 273–406. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- De Castro, C. D., Tucher, G., Paixão, D. A., Vasques, D. M., Garrido, N. D., & de Souza Castro, F. A. (2021). Agility, vertical jump, and shot velocity of Brazilian water polo players: correlations and top performances analysis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12318-7>
- Epskamp, S., Cramer, A. O., Waldorp, L. J., Schmittmann, V. D., & Borsboom, D. (2012). qgraph: Network Visualizations of Relationships in Psychometric Data. *Journal of Statistical Software*, 48(4), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i04>
- Espírito Santo, H., & Daniel, F. (2017). Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (2): Guia para reportar a força das relações. *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social*, 3(1), 53–64. <https://doi.org/10.7342/ismt.rpics.2017.3.1.48>
- Foygel, R., & Drton, M. (2011). *Bayesian model choice and information criteria in sparse generalized linear models*. 1–37. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1112.5635>
- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2008). Sparse inverse covariance estimation with the graphical lasso. *Biostatistics*, 9(3), 432–441. <https://doi.org/10.1093/biostatistics/kxm045>
- Hopkins, Will G. "A scale of magnitudes for effect statistics." *A new view of statistics* 502 (2002): 411. (n.d.). Retrieved February 9, 2022, from [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=Hopkins.+W.+G.+%282002%29.+A+scale+of+magnitudes+for+effect+statistics.+A+new+view+of+statistics+%5BInternet%5D.+2002.%5BAccess+Sept+26.+2016%5D.&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Hopkins.+W.+G.+%282002%29.+A+scale+of+magnitudes+for+effect+statistics.+A+new+view+of+statistics+%5BInternet%5D.+2002.%5BAccess+Sept+26.+2016%5D.&btnG=)
- Idrizović, K., Uljević, O., Ban, D., Spasić, M., & Rausavljević, N. (2013). Sport-specific and anthropometric factors of quality in junior male water polo players. *Coll Antropol.* 2013 Dec;37(4):1261-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24611343/>
- Lamas, L., Barrera, J., Otranto, G., & Ugrinowitsch, C. (2014). Invasion team sports: Strategy and match modeling. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(1), 307–329. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868723>
- Lusher, D., Robins, G., & Kremer, P. (2010). The application of social network analysis to team sports. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 14(4), 211–224. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2010.495559>
- Menescardi, C., Estevan, I., & Hernández, A. M. (2019). Estudio observacional en water polo olímpico. *Apunts Educación Física y Deportes*, 136, 100–112. [http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/2\).136.07](http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/2).136.07)
- Platanou, T. (2005). On-water and dryland vertical jump in water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2005 Mar;45(1):26–31. <https://www.researchgate.net/publication/7557820>
- Platanou, T. (2006). Simple 'in-water' vertical jump testing in water polo. *Kinesiology*, 38(1), 57–62.
- Platanou, T., & Varamenti, E. (2011). Relationships between anthropometric and physiological characteristics with throwing velocity and on water jump of female water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 51(2), 185–193.
- Pol, R., Balagué, N., Ric, A., Torrents, C., Kiely, J., & Hristovski, R. (2020). Training or Synergizing? Complex Systems Principles Change the Understanding of Sport Processes. *Sports Medicine - Open*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00256-9>
- Quevedo, L. J., Padrões, A. B., Solé, J. i., & Cardona, G. T. (2015). Entrenamiento perceptivo cognitivo con el neurotracker 3D-MOT para potenciar el rendimiento en tres modalidades deportivas. *Apunts Educación Física y Deportes*, 119, 97–108. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/1\).119.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/1).119.07)
- Ribeiro, J., Silva, P., Duarte, R., Davids, K., & Garganta, J. (2017). Team Sports Performance Analysed Through the Lens of Social Network Theory: Implications for Research and Practice. *Sports Medicine*, 47(9), 1689–1696. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0695-1>
- Skoufas, D., Stefanidis, P., Michailidis, C., Hatzikotoulas, K., Kotzamanidou, M., & Bassa, E. (2003). The effect of handball training with under-weighted balls on the throwing velocity of novice handball players. *Journal of Human Movement Studies*, 44(2), 157–171.
- Tucher, G., Castro, F. A. de S., da Silva, A. J. R. M., & Garrido, N. D. (2016). Sensitivity and validity of a functional test for agility performance in water polo players. *Kinesiology* 48(1): 124–131. <https://doi.org/10.26582/k.48.1.3>
- Tucher, G., De Souza Castro, F. A., Da Silva, A. J. R. M., & Garrido, N. D. (2015). The functional test for agility performance is a reliable quick decision-making test for skilled water polo players. *Journal of Human Kinetics*, 46(1), 157–165. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0044>
- Tucher, G., De Souza Castro, F. A., Garrido, N. D., & Da Silva, A. J. R. M. (2014). The reliability of a functional agility test for water polo. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 181–190. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0046>
- Veale, J. P., Pearce, A. J., & Carlson, J. S. (2010). Reliability and validity of a reactive agility test for Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(2), 239–248. <https://doi.org/10.1123/ijspp.5.2.239>
- Vila, H., Ferragut, C., Argudo, F. M., Abroades, J. A., Rodríguez, N., & Alacid, F. (2009). Relationship between anthropometric parameters and throwing velocity in water polo players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(1), 57–68. <https://doi.org/10.4100/jhse.2009.41.07>
- Zinner, C., Sperlich, B., Krueger, M., Focke, T., Reed, J., & Mester, J. (2015). Strength, endurance, throwing velocity and in-water jump performance of elite German water polo players. *Journal of Human Kinetics*, 45(1), 149–156. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0015>

**Conflicto de intereses:** las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la URL <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite [https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es\\_ES](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES)