



WoS  
JCI-JCR  
Q2 JIF 1.6  
Scopus  
Q1 CS 2.8



# Coordinación cardiorrespiratoria durante la recuperación tras el ejercicio: un indicador novedoso para evaluar la salud

Óscar Abenza<sup>1,2</sup> , Lluç Montull<sup>3\*</sup> , Casimiro Javierre<sup>4</sup> y Natàlia Balagué<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad de Barcelona, Barcelona (España).

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Sistemas Complejos y Deporte, Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), Universidad de Barcelona (UB), Barcelona (España).

<sup>3</sup> Grupo de Investigación en Sistemas Complejos y Deporte, Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), Universidad de Lleida (UdL), La Seu d'Urgell (España).

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias Fisiológicas, Universidad de Barcelona (UB), Barcelona (España).

## Citación

Abenza, Ó., Montull, L., Javierre, C. & Balagué, N. (2025). Cardiorespiratory coordination during exercise recovery: a novel measure for health assessment. *Apunts Educación Física y Deportes*, 159, 1-9. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2025/1\).159.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2025/1).159.01)

## Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

## \*Correspondencia:

Lluç Montull  
[lluçmontull@gmail.com](mailto:lluçmontull@gmail.com)

## Sección:

Actividad física y salud

## Idioma del original:

Inglés

## Recibido:

26 de abril de 2024

## Aceptado:

17 de julio de 2024

## Publicado:

1 de enero de 2025

## Portada:

Laura Kluge compete en un duelo por el puck en el partido entre Alemania y Hungría durante la Eishockey Deutschland Cup, en Landshut, Alemania, el 9 de noviembre de 2024.  
© IMAGO/ActionPictures/ lafototeca.com

## Resumen

La coordinación cardiorrespiratoria (CCR), variable biológica recientemente identificada que evalúa la interacción entre los parámetros derivados de las pruebas de esfuerzo cardiopulmonar (PECP), ha demostrado una elevada sensibilidad a los efectos del entrenamiento y a los trastornos funcionales. Dado el papel crítico de la recuperación tras el ejercicio en la detección de desregulaciones funcionales, este estudio tiene como objetivo explorar la CCR durante la recuperación tras el ejercicio en personas adultas sanas y físicamente inactivas. Quince participantes se sometieron a una PECP piramidal realizando cargas de trabajo idénticas (en orden inverso) durante las fases de intensidad creciente y de recuperación (de intensidad decreciente). Se llevó a cabo un análisis de los componentes principales de las variables cardiorrespiratorias seleccionadas para evaluar la CCR. Asimismo, se calcularon el valor propio del primer componente principal y la entropía informativa. Los participantes se clasificaron en función de si presentaban uno o dos componentes principales (grupos 1CP y 2CP) durante la fase de recuperación de la PECP. Los resultados revelaron que: a) la CCR fue mayor durante la fase de recuperación que durante la fase de intensidad creciente ( $t = -2.67$ ;  $p < .01$ ;  $d = -0.72$ ); b) el grupo 1CP mostró valores propios más altos ( $t = 3.756$ ;  $p < .01$ ;  $d = 2.09$ ) y menor entropía informativa ( $U = 0.00$ ;  $p < .01$ ;  $d = 15.83$ ) que el grupo 2CP; y c) el grupo 1CP tuvo una frecuencia cardíaca, una ventilación y una valoración del esfuerzo percibido al final de la fase de recuperación inferiores a las del grupo 2CP ( $d = 1.21$ ;  $d = 0.57$ ;  $d = 0.71$ ; respectivamente). En conclusión, la CCR aumentó durante la recuperación tras el ejercicio, y los participantes con menos componentes principales en la fase de recuperación mostraron una mayor eficiencia cardiorrespiratoria y una mejor forma física.

**Palabras clave:** análisis de componentes principales, capacidad cardiorrespiratoria, ejercicio piramidal a intensidad submáxima, entropía, fisiología en red del ejercicio, prueba de esfuerzo.



## Introducción

La prueba de esfuerzo cardiopulmonar (PECP) se aplica ampliamente en la praxis clínica para evaluar la reserva cardiaca y la capacidad cardiorrespiratoria de todo tipo de grupos demográficos (Balady et al., 2010). Sin embargo, las variables fisiológicas aisladas (por ejemplo, la frecuencia cardiaca [FC], el volumen respiratorio por minuto [VRP], el consumo de oxígeno [VO<sub>2</sub>], etc.) y los parámetros relacionados (por ejemplo, el umbral ventilatorio, la relación de intercambio respiratorio, etc.) apenas informan sobre la coordinación dinámica de la función cardiorrespiratoria durante el ejercicio (Balagué et al., 2016; Garcia-Retortillo et al., 2017).

La coordinación cardiorrespiratoria (CCR), propuesta como variable para medir las interacciones entre parámetros derivados de las PECP, ha sido muy útil para detectar de forma sensible las diferencias entre varios factores, tales como ejercicios a intensidad máxima repetidos (Garcia-Retortillo et al., 2017), grupos demográficos diversos con y sin alteraciones cromosómicas (Oviedo et al., 2021), niveles de entrenamiento hipóxico (Krivoshchekov et al., 2021), planes de entrenamiento diferentes (Balagué et al., 2016; Garcia-Retortillo et al., 2019) y manipulaciones dietéticas (Esquiús et al., 2022). Sin embargo, aún están por explorar en gran parte sus posibilidades de comprobación y diagnóstico en los ámbitos médico y deportivo.

La CCR se ha evaluado habitualmente mediante el análisis de componentes principales (ACP), técnica que identifica los patrones de covariación subyacentes entre los datos de series temporales de diferentes variables cardiorrespiratorias (Balagué et al., 2016). Cuando las variables comparten una covariación baja, aumenta el número de componentes principales (CP), y viceversa. Los CP plasman la variabilidad compartida entre estas variables en orden decreciente de importancia. Por lo tanto, el primer componente principal (CP<sub>1</sub>) representa la máxima covariación entre variables y se considera la variable de coordinación, mientras que cada uno de los siguientes componentes (CP<sub>2</sub>, CP<sub>3</sub>, etc.) recoge una varianza compartida progresivamente inferior (Balagué et al., 2016). El número total de CP refleja el nivel de coordinación entre las variables cardiorrespiratorias estudiadas, por lo que un número menor de CP sugiere una coordinación más eficiente (Balagué et al., 2016). Por el contrario, un aumento del número de CP puede indicar la formación de nuevos patrones coordinativos (Haken, 2000) y, por tanto, una menor eficiencia. Se ha demostrado que esta menor eficiencia se debe a la acumulación de esfuerzo (Garcia-Retortillo et al., 2017; Garcia-Retortillo et al., 2019), los trastornos cardiorrespiratorios (Oviedo et al., 2021) y los efectos del entrenamiento hipóxico (Krivoshchekov et al., 2021).

Como complemento del ACP, el índice de entropía informativa sirve de herramienta para evaluar la complejidad de los estados de coordinación dentro del sistema (Seely y Macklem, 2012). Una mayor entropía indica un estado más desordenado del sistema, por lo que se necesita una mayor cantidad de información para describir su estado actual.

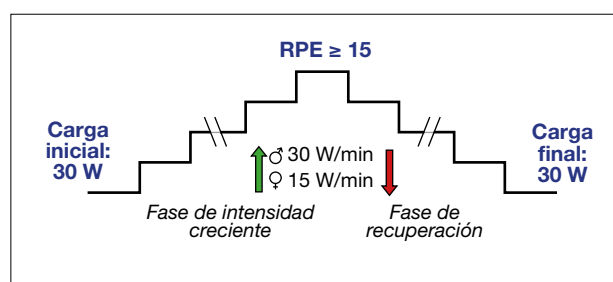
Por el contrario, a medida que el sistema se estabiliza en menos estados, su entropía disminuye (Naudts, 2005). La sensibilidad de la CCR a los efectos de la acumulación de esfuerzo y a la sobrecarga general parece ofrecer información más relevante sobre la carga interna en comparación con variables comúnmente utilizadas como la carga de trabajo máxima o el consumo máximo de oxígeno (Balagué et al., 2016; Garcia-Retortillo et al., 2017).

Los protocolos de PECP suelen incluir ejercicios de intensidad creciente y máxima con periodos de descanso cortos (de 3 a 10 minutos) o fases de recuperación activa a intensidad submáxima con una carga de trabajo constante. Sin embargo, la evaluación del periodo de recuperación tras el ejercicio contiene información crucial sobre la adaptabilidad de los sistemas reguladores durante el ejercicio. La recuperación tras el ejercicio representa una fase dinámica en la que diversos mecanismos activos tratan de volver a sus estados iniciales (Bartels et al., 2018; Romero et al., 2017). El aparato cardiovascular, concretamente, asume un papel clave en la redistribución de la sangre para satisfacer la demanda de energía y oxígeno que exista en cada momento, y lograr una pronta regulación tras el ejercicio es fundamental para la salud cardiovascular (Pocock et al., 2013). Por lo tanto, la recuperación tras el ejercicio puede considerarse una fase determinante para detectar disfunciones de coordinación entre los aparatos cardiovascular y respiratorio.

Un protocolo de ejercicio piramidal (véase la Figura 1), que implica cargas de trabajo progresivamente crecientes y luego simétricamente decrecientes, puede revelar una posible desregulación de las funciones cardiorrespiratorias. La reducción gradual de la intensidad podría proporcionar indicadores sensibles de la eficacia de la recuperación y la eficiencia del aparato cardiorrespiratorio. Si bien todavía no se ha empleado un protocolo de ejercicio piramidal para evaluar la CCR, este resulta especialmente valioso para comparar las respuestas cardiorrespiratorias con la misma carga de trabajo entre la fase de intensidad creciente y la de recuperación (decreciente). En consecuencia, permite evaluar la recuperación tras el ejercicio después de someterse a cargas de trabajo cada vez mayores (Montull et al., 2020).

**Figura 1**

Protocolo de ejercicio piramidal en bicicleta estática con cargas de trabajo (CT) progresivamente crecientes y decrecientes a modo de espejo simétrico. Adaptado de Montull et al. (2020), con permiso.



Este estudio tenía por meta explorar el potencial de evaluación de la CCR durante la recuperación tras el ejercicio utilizando un protocolo piramidal a intensidad submáxima para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria de personas adultas sanas y físicamente inactivas. Nuestra hipótesis era que la fase de recuperación presentaría un número reducido de CP y una entropía informativa menor en comparación con la fase de intensidad creciente. Además, se preveía que las personas con una menor capacidad cardiorrespiratoria mostrarán un mayor número de CP, una mayor entropía informativa y una peor recuperación psicobiológica durante la fase de recuperación.

## Metodología

### Participantes

Quince personas sanas pero inactivas (menos de 30 min de actividad física diaria) (siete hombres y ocho mujeres:  $53.07 \pm 3.31$  años;  $169.27 \pm 13.26$  cm;  $80.24 \pm 13.26$  kg; y con IMC de  $28.43 \pm 6.57$  kg·m<sup>-2</sup>) participaron voluntariamente en el estudio. Mediante un análisis de potencia con G\*Power 3.1 (Faul et al., 2007) para determinar el tamaño de la muestra, y teniendo en cuenta los grandes tamaños del efecto de la CCR durante el ejercicio (Balagué et al., 2016), estimamos un tamaño de muestra de 12 participantes ( $d = 1$ ,  $\alpha < .05$ , potencia  $(1-\beta) = .80$ ).

Los criterios de exclusión fueron los siguientes: (a) enfermedades cardiovasculares; (b) contraindicaciones para el ejercicio; y (c) uso de medicamentos que pudieran influir en la respuesta de la FC al ejercicio. Tras compartir la información sobre los procedimientos del estudio, los participantes firmaron un consentimiento informado antes de la intervención. Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité de ética de investigación clínica del deporte de la Generalitat de Catalunya (ref. 07/2015/CEICEGC) y se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

### Procedimientos

Se aplicó un protocolo de ejercicio piramidal utilizando un cicloergómetro (Excalibur, Lode, Groningen, Países Bajos) (véase la Figura 1). Tras un calentamiento en bicicleta a 30 W, la carga de trabajo se incrementó en 30 W/min (hombres) y en 15 W/min (mujeres), hasta que los participantes informaron de una percepción subjetiva del esfuerzo (RPE, por sus siglas en inglés)  $\geq 15$  (duro) en la escala de Borg de 6 a 20. En este punto, la carga de trabajo se redujo de forma inversa hasta los 30 W. La frecuencia de pedaleo se mantuvo siempre a 70 rpm. Se dieron a conocer a los participantes los procedimientos de prueba y la escala RPE (de 6 a 20) (Borg, 1998) durante

ejercicios de intensidad creciente submáxima en al menos dos ocasiones durante el mes previo al experimento.

### Obtención de datos

Durante la prueba, los participantes respiraron a través de una válvula (Hans Rudolph, 2700. Kansas City, MO, EE. UU.) y se determinó el intercambio de gases respiratorios mediante un sistema automatizado de circuito abierto (Metasys, Brainware, La Valette, Francia). Se registró el contenido de oxígeno (O<sub>2</sub>), el contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el caudal de aire respiración a respiración. Simultáneamente, el sistema Metasys registró la FC durante el mismo periodo. Antes de cada ensayo, se calibró el sistema utilizando una mezcla de composición conocida de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (15 % de O<sub>2</sub>, 5 % de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> equilibrado) (Carbueros Metálicos, Barcelona, España) y aire ambiental. Los participantes fueron supervisados de forma continua mediante un electrocardiograma de 12 derivaciones (CardioScan v.4.0. DM Software, Stateline, Nevada, EE. UU.).

Las pruebas se llevaron a cabo en un laboratorio bien ventilado con una temperatura ambiente de 23 °C y una humedad relativa del 48 %, con variaciones mínimas de no más de 1 °C en la temperatura y de un 10 % en la humedad relativa. Los participantes realizaron la prueba al menos 3 h después de una comida ligera y sin practicar actividades físicas intensivas en las 72 h previas al experimento (Balagué et al., 2016).

### Análisis de los datos

En primer lugar, las series de datos de las variables cardiorrespiratorias seleccionadas (fracción de oxígeno espirado "FeO<sub>2</sub>", fracción de dióxido de carbono espirado "FeCO<sub>2</sub>", FC y VRP) se dividieron en dos fases: de intensidad creciente y de recuperación. Se excluyeron del análisis otras variables cardiorrespiratorias comúnmente utilizadas en PECP (por ejemplo, la relación de intercambio respiratorio, el pulso de oxígeno, el VO<sub>2</sub>, el volumen sistólico, etc.) debido a su relación matemática con las variables anteriores (Balagué et al., 2016).

#### *Análisis de los componentes principales*

A continuación, se llevó a cabo un ACP con las variables cardiorrespiratorias seleccionadas para cada fase. Antes de realizar el ACP, se calcularon la prueba de esfericidad de Barlett y el índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de cada participante para evaluar la idoneidad de aplicar el ACP (Jolliffe, 2002). El número de CP se determinó utilizando el criterio de Kaiser-Guttman, tratando los CP con valores propios  $\lambda \geq 1.00$  como significativos (Jolliffe, 2002). La solución de eficiencia óptima de los CP extraídos se obtuvo mediante rotación ortogonal Varimax (Meglen, 1991).

Dado el interés en estudiar la CCR durante la recuperación tras el ejercicio, se distinguieron dos grupos en función del número de CP en la fase de recuperación: participantes con 1 CP (grupo 1CP;  $n = 6$ ) y participantes con 2 CP (grupo 2CP;  $n = 9$ ).

#### Análisis de la entropía informativa

Para cuantificar el grado de coordinación entre los subsistemas cardiorrespiratorios implicados de cada participante durante ambas fases, se calculó el índice de entropía informativa de la siguiente manera:

$$H \pm \sum [1/2 \ln(\lambda) + 1/2 \ln(\pi) + 1/2]$$

Donde  $H$  es la entropía informativa del sistema,  $\lambda$  es el valor propio del CP y  $\pi$  es el número de Ludolph. Esta suma incluía todos los valores propios de las PECP (por ejemplo, en una prueba con 2 CP, la suma se realizaba sobre dos valores propios pertenecientes al  $CP_1$  y al  $CP_2$ , respectivamente).

#### Comparación de las fases de intensidad creciente y de recuperación

Para comparar los valores propios del  $CP_1$  y la entropía informativa entre las fases de intensidad creciente y de recuperación de la prueba, se utilizaron la prueba U de Mann-Whitney y la prueba t pareada, respectivamente. Se eligió el  $CP_1$  porque contenía la mayor proporción de varianza de los datos. Asimismo, se evaluaron las diferencias de los resultados entre los grupos 1CP y 2CP durante la fase de recuperación mediante la prueba U de Mann-Whitney y la prueba t independiente, respectivamente. Las diferencias estandarizadas se demostraron mediante la prueba  $d$  de Cohen, considerando tamaños del efecto medianos y grandes ( $d \geq 0.5$  y  $d \geq 0.8$ , respectivamente; Cohen, 1988).

#### Proyecciones ortogonales del $CP_1$ durante la fase de recuperación entre los grupos 1CP y 2CP

Se realizó una comparación de las proyecciones del  $CP_1$  de todas las variables entre los grupos 1CP y 2CP durante la fase de recuperación mediante la prueba U de Mann-Whitney y los tamaños del efecto ( $d$  de Cohen).

#### Eficacia de la recuperación psicobiológica y rendimiento entre los grupos 1CP y 2CP

Los valores de FC, VRP,  $VO_2$  y RPE al final de la fase de recuperación y de toda la prueba se compararon entre los grupos 1CP y 2CP mediante la prueba de Mann-Whitney y los tamaños del efecto ( $d$  de Cohen).

Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante RStudio (RStudio, Inc., 2023), y el nivel de significación predeterminado se fijó en  $p < .05$ .

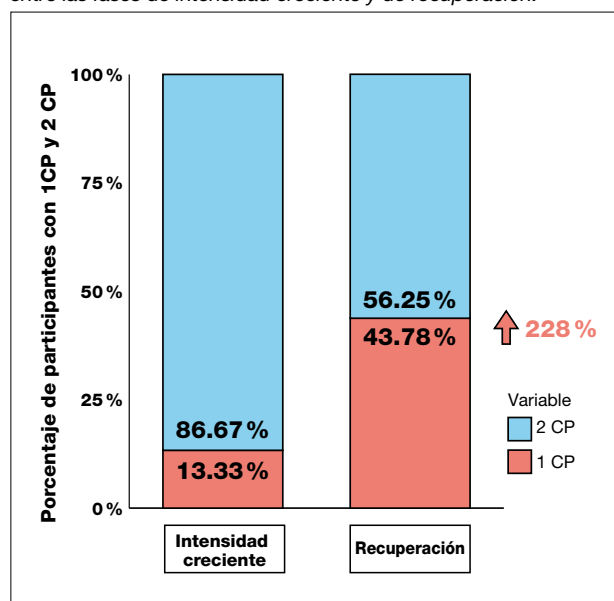
## Resultados

*El ACP y la entropía informativa de variables cardiorrespiratorias durante las fases de intensidad creciente y de recuperación*  
La prueba de esfericidad de Barlett presentó un resultado muy significativo ( $p < .001$ ), lo que confirma la idoneidad de los datos del ACP. El índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) mostró una adecuación satisfactoria del muestreo, tanto en la fase de intensidad creciente ( $0.60 \pm 0.07$ ) como en la fase de recuperación para ambos grupos: 1CP ( $0.69 \pm 0.06$ ) y 2CP ( $0.52 \pm 0.07$ ).

Durante la fase de recuperación, el porcentaje de participantes que mostraron 1 CP evidenció un aumento del 228 % en comparación con la fase de intensidad creciente, tal como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2**

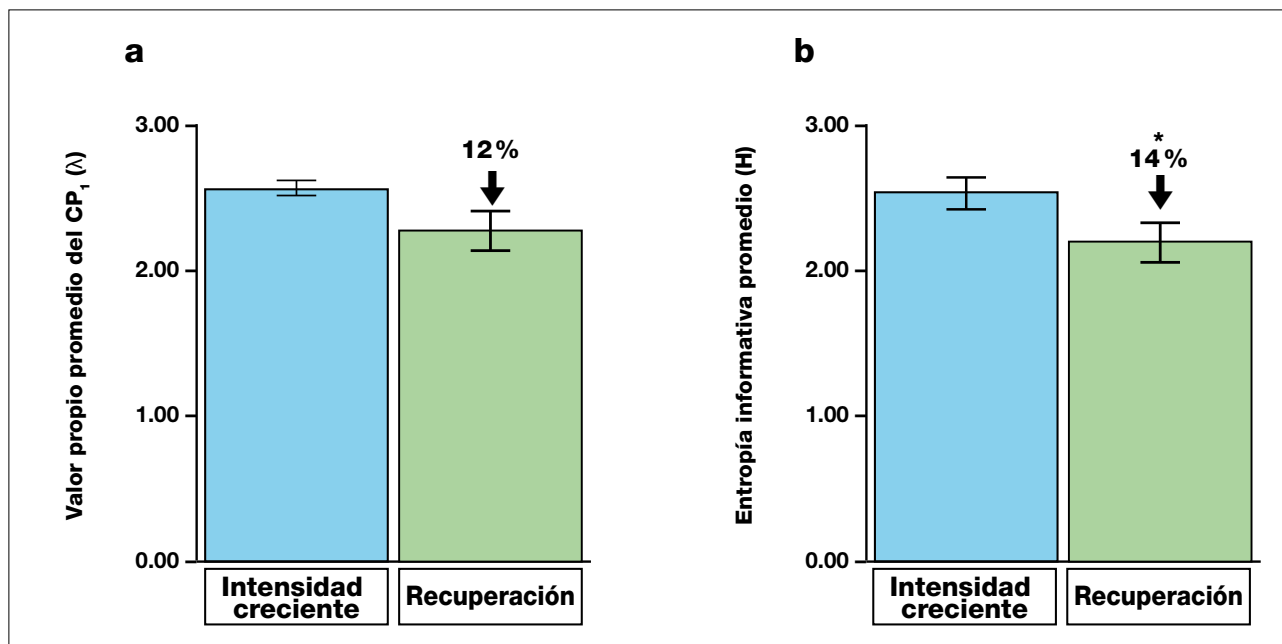
Porcentaje de participantes con uno y dos componentes principales entre las fases de intensidad creciente y de recuperación.



La Figura 3 ilustra que los valores propios del  $CP_1$ , los cuales representan la parte predominante de la varianza de los datos, fueron ligeramente mayores en la fase de incremento ( $2.57 \pm 0.18$ ) que en la fase de recuperación ( $2.28 \pm 0.51$ ) ( $d = -0.76$ ). La entropía informativa también fue significativamente mayor durante la fase de intensidad creciente ( $2.54 \pm 0.39$ ) en comparación con la fase de recuperación ( $2.20 \pm 0.54$ ) ( $t = -2.67$ ;  $p < .01$ ;  $d = -0.72$ ).

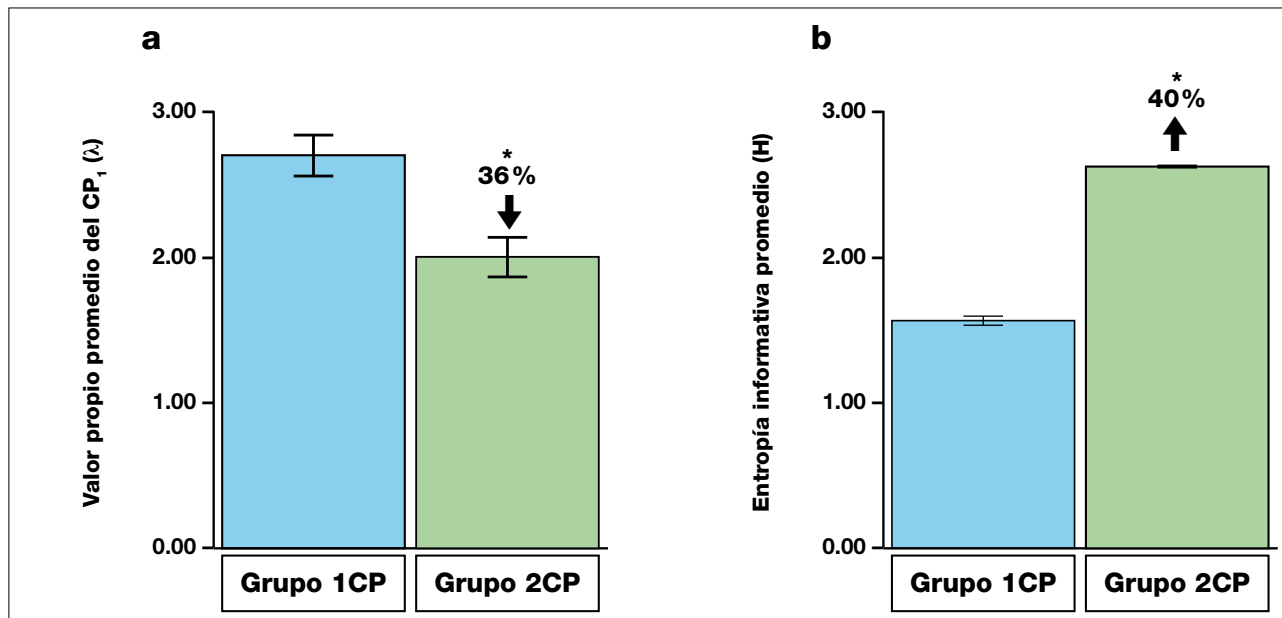
**Figura 3**

Comparación (a) del valor promedio del  $CP_1$  ( $\lambda$ ) y (b) de la entropía informativa promedio ( $H$ ) entre las fases de intensidad creciente y de recuperación (\* $p < .05$ ).



**Figura 4**

Comparación (a) del valor promedio del  $CP_1$  ( $\lambda$ ) y (b) de la entropía informativa promedio ( $H$ ) entre los grupos 1CP y 2CP durante la fase de recuperación (\* $p < .05$ ).



Al comparar los dos grupos dentro de la fase de recuperación, los valores propios del  $CP_1$  fueron significativamente mayores en el grupo 1CP ( $2.71 \pm 0.32$ ) en comparación con el grupo 2CP ( $1.99 \pm 0.39$ ) ( $t = 3.756$ ;

$p < .01$ ;  $d = 2.09$ ). En la misma fase, el grupo 1CP mostró una entropía informativa notablemente inferior ( $1.57 \pm 0.06$ ) a la del grupo 2CP ( $2.62 \pm 0.07$ ) ( $U = 0.00$ ;  $p < .01$ ;  $d = 15.83$ ) (véase la Figura 4).

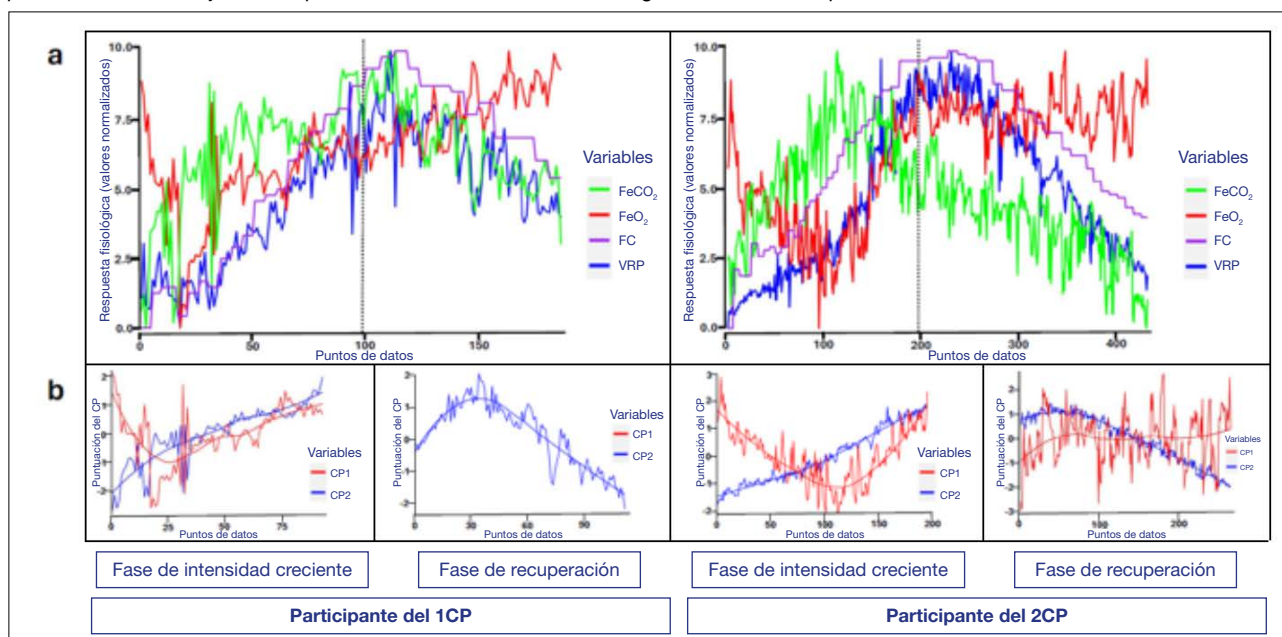
**Tabla 1**Proyecciones ortogonales de las variables sobre  $CP_1$  para los participantes de ambos grupos durante la fase de recuperación.

Grupo 1CP					Grupo 2CP				
ID	FeO <sub>2</sub>	FeCO <sub>2</sub>	FC	VRP	ID	FeO <sub>2</sub>	FeCO <sub>2</sub>	FC	VRP
1	-0.80	0.87	0.92	0.88	7	-0.26	-0.21	0.89	-0.21
2	-0.82	0.72	0.77	-0.66	8	-0.84	0.84	0.08	-0.05
3	-0.86	0.89	0.90	0.81	9	-0.35	0.44	0.83	0.87
4	-0.70	0.81	0.94	0.89	10	0.47	0.09	0.95	-0.96
5	-0.71	0.89	0.75	0.76	11	0.14	0.20	0.96	0.96
6	-0.70	0.87	0.92	0.84	12	0.03	0.50	0.96	0.96
					13	-0.06	0.84	0.98	0.98
					14	0.93	-0.94	-0.08	0.11
					15	0.23	0.39	0.96	0.95
Mediana	-0.78*	0.87*	0.91	0.83	Mediana	0.03*	0.39*	0.95	0.87
RIC	0.11	0.06	0.12	0.10	RIC	0.49	0.41	0.13	1.01

Nota: \* $p < .05$ ; FeO<sub>2</sub>: fracción de O<sub>2</sub> espirado; FeCO<sub>2</sub>: fracción de CO<sub>2</sub> espirado; FC: frecuencia cardiaca; VRP: volumen respiratorio por minuto.

**Figura 5**

Ejemplo de la transformación de las variables cardiorespiratorias en CP en los grupos 1CP y 2CP. (a) Series temporales originales de las cuatro variables cardiorespiratorias seleccionadas en ambos grupos durante las fases de intensidad creciente y de recuperación. (b) Series temporales de las puntuaciones de CP (valores z estandarizados en el espacio abarcado por los CP) para ambos grupos en ambas fases. Las series de cuatro tiempos se condensaron en una o dos series temporales mediante la reducción de dimensión de los CP. Las líneas azul y roja representan la tendencia media de ambos CP, calculada mediante el método de mínimos cuadrados ponderados. Los puntos de datos del eje x corresponden al número de mediciones registradas durante la prueba.



### Proyecciones ortogonales del $CP_1$ durante la fase de recuperación entre los grupos 1CP y 2CP

La Tabla 1 muestra que los participantes del grupo 1CP presentaron respuestas fisiológicas relativamente uniformes durante la fase de recuperación. En concreto, tres variables cardiorespiratorias (FeCO<sub>2</sub>, FC y VRP) mostraron proyecciones o valores positivos elevados en el  $CP_1$ , mientras que FeO<sub>2</sub> exhibió valores negativos. En concreto, las proyecciones de FeO<sub>2</sub> y FeCO<sub>2</sub> sobre el  $CP_1$  fueron significativamente mayores en el grupo 1CP en comparación con el grupo 2CP (FeO<sub>2</sub>:  $U = 5.00$ ;  $p < .01$ ;  $d = 1.99$ , FeCO<sub>2</sub>:  $d = 1.66$ ). Por el contrario, los

participantes del grupo 2CP no presentaron proyecciones cardiorespiratorias uniformes en  $CP_1$ .

La Figura 5 ilustra las diferencias entre los resultados de los grupos 1CP y 2CP en la CCR. Durante la fase de intensidad creciente, ambos grupos mostraron resultados similares, y sus variables (FeCO<sub>2</sub>, FC y VRP) registraron un mayor grado de colinealidad con  $CP_1$ , mientras que FeO<sub>2</sub> se alineó mayoritariamente con  $CP_2$ . Sin embargo, en la fase de recuperación, la varianza de las cuatro variables cardiorespiratorias en el grupo 1CP estaba encapsulada por un  $CP_1$  singular, mientras que el grupo 2CP mostraba tres variables (FeO<sub>2</sub> o FeCO<sub>2</sub>, FC y VRP) con  $CP_1$  y FeCO<sub>2</sub> o FeCO<sub>2</sub> con  $CP_2$ .



**Tabla 2**

Comparación de los valores finales de mediana y rango intercuartílico (RIC) de FC, VRP, VO<sub>2</sub> y RPE entre los grupos.

Grupo 1CP				
	FC (b·min <sup>-1</sup> )	VRP (l·min <sup>-1</sup> )	VO <sub>2</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	RPE (escala de 6 a 20 de Borg)
Mediana	†107.00**	31.22*	12.15	6.00*
RIC	14.50	9.82	2.17	3.25
Grupo 2CP				
	FC (b·min <sup>-1</sup> )	VRP (l·min <sup>-1</sup> )	VO <sub>2</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	RPE (escala de 6 a 20 de Borg)
Mediana	†116.00**	40.72*	12.43	9.50*
RIC	24.00	26.20	3.99	6.13

Nota: † $p < .05$ ;  $d$  = efecto intermedio (\*) y grande (\*\*); FC = frecuencia cardiaca; VRP = volumen respiratorio por minuto; VO<sub>2</sub> = consumo de oxígeno; RPE = percepción subjetiva del esfuerzo.

### Eficacia de la recuperación psicobiológica y rendimiento entre los grupos 1CP y 2CP

La Tabla 2 muestra los valores para ambos grupos de FC, VRP, VO<sub>2</sub> y RPE al final de la fase de recuperación. En comparación con el grupo 2CP, el grupo 1CP presentó valores inferiores en todas las variables estudiadas, con diferencias estadísticamente significativas en la FC ( $U = 7.50$ ;  $p = .03$ ). Los tamaños de los efectos indicaron magnitudes de intermedias a grandes para la FC, la EV y la RPE ( $d = 1.21$ ;  $d = 0.57$ ;  $d = 0.71$ , respectivamente). Además, la duración total de las pruebas realizadas por el grupo 1CP ( $968.17 \pm 179.66$ ), incluidas las fases de intensidad creciente y de recuperación, fue significativamente mayor que la de las realizadas por el grupo 2CP ( $848.22 \pm 234.75$ ) ( $U = 0$ ;  $p < .01$ ;  $d = 0.56$ ).

## Discusión

Las principales conclusiones del presente estudio fueron que: a) la CCR aumentó durante la fase de recuperación de una PECP piramidal; b) los participantes con 1CP en la fase de recuperación mostraron valores propios del CP<sub>1</sub> más altos y una entropía informativa más baja que los que tenían 2CP; y c) los valores de FC, VRP y RPE registrados al final de la PECP fueron más bajos en el grupo 1CP en comparación con el grupo 2CP.

La reducción del número de CP y de la entropía informativa durante la fase de recuperación (de intensidad decreciente), en comparación con la fase de intensidad creciente de la prueba piramidal, sugiere una CCR más eficiente cuando disminuye la carga de trabajo. Aunque esto pueda parecer contradictorio con conclusiones previas, que indicaban un deterioro de la CCR tras un esfuerzo previo (García-Retortillo et al., 2017), los resultados actuales pueden esclarecerse por una mayor implicación del metabolismo anaeróbico durante la fase de intensidad creciente vs. la fase de recuperación. Durante la fase de intensidad creciente, la inercia del metabolismo aeróbico, contrarrestada por la activación de las vías metabólicas lácticas, produjo hiperventilación (Binder et al., 2008; Molkov et al., 2014). Es plausible que esta respuesta, atribuida a la producción de CO<sub>2</sub> no metabólico, causara el aumento del número de CP durante la fase de intensidad creciente, a pesar de que se realizasen las mismas cargas de trabajo en la fase de recuperación.

Montull et al. (2020) también informaron de una falta de simetría en los valores cardiorrespiratorios entre las fases de intensidad creciente y de recuperación de una prueba de ejercicio piramidal, con valores más altos durante la recuperación (fase de intensidad decreciente) para la misma carga de trabajo. Por el contrario, la CCR de este estudio mostró una mayor eficacia durante la recuperación activa. Estas conclusiones confirman el interés de complementar los resultados de las PECP actuales, como la reserva cardiaca y la capacidad cardiorrespiratoria, con parámetros de CCR (es decir, el número de CP y la entropía informativa) (García-Retortillo et al., 2017).

La observación en el grupo 1CP de mayores valores propios del CP<sub>1</sub> y de una menor entropía informativa durante la fase de recuperación, en comparación con el grupo 2CP, significa un mayor nivel de orden, sincronización, eficiencia y adaptabilidad en la respuesta cardiorrespiratoria (Balagué et al., 2016; García-Retortillo et al., 2017). Esto implica un mayor entrenamiento del aparato cardiorrespiratorio y puede extenderse a otros procesos fisiológicos interrelacionados e integrados; por ejemplo, receptores quimiosensibles, sistema límbico-hipotalámico, actividad simpática o parasimpática, o actividad muscular, que operan en diferentes escalas temporales para garantizar la adaptación a la demanda de carga de trabajo (García-Retortillo e Ivanov, 2022; Kairiukstiene et al., 2020; Pocock et al., 2013; Qammar et al., 2022; Velicka et al., 2019).

Durante la fase de recuperación, el grupo 1CP demostró una covariación similar en las cuatro variables cardiorrespiratorias, con valores de FeO<sub>2</sub> elevados que se correlacionaban inversamente con FeCO<sub>2</sub>, FC y VRP. Esta elevación sostenida de FeO<sub>2</sub>, mientras otras variables se recuperaban, sugiere un retraso en la respuesta a la demanda de oxígeno (Bahr y Sejersted, 1991). A pesar de dicho retraso, el grupo 1CP no formó un nuevo CP, probablemente debido a su superior rendimiento, que se tradujo en una menor frecuencia de valores cardiorrespiratorios (es decir, que afectaba a menos puntos de datos) en comparación con el grupo 2CP (Balagué et al., 2016).

Por el contrario, algunos participantes del grupo 2CP contribuyeron a la formación del CP<sub>2</sub>, principalmente a través de FeO<sub>2</sub>, lo cual se deba probablemente a una mayor hiperventilación al iniciarse la fase de recuperación, lo que indica un intercambio de gases menos eficiente.



Otros participantes del grupo 2CP formaron CP<sub>2</sub> a través de FeCO<sub>2</sub>, lo que sugiere que sobrepasaron su umbral anaeróbico ventilatorio, dando lugar a una hiperventilación sustancial inducida por el exceso de CO<sub>2</sub> no metabólico (Binder et al., 2008; Molkov et al., 2014).

El grupo 1CP mostró valores cuantitativos más bajos de FC, VRP y RPE al final de la fase de recuperación en comparación con el grupo 2CP, a pesar de someterse a una prueba de mayor duración, lo que indica una tolerancia a la carga de trabajo potencialmente mejor. Esto sugiere que los participantes con un rendimiento superior demostraron no solo una mayor eficiencia, sino también una mayor eficacia en la recuperación del aparato cardiorrespiratorio durante las cargas de trabajo piramidales. De hecho, el aumento de la entropía informativa en el grupo 2CP pone de manifiesto posibles disfunciones en los mecanismos de realimentación prospectiva y retrospectiva mediados por los quimiorreceptores para regular la ventilación (Zebrowska et al., 2020). Esta ineficacia puede contribuir a un deterioro más pronunciado del control y la regulación de la función cardiorrespiratoria, lo que en última instancia conduce a un agotamiento más precoz y a valores cuantitativos más elevados de las variables psicobiológicas.

La evaluación de la CCR durante la recuperación tras el ejercicio mediante protocolos piramidales tiene consecuencias clínicas relevantes en las PECP. Este énfasis en la evaluación de la recuperación tras el ejercicio con cambios graduales en las cargas de trabajo conlleva un interesante punto de vista sobre la regulación cardiorrespiratoria posterior al ejercicio, ya que ofrece información sobre el estrés de la carga interna provocado por el ejercicio previo (Bartels et al., 2018; Romero et al., 2017). La aplicación del ACP y la entropía informativa demostró a las claras el potencial para informar sobre la eficiencia y eficacia del aparato cardiorrespiratorio frente al aumento y disminución de la carga de trabajo, lo que refuerza estas medidas como una valiosa evaluación objetiva de la aptitud cardiorrespiratoria de las personas durante el ejercicio (Balagué et al., 2016; García-Retortillo et al., 2017). Este enfoque introduce nuevas posibilidades para el diagnóstico y la predicción de estados de salud y rendimiento en las PECP, incluida la identificación de trastornos fisiológicos o patologías y, lo que es más importante, la prevención de paradas cardíacas (Kairiukstiene et al., 2020; Velicka et al., 2019).

Las técnicas de compresión dimensional, como el ACP, reducen la alta dimensionalidad de los datos de series temporales a unos pocos componentes, lo que permite conocer de forma más completa las dinámicas individuales (Denis, 2016). Este enfoque se alinea con la perspectiva de que tales análisis son más integradores y realistas que los indicadores fisiológicos tradicionales que se basan en valores cuantitativos aislados y estáticos (Balagué et al., 2020; García-Retortillo et al., 2017). Además, cabe destacar que los ejercicios piramidales a intensidad submáxima ofrecen una información muy relevante sobre el estado del aparato cardiorrespiratorio y permiten evitar

las pruebas a intensidad máxima, las cuales pueden plantear ciertos riesgos, especialmente para las personas adultas e inactivas.

Este trabajo presentó ciertas limitaciones metodológicas y perspectivas futuras de investigación. Los estrictos criterios de inclusión, que restringían el tamaño de la muestra a personas adultas inactivas y sanas, limitaron la significación estadística de los resultados. Para validar estos resultados preliminares, se justifica la realización de futuros estudios que aumenten el tamaño de la muestra e investiguen diversos grupos de edad y diferentes estados de salud y forma física. En segundo lugar, teniendo en cuenta que este estudio determinó las cargas de trabajo basándose únicamente en el RPE, los futuros estudios deberían añadir otros indicadores objetivos tales como la FC, o bien cargas de trabajo predeterminadas. Por último, los estudios que se lleven a cabo en el futuro deberían considerar la incorporación de la tensión arterial sistólica y diastólica al ACP, junto con otras variables cardiorrespiratorias para integrar más variables relevantes.

Finalmente, aunque el ACP como técnica de dimensión lineal está validado como una herramienta valiosa y sensible para detectar cambios cardiorrespiratorios durante las PECP (García-Retortillo et al., 2017), deben explorarse otras técnicas de análisis de datos para plasmar la dinámica no lineal de la CCR. En este sentido, no solo pueden ser interesantes los métodos de ACP no lineales (Tenenbaum et al., 2000), sino también otros análisis promovidos por la fisiología de redes del ejercicio (García-Retortillo et al., 2020; García-Retortillo e Ivanov, 2022; García-Retortillo et al., 2024; Montull et al., 2023; Vázquez et al., 2016).

## Conclusión

El presente estudio demostró que la coordinación cardiorrespiratoria en personas adultas sanas e inactivas aumentaba durante la recuperación tras el ejercicio. Los participantes con menor número de componentes principales en esta fase mostraron una mayor eficiencia de recuperación y una mayor eficacia del aparato cardiorrespiratorio. Por lo tanto, la coordinación cardiorrespiratoria se refuerza como una variable biológica valiosa para proporcionar información integradora y sensible sobre las pruebas de esfuerzo cardiopulmonar y, en consecuencia, sobre la forma física. Además, el protocolo de ejercicio piramidal a intensidad submáxima parece ser una herramienta adecuada para evaluar a personas adultas e identificar posibles desregulaciones cardiorrespiratorias.

## Agradecimientos

Queremos dar las gracias a los participantes por su disposición a contribuir a este estudio. Asimismo, agradecemos al Departamento de Ciencias Fisiológicas de la Universidad de Barcelona su ayuda en la recogida de datos.

## Referencias

- Bahr, R., & Sejersted, O. M. (1991). Effect of intensity of exercise on excess postexercise O<sub>2</sub> consumption. *Metabolism - Clinical and Experimental*, 40(8), 836–841. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(91\)90012-L](https://doi.org/10.1016/0026-0495(91)90012-L)
- Balady, G. J., Arena, R., Sietsema, K., Myers, J., Coke, L., Fletcher, G. F., Forman, D., Franklin, B., Guazzi, M., Gulati, M., Keteyian, S. J., Lavie, C. J., MacKo, R., Mancini, D., & Milani, R. V. (2010). Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. *Circulation*, 122(2), 191–225. <https://doi.org/10.1161/CIR.0B013E3181E52E69>
- Balagué, N., González, J., Javierre, C., Hristovski, R., Aragonés, D., Álamo, J., Niño, O., & Ventura, J. L. (2016). Cardiorespiratory coordination after training and detraining. A principal component analysis approach. *Frontiers in Physiology*, 7(35). <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00035>
- Balagué, N., Hristovski, R., Almarcha, M., Garcia-Retortillo, S., & Ivanov, P. C. (2020). Network Physiology of Exercise: Vision and Perspectives. *Frontiers in Physiology*, 11, 611550. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.611550>
- Bartels, R., Prodel, E., Laterza, M. C., de Lima, J. R. P., & Peçanha, T. (2018). Heart rate recovery fast-to-slow phase transition: Influence of physical fitness and exercise intensity. *Annals of Noninvasive Electrocadiology*, 23(3), 1–7. <https://doi.org/10.1111/anec.12521>
- Binder, R. K., Wonisch, M., Corra, U., Cohen-Solal, A., Vanhees, L., Saner, H., & Schmid, J. P. (2008). Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. In *European Journal of Preventive Cardiology* (Vol. 15, Issue 6, pp. 726–734). <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e328304fed4>
- Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2<sup>nd</sup> ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Denis, D. J. (2016). *Applied Univariate, Bivariate, And Multivariate Statistics*. Wiley.
- Esquiús, L., Garcia-Retortillo, S., Balagué, N., Hristovski, R., & Javierre, C. (2022). Physiological-and performance-related effects of acute olive oil supplementation at moderate exercise intensity. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0279-6>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
- García-Retortillo, S., Abenza, Ó., Vasileva, F., Balagué, N., Hristovski, R., Wells, A., Fanning, J., Kattula, J., & Ivanov, P. C. (2024). Age-related breakdown in networks of inter-muscular coordination. *GeroScience*, 1–25. <https://doi.org/10.1007/s11357-024-01331-9>
- García-Retortillo, S., Gacto, M., O'Leary, T. J., Noon, M., Hristovski, R., Balagué, N., & Morris, M. G. (2019). Cardiorespiratory coordination reveals training-specific physiological adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 119(8), 1701–1709. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04160-3>
- García-Retortillo, S., & Ivanov, P. C. (2022). Inter-muscular networks of synchronous muscle fiber activation. *Frontiers in Network Physiology*, 2, 1059793. <https://doi.org/10.3389/fnetp.2022.1059793>
- García-Retortillo, S., Javierre, C., Hristovski, R., Ventura, J. L., & Balagué, N. (2017). Cardiorespiratory coordination in repeated maximal exercise. *Frontiers in Physiology*, 8(387). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00387>
- García-Retortillo, S., Javierre, C., Hristovski, R., Ventura, J. L., & Balagué, N. (2019). Principal component analysis as a novel approach for cardiorespiratory exercise testing evaluation. *Physiological Measurement*, 40(8), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/AB2CA0>
- García-Retortillo, S., Rizzo, R., Wang, J. W. J. L., Sitges, C., & Ivanov, P. C. (2020). Universal spectral profile and dynamic evolution of muscle activation: a hallmark of muscle type and physiological state. *Journal of Applied Physiology*, 129(3), 419–441. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00385.2020>
- Gunnar Borg. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*.
- Haken, H. (2000). *Information and Self-Organization. A Macroscopic Approach to Complex Systems*. Springer. <https://doi.org/10.1007/3-540-33023-2>
- Jolliffe, I. (2002). *Principal Component Analysis*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/B98835>
- Kairiukstiene, Z., Poderiene, K., Velicka, D., Trinkunas, E., & Poderys, J. (2020). Analysis of ECG parameter dynamics which define fatigue and the functional state of athletes. *Medicina Dello Sport*, 73(1), 32–41. <https://doi.org/10.23736/S0025-7826.20.03515-2>
- Krivoshchekov, S. G., Uryumtsev, D. Y., Gulyaeva, V. V., & Zinchenko, M. I. (2021). Cardiorespiratory Coordination in Acute Hypoxia in Runners. *Human Physiology*, 47(4), 80–90. <https://doi.org/10.1134/S0362119721030087>
- Meglen, R. R. (1991). Examining large databases: A chemometric approach using principal component analysis. *Journal of Chemometrics*, 5(3), 163–179. <https://doi.org/10.1002/CEM.1180050305>
- Molkov, Y., Zoccal, D., Baeky, D., Abdala, A., Machado, B., Dick, T., Paton, J., & Rybak, I. (2014). Physiological and pathophysiological interactions between the respiratory central pattern generator and the sympathetic nervous system. *Progress in Brain Research*, 121(1), 1–23. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63488-7.00001-X>
- Montull, L., Abenza, O., Hristovski, R., & Balagué, N. (2023). Hysteresis Area of Psychobiological Variables. A New Non-Invasive Biomarker of Effort Accumulation? *Apunts Educación Física y Deportes*, 152, 55–61. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2023/2\).152.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2023/2).152.06)
- Montull, L., Vázquez, P., Hristovski, R., & Balagué, N. (2020). Hysteresis behaviour of psychobiological variables during exercise. *Psychology of Sport and Exercise*, 48(August 2019), 101647. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101647>
- Naudts, J. (2005). Boltzmann entropy and the microcanonical ensemble. *Europhysics Letters*, 69(5), 719–724. <https://doi.org/10.1209/epl/i2004-10413-1>
- Oviedo, G. R., García-Retortillo, S., Carbó-Carreté, M., Guerra-Balic, M., Balagué, N., Javierre, C., & Guàrdia-Olmos, J. (2021). Cardiorespiratory Coordination During Exercise in Adults With Down Syndrome. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.704062>
- Pocock, G., Richards, C. D., & Richards, D. A. (2013). *Human Physiology*. Springer Science & Business Media.
- Qammar, N. W., Orinaitė, U., Šiaučiūnaitė, V., Vainoras, A., Šakalytė, G., & Ragulskis, M. (2022). The Complexity of the Arterial Blood Pressure Regulation during the Stress Test. *Diagnostics*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/diagnostics12051256>
- Romero, S. A., Minson, C. T., & Halliwill, X. R. (2017). The cardiovascular system after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 925–932. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00802.2016>
- Seely, A. J. E., & Macklem, P. (2012). Fractal variability: An emergent property of complex dissipative systems. *Chaos*, 22(1), 19–22. <https://doi.org/10.1063/1.3675622>
- Tenenbaum, J. B., De Silva, V., & Langford, J. C. (2000). A Global Geometric Framework for Nonlinear Dimensionality Reduction. *Science*, 290(5500), 2319–2323. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.290.5500.2319>
- Vázquez, P., Hristovski, R., & Balagué, N. (2016). The path to exhaustion: Time-variability properties of coordinative variables during continuous exercise. *Frontiers in Physiology*, 7, 37. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00037>
- Velicka, D., Kairiukstiene, Z., Poderiene, K., Vainoras, A., & Poderys, J. (2019). Interaction between cardiac functional indices during incremental exercise test reveals the peculiarities of adaptation to exercising. *Medicina (Lithuania)*, 55(7), 1–9. <https://doi.org/10.3390/medicina55070314>
- Zebrowska, M., García-Retortillo, S., Sikorski, K., Balagué, N., Hristovski, R., Casimiro, J., & Petelczyc, M. (2020). Decreased coupling among respiratory variables with effort accumulation. *Europhysics Letters*, 132(2), 1–7. <https://doi.org/10.1209/0295-5075/132/28001>

**Conflicto de intereses:** los autores no han informado de ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la URL <https://www.revista-apunts.com>. Este trabajo tiene licencia de Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Las imágenes u otros materiales de terceros de este artículo están incluidos 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 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**Editado por:**  
© Generalitat de Catalunya  
Departament d'Esports  
Institut Nacional d'Educació  
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

**\*Correspondencia:**  
Sílvia Puigarnau  
[spuigarnau@gencat.cat](mailto:spuigarnau@gencat.cat)

**Sección:**  
Actividad física y salud

**Idioma del original:**  
Español

**Recibido:**  
10 de julio de 2024

**Aceptado:**  
26 de septiembre de 2024

**Publicado:**  
1 de enero de 2025

**Portada:**  
Laura Kluge compete en un duelo por el puck en el partido entre Alemania y Hungría durante la Eishockey Deutschland Cup, en Landshut, Alemania, el 9 de noviembre de 2024.  
© IMAGO/ActionPictures/ lafototeca.com

## Predictores y motivos de abandono en carreras por montaña de larga distancia

Sílvia Puigarnau<sup>1\*</sup> , Neus Guinovart, Itziar Urquijo<sup>2</sup>  y Saul Alcaraz<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, Universidad de Lleida (España).

<sup>2</sup> Deusto Sport & Society, Universidad de Deusto, Bilbao (España).

### Citación

Puigarnau, S., Guinovart, N., Urquijo, I. & Alcaraz, S. (2025). Predictors and reasons for dropping out of long-distance mountain races. *Apunts Educación Física y Deportes*, 159, 10-17. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2025/1\).159.02](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2025/1).159.02)

### Resumen

Existe un creciente interés en la participación en carreras por montaña de larga distancia. Para la superación de dichas pruebas, se deben tener en cuenta diferentes factores, no solo fisiológicos, sino también mentales y estratégicos. Tener que gestionar tantos factores posiblemente explica los altos porcentajes de abandono. El objetivo principal de este estudio fue analizar los predictores del abandono en las carreras por montaña de larga distancia y conocer los motivos de abandono de los participantes en las modalidades de la Ultratrail de Canfranc-Canfranc (2023) y Val d'Aran by UTMB (2023). El porcentaje de abandono entre los participantes fue del 32.7 %. Los predictores resultantes fueron tener malas sensaciones previas a la carrera y competir en la distancia más larga. Al analizar los motivos de abandono, los principales fueron la meteorología adversa, la aparición de fatiga imposibilitante, las lesiones durante la carrera, otros factores vinculados al rendimiento y las enfermedades y malestar estomacal. Nuestros resultados ponen de manifiesto la importancia de la preservación de la salud como un aspecto fundamental del abandono en las carreras por montaña de larga distancia.

**Palabras clave:** abandono, deportes de resistencia, supervivencia, ultratrail.



## Introducción

En el contexto del auge de las carreras por montaña (Venero, 2007), en los últimos años se ha observado un creciente interés por las competiciones de larga distancia, tanto a nivel *amateur* como profesional (Cejka et al., 2014). Estos eventos desafiantes (Scheer, 2019) atraen a deportistas que quieren poner a prueba sus límites físicos y mentales (Belval et al., 2019) y su capacidad de planificación estratégica. Sin embargo, a veces esta combinación no es suficiente para hacer frente a todos los retos de la carrera y la persona participante termina abandonando. El estudio de los motivos y factores involucrados en el abandono resulta esencial para desentrañar las complejidades de las experiencias de los corredores y corredoras y su rendimiento en este tipo de pruebas.

Las características de este tipo de carreras preocupan cada vez más a los profesionales del sector, que deben velar por la seguridad de los y las participantes (Glick et al., 2015). Por ello, se requiere un enfoque integral (Lepers y Cattagni, 2012) que estudie los aspectos físicos, mentales y estratégicos relacionados con el éxito en estas pruebas (Balducci et al., 2017). En este sentido, según Millet et al. (2012), es clave maximizar la capacidad aeróbica, planificar estratégicamente, desarrollar la fortaleza mental, gestionar la recuperación, y adaptarse a las condiciones meteorológicas y del terreno. De acuerdo con Méndez-Alonso et al. (2021), el perfil de las personas que participan en carreras de larga distancia suele estar marcado por la dureza mental, resiliencia y pasión no obsesiva. Asimismo, deberá disponer de altas capacidades cardiovasculares, musculoesqueléticas y mentales, un alto conocimiento de su cuerpo y una previsión y estrategia de carrera bien trabajadas.

Según Philippe et al. (2016), el abandono en carreras de larga distancia es común. En este estudio, identificaron siete etapas representativas que llevan al abandono: sentir dolor, interpretar estas sensaciones, adaptar el estilo de carrera, intentar solucionar el problema, dejarse influenciar por otros corredores, evaluar la situación y, finalmente, decidir retirarse. Posteriormente, Philippe et al. (2017) analizaron en qué momento de la carrera se producían estas secuencias: 46.2 % en avituallamientos, 35.6 % en ascensos y menos del 20 % en descensos. Asimismo, también relacionaron el terreno de más dificultad con más abandonos.

Complementariamente, Bordás y Fruchart (2023) aportaron una perspectiva interesante sobre el modelo de decisión en circunstancias adversas en carreras por montaña. Estos autores encontraron que la evaluación en tiempo real del esfuerzo y el placer experimentados influye en la decisión de reducir, aumentar o mantener el ritmo. Esta evaluación

constante podría ser crucial para comprender los motivos detrás de la decisión de abandonar.

En relación con los factores vinculados con el abandono, destacamos los factores psicológicos, los relacionados con la salud y los relacionados con los estados de vitalidad. Desde la vertiente psicológica, Méndez-Alonso et al. (2021) observaron que aspectos como la resistencia mental, la tenacidad y la pasión por esta disciplina deportiva estaban relacionados positivamente con finalizar las carreras. Estos resultados van en la línea de los de Corrion et al. (2018), que encontraron que la autoeficacia y disponer de estrategias de afrontamiento basadas en el apoyo social eran factores protectores del abandono, mientras que las estrategias de afrontamiento basadas en la evitación estaban relacionadas positivamente con abandonar la carrera.

Otro de los factores clave para explicar el abandono está relacionado con preservar la salud. En este sentido, si la búsqueda de salud emerge como un motivador fundamental de participación, la ausencia de esta, o el temor a su deterioro durante la carrera, pueden conducir a la decisión de retirarse. Así, esta interrelación riesgo-salud resalta la complejidad de las decisiones en este contexto (Chambers y Poidomani, 2022).

Complementariamente, Rochat et al. (2017) examinaron los estados de vitalidad (*vitality states*) durante las carreras por montaña. Estos hacen referencia a las diferentes condiciones que experimentan los corredores y corredoras. Destacaron tres tipos principales de estados: preservación, pérdida y reactivación de la vitalidad. Los autores observaron diferencias significativas en la evolución de estos estados a lo largo de la carrera entre los corredores que finalizaron la carrera y los que no. Así, señalaron la importancia de saber adaptarse y modificarlos para completar la carrera por montaña.

La investigación previa principalmente ha empleado metodología cualitativa para estudiar los factores del abandono en carreras por montaña, brindando una comprensión detallada de las experiencias de los participantes en estos eventos competitivos. Sin embargo, para complementar dichas investigaciones, es necesario desarrollar estudios que analicen los factores involucrados en la probabilidad de retirarse y que cuantifiquen los motivos principales de abandono. Por ello, el objetivo principal de este estudio es analizar los predictores del abandono de la carrera por parte de los corredores y corredoras de carreras por montaña de larga distancia. Complementariamente, como objetivo secundario, planteamos conocer los motivos de abandono de las personas participantes, distinguiendo además entre pruebas de tres distancias diferentes.

## Método

### Participantes

La muestra de este estudio estuvo compuesta por un total de 211 participantes ( $M_{edad} = 44.5$  años,  $DE = 8.7$ ; 88.6 % hombres) en las carreras Val d'Aran by UTMB ( $n = 80$ ) y Canfranc-Canfranc ( $n = 131$ ). Las personas participantes indicaron competir a nivel *amateur* ( $n = 164$ ; 77.7 %) y semiprofesional ( $n = 47$ ; 22.3 %), y llevar una media de 7.5 temporadas completas ( $DE = 5.1$ ) compitiendo en carreras por montaña. En Val d'Aran by UTMB se analizaron tres distancias: corta (55 km y 3,700 m+), media (110 km y 6,400 m+) y larga (163 km y 10,000 m+). Se aplicó la misma distinción en Canfranc-Canfranc: distancia corta (45 km y 3,700 m+), media (70 km y 6,100 m+) y larga (100 km y 8,848 m+). Todas estas pruebas son consideradas de larga distancia. Las personas participantes se distribuyeron de la siguiente forma: distancia corta  $n = 88$  (41.7 %), distancia media  $n = 56$  (26.5 %) y distancia larga  $n = 67$  (31.8 %).

### Instrumentos

Se generó un instrumento *ad hoc* para recolectar los datos sobre los predictores y motivos de abandono en carreras por montaña. Este cuestionario permitió recoger, en primer lugar, información sobre las características de los participantes (*i. e.*, sexo, edad, nivel atlético), su preparación (*i. e.*, horas de entrenamiento, lesiones durante la temporada) y su experiencia en carreras por montaña (*i. e.*, años practicando el deporte, nivel competitivo, carreras realizadas durante la temporada, carreras previas en las que había abandonado). A continuación, se les preguntó si habían abandonado la competición y, en caso afirmativo, el motivo o motivos que llevaron a esa decisión. El cuestionario fue administrado de forma virtual, mediante la herramienta Google Forms.

### Procedimiento

El procedimiento seguido en el estudio sobre predictores y motivos de abandono en carreras por montaña se dividió en tres pasos. En primer lugar, el estudio fue diseñado bajo los principios de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital Arnau de Vilanova de Cataluña (1665). A continuación, se contactó con las comisiones organizadoras de las pruebas Val d'Aran by UTMB y Canfranc-Canfranc para explicarles el propósito del estudio y coordinar la recogida de datos. Este contacto se realizó tres meses antes de la celebración de cada prueba. Una vez obtenida la aprobación por parte de las organizaciones,

se acordó que el equipo de investigación enviaría un correo electrónico recordatorio una semana antes de cada carrera. Finalmente, se invitó a participar en el estudio a los corredores y corredoras que tomaron parte en ambas carreras en las distancias descritas anteriormente. Para ello, una vez finalizadas las competiciones, las organizaciones enviaron un correo electrónico con una breve introducción que explicaba los objetivos del estudio y las instrucciones para completar los cuestionarios. La primera página del cuestionario incluía el consentimiento informado. Una semana después de este primer contacto organización-corredor, se envió otro correo electrónico recordatorio animando a participar a todos aquellos que no lo hubieron hecho la primera vez.

### Análisis de datos

El análisis de datos se desarrolló siguiendo una estructura de tres pasos, todos ellos mediante el programa estadístico SPSS v. 26. En primer lugar, analizamos los datos de forma descriptiva, con medias y desviaciones estándar para las variables cuantitativas, y frecuencias y porcentajes para las variables categóricas. Este análisis preliminar sirvió también para analizar los valores perdidos.

En segundo lugar, para abordar el objetivo principal de este estudio y así conocer los predictores del abandono de la competición, analizamos las posibles diferencias entre las personas que abandonaron la carrera y las que no, mediante pruebas  $\chi^2$  (variables categóricas) y pruebas  $t$  (variables continuas). A continuación, las variables que difirieron significativamente entre las personas que abandonaron y las que no a nivel bivariado ( $p < .05$ ) fueron introducidas en un modelo de regresión logística binaria para identificar los factores asociados de forma independiente con la probabilidad de abandonar la carrera. El análisis de la regresión logística binaria se realizó con un procedimiento escalonado hacia adelante (criterio de entrada  $p < .05$ , criterio de eliminación  $p > .10$ ).

En tercer y último lugar, y con el propósito de dar respuesta al objetivo secundario, analizamos los motivos de abandono. Para ello, primero clasificamos los distintos motivos en base a las respuestas a la pregunta abierta, obteniendo las siguientes categorías: Meteorología, Lesión en carrera, Lesión previa a la carrera, Fatiga, Factores mentales, Rendimiento y Enfermedad y malestar estomacal. A continuación, obtuvimos las frecuencias y porcentajes para cada tipo de motivo de abandono. Complementariamente, analizamos la frecuencia y el porcentaje de cada motivo para los tres tipos de competición: distancia corta, distancia media y distancia larga.

## Resultados

### Objetivo principal: predictores del abandono

*Comparación entre participantes que abandonan y no abandonan*

El análisis preliminar de los datos reveló un porcentaje de valores perdidos inferior al 5 % para todas las variables, lo cual no tuvo consecuencias en los análisis posteriores.

Del total de las personas participantes, 69 abandonaron la competición (32.7 %). Tal como puede observarse en la Tabla 1, encontramos diferencias estadísticamente significativas entre las personas que abandonaron la competición y las que no en tres variables diferentes. Así, las personas que abandonaron la carrera reportaron con mayor proporción la falta de buenas sensaciones en la línea de salida (23.2 % vs. 12.0 % en las que no abandonaron), competir mayormente en la modalidad más larga (53.6 % vs. 21.1 % en las que no abandonaron) y llevar más temporadas compitiendo en carreras por montaña (8.6 vs. 7.0 en las que no abandonaron).

**Tabla 1**

*Comparaciones entre las personas que abandonan o no las carreras.*

Variable	Participantes que no abandonan	Participantes que abandonan	Comparación ( $\chi^2$ o T-test)
Sexo, n (%)			
Hombres	127 (89.4 %)	60 (87 %)	NS
Mujeres	15 (10.6 %)	9 (13 %)	
Nivel deportivo, n (%)			
Amateur	111 (78.2 %)	53 (76.8 %)	NS
Semiprofesional	31 (21.8 %)	16 (23.2 %)	
Buenas sensaciones antes de la carrera, n (%)			
No	17 (12 %)	16 (23.2 %)	$p = .044$
Sí	125 (88 %)	53 (76.8 %)	
Modalidad de carrera, n (%)			
Corta	73 (51.4 %)	15 (21.7 %)	$p < .001$
Media	39 (27.5 %)	17 (24.6 %)	
Larga	30 (21.1 %)	37 (53.6 %)	
Lesiones durante la temporada, n (%)			
No	91 (64.1 %)	46 (66.7 %)	NS
Sí	51 (35.9 %)	23 (33.3 %)	
Abandono en carreras previas de la temporada, n (%)			
No	118 (83.1 %)	50 (72.5 %)	$p = .072$
Sí	24 (16.9 %)	17.5 (27.5 %)	
Edad, M (DE)	44.3 (8.5)	44.8 (9)	NS
Temporadas compitiendo en carreras por montaña, M (DE)	7.0 (4.8)	8.6 (5.5)	$p = .032$
Número de carreras previas en la temporada, M (DE)	4.5 (3.7)	4 (3.1)	NS
Horas de entrenamiento semanal, M (DE)	8.1 (4.1)	8.9 (4.4)	NS

Nota. NS = Prueba no significativa ( $p > .05$ )



### Predictores del abandono

Las tres variables que en el paso previo habían mostrado diferencias significativas entre las personas que habían abandonado la carrera y las que no fueron introducidas como predictoras del abandono en el modelo de regresión logística binaria. Además, se introdujo como variable predictora el abandono en carreras previas durante la temporada, con un valor de  $p = .072$  en la comparación bivariada. Tal como puede observarse en la Tabla 2, los predictores estadísticamente significativos en la regresión logística binaria (prueba de Hosmer y Lemeshow:  $\chi^2(3) = 0.955$ ,  $p = .812$ ;  $R^2$  de Nagelkerke = .189) fueron, en positivo, la falta de buenas sensaciones antes de la carrera (OR = 2.645; 95 % IC = 1.154 - 6.061) y, en negativo, competir en la distancia corta (OR = 0.154; 95 % IC = 0.072 - 0.328) y en la distancia media (OR = 0.364; 95 % IC = 0.171 - 0.774), en comparación con la distancia larga.

### Objetivo complementario: comparación de los motivos de abandono entre corredoras y corredores

Tal como puede observarse en la Tabla 3, el principal motivo de abandono fue la meteorología (37.7 %), tanto para la muestra en general como para las personas participantes de las pruebas de distancia media y larga. En el caso de las personas participantes en las distancias cortas, el principal

motivo de abandono estuvo vinculado con las enfermedades y el malestar estomacal. Complementariamente, otros de los motivos más señalados del abandono de la competición fueron tener una lesión durante la carrera (23.2 %), los efectos de la fatiga (20.3 %) y causas relacionadas con el rendimiento (17.4 %), como no pasar un punto de corte a tiempo o no estar contento con el propio desempeño.

### Discusión

El presente estudio ha analizado los factores predictores del abandono en las carreras por montaña de larga distancia, así como los motivos que llevan a tomar la decisión de abandonar. Nuestros resultados muestran que la falta de buenas sensaciones al inicio de la carrera y el competir en las distancias más largas son predictores del abandono. Complementariamente, nuestro estudio destaca que la meteorología adversa, las enfermedades y el malestar estomacal, las lesiones durante la carrera, los efectos de la fatiga y las causas relacionadas con el rendimiento juegan un papel crucial en la determinación de abandonar una carrera de estas características. Globalmente, nuestros resultados permiten ahondar en el fenómeno del abandono en las carreras por montaña, cuantificando sus predictores y motivos, e identificando la preservación de la salud como un aspecto fundamental del abandono en este tipo de pruebas.

**Tabla 2**

*Predictores del abandono de la carrera por montaña.*

	B	Wald $\chi^2$	$p$	OR	95 % IC
Buenas sensaciones antes de la carrera	0.973	5.285	.022	2.645	1.154 - 6.061
Distancia corta (vs. larga)	-1.870	23.527	0	0.154	0.072 - 0.328
Distancia media (vs. larga)	-1.011	6.883	.009	0.364	0.171 - 0.774
Constante	0.063	0.061	.805	1.065	

Nota. OR = Odds ratio; IC = Intervalo de confianza para la OR.

**Tabla 3**

*Descripción de los motivos de abandono.*

Motivo de abandono	Muestra completa	Distancia corta	Distancia media	Distancia larga
Meteorología	26 (37.7 %)	2 (13.3 %)	8 (47.1 %)	16 (43.2 %)
Lesión en carrera	16 (23.2 %)	3 (20 %)	4 (23.5 %)	9 (24.3 %)
Lesión previa a la carrera	5 (7.2 %)	1 (6.7 %)	0 (0 %)	4 (10.8 %)
Fatiga	14 (20.3 %)	3 (20 %)	1 (5.9 %)	10 (27 %)
Factores mentales	3 (4.3 %)	2 (13.3 %)	1 (5.9 %)	0 (0 %)
Rendimiento	12 (17.4 %)	3 (20 %)	3 (17.6 %)	6 (16.2 %)
Enfermedad y malestar estomacal	9 (13 %)	4 (26.7 %)	3 (17.6 %)	2 (5.4 %)

Nota. NS = Prueba no significativa ( $p > .05$ )

La preservación de la salud parece que desempeña un papel fundamental como predictor del abandono, a través de la ausencia de buenas sensaciones antes de competir, y también como motivo de abandono. Así, a pesar de la voluntad de muchos corredores de apuntarse a carreras de larga distancia para superar retos deportivos, para los cuales pueden estar o no suficientemente preparados, de nuestro estudio se infiere que la toma de la decisión de abandonar está relacionada con evitar situaciones que podrían empeorar su salud. En este sentido, investigaciones previas han subrayado la importancia de mantener un equilibrio entre el desafío deportivo y la preservación de la salud (Chambers y Poidomani, 2022). Asimismo, este resultado está estrechamente relacionado con el cambio de paradigma que se está viviendo dentro de la práctica deportiva en los últimos tiempos. Si bien tradicionalmente el foco estaba orientado hacia el rendimiento, hoy en día son muchos los estudios que priorizan el análisis de factores relacionados con el bienestar del deportista en su globalidad (Thuany et al., 2023; Le Goff et al., 2021). Esto se agudiza aún más si cabe en el caso de corredores de ultradistancia ya que, siendo una práctica cada vez más habitual, se exponen a contextos muy demandantes (Jaenes et al., 2022; Rose et al., 2023), y seguramente no saludables (Scheer et al. 2021), que propician la aparición de lesiones (Hoffman y Krishnan, 2014).

### Predictores del abandono en las carreras por montaña de larga distancia

Las sensaciones experimentadas al inicio de la carrera parece que desempeñan un papel fundamental en el proceso de tomar la decisión de abandonar. Estas sensaciones son muy personales e involucran una valoración de aspectos tanto inespecíficos (p. ej., valoración de expectativas) como más concretos (p. ej., presencia vs. ausencia de molestias). Estos resultados pueden ayudar a completar la sucesión de secuencias descrita por Philippe et al. (2016), añadiendo la importancia de las sensaciones experimentadas antes de la carrera. Complementariamente, nuestros resultados también pueden relacionarse con los estados de vitalidad experimentados durante la carrera descritos por Rochat et al. (2017). En ese sentido, es posible que la falta de buenas sensaciones antes de la carrera pueda estar relacionada con estados de pérdida de vitalidad, vinculados con el abandono. Asimismo, es posible que las expectativas sobre la carrera influyan en las sensaciones experimentadas antes de la carrera. La vinculación de estos resultados con los del presente estudio nos hacen proponer que un análisis de la realidad que esté ajustado a la situación, una correcta identificación de qué indicadores permiten evaluar las sensaciones previas a la carrera de una forma adecuada y una relativización de dichas sensaciones podrían ayudar a minimizar el impacto que tienen estas malas sensaciones en la probabilidad de abandonar.

En cuanto a la distancia de carrera, se ha observado que es en aquellas de distancia superior en las que el abandono se incrementa. Esto podría deberse al aumento de duración y de demanda cognitiva, motivacional y emocional que requieren las pruebas de estas características y del propio incremento de percepción de esfuerzo y fatigabilidad que experimenta el corredor (Berger et al., 2024). Por otro lado, se ha relacionado a los corredores de larga distancia con factores psicológicos como la perfección. Por esta razón podemos asociar el abandono a mantener estrategias de autoprotección para evitar el fracaso social y personal (Curtis y Hutchinson, 2022), cuando no están rindiendo al nivel esperado.

### Motivos de abandono en las carreras por montaña de larga distancia

De acuerdo con nuestros resultados, la preservación de la salud también estuvo vinculada directa o indirectamente con muchos de los motivos de abandono indicados por las personas participantes. Así, el principal motivo de abandono fue por causas meteorológicas adversas. A nivel fisiológico, las condiciones adversas pueden conllevar riesgo para la salud (p. ej., aumento o disminución de la temperatura corporal, cambio en la tensión arterial.). A nivel afectivo y cognitivo, pueden conllevar un desgaste mayor y una anticipación en la toma de decisiones, como el abandono (Peng et al., 2023; Próchniak y Próchniak, 2020; Wagner et al., 2019).

En nuestros resultados, las lesiones durante la carrera, o las previas a ella, fueron otro motivo importante de abandono. En este sentido, Hespanhol et al. (2017) revelaron una prevalencia media de lesiones relacionadas con la carrera a pie por montaña, siendo las de sobreuso más comunes que las agudas. De nuestros resultados se deduce la importancia de diseñar programas de prevención de lesiones que cuiden la salud de las personas participantes (p. ej., Vincent et al., 2022). Complementariamente, nuestros resultados también indican una mayor prevalencia de los motivos de abandono relacionados con las lesiones en las distancias más largas. Sobre este resultado, es relevante tener en cuenta el estudio de Hoffman y Fogard (2011), en el que destacaron que la incidencia de la lesión no estaba directamente relacionada con la distancia de carrera, sino con la práctica general de ultradistancia y, por lo tanto, con más horas de entrenamiento.

Otros de los motivos principales de abandono vinculados con la salud son los relacionados con la fatiga. En esta línea, el estudio de Temesi et al. (2021) apoya la hipótesis de que la fatiga central puede desempeñar un papel crucial en la disminución del rendimiento de los corredores, particularmente en eventos de mayor duración. Sin embargo, el estudio de Hoffman y Fogard (2011) indica que la fatiga influye en el rendimiento de los corredores, pero no se registra como causa principal de retirada. Teniendo en cuenta

que la evidencia no es del todo clara, creemos importante que futuros estudios profundicen en los desencadenantes de la aparición de la fatiga percibida. Por ejemplo, se sabe que una estrategia inadecuada de ingesta e hidratación en este tipo de pruebas puede favorecer la aparición de la fatiga y empeorar el rendimiento (Hargreaves et al., 2004; Jeukendrup et al. 2011; King et al., 2018), lo cual podría llevar al abandono.

### Aplicaciones prácticas

A nivel de aplicaciones prácticas, por un lado, nuestro estudio permite identificar los principales factores y motivos relacionados con el abandono en carreras por montaña de larga distancia. Gracias a estos resultados, los profesionales de las diferentes áreas científicas involucradas en este deporte (p. ej., fisiología, psicología, nutrición) pueden diseñar y aplicar pautas de prevención y de intervención que aborden cada uno de los motivos identificados desde una perspectiva integral. Por otro lado, nuestro estudio resalta la salud como una variable que juega un papel fundamental, tanto directa como indirectamente, en la toma de la decisión de abandonar una carrera de estas características. Creemos que este resultado puede ser de especial interés para la organización de eventos y circuitos de carreras por montaña, al poner el foco en equilibrar la sensación del reto inherente a este tipo de pruebas con la preservación de la salud y la seguridad de las personas participantes.

### Limitaciones y futura investigación

A pesar de las aportaciones del estudio, es necesario señalar dos limitaciones principales. Por un lado, los motivos de abandono se codificaron a partir de una pregunta abierta. Si bien plantear la pregunta de esta manera permitió a las personas participantes explicar con más detalle los motivos de su abandono, esta circunstancia implicó que fuese el equipo investigador quien clasificara estos motivos en las categorías que se analizaron posteriormente. Y, en segundo lugar, es necesario señalar el carácter situacional de la muestra analizada, en cuanto a que recoge una parte de la totalidad de personas que abandonaron las carreras de Val d'Aran by UTMB y Canfranc-Canfranc, y que los datos recogidos pueden estar influenciados por las características concretas de estos eventos competitivos (p. ej., tipo de terreno, perfil topográfico, condiciones del día de la prueba). Por ello, animamos a futuras investigaciones a analizar los predictores y motivos de abandono en pruebas con características diferentes que complementen los resultados del presente estudio.

Además, sugerimos dos futuras líneas de investigación complementarias. En primer lugar, proponemos analizar las diferencias individuales de los corredores, contextualizando la problemática desde una visión integral. Por ejemplo, a nivel psicológico, se podrían incorporar la gestión de las emociones,

la personalidad y la fortaleza mental, ya que estudios previos han señalado que pueden ser determinantes (De la Vega et al., 2011). Asimismo, sería interesante analizar la calidad percibida de la carrera, lo cual llevaría a considerar factores como el valor percibido, la infraestructura logística o los servicios complementarios (Madruga-Vicente et al., 2021). En segundo lugar, creemos que el estudio del abandono se beneficiaría de un enfoque metodológico que permitiera monitorizar la experiencia de los corredores y corredoras durante la prueba. En este sentido, la tecnología *wearable*, como los dispositivos de monitoreo fisiológico y de rendimiento, podría ser de mucha ayuda para tener información objetiva sobre factores involucrados en la gestión del esfuerzo, la estrategia de carrera y la toma de decisiones.

### Conclusión

De acuerdo con nuestro conocimiento, este es el primer estudio que ha analizado los predictores del abandono de carreras por montaña de larga distancia. Concretamente, nuestra investigación muestra cómo una mayor distancia y desnivel de la prueba, así como la falta de buenas sensaciones antes de competir, están relacionadas con una mayor probabilidad de abandonar la carrera. Complementariamente, nuestros resultados destacan la meteorología, las lesiones, la fatiga y el no rendir como se esperaba como motivos que explican el abandono de las carreras de montaña. De este modo, de nuestro estudio se infiere la importancia de equilibrar el desafío deportivo con la prevención de la salud para optimizar la experiencia en carreras de larga distancia y fomentar una participación segura y sostenible en este tipo de eventos deportivos.

### Agradecimientos

A las organizaciones de las carreras Val d'Aran by UTMB y Canfranc-Canfranc, por su participación en el estudio. Facilitaron la recopilación de datos y garantizaron la calidad de nuestra investigación. A los participantes, por su compromiso al responder nuestras cuestiones, proporcionando datos y experiencias valiosas que enriquecieron nuestro trabajo de investigación.

### Referencias

- Balducci, P., Cléménçon, M., Trama, R., Blache, Y., & Hautier, C. (2017). Performance Factors in a Mountain Ultramarathon. *International Journal of Sports Medicine*, 38(11), 819–826. <https://doi.org/10.1055/s-0043-112342>
- Belval, L. N., Hosokawa, Y., Casa, D. J., Adams, W. M., Armstrong, L. E., Baker, L. B., Burke, L., Cheuvront, S., Chiampas, G., González-Alonso, J., Huggins, R. A., Kavouras, S. A., Lee, E. C., McDermott, B. P., Miller, K., Schlader, Z., Sims, S., Stearns, R. L., Troyanos, C., & Wingo, J. (2019). Practical Hydration Solutions for Sports. *Nutrients*, 11(7), 1550. <https://doi.org/10.3390/nu11071550>



- Berger, N. J., Best, R., Best, A. W., Lane, A. M., Millet, G. Y., Barwood, M., Marcora, S., Wilson, P. & Bearden, S. (2024). Limits of ultra: towards an interdisciplinary understanding of ultra-endurance running performance. *Sports Medicine*, 54(1), 73–93. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01936-8>
- Bordás, A., & Fruchart, É. (2023). Pacing strategy in trail running: A cognitive subtractive model of the affective balance between effort and pleasure? *Psychology of Sport and Exercise*, 67, 102409. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2023.102409>
- Cejka, N., Rüst, C. A., Lepers, R., Onywera, V., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2014). Participation and performance trends in 100-km ultra-marathons worldwide. *Journal of Sports Sciences*, 32(4), 354–366. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.825729>
- Chambers, T. P., & Poidomani, J. (2022). “Like Nothing I’ve Seen Before”: A Qualitative Inquiry Into the Lived Experience of Competing in a Trail Running Event. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.817685>
- Corrón, K., Morales, V., Bergamaschi, A., Massiera, B., Morin, J.-B., & d’Arripe-Longueville, F. (2018). Psychosocial factors as predictors of dropout in ultra-trailers. *PLoS ONE*, 13(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206498>
- Curtis, D., & Hutchinson, J. (2022). Preserving perfectionism: The relationship between perfectionism and self-handicapping in distance runners. *SportRxiv*, 46(2), 15–28. <https://doi.org/10.51224/SRXIV.193>
- De la Vega, R., Rivera, O., & Ruiz, R. (2011). Personalidad Resistente en Carreras de Fondo: comparativa entre ultra fondo y diez kilómetros. *Revista de Psicología del Deporte*, 20(2), 445–454. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=235122167014>
- Glick, J., Rixe, J., Spurkeland, N., Brady, J., Silvis, M., & Olympia, R.P. (2015). Medical And Disaster Preparedness of US Marathons. *Prehospital and Disaster Medicine*, 30(4), 344–350. <https://doi.org/10.1017/S1049023X15004859>
- Hargreaves, M., Hawley, J. A., & Jeukendrup, A. (2004). Pre-exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 31–38. <https://doi.org/10.1080/0264041031000140536>
- Hespanhol Junior, L. C., van Mechelen, W., & Verhagen, E. (2017). Health and Economic Burden of Running-Related Injuries in Dutch Trailrunners: A Prospective Cohort Study. *Sports Medicine*, 47(2), 367–377. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0551-8>
- Hoffman, M. D., & Fogard, K. (2011). Factors Related to Successful Completion of a 161-km Ultramarathon. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 25–37. <https://doi.org/10.1123/ijspp.6.1.25>
- Hoffman, M. D. & Krishnan, E. (2014). Health and Exercise-Related Medical Issues among 1,212 Ultramarathon Runners: Baseline Findings from the Ultrarunners Longitudinal TRacking (ULTRA) study. *PLoS ONE* 9(1): e83867. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083867>
- Jaenes, J. C., Alarcón, D., Trujillo, M., Méndez-Sánchez, M. D. P., León-Guereño, P., & Wilczynska, D. (2022). A Moderated Mediation Model of Wellbeing and Competitive Anxiety in Male Marathon Runners. *Frontiers in Psychology*, 13, 800024. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.800024>
- Jeukendrup, A. E., & McLaughlin, J. (2011). Carbohydrate ingestion during exercise: effects on performance, training adaptations and trainability of the gut. *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*, 69, 1–17. <https://doi.org/10.1159/000329268>
- King, A. J., O’Hara, J. P., Morrison, D. J., Preston, T., & King, R. F. G. J. (2018). Carbohydrate dose influences liver and muscle glycogen oxidation and performance during prolonged exercise. *Physiological Reports*, 6(1), e13555. <https://doi.org/10.14814/phy2.13555>
- Le Goff, C., Kaux, J.F., Dulgheru, R., Seidel, L., Pincemail, J., Cavalier, E. & Melon, P. (2021) The impact of an ultra-trail on the dynamic of cardiac, inflammatory, renal and oxidative stress biological markers correlated with electrocardiogram and echocardiogram. *Acta Cardiologica*. 76(7), 739–747. <https://doi.org/10.1080/00015385.2020.1778871>
- Madrugá Vicente, M., Cerro Herrero, D., Angosto Sánchez, S., & Prieto Prieto, J. (2021). Calidad percibida e intenciones futuras en eventos deportivos: segmentación de participantes de carreras por montaña. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 16(50). <https://doi.org/10.12800/ccd.v16i50.1584>
- Méndez-Alonso, D., Prieto-Saborit, J. A., Bahamonde, J. R., & Jiménez-Arberás, E. (2021). Influence of Psychological Factors on the Success of the Ultra-Trail Runner. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2704. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052704>
- Millet, G. Y., Hoffman, M. D., & Morin, J. B. (2012). Sacrificing Economy to improve running performance- a reality in the ultramarathon? *Journal of Applied Physiology*, 113(3), 507–509. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00016.2012>
- Peng, Q., Liu, C., Scelles, N., & Inoue, Y. (2023). Continuing or withdrawing from endurance sport events under environmental uncertainty: athletes’ decision-making. *Sport Management Review*, 26(5), 698–719. <https://doi.org/10.1080/14413523.2023.2190431>
- Philippe, R. A., Rochat, N., Vauthier, M., & Hauw, D. (2016). The story of withdrawals during an ultra-trail running race: A qualitative investigation of runners’ courses of experience. *The Sport Psychologist*, 30(4), 361–375. <https://doi.org/10.1123/tsp.2016-0039>
- Philippe, R., A., Nadège, R., Fabienne, C. V. R., & Denis, H. (2017). The Relationship between Trail Running Withdrawals and Race Topography. *Sports*, 5(4), 91. <https://doi.org/10.3390/sports5040091>
- Próchniak, P., & Próchniak, A. (2020). Preventive and Proactive Coping with Bad Weather in Outdoor Sports: A Measurement Proposal. *Behavioral Sciences (Basel, Switzerland)*, 10(4), 80. <https://doi.org/10.3390/bs10040080>
- Rochat, N., Hauw, D., Philippe, R. A., Von Roten, F. C., & Seifert, L. (2017). Comparison of vitality states of finishers and withdrawers in trail running: An enactive and phenomenological perspective. *PLoS ONE*, 12(3), e0173667. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173667>
- Rose, S., Burton, D., Kercher, V., Grindley, E., & Richardson, C. (2023). Enduring stress: A quantitative analysis on coping profiles and sport well-being in amateur endurance athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, 65, 102365. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102365>
- Scheer, V. (2019). Participation Trends of Ultra Endurance Events. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 27(1), 3–7. <https://doi.org/10.1097/jsa.0000000000000198>
- Scheer, V., Tiller, N.B., Doutreleau, S. et al. (2021) Potential Long-Term Health Problems Associated with Ultra-Endurance Running: A Narrative Review. *Sports Medicine*. 52(4), 725–740. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01561-3>
- Temesi, J., Besson, T., Parent, A., Singh, B., Martin, V., Brownstein, C. G., Espeit, L., Royer, N., Rimaud, D., Lapole, T., Féasson, L., & Millet, G. Y. (2021). Effect of race distance on performance fatigability in male trail and ultra-trail runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(9), 1809–1821. <https://doi.org/10.1111/sms.14004>
- Thuany, M., Viljoen, C., Gomes, T. N., Knechtle, B., & Scheer, V. (2023). Mental Health in Ultra-Endurance Runners: A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(10), 1891–1904. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01890-5>
- Lepers, R., & Cattagni, T. (2012). Do older athletes reach limits in their performance during marathon running? *Age*, 34(3), 773–781. <https://doi.org/10.1007/s11357-011-9271-z>
- Venero, J. P. (2007). Physical Education class as a vehicle of social change. With regards to outdoor activities, hidden curriculum and values. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 11, 51–53. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i11.35048>
- Vincent, H. K., Brownstein, M., & Vincent, K. R. (2022). Injury Prevention, Safe Training Techniques, Rehabilitation, and Return to Sport in Trail Runners. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 4(1), 151–162. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.09.032>
- Wagner, A. L., Keusch, F., Yan, T., & Clarke, P. J. (2019). The impact of weather on summer and winter exercise behaviors. *Journal of Sport and Health Science*, 8(1), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.07.007>



**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)



# Impacto del modelo ludotécnico sobre variables motivacionales en educación primaria: percepciones y diferencias de género

Eduardo Carcas-Vergara<sup>1\*</sup> , Ana Cordellat-Marzal<sup>2</sup> , Alfonso Valero-Valenzuela<sup>3</sup> y José Francisco Jiménez-Parra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IES Río Arba, Tauste, Zaragoza (España).

<sup>2</sup>Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de Valencia (España).

<sup>3</sup>Grupo de Investigación SAFE (Salud, Actividad Física y Educación), Departamento de Actividad Física y Deporte, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Murcia, Campus de San Javier, Murcia (España).

## Citación

Carcas-Vergara, E., Cordellat-Marzal, A., Valero-Valenzuela, A. & Jiménez-Parra, J. F. (2025). Impact of the ludotechnical model on motivational variables in elementary school: perceptions and gender differences. *Apunts Educación Física y Deportes*, 159, 18-31. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2025/1\).159.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2025/1).159.03)

## Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

## \*Correspondencia:

Eduardo Carcas-Vergara  
[eduardocarcas@gmail.com](mailto:eduardocarcas@gmail.com)

## Sección:

Educación física

## Idioma del original:

Español

## Recibido:

20 de mayo de 2024

## Aceptado:

30 de septiembre de 2024

## Publicado:

1 de enero de 2025

## Portada:

Laura Kluge compete en un duelo por el puck en el partido entre Alemania y Hungría durante la Eishockey Deutschland Cup, en Landshut, Alemania, el 9 de noviembre de 2024.  
© IMAGO/ActionPictures/  
lafototeca.com

## Resumen

Los objetivos del presente estudio fueron: 1) analizar los efectos del modelo ludotécnico (MLT) sobre el estilo interpersonal docente de apoyo a la autonomía (EAA) percibido por los estudiantes, el rendimiento en las pruebas de atletismo, la diversión e intención de seguir practicando atletismo y las diferencias en función del género, y 2) conocer la percepción que tenían el docente y los estudiantes sobre esta metodología tras la intervención. Para ello se empleó un diseño cuasiexperimental compuesto por una muestra de 59 estudiantes (30 chicas y 29 chicos) con una edad media comprendida entre los 11 y 13 años. Los resultados mostraron diferencias significativas a favor de los chicos del grupo MLT ( $M = 3.78$ ) frente a la metodología tradicional ( $M = 4.19$ ) al final de la intervención en la EAA ( $p = .002$ ). A nivel de rendimiento en las pruebas atléticas, se obtuvieron mejoras significativas a lo largo del tiempo en ambos grupos en las pruebas de velocidad de 10 x 10 m y lanzamiento de jabalina. En concreto, el grupo MLT mostró mejoras en la prueba de 10 x 10 m para chicos ( $M$  pretest = 32.25 y  $M$  posttest = 31.44;  $p = .005$ ) y chicas ( $M$  pretest 33.78 y  $M$  posttest 33.07;  $p = .019$ ) y para los chicos en el lanzamiento de jabalina ( $M$  pretest = 9.22 y  $M$  posttest = 10.27;  $p = .027$ ). Para el grupo tradicional, las mejoras significativas en la prueba de velocidad 10 x 10 m fueron para las chicas ( $M$  pretest = 34.43 y  $M$  posttest = 33.33;  $p < .001$ ) y en el lanzamiento de jabalina para las chicas también ( $M$  pretest = 6.88 y  $M$  posttest = 8.18;  $p = .007$ ). En el grupo tradicional se obtuvieron mejoras significativas en el triple salto para las chicas ( $M$  pretest = 3.85 y  $M$  posttest = 4.10;  $p = 0.017$ ). Tanto el docente como los estudiantes percibieron el MLT como más motivante para los jóvenes; sin embargo, estos resultados no pudieron ser respaldados por el cuestionario de diversión e intención de práctica futura del atletismo. Se sugiere la utilización del MLT en la iniciación del atletismo en Educación Física, puesto que el alumnado adquiere las competencias motrices de igual forma que con metodologías tradicionales, pero tanto alumnado como docentes prefieren el MLT por su mayor apoyo a la autonomía y sus posibles consecuencias positivas a nivel físico y psicosocial, si bien se requieren nuevos estudios y de mayor duración para poder contrastar estas ideas y las posibles diferencias en función del género.

**Palabras clave:** deporte individual, educación física, estilo interpersonal, modelos pedagógicos, motivación.

## Introducción

La disminución de la práctica de actividad física en niños y adolescentes provoca consecuencias negativas tanto en el ámbito físico como en el cognitivo y el psicosocial (Guthold et al., 2020; Tapia-Serrano et al., 2022), y los principales motivos de abandono deportivo son la falta de diversión y un sentimiento de baja competencia motriz (Crane y Temple, 2015).

La Educación Física tiene un gran potencial para la adquisición de gran variedad de objetivos, valores y competencias y contribuye al desarrollo de los dominios físico, cognitivo, afectivo y social (Bayley et al., 2009; Kirk, 2013), siendo los contenidos deportivos de especial relevancia en esta asignatura. Sin embargo, este potencial se ve mermado si la orientación que se hace del deporte no es educativa y está más orientado al rendimiento o la competición. Por este motivo, se plantean diversas formas de enseñanza deportiva, con el fin de maximizar los resultados positivos que pueda proporcionar al alumnado (Guijarro y González-Víllora, 2023).

A raíz de estas ideas, autores como Haerens et al. (2011) abordan el término “modelos pedagógicos” con la idea de proporcionar actividades relevantes, interesantes y agradables que ayuden a promover un estilo de vida activo y saludable. Los modelos pedagógicos son estructuras teóricas para que los docentes puedan desarrollar unidades didácticas prácticas, con el fin de proporcionar un plan de enseñanza comprensivo y coherente para el logro de objetivos de aprendizaje específicos en relación con un contexto y un contenido concreto (Fernández-Río et al., 2021).

En el contexto educativo, los docentes de Educación Física están empleando para la enseñanza de los deportes colectivos modelos de enseñanza como la enseñanza comprensiva y el de educación deportiva (Fernández-Río e Iglesias, 2024). Estas metodologías son capaces de lograr mayores niveles de motivación autodeterminada e incremento de su satisfacción y un amplio espectro de consecuencias positivas como diversión, aprendizaje, intención de ser físicamente activo, etc. (Merino-Barrero et al., 2020; Pérez-González et al., 2019; Vasconcellos et al., 2020) gracias a un plan estructurado de sesión y unas estrategias metodológicas sistematizadas a lo largo de una implementación a medio y largo plazo (Fernández-Río e Iglesias, 2024).

En los deportes individuales como el atletismo, los docentes que continúan adoptando una metodología tradicional (MT) tienden al perfeccionamiento de la técnica mediante la repetición de los gestos técnicos durante la niñez (Calderón et al., 2014), lo cual provoca el aburrimiento entre los niños (Murrie, 1997) y una forma de enseñar basada en la instrucción directa con poco apoyo

a la autonomía (Metzler, 2017).

Frente este planteamiento, han surgido nuevas propuestas para la enseñanza del atletismo como el modelo ludotécnico (MLT) (Valero-Valenzuela y Conde-Caveda, 2003), que utiliza formas de juego y juegos modificados que incluyen reglas que les permiten ir adquiriendo la técnica atlética (Valero-Valenzuela et al., 2019). Investigaciones previas han arrojado evidencias sobre los beneficios en la técnica y el rendimiento (Valero-Valenzuela et al., 2012), mayores valores de motivación intrínseca (Valero-Valenzuela et al., 2009) y mayor diversión (Sánchez-Morales et al., 2016).

En cuanto al género, las investigaciones han revelado diferencias en la percepción y creencias que se tienen, de modo que en los chicos es más probable encontrar creencias de mayor habilidad y de obtener éxito, mientras que las chicas tienden a sentirse más competentes e interesadas en tareas tradicionalmente percibidas como femeninas como el baile y la gimnasia (Lee et al., 1999; Shen et al., 2003). No obstante, Xiang et al. (2006) mostraron que el contenido de carreras, que no está tan estereotipado como el fútbol o la danza, no reveló diferencias de género. Para los hombres, la diversión es la principal variable que predice la orientación hacia la tarea, mientras que en las mujeres también lo es junto con el esfuerzo (Abralde et al., 2013). Por otro lado, autores como Sánchez-Hernández et al. (2018; 2022) centran más el foco de atención en cómo se presentan los contenidos y en la forma en la que se enseñan que en los propios contenidos, con el objetivo de abordar una EF con perspectiva de género y visibilizar los estereotipos de género, debido a la gran presencia en las sesiones de EF del discurso del rendimiento y el androcentrismo.

Los objetivos principales del presente estudio fueron: 1) conocer los efectos del MLT frente a la MT sobre la percepción de los estudiantes del estilo de apoyo a la autonomía del docente, la diversión, la intención de ser físicamente activos y el rendimiento en las diferentes pruebas de la competición de “Jugando al atletismo”, así como en función del género, y 2) conocer la percepción del docente y de los estudiantes sobre el MLT como una nueva metodología para iniciarse a la práctica del atletismo.

## Metodología

### Diseño de investigación

Se trata de un estudio cuasiexperimental (Thyer, 2012) de medidas repetidas con un enfoque de investigación de método mixto basado en un diseño integrado de predominio cuantitativo (Castañer Balcells et al., 2013).



## Participantes

La población objeto de estudio fueron escolares de un centro público, de educación primaria y situado en la zona rural de la provincia de Zaragoza. El docente que participó en el estudio impartía la asignatura de Educación Física en 4 grupos (2 de 5.º y 2 de 6.º). Tenía 41 años, era personal permanente del centro y contaba con más de 14 años de experiencia docente. Previamente, había utilizado otras metodologías activas. La muestra de alumnado se seleccionó por accesibilidad y conveniencia, y finalmente estuvo formada por un total de 59 estudiantes (30 chicas y 29 chicos) con edades comprendidas entre los 11 y los 13 años. De estos participantes, 29 pertenecían al grupo tradicional (13 chicos y 16 chicas) y 30 al grupo experimental (16 chicos y 14 chicas). El profesor asignó al azar cuál fue el grupo experimental y cuál el grupo control.

## Medidas e instrumentos

### *Fidelidad de la implementación*

(1) Lista de control para evaluar la implementación del MLT. Para analizar si las sesiones del MLT se reprodujeron fielmente al modelo establecido, se utilizó una lista de control donde los ítems a evaluar estaban basados en las estrategias que tiene el MLT a lo largo de una sesión (Valero-Valenzuela et al., 2012). Posteriormente, una persona ajena a la aplicación de las sesiones y formada en el uso del MLT fue entrenada en el uso de la lista de control. Posteriormente analizó dos sesiones elegidas al azar (una de la MT y otra del MLT) y estas mismas sesiones se volvieron a analizar. La calidad del registro se evaluó mediante el cálculo de concordancia de la fiabilidad intraobservador utilizando el índice kappa de Cohen (Cohen, 1960), y se obtuvo un valor de .813 en la sesión tradicional y de .852 para la del MLT.

### *Habilidades técnicas*

Se utilizaron varias de las pruebas físicas de la batería “Jugando al atletismo” para evaluar las diferentes habilidades motrices de los estudiantes.

- *Carrera 10 x 10 m*: carrera cronometrada sobre una distancia de 10 m, que había que recorrer 10 veces. La distancia estaba delimitada por conos que había que rodear por detrás para dar la vuelta. El tiempo se midió en segundos.

- *Lanzamiento de jabalina blanda*: de parado, sin carrera previa. Dos intentos de los que solo puntuaba el mejor. No se consideraba nulo si se sobrepasaba con un pie la línea después de lanzar. La distancia se midió en metros.

- *Triple salto saliendo de parado*: detrás de la línea de salida y con los pies paralelos se realizaban tres saltos seguidos apoyando alternativamente los pies sin interrupción y cayendo obligatoriamente con los pies a la vez. La distancia se midió en metros.

- *Lanzamiento de balón medicinal hacia adelante*: con balón de 2 kg, lanzamiento hacia delante por encima de la cabeza, de pie. Dos intentos de los que solo puntuaba el mejor. La distancia se midió en metros.

- *Salto lateral con obstáculo bajo*: se realizaban saltos continuos a pies juntos a un lado y otro de un obstáculo de gomaespuma o cartón (de 20 cm de altura aproximadamente) realizados en 20 segundos, debiendo pasar necesariamente los dos pies por encima del obstáculo en todos los saltos. Cada participante realizaba un intento. Se anotó el número de saltos realizados.

### *Variables psicosociales*

Se utilizó un cuestionario para evaluar diferentes variables psicosociales. Se administraron diferentes escalas en presencia del investigador principal y del docente de EF en la sala de ordenadores, en un ambiente calmado y con una duración de entre 20 y 35 minutos.

(1) Escala de Apoyo a la Autonomía en Educación Física (EAA): instrumento validado por Moreno-Murcia et al. (2020). Está compuesto por 11 ítems que los participantes han de responder acerca del estilo del profesor o el entrenador en las clases (p. ej., “Con sus explicaciones, nos ayuda a comprender para qué sirven las actividades que realizamos”). Este se expresa en una escala Likert del 1 (Totalmente en desacuerdo) al 5 (Totalmente de acuerdo). Dicha escala mostró los siguientes valores de consistencia interna:  $\alpha = .85$  pretest y  $\alpha = .78$  posttest.

(2) Diversión: se incluyó el cuestionario de diversión con la práctica de atletismo compuesto por 8 ítems validado por Valero-Valenzuela et al. (2004). Este se expresa en una escala Likert del 1 (Mucho) al 4 (Nada), como por ejemplo “Me suelo divertir cuando hago atletismo”. Dicha escala mostró los siguientes valores de consistencia interna:  $\alpha = .80$  pretest y  $\alpha = .82$  posttest.

(3) Intencionalidad para ser Físicamente Activo (IFA): se incluyó la versión validada en español del cuestionario compuesto por 5 ítems de Arias et al. (2013). Este se expresa en una escala Likert del 1 (Totalmente en desacuerdo) al 7 (Totalmente de acuerdo) precedidos por la frase: “Respecto a tu intención de practicar alguna actividad físico-deportiva...”. La consistencia interna para el alpha de Cronbach fue de .77 en el pretest y .73 en el posttest.

### *Percepciones de los participantes*

Se utilizaron entrevistas semiestructuradas para evaluar las percepciones de los participantes (estudiantes y docente) sobre el programa de intervención.

(1) Entrevistas semiestructuradas al alumnado. Los tutores de cada grupo realizaron las entrevistas a su alumnado ( $n = 13$ ) en su aula de referencia, con una duración en torno a 10-15 minutos. Las preguntas de las entrevistas abarcaron diferentes temas: (a) opinión sobre el desarrollo

de las sesiones (por ejemplo, ¿cómo te lo has pasado en las sesiones? ¿Cómo las describirías?); (b) mejora en la competición de “Jugando al atletismo” (por ejemplo, ¿crees que las sesiones os han hecho mejorar en el “Jugando al atletismo”?); y (c) aprendizajes adquiridos (por ejemplo, ¿qué habéis aprendido sobre las fases de las pruebas?).

(2) Entrevista semiestructurada al docente. Una vez finalizado el estudio, un miembro del equipo de investigación se reunió con el docente para conocer sus impresiones sobre la evolución del alumnado a lo largo de la implementación del MLT, tanto en las variables físicas como en las psicosociales. La entrevista tuvo una duración aproximada de 45 minutos. Las preguntas se estructuraron en diferentes secciones: a) impacto de la intervención en variables físicas y psicosociales (p. ej., ¿Crees que ha habido cambios en las marcas obtenidas y en las variables psicosociales tras las sesiones que se han aplicado a un grupo y a otro?); b) comparación entre el grupo tradicional y ludotécnico (p. ej., ¿Crees que ha habido diferencias entre el grupo que ha seguido una metodología tradicional y el que ha seguido el MLT?); c) formación y apoyo durante la intervención (p. ej., ¿Sentiste la necesidad de algún apoyo o de algún *feedback* de si estabas implementando el MLT correctamente?); d) duración de la intervención (p. ej., ¿Crees que 5 sesiones han sido suficientes para que se vean cambios entre el MLT y el tradicional en las variables objeto de estudio?); e) debilidades y dificultades en la implementación (p. ej., ¿Qué debilidades o dificultades has encontrado durante la intervención?); y f) propuestas de mejora y prospectivas (p. ej., ¿Qué modificaciones realizarías sobre este estudio? ¿Implementarías el MLT en el futuro? ¿Por qué?).

## Procedimiento

El estudio contó con el informe favorable del Comité de Ética de la Universidad de Murcia para realizar la investigación (código 4325/2022). Una sesión impartida por el docente al grupo tradicional y otra al grupo ludotécnico fueron filmadas y analizadas a través del análisis observacional. Se evaluó la implementación del modelo pedagógico y se complementó con la interpretación de la percepción del docente y del alumnado al final de la intervención a través de entrevistas semiestructuradas. Se solicitó el consentimiento informado a las familias tras explicar el estudio que se iba a realizar y se envió un mensaje vía Tockapp explicando cuál iba a ser el uso de las imágenes grabadas.

## Obtención de datos

El proceso de obtención de datos se llevó a cabo en diferentes momentos de la intervención. Antes de la intervención se dedicó una sesión a realizar las pruebas del pretest, consistentes en las pruebas físicas y, posteriormente, la

administración de los cuestionarios. Las pruebas físicas las llevó a cabo todo el alumnado en el mismo orden en el que posteriormente se realizarían las pruebas de “Jugando al atletismo”, es decir, carrera 10 x 10 metros, lanzamiento de jabalina, triple salto y salto lateral, lanzamiento de balón medicinal, carrera de obstáculos y Grand Prix. El alumnado contaba con experiencia previa en este tipo de pruebas, ya que es una actividad que realizan todos los años los estudiantes de 4.º, 5.º y 6.º de primaria, pero no hubo ningún intento previo a la toma de datos. Una vez finalizadas, los estudiantes, durante la hora de tutoría, rellenaban los cuestionarios de manera *online* en la sala de ordenadores. En el posttest, se volvieron a repetir las mismas pruebas físicas y cuestionarios, añadiendo la entrevista al docente y al alumnado. En el caso del alumnado, las entrevistas las llevaron a cabo sus respectivos tutores durante el horario del recreo y tuvieron una duración aproximada de 10 minutos. En cuanto al docente, la entrevista fue *online* y dirigida por uno de los investigadores del presente estudio una vez finalizadas la intervención y la recogida de datos del posttest.

## Programa de intervención

La MT y el MLT se implementaron durante 5 sesiones de 50 minutos. En cada sesión se priorizó una prueba de la competición “Jugando al atletismo” en este orden: carrera 10 x 10 metros, lanzamiento de jabalina, triple salto y salto lateral, lanzamiento de balón medicinal y, por último, la carrera de obstáculos y Grand Prix. Los contenidos de este apartado se relacionan con el bloque A, la dimensión 1 según el currículum de primaria en Aragón (Orden ECD/1112/2022, de 18 de julio).

En cuanto a las sesiones del grupo ludotécnico, tuvieron las características propias del MLT (Valero-Valenzuela, 2007; Valero-Valenzuela y Conde-Caveda, 2003), es decir, la sesión se dividió en 4 partes: 1- pregunta desafío; 2- propuestas ludotécnicas; 3- propuesta global; 4- puesta en común. En la puesta en común, se respondía a la pregunta desafío, tras lo cual se recordaban las acciones técnicas que componían el gesto y los elementos clave aprendidos. En la tabla 1 se han especificado el contenido y las acciones técnicas, la pregunta reto, y se ha escogido un ejercicio equivalente entre la sesión del MLT y la MT.

Las sesiones del grupo tradicional se estructuraron del siguiente modo: (a) una fase de calentamiento; (b) una parte principal caracterizada por un estilo de enseñanza de mando directo y asignación de tareas; y (c) una fase de vuelta a la calma (Valero-Valenzuela, 2006). Este enfoque promovió un alto control de la sesión por parte del docente y una baja autonomía del alumnado, limitando su implicación cognitiva (Metzler, 2017). Se emplearon ejercicios analíticos dirigidos a la mejora de la técnica de ejecución y una situación final de competición (Valero-Valenzuela, 2006).

**Tabla 1**

Descripción de las sesiones implementadas en el grupo experimental y grupo control.

Sesión	Contenido y fases	Pregunta desafío	Modelo ludotécnico			Metodología tradicional		
			Ejemplo de actividad			Ejemplo de actividad		
			Propuesta ludotécnica	Propuesta global	Puesta en común	Calentamiento	Parte principal	Vuelta a la calma
1	<p>Triple salto y salto lateral</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acción técnica 1: Batida: adoptar posición tándem.</li> <li>- Acción técnica 2: Vuelo: el cuerpo se agrupa buscando formar una C.</li> <li>- Acción técnica 3: Recepción: primer contacto con los pies a la misma altura.</li> </ul>	<p>¿Para qué sirven los movimientos que realiza un saltador en el aire?</p> <p>¿Qué parte del pie se apoya en la batida?</p>	<p>Salto de troncos: el primer jugador se colocará tumbado. El segundo saltará con una pierna sobre él y se colocará tumbado. El tercer jugador saltará al primero y al segundo y se colocará tumbado, y así sucesivamente.</p>	<p>Competición de triple salto.</p>	<p>Para equilibrarse. Con la planta entera.</p>	<p>Movilidad articular + juego (cruzar el río).</p>	<p>Salto entre picas a diferentes distancias.</p> <p>Escaleras.</p>	<p>Estiramientos y reflexión.</p>
2	<p>Lanzamiento de jabalina</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acción técnica 1: Posición de partida: jabalina paralela al suelo y pierna de apoyo delante y la misma de la mano de lanzamiento atrasada.</li> <li>- Acción técnica 2: Acción final de lanzamiento: extensión del brazo de lanzamiento y avance de la pierna del brazo de lanzamiento con las piernas apoyadas en el suelo.</li> <li>- Acción técnica 3: Recuperación: pierna de lanzamiento se adelanta para frenar el avance del cuerpo.</li> </ul>	<p>¿El lanzamiento se realiza con uno o dos pies apoyados en el suelo, o con los pies en el aire?</p>	<p>Plato: Por parejas. Un jugador colocado detrás de una línea en posición de lanzamiento grita "¡plato!", momento en el que su compañero, situado frente a él a una distancia determinada, lanzará hacia arriba un cartón que deberá ser contactado con una pelota por el compañero que estará colocado en posición de lanzamiento.</p>	<p>Competición de lanzamiento de jabalina tratando de que aterrice con la cabeza.</p>	<p>El lanzamiento se realiza con los dos pies apoyados en el suelo para anclar el cuerpo y transmitirle toda la velocidad a la jabalina. Se flexiona el tronco para frenar el avance del cuerpo y evitar hacer nulo.</p>	<p>Movilidad articular + juego (limpiar mi casa).</p>	<p>Colocados en la fase de armado, lanzar solo de muñeca, codo + muñeca, hombro + codo + muñeca.</p>	<p>Estiramientos y reflexión.</p>

**Tabla 1** (Continuación)*Descripción de las sesiones implementadas en el grupo experimental.*

Sesión	Contenido y fases	Pregunta desafío	Modelo ludotécnico			Metodología tradicional		
			Ejemplo de actividad			Ejemplo de actividad		
			Propuesta ludotécnica	Propuesta global	Puesta en común	Calentamiento	Parte principal	Vuelta a la calma
3	<p>Balón medicinal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acción técnica 1: Posición de partida: de espaldas, con la bola cerca del suelo, con rodillas semiflexionadas y tronco inclinado hacia delante y brazos no estirados completamente.</li> <li>- Acción técnica 2: Estiramiento: se extienden las rodillas y se levanta el tronco, aprovechando este inicio de ponerse erguido mover los dos brazos a la vez aprovechando toda la energía de la cadena cinética (piernas-tronco-brazos).</li> <li>- Acción técnica 3: Acción final de lanzamiento: la bola se suelta cuando esté en su máxima altura.</li> <li>- Acción técnica 4: Recuperación: el lanzador moverá los brazos para recuperar el equilibrio e incluso inclinará el tronco hacia delante.</li> </ul>	¿Para qué movemos los brazos al finalizar el lanzamiento?	<p>Apunten... ¡fuego!</p> <p>Con una bola de goma espuma preparada por encima de la cabeza, ponerse erguido, realizar un lanzamiento e intentar conseguir que le caiga delante al compañero que se situará de espaldas (se irá variando la distancia de lanzamiento).</p>	Competición de lanzamiento.	El movimiento de brazos es para poder recuperar el equilibrio.	<p>Movilidad articular + juego (el triple de campeones).</p>	<p>Colocación para lanzar lo más alto posible.</p> <p>Contrastes: sentados, de rodillas, levantados.</p> <p>Hacia delante, de pecho, hacia atrás, con giro.</p> <p>Trayectorias: descendente, ascendente, plana, parábola.</p>	Estiramientos y reflexión.



**Tabla 1** (Continuación)

Descripción de las sesiones implementadas en el grupo experimental.

			Modelo ludotécnico			Metodología tradicional		
			Ejemplo de actividad			Ejemplo de actividad		
Sesión	Contenido y fases	Pregunta desafío	Propuesta ludotécnica	Propuesta global	Puesta en común	Calentamiento	Parte principal	Vuelta a la calma
4	10 x 10 m  - Acción técnica 1: Apoyo: contacto de metatarso. - Acción técnica 2: Propulsión en posición de tándem. - Acción técnica 3: Tren superior: tronco erguido, ligeramente inclinado hacia delante, codos a 90°. - Acción técnica 4: Coordinación: tren inferior y tren superior.	¿Por qué los corredores de fondo apoyan el talón?	El jinete técnico: por parejas, un compañero rodeará a su pareja por la cintura con una goma de 3 metros, colocándose detrás de él/ella. El compañero que vaya realizando la función de caballo irá haciendo <i>skipping</i> por delante ayudado por un braceo intensivo y con la mirada al frente hasta que la goma se tense, que será cuando el jinete inicie un <i>skipping</i> por delante más rápido.	Competición de 10 x 10.	La tensión generada en la zona de gemelos no permite prolongar este gesto más que algunos minutos.	Movilidad articular + juego (relevos locos).	En 5 m (señalizar con conos): - Salida con talones al glúteo y tronco hacia delante. - Dar el mínimo de zancadas. - Cambios de dirección entre conos.	Estiramientos y reflexión.
5	Relevos  - Acción técnica 1: Receptor: espera con una pierna adelantada y la otra atrasada, carrera a máxima velocidad al pasar compañero por la señal y extiende el brazo al oír su señal. - Acción técnica 2: Portador: da la señal de "ya" a 2.5 metros de distancia. - Acción técnica 3: Intercambio: arriba-abajo y abajo-arriba.	¿Quién es el responsable del intercambio en el 4 x 100 y en el 4 x 400? ¿Por qué?	Entrega libre. Trote suave por el espacio (media luna). Los que portan el testigo deben pasárselo en menos de 10" a un compañero sin testigo.	Competición de relevos sin obstáculos y valla baja.	En el 4 x 400 el receptor, debido a la fatiga acumulada del portador.	Movilidad articular + juego (las 4 esquinas).	Relevo de testigos: se pasa al final de la fila y se entrega el testigo al compañero desde atrás.	Estiramientos y reflexión.

## Análisis de datos

En el análisis de las variables se utilizó el programa estadístico IBM SPSS 28.0. Se obtuvieron estadísticos descriptivos para todas las dimensiones objeto de estudio y se evaluó la coherencia interna con el coeficiente alfa de Cronbach. La gran mayoría de los coeficientes superaron los valores de fiabilidad de .70 que se consideran aceptables para las escalas psicológicas, y unos pocos en torno a .60, considerados también aceptables según Hu y Bentler (1999). Para conocer el efecto de la implementación, se realizó un análisis multivariado de medidas repetidas (MANOVA) de las diferentes variables según tiempo (pre-post) y grupo (MT vs. MLT). Además, se tuvo en cuenta el género como variable que podría influir en las respuestas de los participantes. Se estableció un nivel de significación de  $p < .05$ .

El análisis de los datos cualitativos se llevó a cabo siguiendo las fases del análisis temático propuestas por Braun y Clarke (2006), un proceso que permitió a los investigadores explorar con mayor profundidad las percepciones de los participantes sobre el programa de intervención. El proceso fue dirigido por la segunda autora y supervisado por el cuarto. Antes de comenzar el análisis, se transcribieron literalmente las entrevistas, las cuales habían sido grabadas en audio previamente. El proceso de análisis comenzó con la inmersión de la segunda autora en los datos, leyendo y releendo las transcripciones de las entrevistas. Este paso inicial de familiarización permitió a los investigadores identificar patrones recurrentes y aspectos relevantes en las respuestas. Posteriormente, en la fase de codificación inicial, la segunda autora destacó segmentos de texto que representaban aspectos clave relacionados con la experiencia de los participantes. Se identificaron

códigos como “diversión percibida”, “aprendizaje por fases” y “motivación”, los cuales sirvieron como una base para la creación de temas más amplios. En la siguiente fase, se inició la búsqueda de temas, agrupando los códigos en categorías temáticas que capturaban las experiencias compartidas de los participantes. Los temas emergentes fueron revisados en función de su coherencia interna y se depuraron para asegurar que reflejaran fielmente las percepciones de los estudiantes y del docente. Finalmente, estos temas fueron definidos y nombrados de manera interpretativa y reflexiva, buscando una representación auténtica y significativa de los datos cualitativos, y se establecieron conexiones claras con los resultados cuantitativos del estudio.

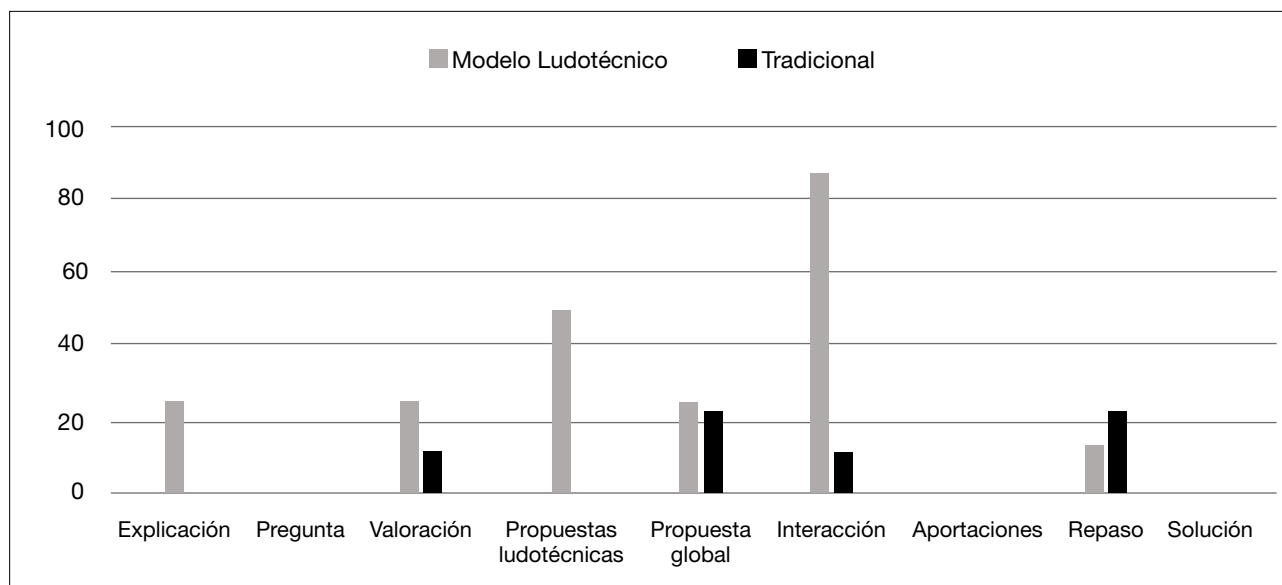
## Resultados

### Resultados de la fidelidad de la implementación

La frecuencia de aparición de cada ítem, diferenciando por modelos (MLT vs. MT), se presenta en la Figura 1. A lo largo de los 9 ítems que componen la lista de control, las frecuencias observadas siempre fueron mayores para la sesión propia del MLT, excepto para el ítem “se ha hecho un repaso de los aspectos técnicos aprendidos” (12.5 % vs. 22.2 %), a favor de la MT. Otro ítem donde se obtuvo una puntuación muy parecida fue en “Se ha realizado al menos una propuesta global” (25 % para el MLT vs. 22.2 % para la MT). Además, resalta la ausencia de frecuencia de aparición del ítem pregunta, aportaciones y solución con un 0 % tanto en el grupo ludotécnico como en el tradicional.

**Figura 1**

Frecuencia de las diferentes estrategias específicas del modelo ludotécnico aplicadas en el grupo tradicional y ludotécnico.



## Resultados cuantitativos del análisis inferencial

Los resultados muestran que existen diferencias significativas en el factor tiempo intraparticipante ( $\lambda = 0.45$ ,  $F [7.32] = 8$ ,  $p = .001$ ) y para el factor interparticipante género ( $\lambda = 0.55$ ,  $F [4.83] = 8$ ,  $p = .001$ ). Estos resultados fueron posteriormente analizados a nivel univariado para observar aquellas variables que presentaban diferencias significativas. En cuanto al factor tiempo, la carrera 10 x 10 ( $F = 29.499$ ,  $p = .001$ ), el lanzamiento de jabalina ( $F = 13.364$ ,  $p = .001$ ) y el salto lateral ( $F = 5.048$ ,  $p = .029$ ) fueron las que presentaron diferencias significativas. Respecto a la interacción tiempo-grupo, las diferencias significativas solamente se presentaron para el salto lateral ( $F = 6.754$ ,  $p = .012$ ).

La tabla 2 muestra las medias y desviaciones estándar de las diferencias entre el pre- y el posttest, atendiendo al grupo y género. También se incluyen los valores de  $p$

obtenidos al comparar estas medias estimadas (usando la corrección de Bonferroni). Centrando la atención en las diferencias significativas a nivel de género, en los chicos, el grupo que recibió MLT obtuvo mejores valores al final de la intervención en el lanzamiento de jabalina ( $p = .027$ ) y en la prueba de 10 x 10 ( $p = .005$ ), y empeoró en el salto lateral ( $p = .007$ ). En cambio, los resultados en las chicas fueron diferentes, ya que hubo más variables físicas que presentaron diferencias significativas (carrera, lanzamiento y triple salto) en el grupo MT frente al grupo MLT, donde solo hubo mejoras significativas en la carrera ( $p = .019$ ) y de nuevo una disminución del rendimiento en el salto lateral ( $p = .040$ ), del mismo modo que los chicos. Valorando las diferencias entre grupos (MT vs. MLT), en los chicos se encontró que en el lanzamiento de jabalina partieron de valores diferentes ( $p = .025$ ) y finalizaron con valores similares ( $p = .146$ ), y en la EAA, tras la intervención, el grupo MLT mostró valores más altos frente al grupo MT ( $p = .02$ ).

**Tabla 2**

*Diferencias pre- y posttest atendiendo al género y grupo.*

		PRETEST		POSTEST		Diferencias pre- y posttest	
		Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas
		Media (DE)	Media (DE)	Media (DE)	Media (DE)	Valor de $p$	Valor de $p$
10 x 10 (s)	Control	31.86 (3.08)	34.43 (2.86)	31.34 (2.98)	33.33 (3.26)	.097	.001***
	Experimental	32.25 (3.13)	33.78 (3.98)	31.44 (3.12)	33.07 (3.89)	.005**	.019*
	Valor de $p$	.752	.595	.940	.832		
Lanzamiento de jabalina (m)	Control	11.54 (2.76)	6.88 (2.01)	1.79 (2.14)	8.18 (2.73)	.622	.007**
	Experimental	9.22 (3.65)	6.94 (1.83)	10.27 (3.44)	7.87 (2.37)	.027*	.065
	Valor de $p$	.025*	.950	.146	.760		
Triple salto (m)	Control	4.31 (0.46)	3.85 (0.88)	4.40 (0.57)	4.10 (0.69)	.485	.017*
	Experimental	4.15 (0.74)	3.71 (0.54)	4.10 (0.90)	3.70 (0.72)	.587	.910
	Valor de $p$	.537	.587	.296	.150		
Lanzamiento de balón medicinal (m)	Control	5.18 (1.46)	4.00 (0.86)	5.63 (1.56)	4.20 (0.83)	.164	.503
	Experimental	5.36 (1.18)	4.21 (1.28)	4.96 (1.28)	4.13 (1.36)	.170	.792
	Valor de $p$	.681	.643	.166	.878		
Salto lateral (rep.)	Control	28.15 (9.15)	24.44 (8.82)	27.77 (9.20)	25.31 (8.73)	.796	.514
	Experimental	24.81 (9.93)	26.57 (8.73)	21.06 (13.07)	23.57 (11.20)	.007**	.040*
	Valor de $p$	.334	.528	.100	.660		
EAA	Control	3.97 (0.52)	4.11 (0.77)	3.78 (0.48)	4.23 (0.47)	.249	.417
	Experimental	4.08 (0.57)	4.17 (0.52)	4.19 (0.44)	4.30 (0.45)	.463	.409
	Valor de $p$	.622	.806	.020*	.697		
IFA	Control	4.15 (0.69)	4.24 (0.58)	4.18 (0.77)	4.11 (0.60)	.882	.503
	Experimental	4.34 (0.70)	4.01 (0.75)	4.46 (0.60)	4.30 (0.50)	.503	.155
	Valor de $p$	.473	.374	.234	.411		
Diversión	Control	4.13 (0.68)	3.83 (0.67)	4.10 (0.73)	4.10 (0.71)	.857	.170
	Experimental	4.20 (0.67)	3.95 (0.79)	4.24 (0.56)	4.20 (0.84)	.839	.243
	Valor de $p$	.796	.645	.585	.717		

Nota: rep. = repeticiones; m = metros; EAA = estilo interpersonal de apoyo a la autonomía; IFA = intención de ser físicamente activo

\* $p < .05$ ; \*\* $p < .01$ ; \*\*\* $p < .001$

## Resultados cualitativos del análisis temático

A partir del análisis temático, se desarrollaron 5 temas que proporcionan una interpretación profunda de las experiencias de los participantes a lo largo de la intervención: (1) el juego lúdico como elemento impulsor de la motivación y diversión; (2) el aprendizaje fragmentado frente al aprendizaje significativo; (3) la paradoja del aprendizaje percibido y del rendimiento físico; (4) el aula como espacio de conexión, y (5) debilidades percibidas y caminos por recorrer.

*El juego lúdico como elemento impulsor de la motivación y diversión.* Este tema explora cómo las sesiones del MLT generaron entusiasmo entre los estudiantes. Las respuestas reflejaron que las actividades del MLT eran percibidas como más atractivas, dinámicas y motivadoras que las de la MT. Un estudiante del MLT describió las sesiones como “muy divertidas”, mientras que otro de la MT expresó que “en algunos momentos resultaban aburridas esperando en fila”. Esto evidencia que el componente lúdico del MLT no solo mantuvo a los estudiantes físicamente activos, sino que capturó su interés y deseo de participar. A su vez, el docente corroboró esta percepción, afirmando que los ejercicios del MLT “resultaban más dinámicos” y que “el alumnado estaba más motivado” con este modelo porque “les ha gustado mucho más”.

*El aprendizaje fragmentado frente al aprendizaje significativo.* En este tema, se destaca cómo el MLT favoreció un aprendizaje más profundo y estructurado, al dividir las técnicas atléticas en fases concretas para permitir a los estudiantes que comprendan mejor cada uno de los componentes del movimiento atlético. Los estudiantes del MLT manifestaron que habían aprendido la técnica “por fases”, lo que sugiere que esta metodología ayudó a consolidar el conocimiento técnico de una manera más eficaz y significativa. Por el contrario, los estudiantes de la MT no recordaban haber aprendido las fases de la técnica, lo que refleja que el enfoque repetitivo y analítico de esta metodología pudo haber limitado la retención del aprendizaje. Las respuestas de los estudiantes estaban en consonancia con la percepción del docente, el cual indicó: “...los que han trabajado el tradicional, pues tendrán que volver a empezar otra vez...”, refiriéndose a que esta metodología no genera un aprendizaje significativo. La diferencia entre los enfoques hizo que el docente percibiera mayores fortalezas en el MLT, destacando que es “muy apropiado para trabajar la técnica en el mundo de la educación” porque “se adapta mucho más a las características del alumnado y humaniza el aprendizaje de la técnica que ha sido trabajado habitualmente desde metodologías tradicionales y estrategias analíticas”.

*La paradoja del aprendizaje percibido y del rendimiento físico.* Este tema aborda la diferencia entre las percepciones de mejora y los resultados de rendimiento reales. Aunque

los estudiantes del MLT disfrutaron más de las sesiones y percibieron un aprendizaje significativo, las diferencias en los resultados de las pruebas físicas no fueron tan evidentes. Esto genera una paradoja, donde el sentimiento de mejora (satisfacción percibida) no siempre se traduce en un rendimiento superior en las pruebas físicas (resultados medibles). El docente mencionó que, aunque el MLT fue más motivante, “no sé si habrán mejorado mucho más unos o mucho más otros”. Si bien hubo mejoras en ambos grupos, el rendimiento en las pruebas físicas fue comparable entre ambos, lo que plantea la cuestión de si una metodología más lúdica puede equilibrar, o incluso superar, los enfoques tradicionales cuando se trata de la mejora física y la enseñanza técnica.

*El aula como espacio de conexión.* Este tema hace referencia a cómo el clima de aula se transformó en un espacio más positivo y colaborativo en el grupo que siguió el MLT. El docente mencionó que “el clima del aula yo creo que es más positivo”, sugiriendo que la metodología lúdica no solo benefició el rendimiento individual, sino también las relaciones interpersonales entre los estudiantes. El MLT, al centrar el proceso de aprendizaje en el alumnado, promueve un entorno donde los estudiantes se sintieron más cómodos y conectados, lo que contrastó con el ambiente más controlado y rígido de la MT. El clima de aula que facilita el MLT contribuyó a que el docente se sintiera más cómodo con este enfoque: “me siento más cómodo con el ludotécnico, que está más relacionado con humanizar...”.

*Debilidades percibidas y caminos por recorrer.* Este tema aborda las debilidades y dificultades que emergieron durante la intervención, así como los caminos a recorrer por futuras investigaciones para mejorar el diseño y desarrollo de los estudios. El docente identificó que las limitaciones temporales pudieron afectar significativamente el impacto potencial del MLT en los estudiantes. El docente mencionó de manera explícita que “cinco sesiones pueden haber sido insuficientes para generar cambios significativos”. Esta reflexión pone de manifiesto una de las principales limitaciones del estudio, es decir, la brevedad de la intervención. Aunque los estudiantes mostraron un mayor disfrute y motivación durante las sesiones del MLT, el tiempo dedicado a cada prueba y fase fue demasiado corto para producir efectos profundos y duraderos. El propio docente destacó: “hubiésemos necesitado a lo mejor dos o tres sesiones por cada una de las pruebas”. Esta observación sugiere que una mayor duración hubiera permitido trabajar con más detalle las distintas etapas del aprendizaje técnico, con lo cual se habría logrado una mayor consolidación del conocimiento.

Otro desafío identificado fue la falta de *feedback* continuo durante la aplicación del MLT. El docente expresó que hubiera sido útil recibir apoyo externo: “Haber tenido un *feedback* hubiera sido interesante para mejorar”. Esta ausencia de



retroalimentación impidió realizar ajustes en tiempo real, lo que habría optimizado la implementación de las sesiones y mejorado la adaptación de las actividades al nivel de los estudiantes. La introducción de un proceso de observación riguroso por parte de expertos, con *feedback* continuo sobre la implementación del MLT, hubiera permitido adaptar la metodología en función de las necesidades y respuestas del alumnado, así como evitar algunas de las dificultades experimentadas. Otro aspecto que surgió como dificultad fue la “falta de coordinación y tiempo en el diseño del estudio”. Según el docente, la planificación del MLT fue apresurada, lo que resultó en sesiones que no siempre cumplían con las expectativas pedagógicas. Algunas actividades no estaban alineadas con los objetivos técnicos de las pruebas y, en algunos casos, fueron recibidas por el docente “la tarde o noche antes de llevarlas a la práctica”. Esto pudo afectar no solo la calidad de las sesiones, sino también la confianza del docente al aplicar la metodología, tal como él mismo señaló: “No me sentía completamente a gusto”. Esta falta de preparación pudo afectar la capacidad de maximizar el potencial del MLT.

## Discusión

Este estudio examinó los efectos del MLT frente a la MT en el desempeño atlético de estudiantes, tanto masculinos como femeninos, en diversas pruebas deportivas. Los resultados indican que, mientras que los participantes del MLT mostraron mejoras en sus marcas en la prueba específica de 10 x 10, esta mejora fue paralela a la observada en el grupo sometido a la MT, donde solo se registraron avances significativos entre los varones en la misma prueba. En cuanto a la prueba de jabalina, las mejoras se observaron en las chicas bajo la MT, y en el MLT fueron los chicos los que mostraron progreso. Sin embargo, únicamente en la MT y en la prueba de triple salto se reportaron mejoras exclusivas para las chicas. Estas observaciones sugieren que ambas metodologías poseen una efectividad comparable en términos de rendimiento físico, lo cual corrobora hallazgos de estudios anteriores (Valero-Valenzuela et al., 2005, 2012).

Adicionalmente, se detectó un impacto positivo del MLT en el estilo interpersonal de apoyo a la autonomía por parte del docente, particularmente en los chicos. Este hallazgo es coherente con el estudio transversal llevado a cabo por Valero-Valenzuela et al. (2019), en el que se analizaron los perfiles de más de 250 jóvenes que practicaban atletismo en función de su nivel de motivación. En dicho estudio, se observó que aquellos que presentaban una mayor motivación autodeterminada percibían un estilo de mayor apoyo a la autonomía por parte de su entrenador y presentaban una mayor intención de seguir practicando atletismo. El estudio de Abraldes et al. (2013) indicó que fueron los

hombres quienes presentaron mayores niveles de apoyo a la autonomía, debido a que la diversión fue la variable que mejor predijo la orientación hacia la tarea de los salvavidas masculinos.

En relación con la mejora de la diversión, si bien los cuestionarios no han reportado mejoras, las declaraciones manifestadas tanto por el docente como por los estudiantes sí que arrojan indicios de una mayor satisfacción mediante el uso del MLT. Estos resultados concuerdan con investigaciones anteriores que evidenciaron beneficios del MLT en la satisfacción de estudiantes de primaria que estuvieron aprendiendo diferentes disciplinas de atletismo (Valero-Valenzuela et al., 2009).

La intención de mantenerse activos físicamente no varió entre los estudiantes de ambos grupos. Llama la atención que, a pesar de la asociación entre el estilo de apoyo a la autonomía y las intenciones de ser físicamente activos (Valero-Valenzuela et al., 2019), en este estudio no se haya producido. Esto podría atribuirse, en parte, al número limitado de sesiones realizadas (solo 5), en contraste con otros estudios que reportaron incrementos en la intención de ser físicamente activos (Merino-Barrero et al., 2020). Además, la implementación parcial de las estrategias propias del MLT, evidenciada por la no aplicación de algunas de ellas (por ejemplo, pregunta, aportaciones y solución) y la aplicación similar de estrategias en ambos grupos (por ejemplo, propuestas globales y repaso), puede haber contribuido a la ausencia de diferencias. Investigaciones anteriores han discutido diversas maneras de aplicar los modelos pedagógicos (Curtner-Smith et al., 2008), y la versión “aguada” del modelo puede que sea uno de los motivos que explicarían los resultados parciales obtenidos en cuanto a diversión e intención de ser físicamente activos. La falta de un entrenamiento continuado que complementase la formación inicial posiblemente impidió que los docentes identificasen y aplicasen efectivamente las estrategias del MLT en su práctica docente (Lee y Choi, 2015).

En relación con el segundo objetivo, los resultados cualitativos revelan el impacto del MLT en la motivación y la diversión percibida de los estudiantes. Sin embargo, los resultados cuantitativos relacionados con la variable de diversión e intención de práctica futura no lograron capturar esa diferencia percibida. Esta discrepancia puede deberse a varios factores como la corta duración de la intervención, la cual puede haber sido insuficiente para que las mejoras psicosociales observadas se consolidaran en resultados medibles a través de cuestionarios (Rubio-Castillo y Gómez-Mármol, 2016). Además, los cuestionarios podrían no haber capturado con precisión las vivencias inmediatas y dinámicas que los estudiantes experimentaron durante las sesiones. Estos hallazgos subrayan la importancia de utilizar herramientas de medición que puedan captar con mayor

sensibilidad la experiencia subjetiva del alumnado (Bautista, 2022), especialmente en intervenciones a corto plazo.

La disonancia entre la experiencia subjetiva inmediata y los resultados medibles también estuvo presente en otras variables como la percepción del aprendizaje técnico y los resultados de rendimiento atlético, ya que, a pesar de que los estudiantes reportaron una mayor adquisición de conocimientos sobre la técnica atlética, esta no se tradujo en un rendimiento superior en las pruebas físicas. Estos hallazgos sugieren que el MLT potencia el aprendizaje técnico y no compromete el rendimiento físico frente a la MT. A pesar de ello, hay que tener en cuenta los factores que pudieron influir en los resultados como el corto periodo de intervención, el cual pudo influir en el desarrollo de habilidades y capacidades físicas que juegan un papel clave en el rendimiento de las pruebas físicas (Valero-Valenzuela et al., 2012). Estos hallazgos también tienen importantes implicaciones, ya que demuestran que es posible adquirir un mayor conocimiento de la técnica y equilibrar el rendimiento físico con un enfoque más lúdico y motivador, una combinación que podría ser particularmente valiosa para la enseñanza de deportes en edades tempranas, cuando la diversión y el disfrute son clave para la adherencia a la práctica deportiva. A falta de estudios previos en atletismo, otros trabajos como la vela y deportes colectivos indican un mayor conocimiento cuando se emplearon metodologías activas como la enseñanza comprensiva del deporte (Hortigüela Alcalá y Hernando Garijo, 2017; Morales-Belando y Arias-Estero, 2017). La investigación en didáctica de la Educación Física sugiere que los modelos pedagógicos, como el MLT, pueden promover un aprendizaje más profundo y significativo (Valero-Valenzuela et al., 2012), pero es posible que este tipo de aprendizaje no siempre se traduzca de manera inmediata en mejoras medibles en las pruebas físicas.

Otro de los aspectos cualitativos más destacables fue la transformación del clima de aula en un espacio de conexión e interacción. Este hallazgo sugiere que el MLT no solo tiene un impacto en el aprendizaje técnico o la motivación, sino que también afecta de manera positiva en las relaciones interpersonales y la dinámica grupal. A pesar de que no se midió cuantitativamente esta variable, las percepciones de los participantes sugieren que el MLT contribuye a un ambiente de aprendizaje más humanizado, que facilita la colaboración y reduce la competencia individualista característica de enfoques pedagógicos más tradicionales. Esta observación concuerda con los hallazgos de Valero-Valenzuela et al. (2009), cuyos docentes percibieron que el MLT generaba un mejor clima de aula. Al adoptar un enfoque más humanizado y centrado en el estudiante, el MLT parece tener el potencial de fomentar un ambiente más positivo y colaborativo. Este clima positivo podría ser un precursor de mejoras en otras variables psicosociales (Manzano-Sánchez et al., 2021)

que, con más tiempo, podrían haber mostrado diferencias significativas en términos de motivación o intención de continuar con la práctica deportiva. El enfoque centrado en el estudiante y el ambiente colaborativo que promueve el MLT fueron factores determinantes para que el docente mostrara una mayor preferencia por este modelo pedagógico para la enseñanza técnica del atletismo. Sin embargo, el docente también manifestó debilidades a lo largo de la intervención, como la necesidad de más apoyo pedagógico durante la implementación del MLT para aumentar su confianza en la aplicación del modelo, lo que se vincula con las recomendaciones de Hastie y Casey (2014) y la necesidad de formación continua (Lee y Choi, 2015).

En cuanto a las limitaciones del estudio, resaltar la importancia de que las implementaciones de los modelos pedagógicos sean más largas en el tiempo para poder obtener los resultados esperados con el uso de estas metodologías. Además, la ausencia de *feedback* para mejorar el porcentaje de fidelización en la implementación del MLT ha podido llevar a que se haya hecho un uso aguado o a la carta de las estrategias del modelo. Otra limitación sería que el mismo docente implementara las dos metodologías en grupos diferentes, por lo cual es posible que se produjeran en ocasiones interferencias entre una metodología y otra, lo cual dificultaría en ocasiones distinguir qué tipo de tareas debía aplicar con un grupo de estudiantes y no con el otro. Estrategias importantes como la pregunta desafío, la valoración de la sesión y la solución a la pregunta desafío no se llevaron a cabo en la sesión analizada con el MLT. Otras variables interesantes para evaluar en futuros estudios serían la motivación, la satisfacción de las necesidades psicológicas básicas o el clima del aula que, si bien se han recogido ciertas opiniones al respecto en la entrevista al docente y a los estudiantes, podrían medirse mediante cuestionarios ya validados.

## Conclusión

El estudio reveló que el MLT indujo efectos beneficiosos en la percepción de los estudiantes, especialmente en los varones, respecto al estilo interpersonal de apoyo a la autonomía empleado por el docente en la enseñanza del atletismo en educación primaria. Esta metodología se equipara en términos de mejoras en el rendimiento atlético a la MT, y además promueve un incremento en la motivación de los estudiantes, un ambiente de aula más positivo y un mayor disfrute de las actividades. A pesar de estos beneficios, la confirmación de estos resultados queda fuera del alcance de este estudio, posiblemente debido a la eficacia comparable de ambas metodologías o a la necesidad de un mayor número de sesiones para que los cambios sean detectables mediante los instrumentos de autoevaluación utilizados. A la luz de estos hallazgos, se sugiere que educadores físicos consideren

el empleo de estrategias pedagógicas lúdicas como el MLT para la enseñanza de deportes individuales como el atletismo, dada su capacidad para fomentar un estilo motivacional del docente que apoya la autonomía del estudiante y sus potenciales efectos positivos en la motivación y la intención de continuar la práctica deportiva en el futuro.

## Referencias

- Abraldes, A., Gómez-López, M., Granero-Gallegos, A., & Rodríguez-Suárez, N. (2013). The goal orientation of the lifesavers and the relationship with the satisfaction and the beliefs about the causes of success in sport. *Cultura Ciencia Deporte*, 8(22), 59–66. <https://doi.org/10.12800/ccd.v8i22.230>
- Arias, J. L., Castejón, F. J., & Yuste, J. L. (2013). Propiedades psicométricas de la escala de intencionalidad de ser físicamente activo en Educación Primaria. *Revista de Educación*, 362, 485–505. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2013-362-239>
- Bailey, R., Armour, K., Kirk, D., Jess, M., Sandford, R., & BERA Physical Education and Sport Pedagogy Special Interest Group. (2009). The educational benefits claimed for physical education and school sport: An academic review. *Research Papers in Education*, 24(1), 1–27. <https://doi.org/10.1080/02671520701809817>
- Bautista, N. P. (2022). *Proceso de la investigación cualitativa: epistemología, metodología y aplicaciones*. Editorial El Manual Moderno.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Calderón, A., Valenzuela, A., & Gómez-Mármol, A. (2014). *La iniciación deportiva al atletismo* (pp. 46–71).
- Castañer Balcells, M., Camerino Foguet, O., & Anguera Argilaga, M. (2013). Mixed methods in the research of sciences of physical activity and sport. *Apunts Educación Física y Deportes*, 112, 31–36. [http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2013\)2.112.01](http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2013)2.112.01)
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46.
- Crane, J., & Temple, V. (2015). A systematic review of dropout from organized sport among children and youth. *European Physical Education Review*, 21(1), 114–131. <https://doi.org/10.1177/1356336X14555294>
- Curtner-Smith, M. D., Hastie, P. A., & Kinchin, G. D. (2008). Influence of occupational socialization on beginning teachers' interpretation and delivery of sport education. *Sport, Education and Society*, 13(1), 97–117. <https://doi.org/10.1080/13573320701780779>
- Fernández-Río, J., Hortigüela-Alcalá, D., & Pérez-Pueyo, Á. (2021). ¿Qué es un modelo pedagógico? Aclaración conceptual. In *Modelos pedagógicos en Educación Física: qué, cómo, por qué y para qué* (pp. 12–24). Universidad de León.
- Fernández-Río, J., & Iglesias, D. (2024). What do we know about pedagogical models in physical education so far? An umbrella review. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 29(2), 190–205. <https://doi.org/10.1080/17408989.2022.2039615>
- Gobierno de Aragón. Orden ECD/1112/2022, de 18 de julio, por la que se aprueban el currículo y las características de la evaluación de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. *Boletín Oficial de Aragón*.
- Guijarro, E., & González-Villora, S. (2023). La enseñanza deportiva a través de los modelos pedagógicos: hacia un cambio metodológico. In J. C. Freitas Gama, A. Ferreira Neto, W. dos Santos (Coord.), *Formação para o esporte e formação esportiva* (pp. 301–316). Appris.
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: A pooled analysis of 298 population-based surveys with 1-6 million participants. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 4(1), 23–35. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(19\)30323-2](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30323-2)
- Haerens, L., Kirk, D., Cardon, G., & De Bourdeaudhuij, I. (2011). Toward the development of a pedagogical model for health-based physical education. *Quest*, 63(3), 321–338. <https://doi.org/10.1080/00336297.2011.10483684>
- Hastie, P. A., & Casey, A. (2014). Fidelity in Models-Based Practice Research in Sport Pedagogy: A Guide for Future Investigations. *Journal of Teaching in Physical Education*, 33(3), 422–431. <https://doi.org/10.1123/jtpe.2013-0141>
- Hortigüela Alcalá, D., & Hernando Garijo, A. (2017). Teaching Games for Understanding: A Comprehensive Approach to Promote Student's Motivation in Physical Education. *Journal of Human Kinetics*, 59(1), 17–27. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0144>
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Kirk, D. (2013). Educational value and models-based practice in physical education. *Educational Philosophy and Theory*, 45(9), 973–986. <http://doi.org/10.1080/00131857.2013.785352>
- Lee, A. M., Fredenburg, K., Belcher, D., & Cleveland, N. (1999). Gender Differences in Children's Conceptions of Competence and Motivation in Physical Education. *Sport, Education and Society*, 4(2), 161–174. <https://doi.org/10.1080/1357332990040204>
- Lee, O., & Choi, E. (2015). The Influence of Professional Development on Teachers' Implementation of the Teaching Personal and Social Responsibility Model. *Journal of Teaching in Physical Education*, 34(4), 603–625. <https://doi.org/10.1123/jtpe.2013-0223>
- Manzano-Sánchez, D., Gómez-Mármol, A., Valero-Valenzuela, A., & Jiménez-Parra, J. F. (2021). School climate and responsibility as predictors of antisocial and prosocial behaviors and violence: a study towards self-determination theory. *Behavioral Sciences*, 11(3), 36. <https://doi.org/10.3390/bs11030036>
- Merino-Barrero, J. A., Valero-Valenzuela, A., Belando Pedreño, N., & Fernández-Río, J. (2020). Impact of a Sustained TPSR Program on Students' Responsibility, Motivation, Sportsmanship, and Intention To Be Physically Active. *Journal of Teaching in Physical Education*, 39(2), 247–255. <https://doi.org/10.1123/jtpe.2019-0022>
- Metzler, M. (2017). *Instructional Models in Physical Education* (3rd ed.). Routledge.
- Morales-Belando, M. T., & Arias-Estero, J. L. (2017). Effect of Teaching Races for Understanding in Youth Sailing on Performance, Knowledge, and Adherence. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 88(4), 513–523. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1376032>
- Moreno-Murcia, J. A., Huéscar, E., Andrés-Fabra, J. A., & Sánchez-Latorre, F. (2020). Adaptation and validation of autonomy support and controller style's scales in physical education: relationship with feed-back. *Revista Ciencias de la Actividad Física*, 21(1). <https://doi.org/10.29035/rcaf.21.1.3>
- Murrie, D. (1997). Athletics activities in the Primary School. Walking, running and hurdling. *Primary PE Focus*, 4–6.
- Pérez-González, A. M., Valero-Valenzuela, A., Moreno-Murcia, J. A., & Sánchez-Alcaraz, B. J. (2019). Systematic Review of Autonomy Support in Physical Education. *Apunts Educación Física y Deportes*, 138, 51–61. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019\)4.138.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019)4.138.04)
- Rubio-Castillo, A. D., & Gómez-Mármol, A. (2016). Efectos del Modelo Ludotécnico en el aprendizaje técnico, competencia y motivación en la enseñanza del baloncesto en Educación Física. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 5(2), 41–46. <https://doi.org/10.6018/264631>
- Sánchez-Morales, M., Valero-Valenzuela, A., Manzano-Sánchez, D., & López-Jiménez, J. (2016). Effects of a ludotechnic teaching unit on improving high jump learning of high school students. *Ágora para la Educación Física y el Deporte*, 18, 199.
- Sánchez-Hernández, N., Martos-García, D., Soler, S., & Flintoff, A. (2018). Challenging gender relations in PE through cooperative learning and critical reflection. *Sport, Education and Society*, 23(8), 812–823. <https://doi.org/10.1080/13573322.2018.1487836>
- Sánchez-Hernández, N., Soler-Prat, S., & Martos-García, D. (2022). La Educación Física desde dentro. El discurso del rendimiento, el currículum oculto y las discriminaciones de género. *Ágora para la Educación Física y el Deporte*, 24, 46–71. <https://doi.org/10.24197/aefd.24.2022.46-71>
- Shen, B., Chen, A., Tolley, H., & Scrabis, K. A. (2003). Gender and Interest-Based Motivation in Learning Dance. *Journal of Teaching in Physical Education*, 22(4), 396–409. <https://doi.org/10.1123/jtpe.22.4.396>

- Tapia-Serrano, M. A., Sevil-Serrano, J., Sánchez-Miguel, P. A., López-Gil, J. F., Tremblay, M. S., & García-Hermoso, A. (2022). Prevalence of meeting 24-Hour Movement Guidelines from pre-school to adolescence: A systematic review and meta-analysis including 387,437 participants and 23 countries. *Journal of Sport and Health Science*, 11(4), 427–437. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.01.005>
- Thyer, B. A. (2012). *Quasi-experimental research designs*. Oxford University Press.
- Valero-Valenzuela, A. (2006). La iniciación al deporte del atletismo: del modelo tradicional a los nuevos enfoques metodológicos. *Kronos: revista universitaria de la actividad física y el deporte*, 5(9), 34–44. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2042044>
- Valero-Valenzuela, A. (2007). La técnica de enseñanza en el modelo ludotécnico: su aplicación a la educación física en primaria. *Kronos: Enseñanza de la Actividad Física y el Deporte*, 5, 31–40. <http://hdl.handle.net/11268/3537>
- Valero-Valenzuela, A., Conde, A., Delgado, M., & Conde, J. L. (2005). Comparación de los enfoques Tradicional y Ludotécnico sobre la eficacia y la mejora Técnica en el Atletismo. *European Journal of Human Movement*, 14, 119–133. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2279134>
- Valero-Valenzuela, A., & Conde-Caveda, J. L. (2003). *La iniciación al atletismo a través de los juegos: El enfoque ludotécnico en el aprendizaje de las disciplinas atléticas*. Aljibe.
- Valero-Valenzuela, A., Conde-Sánchez, A., Delgado-Fernández, M., & Conde-Caveda, J. (2004). Construcción y validación de un cuestionario de diversión y adherencia hacia la práctica del atletismo en la educación primaria. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (375), p.139. <https://doi.org/10.55166/reefd.v0i375.418>
- Valero-Valenzuela, A., Conde-Sánchez, A., Delgado-Fernández, M., Conde-Caveda, J. L., & De la Cruz-Sánchez, E. (2012). Effects of traditional and ludotechnical instructional approaches on the development of athletics performance, efficiency and enjoyment. *Didactica Slovenica*, 3–4, 51–66.
- Valero-Valenzuela, A., Delgado-Fernández, M., & Conde-Caveda, J. L. (2009). Motivation towards athletics practice in primary education depending on two different teaching/learning proposals. *Revista de Psicología del Deporte*, 18(2), 123–136.
- Valero-Valenzuela, A., Manzano-Sánchez, D., Moreno-Murcia, J., & Heredia León, D. A. (2019). Interpersonal Style of Coaching, Motivational Profiles and the Intention to be Physically Active in Young Athletes. *Studia Psychologica*, 61(2), 110–119. <https://doi.org/10.21909/sp.2019.02.776>
- Vasconcellos, D., Parker, P. D., Hilland, T., Cinelli, R., Owen, K. B., Kapsal, N., Lee, J., Antczak, D., Ntoumanis, N., Ryan, R. M., & Lonsdale, C. (2020). Self-determination theory applied to physical education: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 112(7), 1444–1469. <https://doi.org/10.1037/edu0000420>
- Xiang, P., McBride, R. E., & Bruene, A. (2006). Fourth-Grade Students' Motivational Changes in an Elementary Physical Education Running Program. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77(2), 195–207. <https://doi.org/10.1080/02701367.2006.10599354>

**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)





## Patrones de conducta de los pases en finales de Champions League (2018-2022)

Adrián Torregrosa-Domínguez<sup>1</sup> , Jesús Salado-Tarodo<sup>2\*</sup> , José Flores-Rodríguez<sup>3</sup> y Eduardo José Fernández-Ozcorta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva (España).

<sup>2</sup> Departamento de Actividad Física y Deportes, Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola CEU, centro adscrito a la Universidad de Sevilla (España).

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias Sociales y de la Salud, Centro Universitario San Isidoro, centro adscrito a la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla (España).



### Citación

Torregrosa-Domínguez, A., Salado-Tarodo, J., Flores-Rodríguez, J. & Fernández-Ozcorta, E. J. (2025). Passing behaviour patterns in UEFA Champions League finals (2018-2022). *Apunts Educación Física y Deportes*, 159, 32-42. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2025/1\).159.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2025/1).159.04)

### Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

### \*Correspondencia:

Jesús Salado-Tarodo  
[jsalado@ceu.es](mailto:jsalado@ceu.es)

### Sección:

Entrenamiento deportivo

### Idioma del original:

Español

### Recibido:

21 de marzo de 2024

### Aceptado:

24 de julio de 2024

### Publicado:

1 de enero de 2025

### Portada:

Laura Kluge compete en un duelo por el puck en el partido entre Alemania y Hungría durante la Eishockey Deutschland Cup, en Landshut, Alemania, el 9 de noviembre de 2024.  
© IMAGO/ActionPictures/ lafototeca.com

## Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar los patrones de conducta de los pases realizados en las finales de la UEFA Champions League disputadas entre 2018 y 2022, identificando los factores situacionales (posición en el campo, presión del oponente) y comportamentales (técnica de pase, toma de decisiones) asociados a los pases exitosos. Los pases exitosos son aquellos que resultan en la pérdida de posesión del oponente, culminan en gol o disparo. El estudio fue puntual, nomotético y multidimensional, y se basó en la observación de un momento específico sin seguimiento continuo, la comparación de comportamientos de siete equipos y el análisis de varios niveles de respuesta con un instrumento de observación. Para ello, se construyó y validó un instrumento de observación mediante revisión de expertos, pruebas piloto y análisis de fiabilidad y validez, asegurando la precisión en la codificación. Los participantes del estudio fueron equipos profesionales que jugaron las finales de la UEFA Champions League y se registraron y codificaron 4,658 pases. Los resultados preliminares indican que los pases desde la zona ofensiva (3/4 del campo contrario) tienen mayor probabilidad de culminar en gol o disparo, mientras que los pases de mayor distancia están más asociados con la pérdida de posesión. Estos hallazgos sugieren que el momento del partido, la ubicación en el campo y la distancia del pase son factores clave en el éxito o fracaso de las jugadas.

**Palabras clave:** coordenadas polares, marcador, metodología observacional, tiempo de juego, zonas del campo.

## Introducción

La investigación en deportes de equipo ha adquirido una importancia creciente en términos físicos, técnicos y tácticos. Esto ha permitido a los equipos tomar decisiones informadas en diferentes situaciones, respaldadas por evidencia científica (Rennie et al., 2018; Young et al., 2019). En este sentido, en los últimos años se ha incrementado la importancia de validar instrumentos que permitan evaluar la competencia en el fútbol profesional utilizando proveedores de datos como WyScout (Sánchez-López et al., 2023). Asimismo, la comprensión de las transiciones en la posesión del balón ha sido objeto de estudio para entender mejor las probabilidades de éxito en jugadas específicas (Castellano-Paulis et al., 2009).

A este respecto, la metodología observacional ha sido esencial en este avance, especialmente en la evaluación de comportamientos en deportes colectivos de invasión. Específicamente en el ámbito del fútbol, los estudios han abordado acciones técnico-tácticas, la evolución de los goles en competiciones mundiales y la circulación del balón en diversas categorías (Gréhaigne et al., 2010; Iván-Baragaño et al., 2022; Mićović et al., 2022; Muriarte Solana et al., 2023; Ortega-Toro, 2019). Estos enfoques han proporcionado información valiosa sobre el desarrollo del juego, la eficacia en las fases ofensivas y la optimización de estrategias de juego.

La metodología observacional, además de ser ampliamente utilizada, ha abierto paso a la implementación de diversas técnicas de análisis de datos en el estudio de deportes de equipo (Barreira et al., 2020). Entre estas técnicas, las coordenadas polares (CP) han sido fundamentales, ya que permiten estimar las relaciones entre un comportamiento específico y otros observados. Se han aplicado en el análisis del juego ofensivo propuestas pedagógicas y la evaluación de indicadores de rendimiento (Flores-Rodríguez, 2020; Maneiro et al., 2018).

En el contexto específico del fútbol, el análisis mediante redes de pase ha sido un recurso valioso para definir las características de los equipos y explicar su éxito en el campo (Buldú et al., 2019; Castañer et al., 2016; Maneiro et al., 2018; Zeng y Zhang, 2022). Estos estudios han proporcionado parámetros como el índice de comportamiento ofensivo y el índice de control del juego, cruciales para detectar el grado de control de un equipo sobre el rival.

Además del análisis global, se ha observado la importancia de examinar la eficacia en las unidades de posesión. Estos segmentos de juego, definidos por el control del balón, son fundamentales para analizar la calidad, efectividad y distribución de la posesión. Se ha demostrado

que factores como el número total de pases, la precisión en el pase y otros aspectos se relacionan estrechamente con el éxito en estas unidades (Collet, 2012; Hewitt et al., 2016; Zeng y Zhang, 2022). Estos estudios han proporcionado información valiosa sobre la relación entre diferentes parámetros y el éxito en el juego.

En relación con los pases y la anotación, se ha descubierto que la relación entre la cantidad de pases y el éxito en las anotaciones presenta ciertas contradicciones. Por ejemplo, mientras se sugiere que efectuar menos pases por acción aumenta la probabilidad de anotar un gol, se ha observado que el 80 % de las unidades de posesión que terminan en gol involucran más de tres pases (Aguado-Méndez et al., 2020; Alves et al., 2023; Taha y Ali, 2023). Estas discrepancias enfatizan la importancia de definir el tipo de ataque y el papel de las acciones de contraataque en el contexto del juego (Chmura et al., 2021).

La incidencia de los errores en los pases es un elemento clave a considerar, dado que la mayoría de las unidades de posesión no culminan en gol. Se ha observado que los pases cortos pueden reducir las pérdidas y, por ende, mejorar las posibilidades de éxito en el juego (Chmura et al., 2021).

Por otro lado, el análisis de las zonas de recuperación del balón ha revelado que recuperar el balón cerca de la portería rival está relacionado con un aumento en la probabilidad de anotación. Además, los contraataques generados en el carril central han mostrado una correlación con el éxito en el juego (Mendes y Morante, 2011). Estos hallazgos subrayan la relevancia de las estrategias de recuperación y su impacto en el desarrollo del juego.

Finalmente, es fundamental considerar la influencia de variables situacionales en el rendimiento y comportamiento de los jugadores. Elementos como la localización del partido, el nivel del rival y el estado del mismo (*match status*) han mostrado tener efectos tanto físicos como tácticos (Mackenzie y Cushion, 2013; Taylor et al., 2008). Estas variables han demostrado incidir en aspectos como el tiempo de posesión, la tipología de pases y el porcentaje de éxito de las posesiones, y han mostrado diferencias significativas entre las primeras y segundas partes de los partidos (Maneiro et al., 2021).

Atendiendo al estado actual de la evidencia, el objetivo de la presente investigación fue analizar los patrones de conducta de los pases realizados en las finales de la UEFA Champions League disputadas entre 2018 y 2022. Específicamente, se estudiaron los pases que acabaron en finalización y los pases que acabaron en pérdida de la posesión de balón según el tiempo de juego, marcador, tipo de pase realizado y las zonas del campo donde se realizaron y se recibieron los pases.

## Método

### Material

Para esta investigación, se diseñó un instrumento de observación *ad hoc* con el fin de registrar las conductas relevantes en relación con el objetivo del estudio. La construcción y validación del instrumento se llevó a cabo en tres fases fundamentales: diseño inicial basado en la literatura, pruebas piloto y ajuste mediante juicio de expertos. El proceso de entrenamiento del observador y los análisis de fiabilidad y validez fueron prescriptivos para asegurar la precisión y utilidad del instrumento.

### Diseño observacional

La investigación se realizó empleando un diseño observacional puntual, nomotético y multidimensional (Anguera y Hernández-Mendo, 2013). Puntual, debido a que los partidos observados corresponden a momentos específicos sin seguimiento temporal continuo; nomotético, ya que se compararon diferentes unidades de análisis, en este caso, los comportamientos de siete equipos distintos, y multidimensional, porque se estudiaron varios niveles de respuesta, recogidos en el instrumento de observación.

### Participantes

Se recogieron datos de cinco finales de la UEFA Champions League diferentes (Tabla 1), jugadas todas en campo neutral, entre el 2018 y el 2022. En total se analizaron 7 equipos diferentes, de 3 ligas europeas diferentes.

De acuerdo con lo establecido en el Informe Belmont (1978), no fue necesaria la obtención de consentimiento informado ni el examen del comité ético pertinente porque: (a) el estudio implicó la observación de personas en un entorno público (estadio de fútbol); (b) los equipos observados no tenían una expectativa de privacidad, ya que los partidos fueron retransmitidos a nivel mundial, y (c) el estudio no implicó intervención o interacción directa de los investigadores con los deportistas estudiados.

Las unidades de observación fueron todos los pases realizados por los diferentes equipos con excepción de aquellos realizados por reinicio de juego (*e. g.*, saques de portería, faltas, córner, saques de banda, etc.).

### Instrumentos

Se diseñó un instrumento de observación *ad hoc* para registrar las conductas relevantes en relación con el objetivo de investigación. La construcción del instrumento de observación se constituyó en tres fases, apoyados en el trabajo de Aguado-Méndez et al. (2020).

Primera fase. Dos doctores en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, con experiencia previa en estudios observacionales, diseñaron una versión inicial a partir de la bibliografía disponible. En esta primera etapa, se optó por una combinación de formato de campo de Aguado-Méndez et al. (2020) con sistema de categorías. El formato de campo de juego estaba dividido en una cuadrícula de 24 zonas rectangulares, organizadas en cuatro filas y seis columnas, etiquetadas con el prefijo “Zona” seguido de un número del 1 al 24. La numeración de la cuadrícula del campo comenzaba en la esquina superior izquierda del campo con “Zona 1” y avanzaba de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, terminando en la esquina inferior derecha con “Zona 24”. Se configuraron las zonas del 1 al 12 como las de campo propio, mientras que las zonas del 13 al 24 pertenecían al campo contrario. Esta combinación permitía aprovechar los puntos fuertes de ambos instrumentos: por un lado, la flexibilidad del formato de campo y, por otro, la consistencia teórica del sistema de categorías (Anguera y Hernández-Mendo, 2013).

Segunda fase. El instrumento se sometió a una prueba de cautela (Anguera, 2003), consistente en el registro de varios partidos no incluidos en la muestra. La prueba de cautela sirvió para modificar el diseño inicial del instrumento de investigación, añadiendo y eliminando diferentes criterios y categorías. La prueba de cautela se dio por finalizada cuando, durante el registro de los partidos no incluidos en la muestra, no se detectó ninguna conducta que no pudiera ser registrada con el instrumento de investigación.

**Tabla 1**  
Finales analizadas.

Año	Equipo 1	Equipo 2
2018	Real Madrid	Liverpool
2019	Tottenham	Liverpool
2020	PSG	Bayern de Múnich
2021	Manchester City	Chelsea
2022	Liverpool	Real Madrid

Tercera fase. El instrumento fue sometido a juicio de tres expertos, doctores y docentes universitarios en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, que marcaban su acuerdo/desacuerdo con cada una de las categorías y criterios del instrumento. Finalmente, todos los criterios y categorías que conformaron la versión definitiva del instrumento obtuvieron un porcentaje de acuerdo superior al 80 %. El instrumento definitivo usado para la observación se encuentra recogido en la Tabla 2.

Tras el diseño final de la herramienta, esta se implementó en Microsoft Excel para el registro y la codificación de las

acciones, de manera que este funcionó como instrumento de registro. El análisis de coordenadas polares se aplicó con el programa informático HOISAN 1.2 (Hernández-Mendo et al., 2012). Con anterioridad al cálculo de las coordenadas polares y como requisito, se realizó el análisis secuencial de retardos utilizando el programa informático GSEQ 5.1 (Bakeman y Quera, 2011). Por último, una vez realizado el análisis de coordenadas polares, las asociaciones significativas se representaron gráficamente con el programa Snowflake.

**Tabla 2***Instrumento de observación.*

Criterio	Categorías	Código	Descripción
Minuto (MIN)	Minuto 0 al 15	T01	El pase se realiza entre el minuto 0 y el 15.
	Minuto 16 al 30	T02	El pase se realiza entre el minuto 16 y el 30.
	Minuto 31 al 45	T03	El pase se realiza entre el minuto 31 y el 45.
	Minuto 45 al 60	T04	El pase se realiza entre el minuto 45 y el 60.
	Minuto 61 al 75	T05	El pase se realiza entre el minuto 60 y el 75.
	Minuto 76 al 90	T06	El pase se realiza entre el minuto 75 y el 90.
	Tiempo extra 1ª	TE1	El pase se realiza en el tiempo extra de la primera parte.
	Tiempo extra 2ª	TE2	El pase se realiza en el tiempo extra de la segunda parte.
Marcador (MAR)	Empate	EMP	El equipo está empatando en el momento en el que se produce el pase.
	Perdiendo	PER	El equipo está perdiendo en el momento en el que se produce el pase.
	Ganando	GAN	El equipo está ganando en el momento en el que se produce el pase.
Equipo ataca (ATQ)	Man. City	MAN	El pase lo realiza un jugador del Manchester City.
	Chelsea	CHE	El pase lo realiza un jugador del Chelsea.
	PSG	PSG	El pase lo realiza un jugador del PSG.
	Bayern Múnich	BAY	El pase lo realiza un jugador del Bayern.
	Liverpool	LIV	El pase lo realiza un jugador del Liverpool.
	Madrid	MAD	El pase lo realiza un jugador del Madrid.
	Tottenham	TOT	El pase lo realiza un jugador del Tottenham.
Zona del campo de inicio del pase (ZIP)	Zona 1	I01	El pase se inicia en la Zona 1.
	Zona 2	I02	El pase se inicia en la Zona 2.
	Zona 3	I03	El pase se inicia en la Zona 3.
	...		
	Zona 24	I24	El pase se inicia en la Zona 24.
Zona del campo de recepción del pase (ZRP)	Zona 1	R01	El pase se recepciona en la Zona 1.
	Zona 2	R02	El pase se recepciona en la Zona 2.
	Zona 3	R03	El pase se recepciona en la Zona 3.
	...		
	Zona 24	R24	El pase se recepciona en la Zona 24.
Tipo de pase (TPS)	Corto	TPC	El pase no se salta ninguna zona.
	Medio	TPM	El pase se salta una zona, pero no dos.
	Largo	TPL	El pase se salta dos o más zonas.
Progresión (PRO)	Sí	PSI	El pase avanza el juego.
	No	PNO	El pase no avanza el juego.
Resultado del pase (RPS)	Compañero recibe	CRB	Un compañero del jugador que realizó el pase recibe el balón.
	Equipo pierde el balón	EPB	El pase tiene como resultado una pérdida de la posesión del balón.
	Compañero finaliza	CFI	Un compañero del jugador que realizó el pase recibe el balón y finaliza sin anotar gol.
	Asistencia de gol	ASI	Un compañero del jugador que realizó el pase recibe el balón y finaliza anotando gol.
Número de pase (NPS)	Pase Nº 1	001	Pase Nº 1 que realiza el equipo en el partido.
	Pase Nº 2	002	Pase Nº 2 que realiza el equipo en el partido.
	Pase Nº X	00X	Pase Nº X que realiza el equipo en el partido.



## Procedimiento

La naturaleza de la investigación, basada en observaciones realizadas en partidos de fútbol y análisis de datos existentes, no implicó la manipulación de participantes ni la intervención directa en su integridad física o emocional, por lo que se evitó la necesidad de un comité de bioética para su aprobación.

El registro de las acciones lo realizó un observador, que participó en el diseño del instrumento de observación. Para optimizar la fiabilidad de los registros, el observador participó en un proceso de entrenamiento, que consistió en el registro de partidos no incluidos en la muestra. El proceso de entrenamiento concluyó cuando se obtuvieron valores iguales o superiores a .8 en el estadístico Kappa de Cohen a nivel intraobservador, un resultado casi perfecto (Landis y Koch, 1977). Una vez finalizado el proceso de entrenamiento se procedió al registro de los partidos que conformaron la muestra del estudio.

Finalmente, los resultados de estos análisis fueron revisados y el instrumento fue ajustado en consecuencia para garantizar su precisión y utilidad en la medición de los constructos deseados. Este enfoque sistemático asegura que el instrumento de observación es tanto fiable como válido para su uso en investigaciones futuras.

## Análisis de los datos

Los datos observacionales fueron analizados mediante la técnica de coordenadas polares, que permite la representación gráfica de las relaciones de activación o inhibición entre las conductas analizadas. Esta técnica ha sido empleada en el estudio de diferentes deportes colectivos, como fútbol (Castañer et al., 2016) o balonmano (Flores-Rodríguez y Alvite-de-Pablo, 2023). En este análisis una de las conductas asume el rol de conducta focal, ya que se la considera generadora de las relaciones con el resto de las conductas que participan en el análisis, que asumen el rol de conductas condicionadas.

Como requisito previo, es necesario realizar el análisis secuencial de retardos positivos, que informará sobre la perspectiva prospectiva, y negativos, para conocer sobre la perspectiva retrospectiva (Sackett, 1980). Una vez realizado el análisis secuencial, el estadístico Zsum realiza la integración de ambos y se obtienen valores que pueden tener signo positivo o negativo. Los resultados obtenidos se representaron gráficamente en uno de los cuatro cuadrantes posibles, dependiendo de la combinación de signos obtenidos en cada Zsum.

Tal y como se ha establecido en investigaciones previas (e. g., Anguera et al., 2011; Camerino et al., 2019), la combinación gráfica permite explicar cómo interpretar las asociaciones entre el comportamiento focal, ubicado en el centro de la figura, y los comportamientos condicionantes

en cada cuadrante. La asociación se muestra tanto cuantitativamente (longitud del vector) como cualitativamente en los cuadrantes I, II, III o IV. Si la relación se ubica en el cuadrante I, indica una relación de activación mutua entre la conducta focal y la conducta condicionada. Por el contrario, cuando la representación se encuentra en el cuadrante III, indica la existencia de una relación de inhibición mutua entre la conducta focal y la conducta condicionada. La representación en el cuadrante II señala que la conducta condicionada activa la aparición de la conducta focal mientras es inhibida por ella. Por último, la ubicación en el cuadrante IV indica que la conducta focal inhibe a la condicionada mientras es activada por ella.

Mediante la exposición del análisis descrito, el objetivo fue analizar los patrones de conducta de los pases realizados en las finales de la UEFA Champions League disputadas entre 2018 y 2022, identificando los factores situacionales (posición en el campo, presión del oponente) y comportamentales (técnica de pase, toma de decisiones) asociados a los pases exitosos.

## Resultados

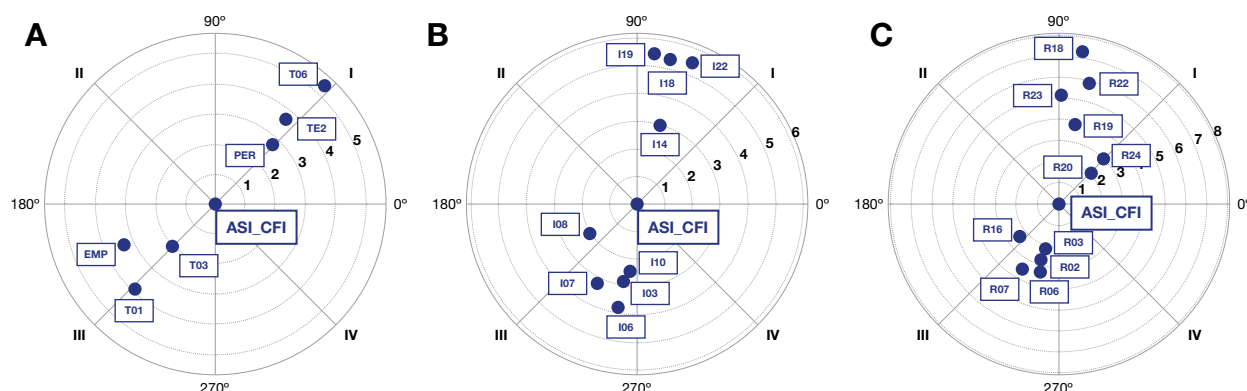
A continuación, se representan las asociaciones significativas, aquellas con un radio superior a 1.96 ( $p < .05$ ), identificadas entre la conducta focal y las condicionadas ubicadas en los cuadrantes I y III. La ubicación en el cuadrante I indica una relación de mutua activación, mientras que la representación en el cuadrante III expresa inhibición mutua. Para facilitar la comprensión de los resultados se presentan en dos subapartados: en el primero actúan como conducta focal los pases que precedieron a una finalización y en el segundo el rol de conducta focal lo asumen los pases que acabaron en pérdida de la posesión de balón.

### Pases que precedieron a una finalización

Para conocer los patrones de conducta relacionados con los pases que precedieron a una finalización, se utilizó como conducta focal la combinación de las categorías ASI (pases realizados justo antes de una finalización que acabó en gol) y CFI (pase realizado justo antes de una finalización que no acabó en gol). En la Figura 1 (Dianas A, B y C), las categorías pertenecientes a los criterios minuto (MIN), marcador (MAR), y tipo de pase (TPS) asumieron el rol de conductas condicionadas en la Diana A. Por su parte en la Diana B las conductas condicionadas fueron las categorías del criterio zona del campo de inicio del pase (ZIP), y en la Diana C, las categorías del criterio zona del campo de recepción del pase (ZRP) fueron consideradas como conductas condicionadas.

**Figura 1**

Pases que precedieron a las finalizaciones según el momento del partido, el marcador y el tipo de pase realizado (A), la zona del campo donde se realizaron (B) y la zona del campo donde se recibieron (C)

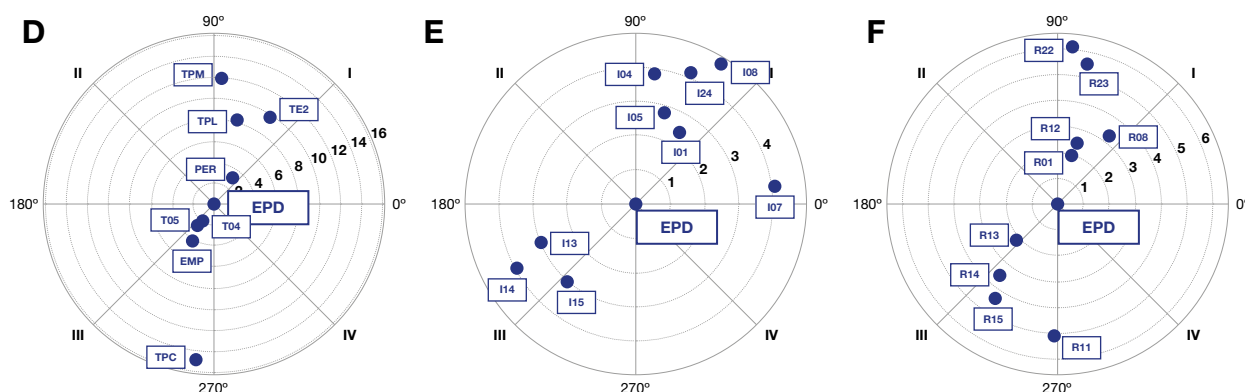


	Criterio	Categoría	Radio	Ángulo	Cuadrante
DIANA A	Momento del partido	T01	3.92	226.94	III
		T03	2.03	225.33	III
		T06	5.42	47.79	I
		TE2	3.71	50.77	I
	Marcador	EMP	3.28	204.52	III
		PER	2.77	46.61	I
DIANA B	Zona del campo de inicio del pase	I03	2.81	260.13	III
		I06	3.76	259.75	III
		I07	3.17	243.07	III
		I08	1.98	213.40	III
		I10	2.41	265.62	III
		I14	2.96	74.04	I
		I18	5.32	77.01	I
		I19	5.43	82.87	I
DIANA C	Zona del campo de recepción del pase	I22	5.43	68.66	I
		R02	2.74	252.13	III
		R03	2.20	253.75	III
		R06	3.33	254.92	III
		R07	3.52	240.43	III
		R16	2.40	219.48	III
		R18	7.37	80.89	I
		R19	3.90	<b>78.21</b>	I
		R20	2.17	45.00	I
		R22	5.98	76.01	I
		R23	5.23	88.75	I
		R24	3.08	45.54	I

Nota. Momentos del pase: T01 = Minuto 0 a 15; T03 = Minuto 31 a 45; T06 = Minuto 75 a 90; TE2 = Tiempo extra de la segunda parte; Situación del equipo: EMP = Empatando; PER = Perdiendo; Zonas de inicio del pase: I03; I06; I07; I08; I10; I14; I18; I19; I22; Zonas de recepción del pase: R02; R03; R06; R07; R16; R18; R19; R20; R22; R23; R24.

**Figura 2**

Pases que finalizaron en pérdida según el momento del partido, el marcador y el tipo de pase realizado (D), la zona del campo donde se realizaron (E) y la zona del campo desde donde se recibieron (F)



	Criterio	Categoría	Radio	Ángulo	Cuadrante
DIANA D	Momento del partido	T04	2.04	235.10	III
		T05	2.55	230.91	III
		TE2	9.80	58.10	I
		EMP	4.09	238.44	III
	Marcador	PER	3.06	55.00	I
		TPC	15.02	263.27	III
	Tipo de pase	TPM	12.11	86.56	I
		TPL	8.48	75.54	I
		PER	2.77	46.61	I
DIANA E	Zona del campo de inicio del pase	I13	3.01	202.40	III
		I14	3.98	208.43	III
		I15	3.05	228.26	III
		I01	2.42	58.64	I
		I04	3.83	82.04	I
		I05	2.78	73.03	I
		I07	4.08	7.01	I
		I08	4.74	58.60	I
DIANA F	Zona del campo de recepción del pase	I24	4.13	67.42	I
		R11	5.04	268.33	III
		R13	2.09	221.05	III
		R14	3.52	230.03	III
		R15	4.33	236.15	III
		R01	1.98	74.59	I
		R08	3.31	53.29	I
		R12	2.48	<b>72.19</b>	I
		R22	6.11	84.52	I
		R23	5.54	78.05	I

Nota. Momentos del pase: T04 = Minuto 45 a 60; T05 = Minuto 60 a 75; TE2 = Tiempo extra de la segunda parte; Situación del equipo: EMP = Empatando; PER = Perdiendo; Trayectoria del pase: TPC = No se salta ninguna zona; TPM = Se salta una zona; TPL = Se salta dos o más zonas; Zonas de inicio del pase: I01; I04; I05; I07; I08; I13; I14; I15; I24; Zonas de recepción del pase: R01; R08; R11; R12; R13; R14; R15; R22; R23.

Respecto al criterio minuto (MIN), se puede observar que los pases que precedieron a las finalizaciones presentaron una relación de activación mutua con el periodo T06, periodo de tiempo comprendido entre el minuto 75 y el 90, y con el periodo TE2, tiempo extra de la segunda parte. Por otro lado, se presenta una relación de inhibición mutua con los pases realizados entre el minuto cero y el 15 (T01) y con los realizados entre los minutos 31 y 45 (T03). En relación con las conductas pertenecientes al criterio marcador del partido (MAR), se puede apreciar una relación de activación mutua con la conducta PER, el equipo que realiza el pase va perdiendo, y una relación de inhibición mutua con la conducta EMP, el equipo que realiza el pase va empatando. Por último, no se encontraron relaciones significativas entre los pases que precedieron a una finalización y las conductas correspondientes al tipo de pase ejecutado (TPS).

A su vez, se representan las asociaciones significativas encontradas entre los pases que precedieron a una finalización y las conductas que informaban sobre la zona del campo donde se inició el pase (ZIP). Se encontró una relación de activación mutua con las zonas del campo I14, I18, I19 e I22 y una relación de inhibición mutua con las siguientes zonas: I03, I06, I07, I08 e I10.

Igualmente se han reflejado las relaciones significativas entre los pases que precedieron a una finalización y la zona del campo donde se produjo la recepción del pase (ZRP). Destacan las relaciones de activación mutua con las zonas R18, R19, R20, R22, R23 y R24. Por el contrario, se encontró inhibición mutua con las zonas R02, R03, R06 y R07.

### Pases que acabaron en una pérdida de la posesión de balón

Para conocer los patrones de conducta relacionados con los pases que finalizaron en una pérdida en la posesión de balón se utilizó como conducta focal la categoría EPD. Como conductas condicionadas, en la Figura 2 (Dianas D, E y F) actuaron las pertenecientes a los criterios minuto (MIN), marcador (MAR), y tipo de pase (TPS) en la Diana D. A continuación, en la Diana E asumieron el rol de conductas condicionadas las categorías del criterio zona del campo donde se realizó el pase (ZIP), y en la Diana F las correspondiente al criterio zona del campo de recepción del pase (ZRP) fueron consideradas como conductas condicionadas.

En relación con el criterio tiempo, se puede apreciar que los pases que precedieron a las finalizaciones presentaron una relación de activación mutua con el periodo TE2, tiempo extra de la segunda parte. También se puede observar

una relación de inhibición mutua con los pases realizados entre el minuto 45 y el 50 (T04) y los realizados entre los minutos 60 y 75 (T05). Con respecto a las conductas pertenecientes al criterio marcador del partido (MAR), los resultados indican una relación de activación mutua con la conducta PER, el equipo que realiza el pase va perdiendo, y una relación de inhibición mutua con la conducta EMP, el equipo que realiza el pase va empatado. Por último, respecto al tipo de pase ejecutado (TPS), se encontró activación mutua con TPM (el pase se salta solo una zona) y TPL (el pase se salta más de una zona), y una relación de inhibición mutua con TPC (el pase no se salta ninguna zona).

De igual manera, se muestran las asociaciones significativas encontradas entre la focal y las conductas condicionadas pertenecientes al criterio (ZIP), zona del campo donde se inicia el pase. Se encontró activación mutua con I01, I04, I05, I07, I08, I24 e inhibición mutua con las siguientes: I13, I14 y I15.

A su vez, se representan las relaciones encontradas con las conductas correspondientes al criterio (ZRP), zona del campo donde se produjo la recepción del pase, se observó una relación de activación mutua con las siguientes categorías: R01, R08, R12, R22 y R23.

## Discusión

El objetivo de la presente investigación fue analizar los patrones de conducta de los pases realizados en las finales de la UEFA Champions League disputadas entre 2018 y 2022. Específicamente, se estudiaron los pases que acabaron en finalización y los pases que acabaron en pérdida de la posesión de balón según el tiempo de juego, marcador, tipo de pase realizado, y las zonas del campo donde se realizaron y se recibieron los pases. Tras el análisis de los datos recogidos a través de la técnica de coordenadas polares, cada una de las variables se dispuso en alguno de los cuatro cuadrantes del mapa de coordenadas polares, lo que nos permitió describir la relación de esta con la conducta focal.

En cuanto al estudio de los pases acabados en finalización, se analizaron las conductas focales CFI y ASI al recoger ambas conductas donde se producía una finalización. A este respecto nuestros resultados señalan una relación de activación de estas conductas con TE2 y T06 en cuanto a la dimensión “Minuto”, marcando una tendencia a la aparición de finalizaciones en los últimos minutos del partido probablemente relacionada con momentos del partido donde los jugadores están con un mayor desgaste físico y mental, mientras que en los momentos donde ese mismo desgaste debe ser menor, en los primeros minutos de partido, se da una relación de inhibición mutua como reflejan los datos



de T01 y T03. Los resultados de la dimensión “Resultado” reflejan una relación de activación mutua entre CFI/ASI y PER, así como inhibición con la variable EMP, que es contrario a lo reflejado con Maneiro et al. (2021), donde los mayores porcentajes de éxito de las posesiones se relacionaban con equipos que iban ganando o empatando. Acerca de la dimensión de zona del campo de inicio del pase, se producen relaciones de activación mutua con las variables I14, I18, I19 e I22, zonas del campo donde se suele buscar crear espacios entre líneas para crear situaciones ventajosas desde donde realizar pases a zonas más cercanas a portería desde donde finalizar. Estos resultados se relacionan con aquellos reflejados por Immler et al. (2021) en cuanto a la participación de los mediocentros con las posesiones exitosas, los cuales suelen participar por las zonas reflejadas, así como con lo descrito por Maneiro et al. (2020) sobre los pases en los últimos 30 metros de los equipos ganadores. Sin embargo, se establecen relaciones de inhibición mutua con las variables I02, I03, I06, I07 e I16, zonas relacionadas con el inicio de la jugada, lo cual concuerda con lo destacado por Chmura et al. (2021) sobre la participación de los defensas en posesiones no exitosas, ya que son zonas relacionadas con el posicionamiento de estos. La dimensión de zona del campo de recepción del pase señala relaciones de activación mutua con las variables R18, R19, R20, R22, R23 y R24, zonas en campo contrario relacionadas con la finalización. En cambio, se producen relaciones de inhibición con las variables R02, R03, R06, R07 y R16, zonas de inicio de juego, como hemos señalado anteriormente.

En cuanto a la conducta focal EPB, el análisis de la dimensión “Minuto” destaca una relación de inhibición mutua con T04 y T05, momentos de la segunda parte donde probablemente los equipos arriesguen menos en sus pases ya que buscan evitar situaciones de pérdida que permitan al rival crear situaciones de gol. Por el contrario, se establece una relación de activación mutua con TE2, minutos finales donde los equipos arriesgan más ya que buscan generar ocasiones de gol, como ha reflejado anteriormente el análisis de CFI y ASI. La dimensión “Resultado” señala una relación de activación mutua con PER, que refleja el mayor riesgo que deben asumir los equipos que van perdiendo; en cambio, se genera una relación de inhibición mutua con la variable EMP, probablemente por motivos similares a los expresados anteriormente en los resultados de T04 y T05. La dimensión “Zona del campo de inicio del pase” muestra relaciones de activación mutua con las zonas I01, I04, I05, I07, I08 e I24, que corresponden a la fase inicial del juego y al carril central. En esta área, las pérdidas de balón son especialmente peligrosas, ya que pueden generar contraataques del equipo rival (Gómez et al., 2012; Mendes y Morante, 2011). Además, estas zonas están asociadas a los defensas, quienes, según Chmura et al. (2021), están involucrados en posesiones no exitosas.

La zona I24 es una posición avanzada en el campo donde suele haber una baja densidad de jugadores atacantes, lo que dificulta la realización de pases hacia compañeros cercanos.

Por otro lado, se observan relaciones de inhibición mutua con las zonas I13, I14 e I15, las cuales suelen ser ocupadas por mediocentros. Estos jugadores, de acuerdo con Immler et al. (2021), están frecuentemente involucrados en posesiones exitosas. El análisis de la variable de zona del campo de recepción del pase produce relaciones de activación mutua de la conducta focal EPB con R01, R08, R12, R22 y R23. Estas variables señalan zonas de campo propio relacionadas con inicio de jugada y cuyo error puede producir situaciones de contrataque, como se ha descrito con anterioridad, y zonas adelantadas del campo, que implican en muchos casos pases más arriesgados que hacen que el fallo sea más común. Por el contrario, se producen relaciones de inhibición con R11, R13, R14 y R15 que, como se ha comentado, son zonas relacionadas con la construcción de la jugada y que implican más a los mediocentros, los cuales Immler et al. (2021) relacionan con éxitos en la posesión.

Por último, el análisis de la dimensión “Tipo de pase” refleja activación mutua con TPM y TPL, pases en los que las distancias son mayores, lo que aumenta la probabilidad de error y de intercepción del rival. Por otro lado, hay una relación de inhibición mutua con TPC, que refleja cómo los pases de menor distancia permiten mayor precisión y seguridad, tal y como señalaban Chmura et al. (2021) y cuyo uso se relaciona con aquellos equipos que van ganando (Praça et al., 2019).

## Recomendaciones prácticas

El instrumento de observación desarrollado resultó útil para analizar el rendimiento de los pases y la influencia del estado del partido en las decisiones de pase. Los hallazgos mostraron un aumento en los pases que conducen a goles en los últimos minutos del partido y una mayor incidencia de pérdidas de balón en esos momentos, lo cual sugiere que los equipos asumen más riesgos en busca de oportunidades de gol. Se destacó la importancia de los pases en el último tercio del campo, cerca de la portería rival, para generar finalizaciones exitosas. Aunque la distancia de los pases no se relaciona directamente con la creación de situaciones de finalización, los pases cortos reducen las pérdidas, lo cual sugiere una estrategia más conservadora y precisa.

Con estos resultados se pueden diseñar entrenamientos específicos que mejoren las habilidades técnicas y preparen a los jugadores para situaciones de juego diversas. Estos entrenamientos pueden centrarse en tres condicionantes, fundamentalmente: el estado del partido, las trayectorias de los pases y las zonas del campo donde se inician y

reciben estos. Integrar estos elementos en el diseño de tareas puede resultar beneficioso. Por ejemplo, las situaciones de juego reducido en zonas específicas del campo podrían ser situaciones en las que se trabajen estos tres condicionantes. En estas situaciones, los ejercicios en espacios reducidos pueden mejorar la precisión en los pases cortos, incluso en situaciones de alta densidad de jugadores. Además, si estos se plantean con diferentes estructuras espaciales y en diferentes zonas del campo, probablemente mejoren la capacidad de defender y atacar eficazmente en esas zonas de juego. Finalmente, incorporar escenarios hipotéticos en los que el equipo esté empatado o perdiendo permite practicar bajo presión y desarrollar la toma de decisiones rápidas y efectivas. Aquí, el entrenamiento mental es crucial para manejar la presión y mantener la calma en momentos críticos, siendo particularmente beneficioso el uso de pases cortos, que proporcionan mayor seguridad.

De forma general, la integración de estos enfoques específicos no solo podría mejorar las habilidades técnicas de los jugadores, sino también desarrollar su capacidad para enfrentar desafíos tácticos y emocionales durante un partido, lo cual podría contribuir a un desempeño más sólido y cohesionado en el campo.

## Conclusión

Este estudio presenta contribuciones significativas al análisis del rendimiento en el fútbol, aunque enfrenta algunas limitaciones. La principal fue la falta de acceso a videos de las finales y a paquetes de datos completos de los pases, lo que limitó la profundidad del análisis y la validación de los hallazgos. Futuras investigaciones con acceso a estos recursos podrían realizar un análisis más exhaustivo y preciso.

A pesar de estas limitaciones, la metodología observacional utilizada demostró ser una herramienta extremadamente útil en el contexto del fútbol analizado científicamente. Esta metodología permite evaluar detalladamente el comportamiento de los jugadores en situaciones de juego real. En particular, el análisis de coordenadas polares fue efectivo para identificar patrones de conducta y relaciones entre variables, y proporcionó una visión comprensiva del rendimiento en el campo.

Estos hallazgos pueden ser de gran utilidad para equipos de alto nivel, especialmente para la preparación de rondas finales en competiciones de élite como la UEFA Champions League. Implementar estas estrategias basadas en evidencia permite desarrollar planes de juego más efectivos y adaptados a las circunstancias específicas del partido. La comprensión de los patrones de pase y su relación con el éxito de las jugadas permitirá una mejor preparación táctica, optimización de la posesión del balón y aumento de las oportunidades de gol.

Creemos, por tanto, que este trabajo contribuye al campo del análisis del rendimiento en el fútbol al proporcionar una comprensión más profunda de cómo los patrones de pase influyen en los resultados del juego, lo cual ayudará a diseñar tácticas más efectivas. La validación del instrumento de observación y la aplicación del análisis de coordenadas polares ofrecen herramientas analíticas robustas para futuros estudios y profesionales del deporte. Además, los hallazgos pueden influir en las metodologías de entrenamiento, mejorando la precisión y toma de decisiones en los pases, especialmente en momentos críticos del juego.

Finalmente, los entrenadores pueden utilizar estos hallazgos para mejorar el rendimiento de sus equipos, haciendo un uso estratégico y basado en datos de las observaciones y los análisis realizados. Esta metodología observacional proporciona una base sólida para la toma de decisiones informada y la mejora continua del rendimiento del equipo, y ofrece una ventaja competitiva significativa en el ámbito del fútbol de élite.

## Referencias

- Aguado-Méndez, R. D. A., González-Jurado, J. A., & Otero-Saborido, F. M. (2020). Analysis of goals conceded in the Spanish La Liga: case study. *Retos*, 38, 355–362. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.76216>
- Alves, R., Sousa, T., Vaz, V., Sarmiento, H., Bradley, P. S., & Dias, G. (2023). Analysis of the interaction and offensive network of the Portuguese national team at the 2016 European Football Championship. *Retos*, 47, 35–42. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.94621>
- Anguera, M. T. (2003). La observación. In C. Moreno Rosset (Ed.), *Evaluación psicológica. Concepto, proceso y aplicación en las áreas del desarrollo y de la inteligencia* (pp. 271–308). Sanz y Torres.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A., & Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63–76.
- Anguera, M. T. & Hernández-Mendo, A. (2013). La metodología observacional en el ámbito del deporte. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 9(3), 135–160.
- Barreira, D., Casal, C. A., Losada, J. L., & Maneiro, R. (2020). Editorial: Observational Methodology in Sport: Performance Key Elements. *Frontiers in Psychology*, 11, 596665. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.596665>
- Bakeman, R. & Quera, V. (2011). *Sequential Analysis and Observational Methods for the Behavioral Sciences*. Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139017343>
- Buldu, J. M., Busquets, J., Echegoyen, I., & Seirul-lo, F. (2019). Defining a historic football team: Using Network Science to analyze Guardiola's FC Barcelona. *Scientific reports*, 9(1), 13602. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49969-2>
- Castañer, M., Barreira, D., Camerino, O., Anguera, M. T., Canton, A., & Hilenio, R. (2016). Goal Scoring in Soccer: A Polar Coordinate Analysis of Motor Skills Used by Lionel Messi. *Frontiers in Psychology*, 7, 806. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00806>
- Castellano Paulis, J., Perea Rodríguez, A., & Álvarez Pastor, D. (2009). Transiciones en la posesión del balón en fútbol: de lo posible a lo probable. *Apunts Educación Física y Deportes*, 95, 75–81.
- Chmura, P., Liu, H., Andrzejewski, M., Chmura, J., Kowalczyk, E., Rokita, A., & Konefal, M. (2021). Is there meaningful influence from situational and environmental factors on the physical and technical activity of elite football players? Evidence from the data of 5 consecutive seasons of the German Bundesliga. *PLoS ONE*, 16(3), e0247771. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247771>

- Camerino, O., Valero-Valenzuela, A., Prat, Q., Manzano Sánchez, D., & Castañer, M. (2019). Optimizing Education: A Mixed Methods Approach Oriented to Teaching Personal and Social Responsibility (TPSR). *Frontiers in Psychology*, 10, 1439. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01439>
- Collet, C. (2012). The possession game? A comparative analysis of ball retention and team success in European and international football, 2007–2010. *Journal of Sports Sciences*, 31(2), 123–136. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.727455>
- Flores-Rodríguez, J. (2020). *Pedagogía no lineal aplicada a la enseñanza del balonmano*. (Unpublished Doctoral Thesis). University of Seville.
- Flores-Rodríguez, J., & Alvite-de-Pablo, J. (2023). Offensive Performance Indicators of the Spanish Women's Handball Team in the Japan 2019 World Cup. *Apunts Educación Física y Deportes*, 152, 70–81. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2023/2\).152.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2023/2).152.08)
- Gómez, M. A., Gómez-Lopez, M., Lago, C., & Sampaio, J. (2012). Effects of game location and final outcome on game-related statistics in each zone of the pitch in professional football. *European Journal of Sport Science*, 12(5), 393–398. <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.566373>
- Gréhaigne, J. F., Caty, D., & Godbout, P. (2010). Modelling ball circulation in invasion team sports: a way to promote learning games through understanding. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 15(3), 257–270. <https://doi.org/10.1080/17408980903273139>
- Hernández Mendo, A., López López, J. A., Castellano Paulis, J., Morales Sánchez, V. & Pastrana Brincones, J. L. (2012). Hoisan 1.2: IT Program for Use in Methodology Observacional. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 12(1), 55–78. <https://doi.org/10.4321/S1578-84232012000100006>
- Hewitt, A., Greenham, G., & Norton, K. (2016). Game style in soccer: what is it and can we quantify it? *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(1), 355–372. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868892>
- Immler, S., Rappelsberger, P., Baca A., & Exel, J. (2021). Guardiola, Klopp, and Pochettino: The Purveyors of What? The Use of Passing Network Analysis to Identify and Compare Coaching Styles in Professional Football. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 725554. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.725554>
- Iván-Baragaño, I., Maneiro, R., Losada, J. L. & Ardá, A. (2022). Tactical Differences Between Winning and Losing Teams in Elite Women's Football. *Apunts Educación Física y Deportes*, 147, 45–54. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/1\).147.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/1).147.05)
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174.
- Mackenzie, R., & Cushion, C. (2013). Performance analysis in football: A critical review and implications for future research. *Journal of sports sciences*, 31(6), 639–676.
- Maneiro, R., Amatria, M., Moral, J., & López, S. (2018). Análisis observacional de las relaciones interlíneas de la Selección Española de Fútbol, mediante coordenadas polares. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 18(2), 18–32. <https://revistas.um.es/cpd/article/view/312071>
- Maneiro, R., Losada, J., Casal, C., & Ardá, A. (2021). Identification of Explanatory Variables in Possession of the Ball in High-Performance Women's Football. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5922. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18115922>
- Maneiro, R., Losada, J., Ardá, A., & Iván-Baragaño, I. (2023). Descifrando la influencia del resultado parcial sobre las posesiones de balón en fútbol femenino: un estudio observacional. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 23(1), 282–295. <https://doi.org/10.6018/cpd.494801>
- Mendes Fidelis, A. & Morante Rábago, J. (2015). Análisis táctico aplicado al fútbol: estudio de las acciones de contraataque. 3er Congreso Internacional de Jogos Desportivos. Oporto.
- Mićović, B., Leontijević, B., Dopsaj, M., Janković, A., Milanović, Z., & García-Ramos, A. (2023). The Qatar 2022 World Cup warm-up: Football goal-scoring evolution in the last 14 FIFA World Cups (1966–2018). *Frontiers in Psychology*, 13, 954876. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.954876>
- Muriarte Solana, D., Gallardo Mármol, F., Grande Rodríguez, I., Barba Ruíz, M., Hernández Lougedo, J. & Martín-Castellanos, A. (2023). Comparative of the goals scored by set pieces during the Eurocup and Copa America 2021. *Apunts Educación Física y Deportes*, 154, 95–107. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2023/4\).154.09](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2023/4).154.09)
- Ortega-Toro, E., García-Angulo, A., Giménez-Egido, J., García-Angulo, F., & Palao, J. (2019). Design, Validation and Reliability of an Observation Instrument for Technical and Tactical Actions of the Offense Phase in Soccer. *Frontiers in Sports and Active Living*, 10, 22. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00022>
- Praça, G., Lima, B., Bredt, S., Sousa, R., Clemente, F., & Andrade, A. (2019). Influence of Match Status on Players' Prominence and Teams' Network Properties During 2018 FIFA World Cup. *Frontiers in Psychology*, 10, 695. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00695>
- Rennie, M., Watsford, M., Spurr, R., Kelly, S., & Pine, M. (2018). Phases of match-play in professional Australian Football: Descriptive analysis and reliability assessment. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(6), 635–639. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.10.021>
- Sackett, G. P. (1980). Lag sequential analysis as a data reduction technique in social interaction research. In D. B. Sawin, R.C. Hawkins, L. O. Walker & J. H. Penticuff (Eds.). *Exceptional infant. Psychosocial risks in infant-environment transactions* (pp. 300–340). Brunner/Mazel.
- Sánchez-López, R., Echeazarra, I., & Castellano, J. (2023). Validación de un instrumento para calificar la competencia futbolística a partir de Wyscout. *Apunts Educación Física y Deportes*, 39(154), 83–9
- Taha, T. & Ali, A. (2023). Greater numbers of passes and shorter possession durations result in increased likelihood of goals in 2010 to 2018 World Cup Champions. *PLoS ONE*, 18(1), e0280030. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280030>
- Taylor, J. B., Mellalieu, S. D., James, N., & Shearer, D. A. (2008). The influence of match location, quality of opposition, and match status on technical performance in professional association football. *Journal of Sports Sciences*, 26(9), 885–895. <https://doi.org/10.1080/02640410701836887>
- U.S. Department of Health, Education, and Welfare. (1978). The Belmont Report: Ethical principles and guidelines for the protection of human subjects of research. The National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research.
- Young, C., Luo W., Gastin P., Tran J., & Dwyer, D. (2019). The relationship between match performance indicators and outcome in Australian Football. *Journal of science and medicine in sport*, 22(4), 467–471. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.235>
- Zeng, Y. & Zhang, H. (2022). Analysis of influencing factors of passes in the Chinese super league. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14, 180. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00572-5>

**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)



**Editado por:**  
© Generalitat de Catalunya  
Departament d'Esports  
Institut Nacional de Educación  
Física de Cataluña (INEFC)

ISSN: 2014-0983

**\*Correspondencia:**  
Pau Cecilia-Gallego  
[pcecilia1975@gmail.com](mailto:pcecilia1975@gmail.com)

**Sección:**  
Entrenamiento deportivo

**Idioma original:**  
Inglés

**Recibido:**  
17 de abril de 2024

**Aceptado:**  
25 de septiembre de 2024

**Publicado:**  
1 de enero de 2025

**Portada:**  
Laura Kluge compete en un duelo por el puck en el partido entre Alemania y Hungría durante la Eishockey Deutschland Cup, en Landshut, Alemania, el 9 de noviembre de 2024.  
© IMAGO/ActionPictures/ lafototeca.com

# Estudio piloto de diez sesiones de entrenamiento de supervelocidad con sistema de arrastre motorizado: propuesta metodológica

Pau Cecilia-Gallego<sup>1,2\*</sup> , Adrián Odriozola<sup>3,4,5</sup> , José Vicente Beltrán-Garrido<sup>6</sup> , Josep Maria Padullés-Riu<sup>2</sup> y Jesús Álvarez-Herms<sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup> Escuela Universitaria de Salud y Deporte (EUSES), Universidad Rovira i Virgili, Amposta (España).

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), Universidad de Barcelona (España).

<sup>3</sup> Grupo de Investigación en Genómica del Deporte, Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Leioa (España).

<sup>4</sup> KDNA Genomics®, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Centro de investigación Joxe Mari Korta, Donostia-San Sebastián (España).

<sup>5</sup> Phymo Lab, Physiology and Molecular laboratory, Collado Hermoso (España).

<sup>6</sup> Grupo de Investigación en Ejercicio Físico y Rendimiento, Departamento de Ciencias de la Educación, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Comunicación, Universidad Cardenal Herrera-CEU, Universidades CEU, Castellón de la Plana (España).

## Citación

Cecilia-Gallego, P., Odriozola, A., Beltrán-Garrido, J.V., Padullés-Riu, J.M. & Álvarez-Herms, J. (2025). A pilot study of ten sessions of overspeed training with a motorized towing system: a methodological proposal. *Apunts Educación Física y Deportes*, 159, 43-52. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2025/1\).159.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2025/1).159.05)

## Resumen

Los dispositivos actuales de sistema de arrastre motorizado son muy precisos a la hora de seleccionar las cargas y obtener resultados. Al emplearlos con mayor frecuencia, podría ampliarse el cuerpo teórico sobre los efectos de los métodos de supervelocidad. Nuestros objetivos eran analizar los resultados de una intervención de supervelocidad con un sistema de arrastre motorizado sobre la velocidad máxima de desplazamiento (VMD), la longitud y el ritmo de los pasos; el tiempo de vuelo y contacto y la distancia hasta el primer apoyo desde la proyección vertical del centro de masas, así como plantear una propuesta metodológica. Seis jóvenes deportistas (edad:  $16.71 \pm 2.00$  años) realizaron diez sesiones de supervelocidad con una asistencia del  $5.05 \pm 0.53$  % del peso corporal al  $105.83 \pm 1.79$  % de la velocidad máxima de desplazamiento, utilizando el dispositivo 1080 Sprint. Tras la intervención, se obtuvieron aumentos no significativos ( $p > .05$ ) del 2.94 % (IC 95 %: 0.25 - 5.62) de la velocidad máxima voluntaria de carrera con un tamaño del efecto grande ( $r_B$ : 0.71; IC 95 %: 0.00 - 0.95). La distancia al primer apoyo desde la proyección vertical del centro de masas presentó diferencias significativas ( $p < .05$ ;  $d_B$ : 1; IC 95 %: 1 - 1). Los aumentos no significativos de la velocidad máxima de desplazamiento no pueden despreciarse en la competición de alto nivel, donde los deportistas difieren por pequeñas diferencias de rendimiento. Dada la crucial importancia de elegir una carga de entrenamiento adecuada, resulta necesaria una metodología estandarizada que permita comparar los resultados.

**Palabras clave:** enfoque ecológico, esprint asistido, individualización, responders, tamaño del efecto.



## Introducción

En el ámbito del entrenamiento deportivo, los entrenadores emplean de forma generalizada la supervelocidad (SV) (Schiffer, 2011) para la mejora de la velocidad máxima de desplazamiento (VMD). Uno de los métodos más utilizados para generar estímulos de SV es el sistema de arrastre (SA), que consiste en tirar del deportista desde delante, tanto con dispositivos no motorizados (Clark et al., 2009; Kristensen et al., 2006; Mero y Komi, 1985; Stoyanov, 2019) como con dispositivos motorizados (Cecilia-Gallego et al., 2022a; Clark et al., 2021; Mero et al., 1987; Sugiura y Aoki, 2008; Van den Tillaar, 2021). Entre los dispositivos de SA motorizados disponibles actualmente en el mercado, destacamos el 1080 Sprint (1080 motion, Lidingö, Suecia; <https://www.1080motion.com/products/sprint2>) y el Dynaspeed (Ergotest Technology AS, Langesund, Noruega; <https://www.musclelabssystem.com/dynaspeed/>), que permiten seleccionar las cargas mediante un sistema electromecánico que funciona con un motor eléctrico controlado por su programa informático, el cual nos ofrece resultados claros e inmediatos (Cecilia-Gallego et al., 2022a; Clark et al., 2021; Lahti et al., 2020; Van den Tillaar, 2021).

Actualmente, existen escasas pruebas científicas en este ámbito de estudio que permitan determinar la validez real del entrenamiento de SV con SA para la mejora de la VMD. La mayoría de los estudios realizados ofrece datos de tipo agudo sobre la exposición a la SV en deportistas (Cecilia-Gallego et al., 2022b), y las principales conclusiones son: 1) estos efectos se deben principalmente a la acción del sistema de tracción hacia delante del deportista (Gleadhill et al., 2024), y 2) se necesitan muchos más estudios con periodos de intervención para determinar si el entrenamiento de SV con SA genera o no adaptaciones que permitan mejorar la VMD. Asimismo, estos estudios presentan una gran variabilidad metodológica en cuanto al SA utilizado, en los participantes, en su nivel deportivo, edad, sexo o grado de familiaridad con los dispositivos, así como en la escala y expresión de la carga de entrenamiento. Entre los escasos estudios encontrados que incluyen un periodo de entrenamiento de SV con SA, cabe mencionar los de Majdell y Alexander (1991) con jugadores de fútbol americano, Kristensen et al. (2006) con estudiantes de Educación Física, Lahti et al. (2020) con jugadores de rugby, o Stoyanov (2019) con jóvenes velocistas.

Un concepto importante aportado por el estudio de Lahti et al. (2020) es la capacidad de respuesta de los deportistas al entrenamiento de SV con SA. El concepto de participantes que responden al entrenamiento de la forma prevista (*responders*) se ha estudiado en profundidad (Mann et al., 2014; Pickering y Kiely, 2017; Pickering y Kiely, 2019) y una de las principales conclusiones a las que se ha llegado es que el problema no radica en la existencia de participantes que responden al entrenamiento (o que lo hacen intensamente, *high responders*) y de participantes que responden escasamente (*low responders*) (Pickering y Kiely, 2019), sino en la carga de entrenamiento utilizada y

su dosificación (Mann et al., 2014). Dicho de otro modo, si un deportista no responde a un determinado entrenamiento, posiblemente se deba a una mala elección y dosificación de la carga de entrenamiento (Pickering y Kiely, 2019). En este caso, deben ajustarse los parámetros hasta encontrar los que produzcan cambios en el rendimiento, así como intentar ajustar la carga de entrenamiento a cada participante de manera individualizada (Pickering y Kiely, 2017).

Actualmente, algunos estudios proponen un enfoque ecológico sobre el entrenamiento, más alejado de las condiciones de laboratorio (Araújo et al., 2006; Torrents, 2005), e introducir el entrenamiento de SV en la planificación global de los deportistas (Lahti et al., 2020; Stoyanov, 2019). Cabe destacar que la bibliografía existente sobre la SV no recomienda en especial el entrenamiento de supervelocidad en deportistas jóvenes o inexpertos, principalmente por el riesgo de lesión y por la posibilidad de no tener un patrón técnico estable que pueda modificarse negativamente (Schiffer, 2011). Por lo tanto, es necesario conocer el estado de madurez de los participantes (Mirwald et al., 2002), y que estos se familiaricen con los dispositivos y las condiciones de SV.

En busca de un enfoque ecológico, se decidió llevar a cabo un estudio piloto, con una intervención enmarcada en la planificación global del entrenamiento, de 10 sesiones de SV y con el uso del dispositivo 1080 Sprint. El objetivo principal del estudio era analizar los efectos del entrenamiento de SV con SA sobre la VMD de los participantes y otras variables cinemáticas y biomecánicas que pudieran explicar los efectos producidos. La hipótesis propuesta era que la intervención produciría un aumento de la VMD de los participantes, aunque con distintos efectos en función de sus características. Cabe añadir que entendemos este estudio piloto como una propuesta de metodología de entrenamiento que puede replicarse para comparar resultados y llegar a conclusiones más generales sobre el entrenamiento de SV con SA motorizados.

## Materiales y métodos

### Participantes

Se seleccionó una muestra de conveniencia de ocho jóvenes deportistas. Dos de ellos no terminaron el entrenamiento debido a problemas musculares, por lo que al final se incluyeron seis deportistas en el estudio (2 hombres y 4 mujeres). Los datos antropométricos fueron registrados por un evaluador con certificado de nivel 1 por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, por las siglas en inglés) (Esparza-Ros et al., 2019) siguiendo el protocolo de la ISAK. El cálculo del estado de madurez de los participantes se efectuó mediante la recogida de datos antropométricos siguiendo el protocolo propuesto por Mirwald et al. (2002). Las características de la muestra pueden consultarse en la Tabla 1.

**Tabla 1***Características de los participantes y porcentaje de peso corporal de cada carga asistida.*

Deportistas	Edad cronológica (a)	Años hasta el PCT	Años de entrenamiento	Estatura (cm)	Peso (kg)	% de grasa corporal	% del PC 2 kg	% del PC 4 kg	% del PC 5.25 kg	MP 60 m (s)
M1	19.5	+ 5.8	7	170.0	63.4	16.7	3.2	6.3	8.3	8.33
M2	18.7	+ 4.3	5	150.4	57.8	22.6	3.5	6.9	9.1	8.94
H1	16.7	+ 2.9	6	179.6	65.8	7.6	3.0	6.1	8.0	7.69
M3	15.5	+ 3.4	4	166.0	56.7	12.3	3.5	7.1	9.3	8.13
M4	15.1	+ 2.0	5	151.3	39.4	11.6	5.1	10.2	13.3	8.35
H2	14.7	+ 1.6	4	176.7	60.2	7.3	3.3	6.7	8.7	7.63
Media $\pm$ DT	16.71 $\pm$ 2.00	3.33 $\pm$ 1.54	5.17 $\pm$ 1.17	165.6 $\pm$ 12.45	57.2 $\pm$ 9.38	13.0 $\pm$ 5.83	3.6 $\pm$ 0.75	7.2 $\pm$ 1.50	9.4 $\pm$ 1.97	8.18 $\pm$ 0.48

Nota. PCT: pico de crecimiento de la talla; % del PC: porcentaje del peso corporal de cada carga de supervelocidad; M: mujer; H: hombre; MP: mejor marca personal en carreras de 60 m; DT: desviación típica.

**Tabla 2***Plan de entrenamiento semanal durante la intervención.*

Semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Semana -1			Fam 1 / Ant 1	Reposo	Fam 2 / Ant 2	Reposo	Reposo
Semana 1	Prueba preliminar	EF y ET	SV S1	ET	SV S2	Reposo	Reposo
Semana 2	SV S3	EF y ET	SV S4	ET	SV S5	Reposo	Reposo
Semana 3	SV S6	EF y ET	SV S7	Reposo	SV S8	Reposo	Reposo
Semana 4	SV S9	EF y ET	SV S10	Reposo	ET	Reposo	Reposo
Semana 5	EF y ET	Reposo	Prueba posterior				

Nota. Fam: sesión de familiarización con el 1080 Sprint; Ant: mediciones antropométricas; EF: entrenamiento de fuerza; ET: entrenamiento técnico; SV S: sesiones de supervelocidad.

El estudio se llevó a cabo de acuerdo con las directrices de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad del País Vasco (código de protocolo M10\_2021\_191). Se obtuvo el consentimiento y el asentimiento informados de todos los participantes y de sus padres cuando los participantes eran menores de edad.

## Diseño

Aplicando un diseño individual para cada participante, se realizaron 10 sesiones de entrenamiento de SV con un SA motorizado. Se registraron las variables de tiempo en un esprint lanzado de 5 m (T5 m), la VMD en un esprint lanzado de 5 m (V5 m), la longitud de paso (LP), el ritmo de paso (RP), el tiempo de contacto (TC), el tiempo de vuelo (TV) y la distancia horizontal entre el primer contacto del apoyo en el suelo y la proyección vertical del centro de masas (CM) en un esprint máximo no asistido y tres esprints asistidos con diferentes cargas. Se compararon los resultados obtenidos en las distintas condiciones, antes y después del entrenamiento, para evaluar su efecto. También se compararon los resultados entre condiciones en cada momento para determinar el

efecto de cada carga de SV sobre las distintas variables relativas a la VMD. La intervención tuvo lugar durante el mesociclo previo a las competiciones en pista cubierta. La Tabla 2 muestra el calendario del periodo de intervención.

## Procedimientos

Los deportistas realizaron dos sesiones de familiarización con el SA motorizado antes de la intervención. Durante estas sesiones, también se recogieron datos antropométricos. Una vez realizadas dichas sesiones, las cargas elegidas para la prueba preliminar fueron las que podían generar incrementos aproximados del 3-5 % sobre la VMD de los deportistas (Cecilia-Gallego et al., 2022a).

En los días de recogida de datos de la prueba preliminar y la posterior, los deportistas hicieron un calentamiento estandarizado similar al de Clark et al. (2021). A continuación, realizaron un esprint máximo no asistido y tres esprints asistidos con cargas crecientes (2 kg, 4 kg y 5.25 kg). El tiempo de recuperación entre repeticiones fue de 8-10 minutos. En la Tabla 1 se muestra el porcentaje de las cargas en relación con el peso corporal de cada participante.

**Tabla 3***Parámetros de intervención.*

Deportista	$\Delta$ Vel SV1 (%)	$\Delta$ Vel SV2 (%)	$\Delta$ Vel SV3 (%)	Carga S1 (kg)	Sesiones (n)	Carreras a SV (n)	Tiempo de exp. (s)	Carga media (kg)	% PC carga	Tiempo medio (s)	Velocidad media (m/s)
M1	0.11	4.12	5.86	3	10	64	228.99	2.99	4.7	3.58	8.39
M2	5.90	6.33	6.19	2	10	63	242.42	2.81	4.9	3.85	7.80
H1	2.87	2.65	3.72	5	10	63	208.75	3.68	5.6	3.31	9.06
M3	6.45	4.15	15.09	3	10	63	216.79	2.63	4.6	3.44	8.72
M4	3.23	11.40	10.93	2.5	10	58	214.38	2.30	5.8	3.70	8.11
H2	-2.44	2.78	8.42	4	10	61	201.89	2.78	4.6	3.31	9.07
Promedio	2.69	5.24	8.37	3.25		62.00	218.87	2.87	5.05	3.53	8.52
$\pm$ DT	3.40	3.30	4.11	1.08		2.19	14.64	0.46	0.53	0.22	0.52

Nota. M: mujer; H: hombre; DT: desviación típica;  $\Delta$ Vel SV: aumentos de velocidad para la carga de supervelocidad (1: 2 kg; 2: 4 kg; 3: 5.25 kg); Carga S1: carga seleccionada para la sesión 1; Carreras a SV: total de carreras a supervelocidad durante la intervención; Tiempo de exp.: tiempo total de exposición a las condiciones de supervelocidad; Carga media: valores promedio de carga de todas las carreras a supervelocidad; % PC carga: porcentaje de peso corporal de los valores promedio de carga; Tiempo medio: valores promedio de tiempo de todas las carreras a supervelocidad; Velocidad media: valores promedio de velocidad de todas las carreras a supervelocidad.

A partir de la prueba preliminar, se seleccionaron las cargas individuales para las sesiones de entrenamiento, y se utilizaron las que producían un incremento aproximado del 3-5 % en la velocidad máxima del deportista (Cecilia-Gallego et al., 2022a; Clark et al., 2009; Sedláček et al., 2015). Sin embargo, la carga utilizada durante las carreras de las sesiones de entrenamiento pudo modificarse en función del resultado obtenido en la prueba de VMD para cada una de ellas: se aumentó o disminuyó para ajustarla al objetivo del 103-105 % en cada carrera. En suma, el elemento importante no era la carga, sino su resultado. Esto pudo hacerse gracias al programa informático Quantum (v3.9.9.5, 1080 motion, Lidingö, Suecia) integrado en el dispositivo que se empleó, el cual ofrece inmediatamente valores de tiempo y velocidad a lo largo de la distancia recorrida. En la Tabla 3 se muestra la carga media de las carreras realizadas por cada deportista, expresada en valores absolutos (kg) y como porcentaje relativo al peso corporal del deportista.

Las sesiones de SV se celebraron en una pista de atletismo sintética al aire libre y se planificaron del siguiente modo: 1) calentamiento estandarizado (Clark et al., 2021); y 2) parte principal del entrenamiento consistente en una carrera con el dispositivo 1080 Sprint y carga cero como prueba inicial de la sesión, más 6-8 carreras asistidas con la carga seleccionada para cada deportista y 8-10 minutos de tiempo de recuperación entre carreras. El número de carreras para cada deportista se ajustó individualmente en función de la fatiga y del porcentaje de VMD alcanzado. Todos los deportistas realizaron un total de 10 sesiones. En la Tabla 3 se muestra el número de carreras a las que asistió cada deportista y el tiempo total de exposición.

La asistencia en el esprint se llevó a cabo utilizando el dispositivo 1080 Sprint, provisto de 90 m de cable que se enrolla o desenrolla mecánicamente mediante un servomotor (Motor Serie G5 de 2.000 rpm; OMRON Corp. Kyoto, Japón) y se controla mediante el programa informático Quantum (1080 motion). El dispositivo 1080 Sprint se colocó a una altura de

80 cm para que la trayectoria de la asistencia fuera lo más horizontal posible, y el deportista se sujetó con un cinturón y un mosquetón al cable de fibra del dispositivo. En el modo Isotónico asistido, el aparato permite ajustar la carga entre 1 y 15 kg, con variaciones de 0.1 kg. Este dispositivo permite elegir las veces que debe ofrecer asistencia. Se decidió no aplicar asistencia durante los primeros 20 metros de la carrera para no afectar a la fase de aceleración, pero también teniendo en cuenta que Van den Tillaar (2021) comenta que no observa diferencias entre la VMD y la velocidad supramáxima en la primera fase de aceleración. A continuación, el deportista recibió asistencia durante los siguientes 30 metros. A los 50 metros de la salida, el dispositivo dejó de ofrecer asistencia y el deportista frenó progresivamente durante unos 20 metros hasta que el movimiento se detuvo por completo. Durante los 30 metros asistidos, el programa informático Quantum proporcionó datos de tiempo y velocidad para ese intervalo. Estos datos se emplearon para controlar la carga en función de los resultados de la prueba preliminar y de cada una de las carreras de las sesiones de intervención.

## Evaluaciones

Las variables T5m (s) y V5m (m/s) se obtuvieron con fotocélulas de un solo haz ([www.chronojump.org/product-category/races/](http://www.chronojump.org/product-category/races/)) (Vicens-Bordas et al., 2020), situadas a 1 m de altura y conectadas a un ordenador portátil (Toshiba Satellite Pro R50-B-10v) con el programa informático Chronojump (versión 1.9.0, [www.chronojump.org/software/](http://www.chronojump.org/software/)) y se registraron entre el metro número 40 y el metro número 45 de cada esprint (Padullés-Riu, 2011). Para obtener las variables LP (cm), TC (s), TV (s) y DH (cm), las pruebas se grabaron con una cámara Casio Exilim F1 ([http://arch.casio-intl.com/asia-mea/en/dc/ex\\_f1/](http://arch.casio-intl.com/asia-mea/en/dc/ex_f1/)) a 300 fps (Buscà et al., 2016) y se analizaron dos veces en dos pasos consecutivos, aproximadamente entre el metro número 42.5 y el metro número 47.5, con el

programa informático de análisis Kinovea 2D (versión estable 0.8.15, [www.kinovea.org/download.html](http://www.kinovea.org/download.html)) (Puig-Diví et al., 2017; Reinking et al., 2018). Los valores de estas variables corresponden al valor medio de los dos tramos en dos pasos consecutivos. La cámara se colocó perpendicular al metro número 45 de la carrera a una distancia de 13 m de la línea de carrera y a una altura de 1.5 m. El efecto Parallax se contrarrestó poniendo referencias entre el metro número 40 y el metro número 50, en la proyección en la que los deportistas aparecían en cámara al cruzar esa distancia (Romero-Franco et al., 2017). Se colocaron marcadores en la cabeza del fémur y el metatarso de la pierna derecha. La variable RP se calculó indirectamente (número de pasos/tiempo de paso [TC + TV]).

### Análisis estadísticos

La normalidad de la distribución de los datos se comprobó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para evaluar los cambios dentro del grupo entre la prueba preliminar y la posterior de las puntuaciones de las variables cinemáticas,

se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Con el fin de cuantificar las diferencias dentro de los grupos tras la intervención, se usó la correlación biserial por rangos emparejados ( $r_B$ ) y se calculó el porcentaje de cambio. Los valores de  $r_B$  se interpretaron así:  $< .1$  = insignificante;  $.1 - .3$  = pequeño;  $.3 - .5$  = moderado; y  $> .5$  = grande (Cohen, 2013). El nivel de significación se fijó en .05 para todas las pruebas. Todos los análisis estadísticos se realizaron con JASP para Mac (versión 0.16.4; JASP Team [2021], Universidad de Ámsterdam, Países Bajos).

## Resultados

En la Tabla 4 se muestran los cambios entre la prueba preliminar y la posterior de las puntuaciones de las variables cinemáticas en diferentes condiciones de SV. En la Figura 1 se muestra el gráfico con los tamaños del efecto (TE) de las variables cinemáticas en la condición V0. Asimismo, en la Figura 2 se muestran los cambios entre la prueba preliminar y la posterior de las variables V5m, LP, RP, TC, TV y DH.

**Tabla 4**

*Cambios entre la prueba preliminar y la posterior de las puntuaciones de las variables cinemáticas en diferentes condiciones de supervelocidad y cambio porcentual en la condición V0 tras el periodo de entrenamiento.*

Variable	Preliminar	Posterior	$r_B$ (IC 95 %)	Evaluación cualitativa	Variación porcentual (IC 95 %)
<b>V0</b>					
V5m (m/s)	8.10 ± 0.53	8.33 ± 0.57	0.71 (0, 0.95)	Grande	+2.94 (0.26, 5.62)
LP (cm)	197.60 ± 13.40	198.33 ± 15.40	0.20 (-0.64, 0.82)	Pequeño	+0.37 (-2.83, 3.56)
RP (pasos·s <sup>-1</sup> )	4.27 ± 0.24	4.25 ± 0.19	-0.07 (-0.78, 0.72)	Insignificante	-0.22 (-4.49, 4.04)
TC (s)	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0	-0.60 (-0.93, 0.27)	Grande	-2.98 (-7.46, 1.49)
TV (s)	0.12 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.57 (-0.24, 0.91)	Grande	+2.81 (-0.98, 6.61)
DH (cm)	33.18 ± 4.24	36.55 ± 4.53*	1 (1, 1)	Grande	+10.51 (3.36, 17.67)
<b>SV1</b>					
V5m (m/s)	8.31 ± 0.48	8.65 ± 0.50*	1 (1, 1)	Grande	
LP (cm)	205.92 ± 14.81	207.32 ± 15.83	0.14 (-0.63, 0.78)	Pequeño	
RP (pasos·s <sup>-1</sup> )	4.28 ± 0.31	4.27 ± 0.21	-0.05 (-0.73, 0.69)	Insignificante	
TC (s)	0.11 ± 0	0.10 ± 0*	-0.87 (-0.98, -0.34)	Grande	
TV (s)	0.13 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.81 (0.23, 0.97)	Grande	
DH (cm)	34.83 ± 3.51	36.78 ± 4.40	0.81 (0.23, 0.97)	Grande	
<b>SV2</b>					
V5m (m/s)	8.52 ± 0.45	9.19 ± 0.53*	1 (1, 1)	Grande	
LP (cm)	210.70 ± 17.46	220.37 ± 18.23	0.81 (0.23, 0.97)	Grande	
RP (pasos·s <sup>-1</sup> )	4.25 ± 0.29	4.23 ± 0.23	-0.05 (-0.73, 0.69)	Insignificante	
TC (s)	0.11 ± 0	0.10 ± 0	-0.52 (-0.90, 0.30)	Grande	
TV (s)	0.13 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.71 (5.55×10 <sup>-3</sup> , 0.95)	Grande	
DH (cm)	37.48 ± 3.88	40.50 ± 2.80*	0.90 (0.54, 0.98)	Grande	

Nota. Los valores se presentan como media ± desviación típica. V0: Sin carga de supervelocidad; SV: Carga de supervelocidad (1: 2 kg; 2: 4 kg; 3: 5.25 kg); V5m: Velocidad media entre 40 m y 45 m desde una salida lanzada; LP: Longitud del paso; RP: Ritmo de paso; TC: Tiempo de contacto; TV: Tiempo de vuelo; DH: Distancia horizontal entre el primer punto de contacto y la proyección vertical del centro de masas.  $r_B$ : Tamaño del efecto con correlación biserial por rangos emparejados. \*:  $p \leq .05$  diferente a los valores de la prueba preliminar; IC: Intervalo de confianza.



**Tabla 4** (Continuación)

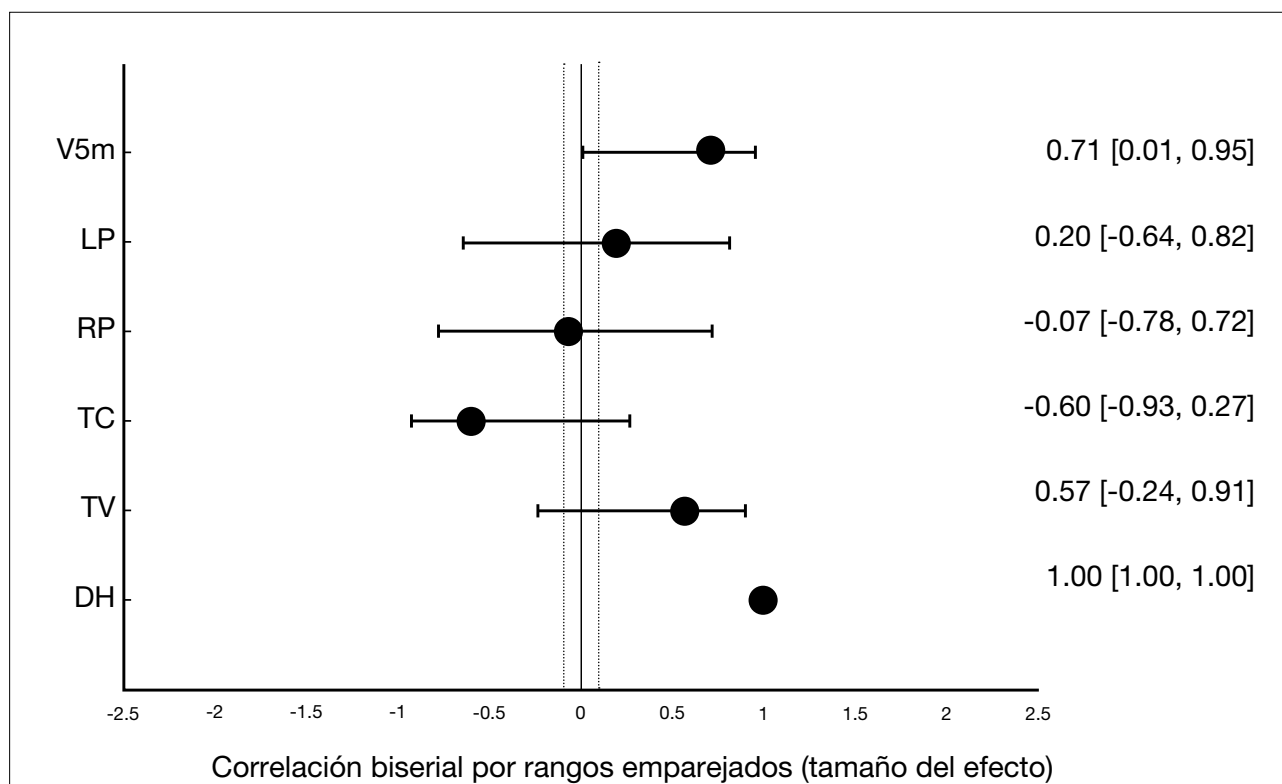
Cambios entre la prueba preliminar y la posterior de las puntuaciones de las variables cinemáticas en diferentes condiciones de supervelocidad y cambio porcentual en la condición V0 tras el periodo de entrenamiento.

Variable	Preliminar	Posterior	$r_B$ (IC 95 %)	Evaluación cualitativa	Variación porcentual (IC 95 %)
SV3					
V5m (m/s)	8.78 ± 0.66	9.09 ± 0.35	0.43 (-0.41, 0.87)	Moderado	
LP (cm)	219.10 ± 15.51	225.43 ± 16.74	0.52 (-0.30, 0.90)	Grande	
RP (pasos·s <sup>-1</sup> )	4.25 ± 0.27	4.25 ± 0.19	0.00 (-0.75, 0.75)	Insignificante	
TC (s)	0.11 ± 0	0.10 ± 0	-0.71 (-0.95, -5.55×10 <sup>-3</sup> )	Grande	
TV (s)	0.13 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.52 (-0.30, 0.90)	Grande	
DH (cm)	38.78 ± 4.21	41.53 ± 3.67*	1 (1, 1)	Grande	

Nota. Los valores se presentan como media ± desviación típica. V0: Sin carga de supervelocidad; SV: carga de supervelocidad (1: 2 kg; 2: 4 kg; 3: 5.25 kg); V5m: Velocidad media entre 40 m y 45 m desde una salida lanzada; LP: Longitud del paso; RP: Ritmo de paso; TC: Tiempo de contacto; TV: Tiempo de vuelo; DH: Distancia horizontal entre el primer punto de contacto y la proyección vertical del centro de masas.  $r_B$ : Tamaño del efecto con correlación biserial por rangos emparejados. \*:  $p \leq .05$  diferente a los valores de la prueba preliminar; IC: Intervalo de confianza.

**Figura 1**

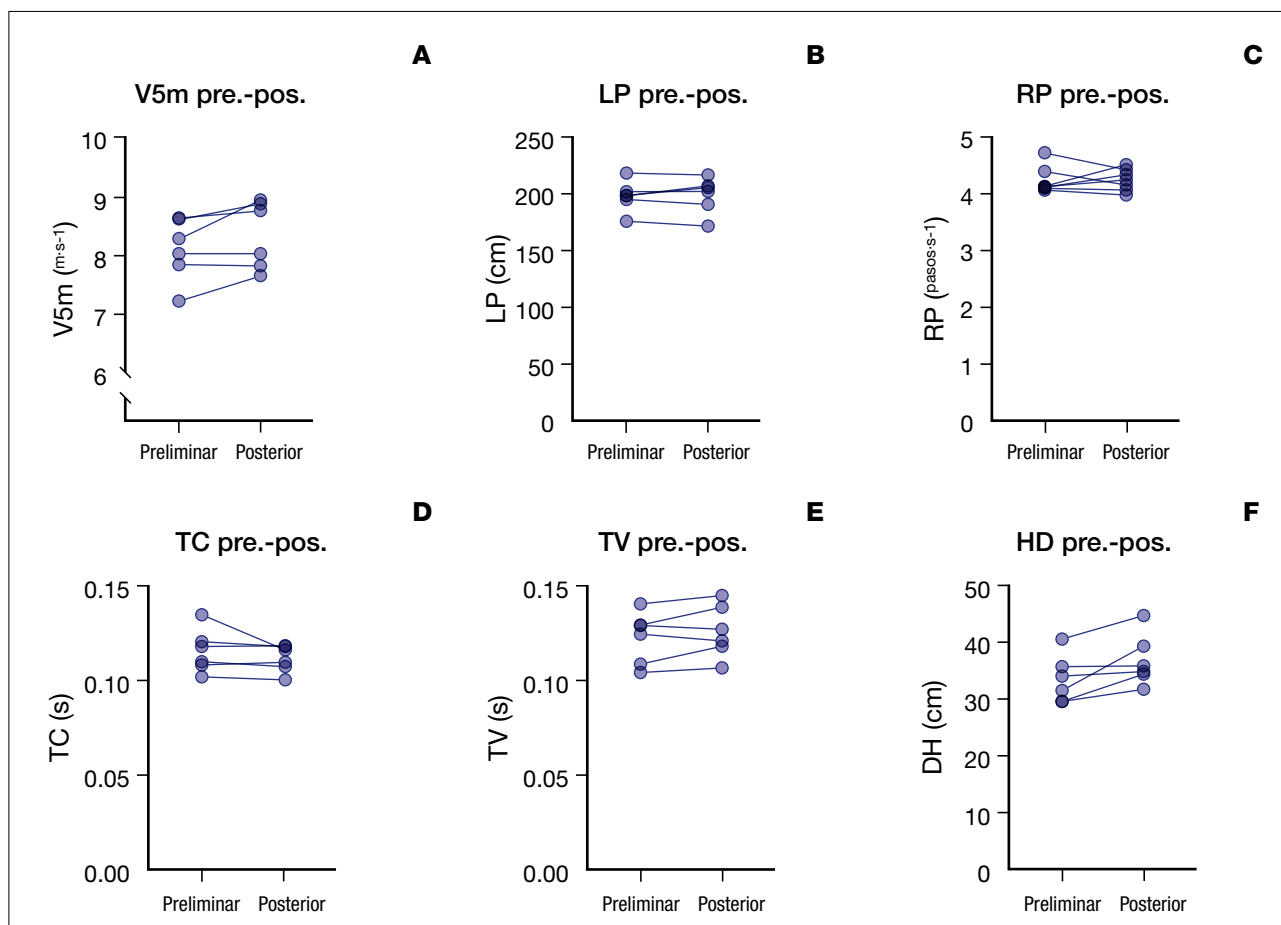
Gráfico con los tamaños del efecto de las variables cinemáticas en la condición V0



Nota. Las líneas negras discontinuas delimitan el carácter insignificante del tamaño del efecto (es decir, de -0.1 a 0.1).

**Figura 2**

Cambio entre la prueba preliminar y la posterior de cada participante en las distintas variables.



Nota. A) variable V5m; variables B) longitud de paso (LP), C) ritmo de paso (RP), D) tiempo de contacto (TC), E) tiempo de vuelo (TV) y F) distancia horizontal (DH).

## Discusión

Tras la intervención, se observaron mejoras en la VMD (V5m) de los deportistas, si bien estas carecieron de significación estadística ( $p > .05$ ). Los cambios en la VMD deben observarse desde una perspectiva individual y teniendo en cuenta la naturaleza multifactorial del rendimiento deportivo. Por esta razón, a pesar de no ser estadísticamente significativos, en ocasiones los pequeños porcentajes de mejora encontrados en algunos deportistas podrían ser decisivos en el resultado final (Loturco, 2023), especialmente en las pruebas de velocidad en atletismo (Loturco et al., 2022; Salo et al., 2011). En la condición de VMD no asistida, las diferencias significativas ( $p < .05$ ) se registraron en DH con un gran tamaño del efecto ( $r_b$ : 1; IC 95 %: 1-1), mientras que, en las demás variables, las diferencias no fueron significativas y los tamaños del efecto fueron insignificantes o pequeños (véase la Tabla 4), por lo que el patrón de carrera natural no se vio afectado significativamente.

En estudios similares, aparecen aumentos de la VMD tras la intervención de SV con SA, aunque las diferencias metodológicas dificultan la comparación de los resultados.

Tras seis semanas de entrenamiento, Majdell y Alexander (1991) obtuvieron aumentos significativos en la VMD ( $p < .05$ ) utilizando SA motorizados en jugadores de fútbol masculino del equipo universitario (edad:  $23 \pm 2.73$  años), mientras que Kristensen et al. (2006) también informaron de mejoras significativas en la VMD ( $p < .05$ ) en estudiantes de Educación Física (edad:  $22 \pm 2.6$  años) con SA no motorizados después de la intervención. Ninguno de los dos estudios mostró diferencias significativas en las variables cinemáticas, excepto en el tiempo de apoyo (Majdell y Alexander, 1991) y el tiempo de paso (Kristensen et al., 2006), por lo que se puede afirmar que el patrón técnico del esprint no se vio afectado. Por otra parte, Lahti et al. (2020), tras  $12.5 \pm 0.7$  sesiones de entrenamiento de SV con el dispositivo 1080 Sprint en 10 jugadores de rugby masculino (edad:  $20.1 \pm 1$  años), observaron aumentos significativos de la VMD de  $3.40 \pm 4.15$  % ( $p < .03$ ; TE: 0.47; IC 95 %: -0.38 - 1.32), si bien señalan que solo 5 de los 10 miembros del grupo responden positivamente en la dirección prevista tras el entrenamiento, lo que refuerza la necesidad de individualizar la carga. Por lo tanto, se puede argumentar que los posibles

cambios en la VMD de los deportistas se deben a mejoras neuronales y de coordinación dentro de la fase inicial del entrenamiento (Kristensen et al., 2006), por lo que serían necesarios estudios con periodos de intervención más largos.

Sin embargo, como ya se ha mencionado, la heterogeneidad metodológica de los estudios es tan amplia que no es posible concluir el entrenamiento de SV con SA más allá de la propia muestra del estudio. Esta heterogeneidad afecta a muchos factores propios de la muestra, tales como el sexo, la edad, la especialidad deportiva y la experiencia en el entrenamiento, pero también a los procedimientos utilizados en la intervención en aspectos como los SA utilizados, las cargas, las distancias, el tiempo de intervención, los instrumentos y procedimientos de medida, las variables analizadas, etc. Por ello, una segunda motivación de este estudio era hacer una serie de propuestas metodológicas que puedan replicarse para ampliar los conocimientos sobre el entrenamiento de SV con SA y sus efectos. Creemos que debe aprovecharse el hecho de contar con dispositivos como el 1080 Sprint utilizado en este estudio, especialmente a la hora de realizar estudios, por su capacidad de supervisar la carga de entrenamiento y sus efectos de forma individualizada e inmediata (Cecilia-Gallego et al., 2022a; Clark et al., 2021; Lahti et al., 2020; Van den Tillaar, 2021), frente a otros sistemas utilizados, como los SA no motorizados (Kristensen et al., 2006) o las cuerdas elásticas (Stoyanov, 2019).

Estudios similares al nuestro (Kristensen et al., 2006; Majdell y Alexander, 1991; Stoyanov, 2019) presentan diferencias en cuanto a edad, sexo y experiencia en el entrenamiento; y, en relación con estos, nuestros participantes fueron los más jóvenes (véase la Tabla 1). A pesar de que existen algunas recomendaciones de no utilizar el entrenamiento con SV en participantes jóvenes e inexpertos (Schiffer, 2011), nuestros participantes se encontraban en el periodo posterior al PHV ( $3.33 \pm 1.54$  años) (Mirwald et al., 2002), tenían suficiente experiencia en el entrenamiento de velocidad ( $5.17 \pm 1.17$  años) y recibieron dos sesiones de familiarización con el dispositivo. Estos datos indican que los participantes en el estudio, especialmente las chicas, han superado con creces el periodo de PHV, por lo que sus características madurativas, fisiológicas y antropométricas se asemejan ahora a las de los adultos. Además, su experiencia en el entrenamiento atlético permitiría aplicarles estos métodos.

Normalmente, las cargas de entrenamiento se han elegido en función del incremento producido sobre la VMD, con la recomendación de emplear las que llevan al deportista a velocidades entre un 3 % y un 10 % superiores a la VMD (Clark et al., 2009; Mero y Komi, 1985; Sedláček et al., 2015; Sugiura y Aoki, 2008). En el caso de nuestro estudio, hemos trabajado con cargas medias del  $5.05 \pm 0.53$  % del peso corporal, que han producido velocidades medias del 105.71 % de la VMD. Consideramos especialmente relevante determinar estos valores

para estudios posteriores y su comparación. Asimismo, en nuestro estudio la carga no fue fija, sino que se ajustó entre sesiones y dentro de cada sesión, teniendo en cuenta el efecto producido, es decir, el objetivo del 103-105 % de la VMD. Este aspecto también se tiene en cuenta en el estudio de Stoyanov (2019) con cuerdas elásticas, que fija sus objetivos en la velocidad resultante, del 102-103 % al 108-110 %, en función de la distancia y del deportista, así como en el de Lahti et al. (2020), donde el objetivo era obtener velocidades del 105 % de la VMD, con un ajuste semanal de las cargas.

La intervención realizada se basa en un enfoque ecológico (Araújo et al., 2006; Torrents, 2005) sobre el entrenamiento de los deportistas (véase la Tabla 2), que lo incluye en su propia preparación para la competición. Creemos que este tipo de estudios, aunque son más difíciles de controlar por el elevado número de variables de confusión que pueden aparecer, aportan información con mayor validez externa que los estudios realizados en situaciones analíticas o de laboratorio (Kristensen et al., 2006; Majdell y Alexander, 1991). Esta misma línea de enfoque ecológico puede encontrarse en Stoyanov (2019), con jóvenes velocistas, y Lahti et al. (2020) con jugadores de rugby. En ambos estudios, nos proporcionan los datos de la intervención y el resto del contenido del entrenamiento. También debe hacerse hincapié en la necesidad de realizar estudios con un grupo de control que lleve a cabo la misma intervención en una situación más analítica, para poder evaluar la eficacia de este tipo de intervención.

Nuestro estudio tiene la limitación del tamaño de la muestra final, en la que solo 6 participantes terminaron la intervención, de los 8 que la iniciaron. Esta pequeña muestra no proporciona suficiente potencia estadística a los resultados obtenidos, pero consideramos necesario atender a la individualidad de los resultados (Loturco et al., 2022) y al tamaño del efecto del tratamiento, sin centrarse únicamente en la significación estadística de los resultados (Hopkins et al., 2009; Swinton et al., 2022; Turner et al., 2021b, 2021a). Observamos que en el estudio de Lahti et al. (2020) se obtiene un TE de 0.47 (-0.38 - 1.32) con un  $p = .03$ , mientras que en el nuestro se obtiene un TE mayor ( $0.71 [-0.00 - 0.95]$ ), pero un valor de  $p$  no significativo, debido a la mayor amplitud del intervalo de confianza. Si nos fijamos en la respuesta individual, Lahti et al. (2020) observan que 5 de los 10 participantes no responden en la dirección esperada, cosa que atribuyen a una inadecuada carga de entrenamiento, según su perfil inicial de fuerza-velocidad, mientras que, en el nuestro, solo hubo 2 de los 6 que no mejoraron su VMD tras el tratamiento (M1: -0.12 %; F4: -0.51 %) y el resto de los deportistas sí mejoraron, algunos considerablemente en valores porcentuales (F2: +5.87 %; F3: +7.07 %; H1: +1.48 %; H2: +2.82 %). La introducción de pruebas de seguimiento durante unas semanas también podría proporcionarnos más información sobre los efectos del

entrenamiento (Bissas et al., 2022; Lahti et al., 2020), además de tener en cuenta el posible error en los procedimientos de medición, aspecto nada desdeñable en la investigación y que puede dar lugar a resultados falsos al evaluar si una persona responde o no al entrenamiento (Mann et al., 2014; Pickering y Kiely, 2019). Pickering y Kiely (2019) sostienen que el aspecto más importante del entrenamiento es la dosificación individual de la carga de entrenamiento y que la falta de respuesta al proceso puede deberse a que no era adecuado para sus características. Según estos mismos autores, deberían dejar de emplearse los términos *Responder* ("participante que responde al tratamiento") y *Non-responder* (lo contrario), y el segundo debería cambiarse por *Did not respond* ("el participante no respondió"), indicando así el motivo por el que el deportista no respondió al tratamiento. Por último, se necesitan más estudios para poder determinar si existe un patrón específico de ausencia de respuesta a cada tipo de ejercicio (Mann et al., 2014), en este caso al de SV.

## Conclusiones y aplicaciones prácticas

Es necesario un periodo de adaptación o familiarización a las condiciones de la SV generadas por el SA para poder correr a velocidad supramáxima de forma controlada. Las primeras repeticiones generan inseguridad y desconfianza en los deportistas.

El entrenamiento de SV con SA puede ser un buen método para reducir los valores de TC, lo cual constituye un factor determinante en el rendimiento para mejorar la VMD, ya que las condiciones de SV implican una mayor necesidad de fuerzas verticales de reacción al suelo.

La gestión y dosificación de las cargas debe hacerse de forma individualizada y diaria, adaptando las cargas al objetivo propuesto.

Es posible que los periodos de intervención de unas 4-6 semanas resulten insuficientes; sería recomendable aplicar periodos más largos, de entre 8 y 12 semanas, para poder evaluar los resultados más allá de la fase inicial del entrenamiento.

En la investigación, deben recogerse datos sobre la salud individual, tanto fisiológicos como psicológicos o emocionales, durante las pruebas, con el fin de determinar cualquier posible influencia en los resultados.

## Financiación

El presente estudio no ha recibido financiación externa.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- Araújo, D., Davids, K., & Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 653–676. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.07.002>
- Bissas, A., Paradisis, G. P., Nicholson, G., Walker, J., Hanley, B., Havenetidis, K., & Cooke, C. B. (2022). Development and maintenance of sprint training adaptations: an uphill-downhill study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(1), 90–98. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003409>
- Buscà, B., Quintana, M., Padullés-Riu, J. M. (2016). High-speed cameras in sport and exercise: Practical applications in sports training and performance analysis. *Aloma: Revista de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport Blanquerna*, 34(2), 11–24. <https://raco.cat/index.php/Aloma/article/view/315257>
- Cecilia-Gallego, P., Odriozola, A., Beltrán-Garrido, J. V., & Álvarez-Herms, J. (2022a). Acute effects of different overspeed loads with motorized towing system in young athletes: a pilot study. *Biology*, 11(8), 1223. <https://doi.org/10.3390/biology11081223>
- Cecilia-Gallego, P., Odriozola, A., Beltrán-Garrido, J. V., & Álvarez-Herms, J. (2022b). Acute effects of overspeed stimuli with towing system on athletic sprint performance: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 40(6), 704–716. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.2015165>
- Clark, D. A., Sabick, M. B., Pfeiffer, R. P., Kuhlman, S. M., Knigge, N. A., & Shea, K. G. (2009). Influence of towing force magnitude on the kinematics of supramaximal sprinting. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1162–1168. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318194df84>
- Clark, K., Cahill, M., Korfist, C., & Whitacre, T. (2021). Acute kinematic effects of sprinting with motorized assistance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7), 1856–1864. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003051>
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- España-Ros, F., Vaquero-Cristóbal, R., Marfell-Jones, M. (2019). Protocolo internacional para la valoración antropométrica. Perfil Completo. In UCAM (Ed.), *International Society for the Advancement of Kinanthropometry-ISAK*.
- Gleadhill, S., Jiménez-Reyes, P., van den Tillaar, R., & Nagahara, R. (2024). Comparison of kinematics and kinetics between unassisted and assisted maximum speed sprinting. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–7. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2314866>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Kristensen, G. O., van den Tillaar, R., & Ettema, G. J. C. (2006). Velocity specificity in early-phase sprint training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 833–837. <https://doi.org/10.1519/R-17805.1>
- Lahti, J., Jiménez-Reyes, P., Cross, M. R., Samozino, P., Chassaign, P., Simond-Cote, B., Ahtaiainen, J., & Morin, J.-B. (2020). Individual sprint Force-Velocity profile adaptations to in-season assisted and resisted velocity-based training in professional rugby. *Sports*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/sports8050074>
- Loturco, I. (2023). Rethinking Sport Science to Improve Coach-Researcher Interactions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–2. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2023-0367>
- Loturco, I., Fernandes, V., Bishop, C., Mercer, V. P., Siqueira, F., Nakaya, K., Pereira, L. A., & Haugen, T. (2022). Variations in physical and competitive performance of highly trained sprinters across an annual training season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004380>
- Majdell, R., & Alexander, M. (1991). The effect of overspeed training on kinematic variables in sprinting. *Journal of Human Movement Studies*, 21(1), 19–39.



- Mann, T. N., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2014). High responders and low responders: factors associated with individual variation in response to standardized training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(8), 1113–1124. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0197-3>
- Mero, A., & Komi, P. V. (1985). Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. *Journal of Applied Biomechanics*, 1(3), 240–252. <https://doi.org/10.1123/jbsb.1.3.240>
- Mero, A., Komi, P. V., Rusko, H., & Hirvonen, J. (1987). Neuromuscular and anaerobic performance of sprinters at maximal and supramaximal speed. *International Journal of Sports Medicine*, 8 Suppl 1, 55–60. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025704>
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689–694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Padullés-Riu, J. M. (2011). *Valoración de los parámetros mecánicos de carrera. Desarrollo de un nuevo instrumento de medición*. [Doctoral Thesis, University of Barcelona].
- Pickering, C. & Kiely, J. (2017). Understanding personalized training responses: can genetic assessment help? *The Open Sports Sciences Journal*, 10(1), 191–2013. <https://doi.org/10.2174/1875399X01710010191>
- Pickering, C., & Kiely, J. (2019). Do non-responders to exercise exist—and if so, what should we do about them? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(1), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-01041-1>
- Puig-Diví, A.; Padullés-Riu, J.M.; Busquets-Faciabén, A.; Padullés-Chando, X.; Escalona-Marfil, C.; Marcos-Ruiz, D. (2017). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angular and distance dimensions. *PrePrints*, 2017100042. <https://doi.org/10.20944/preprints201710.0042.v1>
- Reinking, M. F., Dugan, L., Ripple, N., Schleper, K., Scholz, H., Spadino, J., Stahl, C., & McPoil, T. G. (2018). Reliability of two-dimensional video-based running gait analysis. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(3), 453–461. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30038831>
- Romero-Franco, N., Jiménez-Reyes, P., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Rodríguez-Juan, J. J., González-Hernández, J., Toscano-Bendala, F. J., Cuadrado-Peñafiel, V., & Balsalobre-Fernández, C. (2017). Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 386–392. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1249031>
- Salo, A. I. T., Bezodis, I. N., Batterham, A. M., & Kerwin, D. G. (2011). Elite sprinting: are athletes individually step-frequency or step-length reliant? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(6), 1055–1062. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318201f6f8>
- Schiffer, J. (2011). Training to overcome the speed plateau. *IAAF New Studies in Athletics*, 26, 7–16.
- Sedláček, J., Krška, P., & Kostial, J. (2015). Use of supramaximal speed mean in maximal running speed deppment. *Gymnasium. Scientific Journal of Education, Sports, and Health*, 16, 39–50. <https://gymnasium.ub.ro/index.php/journal/article/view/85>
- Stoyanov, H. T. (2019). Effect of assisted training on the special running preparation of junior sprinters for 100 and 200 m. *Human. Sport. Medicine*, 19(3), 74–79. <https://doi.org/10.14529/hsm190309>
- Sugiura, Y., & Aoki, J. (2008). Effects of supramaximal running on stride frequency and stride length in sprinters. *Advances in Exercise & Sports Physiology*, 14(1), 9–17. <https://ci.nii.ac.jp/naid/110006781626/>
- Swinton, P. A., Burgess, K., Hall, A., Greig, L., Psyllas, J., Aspe, R., Maughan, P., & Murphy, A. (2022). Interpreting magnitude of change in strength and conditioning: Effect size selection, threshold values and Bayesian updating. *Journal of Sports Sciences*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2128548>
- Torrents, C. (2005). *La teoría de los sistemas dinámicos y el entrenamiento deportivo* [Doctoral Thesis, University of Barcelona]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/2897?show=full>
- Turner, A. N., Parmar, N., Jovanovski, A., & Hearne, G. (2021a). Assessing group-based changes in high-performance sport. Part 1: null hypothesis significance testing and the utility of p values. *Strength & Conditioning Journal*, 43(3), 112–116. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000625>
- Turner, A. N., Parmar, N., Jovanovski, A., & Hearne, G. (2021b). Assessing group-based changes in high-performance sport. Part 2: Effect sizes and embracing uncertainty through confidence intervals. *Strength & Conditioning Journal*, 43(4), 68–77. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000613>
- Van den Tillaar, R. (2021). Comparison of development of step-kinematics of assisted 60 m sprints with different pulling forces between experienced male and female sprinters. *Plos One*, 16(7), e0255302. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0255302>
- Vicens-Bordas, J., Esteve, E., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Casals, M., Bandholm, T., Ishøi, L., Opar, D., Shield, A., & Thorborg, K. (2020). Performance changes during the off-season period in football players – Effects of age and previous hamstring injury. *Journal of Sports Sciences*, 38(21), 2489–2499. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1792160>





**Conflicto de intereses:** los autores no han informado de ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la URL <https://www.revista-apunts.com>. Este trabajo tiene licencia de Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Las imágenes u otros materiales de terceros de este artículo están incluidos 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 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



## Participantes en eventos populares de ciclismo de montaña en espacios protegidos periurbanos: ¿dónde está el límite?

Ricardo Manuel Nogueira Mendes<sup>1\*</sup> , Carlos Pereira da Silva<sup>1</sup> , Estela Inés Farías-Torbidoni<sup>2</sup>  y Teresa Santos<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Centro Interdisciplinario de Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Universidade Nova de Lisboa (Portugal).

<sup>2</sup> GISEAFE – Grupo de Investigación Social y Educativa de la Actividad Física y el Deporte, Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), Universidad de Lleida (España).

### Citación

Nogueira Mendes, R. M., Pereira da Silva, C., Farías-Torbidoni, E. I. & Santos, T. (2025). Participants in popular mountain biking events in peri-urban protected areas: how many are too many? *Apunts Educación Física y Deportes*, 159, 53-63. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2025/1\).159.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2025/1).159.06)

### Resumen

En los entornos periurbanos, los eventos deportivos al aire libre, como el ciclismo o las carreras de montaña, suelen llevarse a cabo en espacios naturales y protegidos. Aunque los responsables de la gestión de estos espacios y los investigadores puedan considerar que el número de participantes supone una presión cada vez mayor para estos territorios, los visitantes, usuarios y otras partes interesadas suelen tener una opinión favorable sobre estas actividades y verlas como respetuosas con el medioambiente. Esta investigación, que se basó en los datos de un evento popular de ciclismo de montaña celebrado en el parque natural de la Arrábida, Portugal, en el que participaron 4,464 personas a lo largo de seis ediciones, analizó la dinámica espacial entre los participantes y la región del evento para evaluar qué presión adicional pueden ejercer estas actividades en estos territorios. Los hallazgos demostraron que hasta un 70 % de los participantes procedía de los alrededores del parque y que solo un 15 % recorría más de 50 km para asistir al evento. Asimismo, la mayoría se identificaban a sí mismos como usuarios habituales del parque y afirmaban haber montado en bicicleta por la zona casi semanalmente, frente a los usuarios no habituales que vivían más lejos y la recorrían en bicicleta aproximadamente una vez cada nueve meses de media. El análisis comparativo con otros 148 eventos populares de ciclismo de montaña del país, con un total de 35,147 participantes, reveló patrones de distancia similares, aunque superiores en el caso de eventos con un mayor número de participantes o celebrados en lugares menos poblados. A la hora de decidir si autorizar o no estos eventos, los responsables deberían siempre priorizar la conservación y tener en cuenta otros factores, como la estacionalidad y los recorridos de las carreras. No obstante, estos eventos podrían usarse para beneficiar directamente la misión y actividades del parque al facilitar una mejor comunicación entre los responsables y los participantes, la mayoría de los cuales son usuarios habituales del lugar.

**Palabras clave:** actividades al aire libre, carreras, ciclismo de montaña, gestión, MTB, parques periurbanos.

### Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

### \*Correspondencia:

Ricardo Manuel Nogueira  
Mendes  
[rnmendes@fcsh.unl.pt](mailto:rnmendes@fcsh.unl.pt)

### Sección:

Gestión deportiva,  
ocio activo y turismo

### Idioma del original:

Inglés

### Recibido:

8 de abril de 2024

### Aceptado:

14 de agosto de 2024

### Publicado:

1 de enero de 2025

### Portada:

Laura Kluge compete en un duelo por el puck en el partido entre Alemania y Hungría durante la Eishockey Deutschland Cup, en Landshut, Alemania, el 9 de noviembre de 2024.  
© IMAGO/ActionPictures/ lafototeca.com

## Introducción

Las carreras y otros eventos deportivos son manifestaciones habituales de actividades populares al aire libre, como montar en bicicleta o correr. El número de personas que practican un determinado deporte normalmente se correlaciona con el número y la magnitud de los eventos (por ejemplo, carreras o torneos) (Fariás Torbidoni, 2015; Seguí Urbaneja y Fariás Torbidoni, 2018) y es un buen indicador de la popularidad y del éxito del evento. A diferencia de las competiciones nacionales e internacionales de élite, los eventos deportivos populares o carreras a pequeña escala (Mueller et al., 2018) son menos exigentes y se dirigen a cualquiera que practique actividad física de manera regular.

A pesar de la naturaleza competitiva de estos eventos, la mayoría de personas suelen participar en la categoría abierta. Estos participantes consideran la actividad deportiva como una forma de vida (Sekot, 2012) que comparten con amigos y familiares, normalmente carecen de vínculos con ningún club en particular (Dorado et al., 2022) y no suelen federarse (Quirante-Mañás et al., 2023). En contraposición a las carreras de élite o megaeventos deportivos (Müller, 2015), estos eventos deportivos populares atraen a más participantes que espectadores, al igual que los torneos a pequeña escala (Gibson et al., 2012).

Las actividades recreativas al aire libre, como el ciclismo o las carreras de montaña, y los grandes eventos deportivos asociados a ellas se llevan a cabo cerca de la naturaleza y atraviesan espacios naturales protegidos (ENP) o áreas de conservación de la red Natura 2000 (Fariás-Torbidoni et al., 2018; Nogueira Mendes et al., 2021a). En muchos casos, estos territorios acogen y alientan estos eventos y actividades. Por ejemplo, caminar y montar en bicicleta son actividades promocionadas normalmente por los ENP (Brown, 2016) y los visitantes y usuarios las perciben como respetuosas con el medioambiente. Estas actividades se consideran, por lo general, buenos ejemplos de turismo ecológico o de naturaleza sostenible porque fomentan un uso respetuoso del entorno e incrementan las visitas. No obstante, también es habitual que los regímenes o planes de gestión de los ENP incluyan límites en lo que respecta al número de visitantes y al uso público (Leung et al., 2018): no debería olvidarse que las misiones principales de los ENP son fomentar la conservación de la naturaleza y la biodiversidad, y favorecer que los ciclos ecológicos se desarrollen sin perturbaciones (Comisión Europea, 2020; Maxwell et al., 2020).

En función de cómo, cuándo, dónde y por parte de quién se lleven a cabo las actividades recreativas, los estrictos objetivos de conservación pueden entrar en conflicto con los usos recreativos al aire libre debido a los efectos medioambientales y sociales. Muchos estudios (Chiu y Kriwoken, 2003; Evju et al., 2021; Pickering et al., 2011; Salesa y Cerdà, 2020)

reconocen los efectos negativos en el suelo, flora y fauna, así como las repercusiones sociales (Kleiner et al., 2022; Needham et al., 2004). Entre estas, la masificación es una de las más indeseables, ya que puede provocar que todos los efectos rebasen los límites aceptables (Gómez-Limón García y Martínez Alandi, 2016) y se reduzcan el número de visitantes y su satisfacción.

Por todos estos motivos, los responsables de la gestión de los parques y los investigadores suelen considerar los eventos deportivos como la causa de una posible masificación y, por tanto, no quieren que se celebren en los ENP (Newsome et al., 2011). Por lo general, los planes de gestión abarcan restricciones o la limitación de zonas para estos usos recreativos al aire libre, pero, debido al desarrollo constante de nuevas actividades o tendencias, no es raro que las políticas de los ENP se queden desfasadas (Thede et al., 2014) además de, en ocasiones, resultar difíciles de controlar. Al mismo tiempo, las partes interesadas, como los ayuntamientos y los deportistas, consideran cruciales estas actividades y eventos para mostrar y promocionar su región, y por tanto, los ven como una oportunidad excelente para atraer a nuevos visitantes (Nogueira Mendes et al., 2021a). Tal y como mencionan muchos autores, los deportes y el ocio al aire libre son, a su vez, una valiosa forma de garantizar un mayor bienestar mental y físico de las personas, conectarlas con la naturaleza y aumentar la concienciación sobre los problemas medioambientales y el desarrollo sostenible, que suponen, actualmente, una preocupación real también para los eventos deportivos populares y de menor envergadura (Ulloa-Hernández et al., 2023).

Nogueira Mendes et al. (2023) descubrieron que las personas que practicaban ciclismo de montaña regularmente en los parques protegidos y recreativos del Área Metropolitana de Lisboa (AML) procedían de los alrededores de los ENP y de los parques en cuestión. De acuerdo con este mismo estudio, la mayoría de ciclistas solían centrarse en la misma zona, aunque también recorrían otras cercanas, por ejemplo, las que estaban a una distancia factible en bicicleta o, como mucho, a una hora en coche de su lugar de residencia. Usar los parques y ENP locales genera un sentido de pertenencia (Brown, 2016), lo que lleva a sus usuarios a oponerse con frecuencia a la implementación de nuevas normativas o restricciones (Ferse et al., 2010). El mismo sentido de pertenencia es también habitual en relación con los eventos deportivos populares, que pueden ejercer una presión adicional en los espacios naturales ya amenazados por otros motivos.

Aunque las aglomeraciones y la masificación son temas que se suelen tratar en el contexto de la gestión de visitas a los ENP, son aspectos que aún deben analizarse en lo que respecta a los eventos deportivos populares en la literatura científica. Saber cuántos usuarios hay es vital para los responsables de la gestión de los parques, pero la identidad de estos usuarios

debería también desempeñar una función importante a la hora de decidir si se debe permitir la celebración de un evento deportivo popular en un espacio protegido o natural periurbano o no. Asimismo, también debe tenerse en cuenta la capacidad de organización y acogida del propio evento.

Esta investigación pretendía evaluar, sobre la base de un evento popular de ciclismo de montaña como caso práctico, hasta qué punto este tipo de eventos en el contexto periurbano supone una presión adicional en comparación con el uso habitual del espacio, teniendo en cuenta que muchos participantes deberían proceder de los alrededores además de ser usuarios habituales del parque. Empleamos un análisis a escala local para entender: (i) de dónde eran los participantes y (ii) con qué frecuencia montaban en bicicleta por la zona, y si se consideraban usuarios habituales o no del espacio en el que tenía lugar la carrera. Para acabar, como prueba de concepto, (iii) evaluamos si los patrones espaciales eran similares en otros contextos mediante el análisis de la procedencia de los participantes de otros eventos deportivos populares similares del país.

## Metodología

### Base filosófica

Esta investigación, basada en un paradigma positivista en el que se enfatiza la búsqueda de patrones universales y en un diseño convergente sobre la base de datos cuantitativos y cualitativos, evaluó en qué medida los eventos deportivos

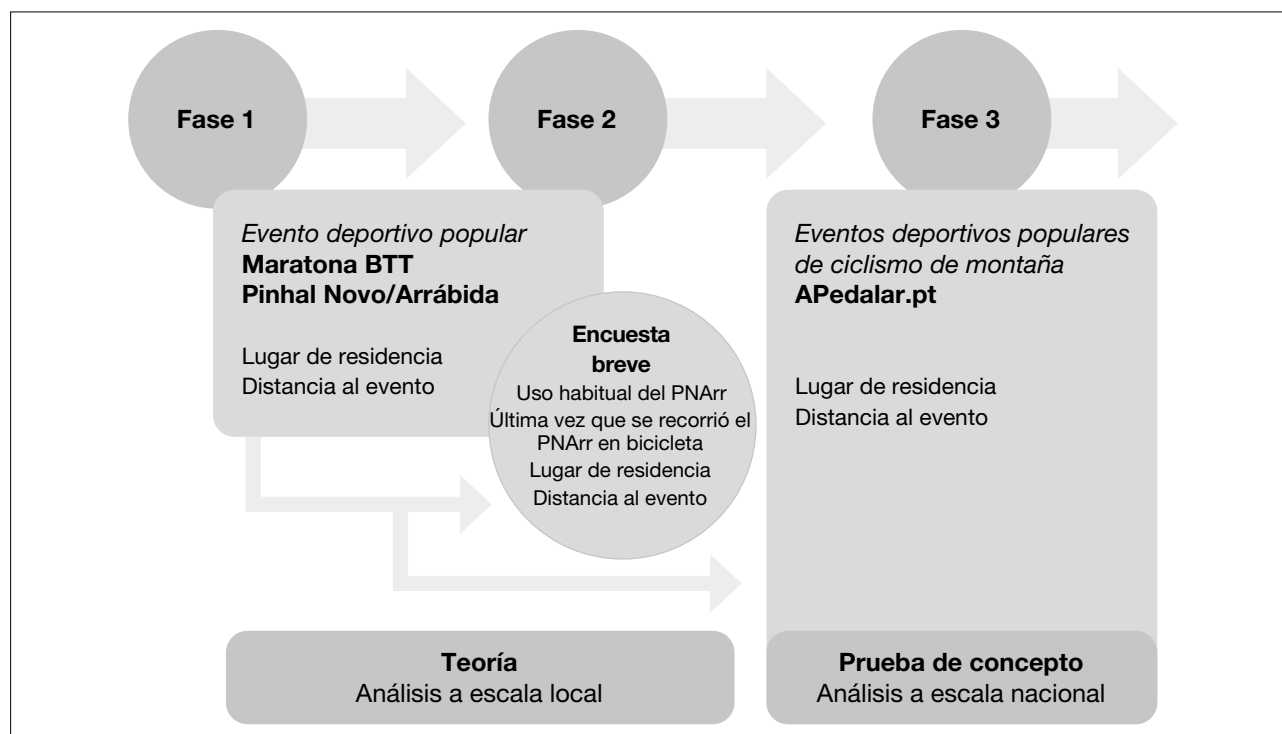
populares celebrados en espacios protegidos en contextos periurbanos ejercen una presión adicional en cuanto a los usos recreativos al aire libre. Se trata de una pregunta que ha sido difícil de responder de forma exhaustiva debido a la creciente demanda de eventos deportivos dentro de los ENP a lo largo de las últimas décadas y al rápido cambio de las prácticas al aire libre. Para avanzar en el análisis y en la resolución de este tema, siguiendo el continuo epistemológico (Landi, 2023), esta investigación tiene un enfoque objetivista en el que el conocimiento se obtiene con independencia del investigador.

### Marco conceptual

Se diseñó un análisis a dos escalas, dividido en tres fases, para evaluar la relación entre los eventos populares de ciclismo de montaña y los hábitos y lugares de residencia de los participantes (véase el marco conceptual en la Figura 1). El análisis a escala local se realizó sobre la Maratona BTT Pinhal Novo/Arrábida, la carrera más grande y popular de ciclismo de montaña que se celebra en el parque natural de la Arrábida (PNArr), dentro del AML, Portugal. Este evento anual se ha llevado a cabo 12 veces y lo organiza una asociación local (BTTascaDuXico) con la ayuda del municipio de Palmela y del distrito de Pinhal Novo. La carrera tiene dos distancias (una maratón y una media maratón) que atraviesan el parque natural y un tercer recorrido menor (típico en muchas carreras populares) que no llega a los límites del parque. Para la prueba de concepto, se tuvieron en cuenta los eventos populares de ciclismo de montaña coorganizados en el ámbito nacional por APedalar.pt (<https://apedalar.pt/eventos/concluidos/2015>),

**Figura 1**

Marco conceptual y conjunto de datos y área estudiada del análisis de escala.





una de las empresas líderes de cronometraje en Portugal. Según Nogueira Mendes et al. (2021a), esta empresa organiza aproximadamente una cuarta parte de todos los eventos populares de ciclismo de montaña del país.

Los organizadores del evento proporcionaron el conjunto de datos de la fase 1, que incluía exclusivamente el lugar de residencia (no la dirección personal) de los 4,464 participantes de las seis ediciones consecutivas de la Maratona BTT Pinhal Novo/Arrábida celebradas entre 2010 y 2016 (desde la quinta hasta la décima edición; el evento no se celebró en 2014). Mediante Google Earth PRO, se geocodificó el lugar de residencia de cada participante (no disponible en el caso de 393 ciclistas) y se midió la distancia euclidiana desde el lugar de residencia de cada participante al punto de inicio del evento y los límites del parque mediante el análisis de la distancia punto a punto de ArcGIS Desktop 10.7 de ESRI. Se registraron las distancias medias y máximas, y se agruparon en percentiles (25, 50, 60, 70, 75, 80, 90 y 95) para cada edición de la carrera.

El conjunto de datos de la fase 2 se obtuvo mediante una breve encuesta realizada en los eventos de 2016 y 2017. Los organizadores enviaron la solicitud para participar en la encuesta a una selección aleatoria del 50 % de los participantes del evento. Los datos se recogieron anónimamente mediante formularios de Konotoolbox.org, en los que se presentaron los objetivos del estudio y se reafirmó el carácter voluntario de la participación. La encuesta obtuvo

219 respuestas válidas, con un índice de participación del 31 %, y su objetivo fue evaluar: (i) el lugar de residencia de los participantes (para la validación y comparación de la muestra con los datos utilizados en la fase 1); (ii) la última vez que habían montado en bicicleta por el parque natural y si los participantes se consideraban usuarios habituales del PNAr o no.

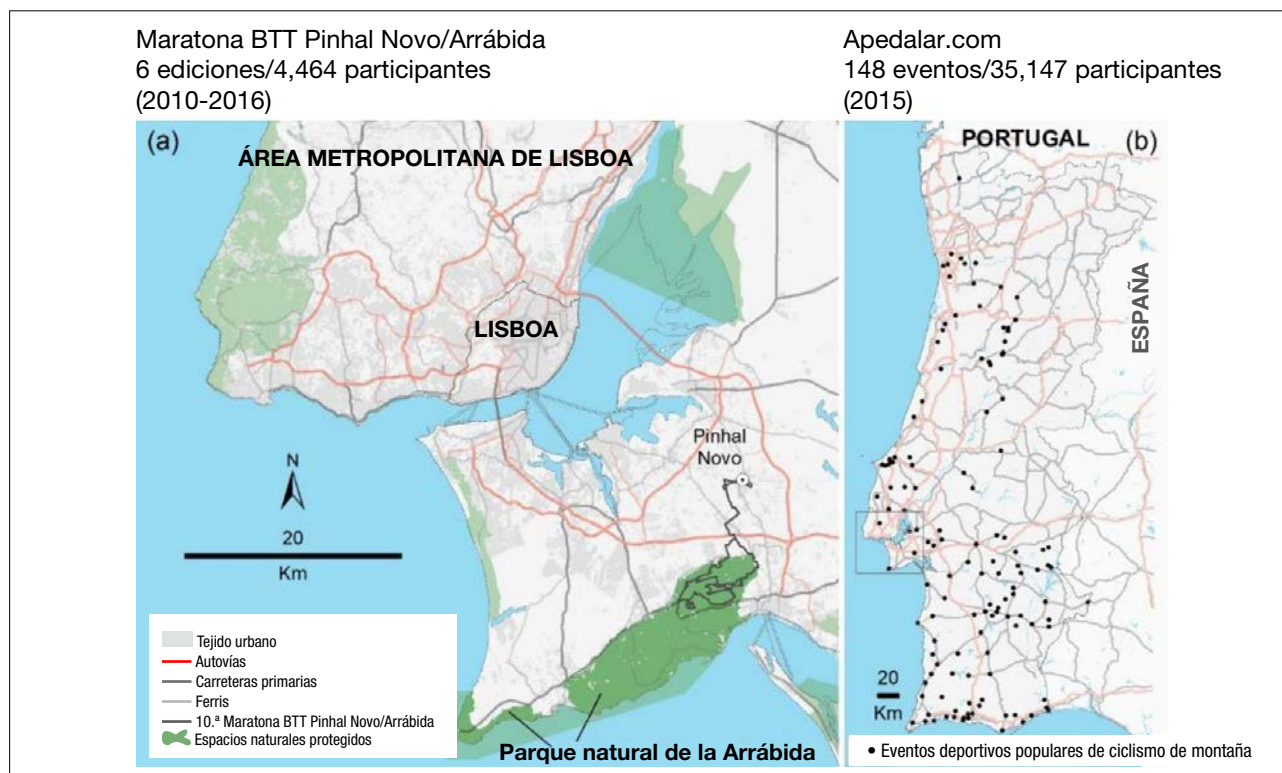
La fase 3, que se llevó a cabo a escala nacional, abarcó 148 de 157 eventos de ciclismo de montaña gestionados por Apedalar.pt en 2015, que atrajeron a 35,147 participantes (los nueve eventos restantes no tuvieron lugar por falta de deportistas). El punto de inicio de cada evento se tomó de Apedalar.pt o de las redes sociales o página web del evento. Las distancias desde el lugar de residencia (obtenidas de las listas públicas de participantes) al evento se midieron mediante los mismos métodos que el conjunto de datos local. Al igual que en las fases anteriores, este conjunto de datos incluyó casi todos los lugares de residencia de los participantes, pero no se emplearon ni se guardaron datos personales durante esta investigación.

A lo largo de las tres fases, todos los datos se analizaron mediante estadísticas descriptivas, entre otros, las distancias medias, los percentiles, los valores máximos y mínimos en el análisis de las dos escalas.

En la Figura 2 se presenta la ubicación de la Maratona BTT Pinhal Novo/Arrábida y de todos los eventos utilizados para el análisis a escala nacional.

**Figura 2**

Área estudiada: (a) parque natural de la Arrábida y recorridos de la 10.<sup>a</sup> Maratona BTT Pinhal Novo/Arrábida utilizados para el análisis a escala local; (b) Portugal continental y las ubicaciones de los 148 eventos de ciclismo de montaña de Apedalar.pt utilizados para el análisis a escala nacional. (Mapa creado por los autores en función de los datos públicos de [dgterritorio.gov.pt](http://dgterritorio.gov.pt); [igeoe.pt](http://igeoe.pt) e [icnf.pt](http://icnf.pt)).



**Tabla 1***Distancias euclidianas (km) desde el lugar de residencia al punto de inicio de la Maratona BTT Pinhal Novo/Arrábida y hasta los límites del parque nacional de la Arrábida.*

Edición (año)	Ciclistas	MEDIA	P25	P50	P60	P70	P75	P80	P85	P90	P95	MÁX.
5.ª (2010)	703	28.92	12.04	21.62	28.69	31.67	35.90	41.10	45.53	51.84	87.45	276.47
PNArr		27.30	6.82	19.82	28.92	33.42	35.74	37.97	40.83	52.63	85.60	283.18
6.ª (2011)	644	26.27	9.75	16.30	21.79	28.71	31.45	35.12	43.92	50.50	87.45	323.33
PNArr		24.74	6.82	15.69	19.57	29.08	32.28	35.52	39.65	46.29	85.68	330.06
7.ª (2012)	811	28.46	12.04	18.82	21.77	28.84	31.18	36.70	44.57	69.52	87.45	301.82
PNArr		26.40	6.82	17.12	19.82	29.24	32.28	35.64	40.83	56.09	89.67	308.25
8.ª (2013)	845	32.75	12.04	21.20	26.36	30.60	34.75	41.17	59.40	87.45	114.19	323.33
PNArr		30.53	6.82	18.16	22.79	31.72	33.46	39.29	52.33	89.42	106.37	330.06
9.ª (2015)	760	32.32	12.04	21.20	26.66	31.45	35.05	39.78	46.74	70.18	104.49	985.41
PNArr		30.44	6.82	19.82	22.79	32.28	35.14	40.11	47.00	74.63	107.83	949.28
10.ª (2016)	701	35.57	12.04	21.20	26.36	31.50	36.34	41.54	59.87	85.86	117.75	985.41
PNArr		33.02	6.82	19.13	22.79	32.28	35.64	40.83	65.53	81.32	124.24	949.28
TOTAL	4,464	30.75	12.04	21.20	24.65	30.85	34.32	39.78	45.56	70.18	99.94	985.41
PNArr		28.76	6.82	18.27	22.79	31.72	34.01	37.97	43.39	76.29	101.15	949.28

## Resultados

### Análisis a escala local

#### Fase 1 - Maratona BTT Pinhal Novo/Arrábida

En la Tabla 1, se presentan los resultados del análisis a escala local del conjunto de datos de la fase 1. De media, en todas las ediciones de la carrera salvo en la quinta, la distancia al parque natural es menor que la distancia al punto de inicio del evento, aunque dentro del mismo valor de magnitud (un patrón que se repite hasta el percentil 60). Las distancias de más de 50 km al evento o al PNAr se alcanzan por encima del percentil 85, salvo en la octava y décima edición (2013 y 2016, respectivamente). Ambas tendencias se dan en todo el subconjunto de datos cuando se analizan a todos los participantes juntos.

#### Fase 2 - Encuesta breve

La Figura 3 presenta los resultados a modo de diagrama de caja de la breve encuesta realizada a los participantes de la décima y undécima edición de la Maratona. El 56 % de los participantes se consideraban usuarios habituales del PNAr. De media, vivían a menos de 12 km de los límites del parque

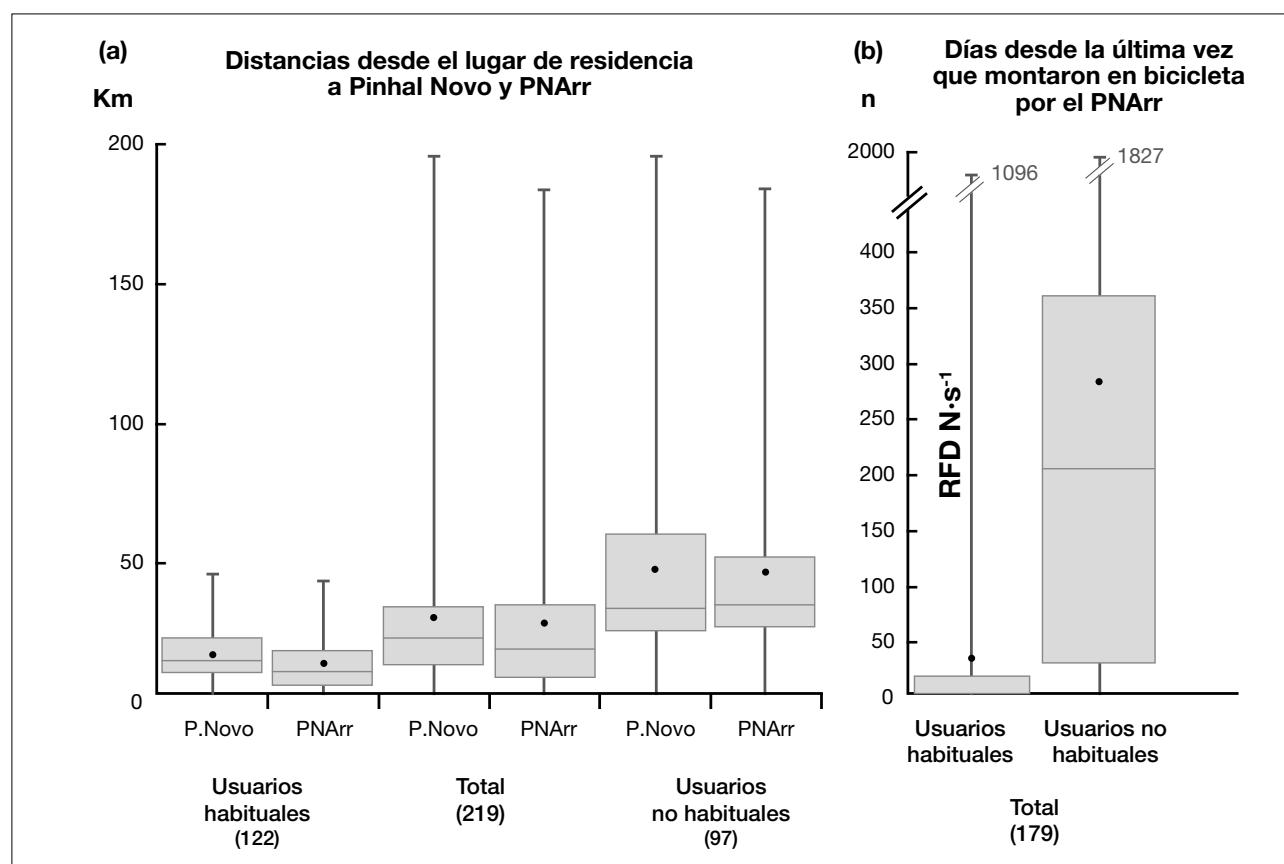
y la distancia máxima a su lugar de residencia era de 42 km, lo que es inferior a la distancia media respecto a los límites del parque para aquellos que no se consideraban usuarios habituales. Al combinar las dos categorías, los resultados concuerdan y están dentro del mismo rango de valores que los de la fase 1, salvo en el caso del percentil 75 en los usuarios no habituales, que sobrepasa los 50 km. También se debería tener en cuenta que algunos ciclistas que vivían cerca del PNAr no se consideraban usuarios habituales del parque.

En lo que respecta a la última vez que los participantes de la Maratona habían montado en bicicleta por el PNAr (pregunta respondida por casi un 82 % de los participantes), aquellos que se consideraban usuarios habituales lo habían hecho, de media, en las cinco semanas previas, aunque la mediana se situó en los últimos siete días antes de rellenar el cuestionario. En el caso de los usuarios no habituales, los valores medios ascendieron a los nueve meses y la mediana a los últimos siete meses.

La Figura 4 muestra una representación geográfica de los resultados de este caso práctico y también el lugar de residencia de los participantes en la Maratona. El mapa de la décima edición también distingue entre los lugares de residencia de los usuarios habituales y no habituales (resultados de la encuesta breve).

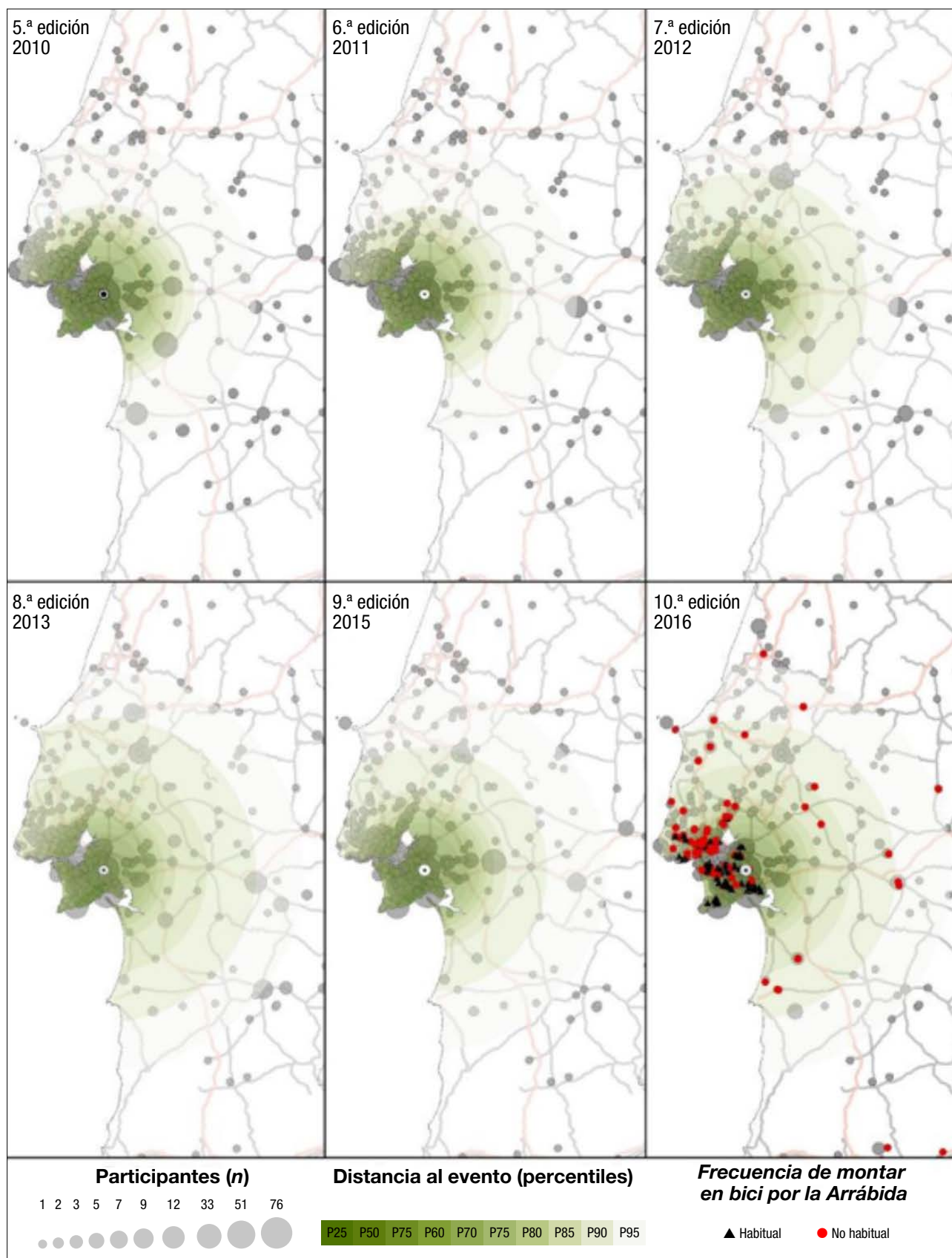
**Figura 3**

Conjunto de datos de la encuesta breve: (a) representación gráfica de las distancias desde el lugar de residencia a Pinhal Novo y PNAr; (b) días desde la última vez que montaron en bicicleta por el PNAr. Las cajas representan los cuartiles 2 y 3, y los rombos negros proporcionan valores medios. (Nota: Los valores máximos de (b) están fuera del rango del eje y).



**Figura 4**

Lugar de residencia y percentiles de distancia de la Maratona BTT Pinhal Novo/Arrábida de las seis ediciones analizadas.





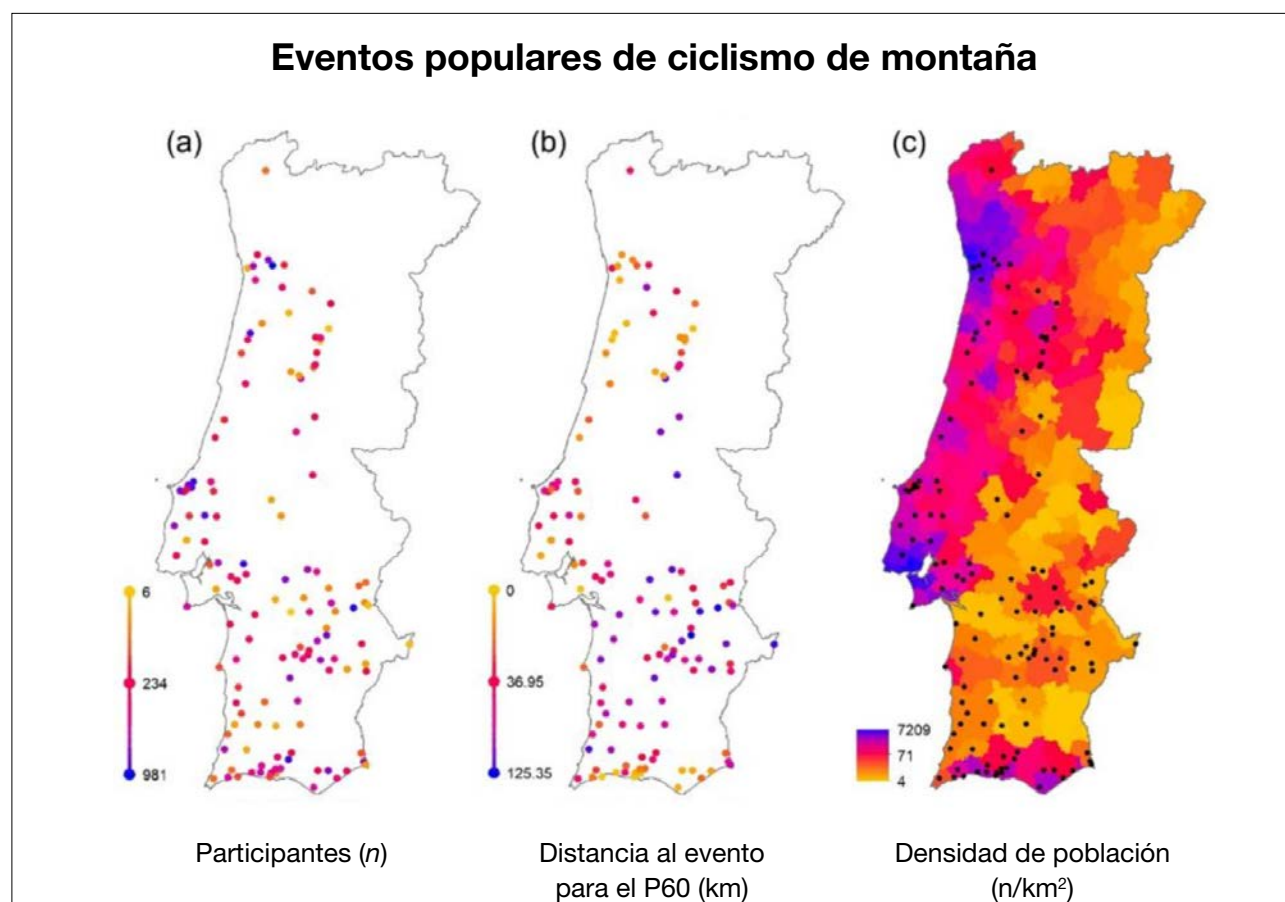
**Tabla 2**

Percentiles totales de las distancias desde el lugar de residencia a los eventos populares de ciclismo de montaña en el análisis a escala nacional y el número de eventos en los que un x % de los participantes procede de un radio de 50 km a la redonda como máximo (datos extraídos de Apedalar.pt).

	Media	Percentiles									Máx.
		P25	P50	P60	P70	P75	P80	P85	P90	P95	
Distancia al evento (km)	44.44	15.75	36.91	36.95	46.36	52.64	60.09	71.22	88.60	123.43	590.16
Eventos en los que x % de los participantes proceden de < 50 km (n)	106	145	116	116	97	80	64	44	19	7	2

**Figura 5**

Análisis a escala nacional: (a) número de participantes por evento; (b) distancia desde el lugar de residencia al evento para el percentil 60; (c) densidades de población de Portugal continental representadas en relación con las ubicaciones de los eventos populares de ciclismo de montaña. (Fuente: Apedalar.pt)



## Análisis a escala nacional

### Fase 3 - Prueba de concepto

En el análisis a escala nacional (véase Tabla 2 y Figura 5), las distancias medias totales son superiores a las del análisis a escala local. No obstante, más de un 70 % de los participantes viven en un radio de 50 km respecto a la ubicación del evento. Asimismo, incluso en el caso del percentil 75, en el que la media de las distancias totales es 52,64 km, tres cuartos de los participantes de 80 de los 148 eventos analizados (más del 54 %) no habían recorrido más de 50 km.

## Discusión

El ciclismo de montaña es un deporte popular que se practica en espacios naturales y protegidos en contextos periurbanos. En comparación con otras actividades populares al aire libre, como el excursionismo, el senderismo o las carreras de montaña, que suelen practicarse en caminos o pistas sin asfaltar, el ciclismo de montaña plantea desafíos diferentes y más complejos para los responsables de gestión de estos espacios: (i) puede contribuir a una mayor erosión del suelo debido a la velocidad y a la anchura de los neumáticos, en especial, sobre superficies mojadas (Evju et al., 2021) o por rutas de descenso, muchas de las cuales son ilegales (Cam-

pelo y Nogueira Mendes, 2016; Farías-Torbidoni y Morera, 2020); (ii) en comparación con otros usuarios habituales, los ciclistas suelen visitar estos espacios más que los senderistas o excursionistas (Farías-Torbidoni y Morera, 2020); (iii) en comparación con otros usuarios, los ciclistas suelen ser menos conscientes de su impacto y de los conflictos que provocan (Cessford, 1995; Dorado et al., 2022), y (iv) incrementa la accesibilidad debido a las bicicletas eléctricas, que permiten recorrer distancias mayores y atraen a ciclistas nuevos y con un carácter menos deportivo a la actividad (Mitterwallner et al., 2021) y, por tanto, contribuyen a la masificación.

Reconocer y realizar un seguimiento de los hábitos, expectativas, motivaciones, preferencias y comportamientos de los ciclistas de montaña y de los demás usuarios puede influir en la gestión de las actividades recreativas directamente. Una red de senderos y caminos homologados que vayan en consonancia con los objetivos de conservación y las preferencias de los usuarios y que desvíen a los usuarios si es necesario (Evju et al., 2021) repercutiría de forma positiva en la conservación de la naturaleza. Como ya ocurre en algunos ENP, los recorridos de las carreras podrían limitarse a la red principal de senderos y caminos teniendo en mente su preservación y conservación (Gómez-Limón García y Martínez Alandi, 2016).

Los resultados de este estudio muestran que ciertos datos secundarios (en este caso, el lugar de residencia de los participantes en el evento) podrían contribuir a entender y supervisar las actividades deportivas recreativas. Nuestros resultados muestran que la mayoría de participantes en eventos populares de ciclismo de montaña (hasta un 70-75 %) proceden de las regiones de alrededor y se consideran usuarios habituales del terreno donde se disputa la carrera. Incluso aunque el evento no tuviera lugar, la mayoría probablemente montaría en bicicleta en el área. En cuanto al resto de participantes, para algunos el parque también es una de las zonas donde habitualmente montan en bicicleta, como es común dentro del AML (Nogueira Mendes et al., 2023). Aunque los eventos deportivos populares, como la Maratona BTT Pinhal Novo/Arrábida, concentran a los usuarios a lo largo del circuito de la carrera, también evitan la dispersión, que podría provocar fácilmente conflictos sociales o impactos medioambientales, como la invasión o la fragmentación del hábitat, por nombrar tan solo dos de los graves efectos de los usos recreativos del PNAr o de otros parques de la región (Nogueira Mendes et al., 2023).

Aunque estos resultados pueden referirse específicamente al evento analizado y a su contexto, los patrones espaciales observados se repiten a escala nacional en otras carreras populares de bicicleta de montaña. No obstante, los deportes recreativos al aire libre en otras fases de desarrollo pueden mostrar otros patrones espaciales. En Portugal, por ejemplo, las carreras de montaña son una actividad relativamente nueva en comparación con el ciclismo de montaña y siguen atrayendo a participantes de lugares más alejados (Julião et al., 2018; Nogueira Mendes et al., 2021b). Sin embargo, este patrón podría cambiar a me-

didada que aumenta la popularidad de ese deporte y mediante la promoción de más eventos. En otros deportes más especializados, que normalmente cuentan con menos participantes, se ven otros patrones. Por ejemplo, todos los eventos juntos de triatlón celebrados en Portugal en 2015 tuvieron solo 15,673 participantes en total, incluyendo a deportistas federados y no federados (Federação de Triatlo Portugal, 2016), en comparación con los 35,147 participantes de un cuarto de todos los eventos de bicicleta de montaña de Portugal del mismo año estudiados aquí. Las distancias recorridas para participar en eventos deportivos populares pueden depender también del contexto económico, aunque es algo que debe analizarse aún con más detenimiento. Las distancias medias mayores recorridas por los participantes en eventos al sur de Portugal no solo se deben a una menor densidad de población de la región, sino también a una participación mayor de ciclistas procedentes de España, para los que conducir 80-100 km podría suponer el mismo gasto (en lo que respecta al tiempo y al dinero) que para un residente del AML que participe en su propia región.

Un motivo importante para analizar eventos populares, como la Maratona, es que estas carreras son la segunda manifestación más importante de estas actividades populares al aire libre (la primera es la práctica habitual del deporte). Aunque solo una parte de los deportistas participan habitualmente en eventos, si consideramos que quien lo hace pretende participar de nuevo (Quirante-Mañas et al., 2023), analizar estos eventos puede servir para supervisar la práctica habitual que se desarrolla también en espacios naturales y protegidos (Julião et al., 2020), pero cuyo estudio resulta más complejo. Por ejemplo, las encuestas sobre el terreno que se centran únicamente en los lugares de residencia de los ciclistas de montaña requerirían considerablemente más recursos para lograr la misma cantidad de datos.

Los eventos deportivos populares podrían emplearse también para beneficiar directamente la misión y los objetivos de conservación del parque, por ejemplo, para anunciar o promocionar senderos y caminos debidamente homologados. En función del número de participantes y de los diferentes recorridos de las carreras, los eventos también podrían utilizarse para poner a prueba y verificar los resultados de los estudios de ecología recreativa.

Los senderos y caminos podrían mantenerse abiertos, en buen estado y despejados de vegetación pionera o exótica, y su uso esporádico para eventos podría emular la práctica ya abandonada de la trashumancia de rebaños de ovejas y cabras (típica en muchos espacios protegidos de montaña). Este cambio ha repercutido mucho en el medioambiente, por ejemplo, se han reducido las especies nativas de la flora.

Como son pocos los estudios de ecología recreativa que se llevan a cabo en situaciones reales, se podrían fomentar las demostraciones y pruebas controladas sobre el terreno para estudiar el efecto de las pisadas y la erosión del suelo (antes de un evento, inmediatamente después y un tiempo posterior

al evento), preferiblemente fuera de los límites del parque o en áreas menos sensibles. Estos eventos también representan una oportunidad excelente para poner a prueba nuevos equipos, como drones o escáneres láser, que sirvan para mejorar las técnicas de control. Para acabar, las carreras populares pueden servir para mejorar la comunicación, aumentar la concienciación sobre las normas, impactos medioambientales y conflictos, y para fomentar las buenas prácticas y comportamientos adecuados.

## Conclusiones y recomendaciones

Los eventos deportivos populares en espacios periurbanos son prácticamente un “paseo dominical” más para sus participantes, que suelen asistir a eventos celebrados en espacios que ya utilizan habitualmente y que están relativamente cerca de sus lugares de residencia (hasta 1 hora de distancia). Las distancias entre el lugar de residencia y el evento siguen la misma pauta a escala periurbana y nacional, aunque tienden a ser mayores en el caso de eventos con más participantes o celebrados en zonas menos pobladas.

Tal y como sugieren ciertas investigaciones previas, como Norman y Pickering (2017), este estudio demuestra el valor de emplear datos secundarios para supervisar los usos recreativos al aire libre de los ENP. Aunque se puedan señalar ciertas limitaciones en este tipo de investigación, concretamente el hecho de que no todas las personas que practican actividades recreativas al aire libre participan en este tipo de eventos, recopilar datos secundarios de los eventos es una forma relativamente fácil de trazar el perfil de los usuarios habituales, lo que podría resultar importante para los responsables de la gestión de los parques. Asimismo, debido a la concentración en el espacio y en el tiempo de un gran número de participantes, los eventos populares de ciclismo de montaña y de carreras de senderos plantean también una buena oportunidad para analizar a los usuarios habituales de los ENP en lo que respecta a otros problemas importantes relacionados con la misión del parque, como las preferencias y expectativas, lo que podría emplearse para desarrollar ofertas recreativas dentro de los planes de gestión y los regímenes de los ENP. Los trabajos futuros podrían verificar si estos resultados se pueden comparar con los de otros contextos deportivos o socioeconómicos o profundizar en la actitud del ciclismo y otros deportes, que podría conllevar la atenuación de los impactos medioambientales y el fomento de usos sostenibles de los ENP.

Para permitir o no la celebración de eventos en los ENP en los que prevalezcan los objetivos de conservación, habría que tener en cuenta siempre la estación del año y el recorrido planteado para la carrera, y buscar alternativas si fuera necesario. No deberían permitirse nunca la creación de caminos o senderos nuevos para eventos específicos ni las carreras nocturnas. Las carreras deberían comenzar al menos a media hora de distancia de los límites del parque para evitar que grandes grupos de ciclistas lleguen al mismo tiempo por carreteras o

caminos estrechos y, si esto no es posible, se deberían organizar salidas de grupos pequeños en intervalos cortos.

Con el fin de limitar los conflictos y la repercusión de las actividades recreativas populares que se realizan al aire libre, es preferible sacrificar un día al año y acoger entre un 15 % y un 25 % de visitantes nuevos para participar en un evento organizado que contar con números similares de deportistas repartidos de forma desordenada por cada fin de semana durante el periodo de máxima actividad. Para acabar, deberían evaluarse tanto las repercusiones medioambientales y sociales, directas e indirectas, en colaboración con los deportistas y los promotores (Campbell et al., 2021), lo que haría que aumentara o disminuyera el número de participantes en las futuras ediciones de una carrera, con el acuerdo y la comprensión de todos los implicados, de tal forma que se fomentara la compatibilidad entre los usos recreativos, los eventos y la conservación de la naturaleza en estos contextos periurbanos.

## Agradecimientos

Este trabajo se financió mediante fondos públicos a través del organismo público portugués FCT-Fundación para la Ciencia y la Tecnología, en el marco del proyecto “UIDB/04647/2020” del CICS.NOVA-Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais da Universidade NOVA de Lisboa. La cuarta autora recibió también financiación de fondos públicos de la FCT, conforme a la Norma Transitória-DL 57/2016/CP1453/CT0004. La investigación ha recibido también el apoyo financiero del Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), España.

## References

- Brown, K. M. (2016). The role of belonging and affective economies in managing outdoor recreation: Mountain biking and the disengagement tipping point. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 15, 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2016.07.002>
- Campbell, T., Kirkwood, L., McLean, G., Torsius, M., & Florida-James, G. (2021). Trail use, motivations, and environmental attitudes of 3780 European mountain bikers: What is sustainable? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24). <https://doi.org/10.3390/ijerph182412971>
- Campelo, M. B., & Nogueira Mendes, R. M. (2016). Comparing webshare services to assess mountain bike use in protected areas. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 15, 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2016.08.001>
- Cessford, G. R. (1995). Off-Road Mountain Biking: A profile of participants and their recreation setting and experience preferences. *Science & Research Series*, 93(93), 1–125. <http://www.doc.govt.nz/documents/science-and-technical/sr93e.pdf>
- Chiu, L., & Kriwoken, L. (2003). Managing Recreational Mountain Biking in Wellington Park, Tasmania, Australia. *Annals of Leisure Research*, 6(4), 339–361. <https://doi.org/10.1080/11745398.2003.10600931>
- Dorado, V., Fariñas-Torbidoni, E. I., Labrador-Roca, V., & Seguí-Urbaneja, J. (2022). Profile of Mountain Bikers. Trotamons Bike Race. *Apunts Educación Física y Deportes*, 147, 63–73. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/1\).147.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/1).147.07)
- European Commission. (2020). *EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:52020DC0380>



- Evju, M., Hagen, D., Jokerud, M., Olsen, S. L., Selvaag, S. K., & Vistad, O. I. (2021). Effects of mountain biking versus hiking on trails under different environmental conditions. *Journal of Environmental Management*, 278(P2), 111554. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111554>
- Fariás-Torbidoni, E. I., & Morera, S. (2020). *Estudi d'afiliació, freqüentació i caracterització dels usuaris-visitants del Parc Natural de la Serra de Collserola 2019* (Issue August). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27890.12485>
- Fariás-Torbidoni, E. I., Seguí Urbaneja, J., Ferrer, R., & Dorado, V. (2018). Carreras de trail running y marchas por montaña en España. Número, evolución e incidencia sobre la Red Natura 2000. *Pirineos*, 173, e034. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2018.173001>
- Fariás Torbidoni, E. I. (2015). Minimization of Environmental Impacts at Sports Events in the Countryside: Mountain Bike Competitions. *Apunts Educación Física y Deportes*, 122, 68–80. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/4\).122.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/4).122.08)
- Federação de Triatlo Portugal. (2016). *Relatório de Actividades 2015*. <https://www.federacao-triatlo.pt/ftp2015/wp-content/uploads/2014/12/Relatório-de-Actividades-2015-2.pdf>
- Ferre, S. C. A., Máñez Costa, M., Mez, K. S., Adhuri, D. S., & Glaser, M. (2010). Allies, not aliens: Increasing the role of local communities in marine protected area implementation. *Environmental Conservation*, 37(1), 23–34. <https://doi.org/10.1017/S0376892910000172>
- Gibson, H. J., Kaplanidou, K., & Kang, S. J. (2012). Small-scale event sport tourism: A case study in sustainable tourism. *Sport Management Review*, 15(2), 160–170. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2011.08.013>
- Gómez-Limón García, J., & Martínez Alandi, C. (2016). *Guide to Good Practices for Holding Mountain Races in Protected Natural Areas. Manual 12. Manual Series of EUOPARC-Spain* (12; Manual Series of EUOPARC-Spain Guide). Fernando González Bernáldez Foundation. [https://reueoparc.org/wp-content/uploads/2022/03/euoparc\\_manual12\\_ingles\\_0.pdf](https://reueoparc.org/wp-content/uploads/2022/03/euoparc_manual12_ingles_0.pdf)
- Julião, R. P., Nogueira Mendes, R., & Valente, M. (2020). Trail running em áreas protegidas: análise comparada dos PNSE e PNSC. In P. C. Remoaldo, M. J. Caldeira, V. Teles, E. Scalabrini, & J. A. Rio Fernandes (Eds.), *XII Congresso da Geografia Portuguesa. Geografias de transição para a sustentabilidade*. (Issue XII, pp. 257–262). Universidade do Minho. <https://www.apgeo.pt/livro-de-actas-xii-congresso-da-geografia-portuguesa-geografias-de-transicao-para-sustentabilidade>
- Julião, R. P., Valente, M., & Nogueira Mendes, R. (2018). Issues on Trail runners, Trail running and recreational and protected areas in Portugal. In J. Dehez, G. Lambert, L. Ginelli, & K. B. hadj Abdallah (Eds.), *The 9th International Conference on Monitoring and Management of Visitors in Recreational and Protected Areas (MMV)* (Issue IX, pp. 290–293). Bordeaux Sciences Agro; IRSTEA. <https://mmv.boku.ac.at/refbase/show.php?record=4138>
- Kleiner, A., Freuler, B. W., Arnberger, A., & Hunziker, M. (2022). Biking-hiking conflicts and their mitigation in urban recreation areas: Results of a quasi-experimental long-term evaluation in the Zurich forest. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 40(June 2022), 100563. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2022.100563>
- Landi, D. (2023). Thinking Qualitatively: Paradigms and Design in Qualitative Research. In K. A. R. Richards, M. A. Hemphill, & P. M. Wright (Eds.), *Qualitative Research and Evaluation in Physical Education and Sport Pedagogy* (First, pp. 31–47). Jones & Bartlett Learning.
- Leung, Y.-F., Spenceley, A., Hvenegaard, G., & Buckley, R. (2018). *Tourism and visitor management in Protected Areas: Guidelines for sustainability. Best Practice Protected Area Guidelines Series*. (Issue 27). IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.PAG.27.en>
- Maxwell, S. L., Cazalis, V., Dudley, N., Hoffmann, M., Rodrigues, A. S. L., Stolton, S., Visconti, P., Woodley, S., Kingston, N., Lewis, E., Maron, M., Strassburg, B. B. N., Wenger, A., Jonas, H. D., Venter, O., & Watson, J. E. M. (2020). Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature*, 586(7828), 217–227. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2773-z>
- Mittervallner, V., Steinbauer, M. J., Besold, A., Dreitz, A., Karl, M., Wachsmuth, N., Zügler, V., & Audorff, V. (2021). Electrically assisted mountain biking: Riding faster, higher, farther in natural mountain systems. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 36, 100448. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2021.100448>
- Mueller, J. T., Taff, B. D., Wimpey, J., & Graefe, A. (2018). Small-scale race events in natural areas: Participants' attitudes, beliefs, and global perceptions of leave no trace ethics. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 23, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2018.03.001>
- Müller, M. (2015). What makes an event a mega-event? Definitions and sizes. *Leisure Studies*, 34(6), 627–642. <https://doi.org/10.1080/02614367.2014.993333>
- Needham, M. D., Wood, C. J. B., & Rollins, R. B. (2004). Understanding summer visitors and their experience at the Whistler Mountain ski area, Canada. *Mountain Research and Development*, 24(3), 234–242. <https://doi.org/10.2307/3674559>
- Newsome, D., Lacroix, C., & Pickering, C. (2011). Adventure Racing Events in Australia: context, assessment and implications for protected area management. *Australian Geographer*, 42(4), 403–418. <https://doi.org/10.1080/00049182.2012.619955>
- Nogueira Mendes, R. M., Fariás-Torbidoni, E. I., & Pereira da Silva, C. (2021a). Mountain biking events in Portugal: characteristics, temporal and spatial distribution and occurrence over the national network of classified and protected areas. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 39, 216–223. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78368>
- Nogueira Mendes, R. M., Fariás-Torbidoni, E. I., & Pereira da Silva, C. (2023). Squeezing the most from volunteered geographic information to monitor mountain biking in peri-urban protected and recreational areas at a metropolitan scale. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 42(February), 100624. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100624>
- Nogueira Mendes, R. M., Fariás-Torbidoni, E., Pereira da Silva, C., & Julião, R. P. (2021b). Nature-based sports events and natural and protected areas in Portugal. A geographic mapping approach. In Ø. Aas, M. Breiby, S. K. Selvaag, & P. Eriksson (Eds.), *The 10th International Conference on Monitoring and Management of Visitors in Recreational and Protected Areas (MMV)* (Issue X, pp. 372–373). NMBU. <https://mmv.boku.ac.at/refbase/show.php?record=4364>
- Norman, P., & Pickering, C. M. (2017). Using volunteered geographic information to assess park visitation: Comparing three on-line platforms. *Applied Geography*, 89(November), 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.11.001>
- Pickering, C. M., Rossi, S., & Barros, A. (2011). Assessing the impacts of mountain biking and hiking on subalpine grassland in Australia using an experimental protocol. *Journal of Environmental Management*, 92(12), 3049–3057. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.016>
- Quirante-Mañas, M., Fernández-Martínez, A., Nuviola, A., & Cabello-Manrique, D. (2023). Event Quality: The Intention to Take Part in a Popular Race Again. *Apunts Educación Física y Deportes*, 151, 70–78. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2023/1\).151.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2023/1).151.07)
- Salema, D., & Cerdà, A. (2020). Soil erosion on mountain trails as a consequence of recreational activities. A comprehensive review of the scientific literature. *Journal of Environmental Management*, 271, 110990. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110990>
- Seguí Urbaneja, J., & Fariás Torbidoni, E. I. (2018). Trail running in Spain. Origin, evolution and current situation; natural areas. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 33(33), 123–128. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/56462/35797>
- Sekot, A. (2012). Physical activity as a part of active way of life. In K. Najmanová & I. Jirásek (Eds.), *3rd Conference of the International Society for the Social Sciences of Sport (ISSSS) (Electronic Proceedings Book)* (Issue 1, pp. 108–122). Olomouc: Univerzita Palackého Olomouc. <https://www.fsp.muni.cz/en/research/edicni-a-publikacni-cinnost/986859>
- Thede, A. K., Haider, W., & Rutherford, M. B. (2014). Zoning in national parks: Are Canadian zoning practices outdated? *Journal of Sustainable Tourism*, 22(4), 626–645. <https://doi.org/10.1080/09669582.2013.875549>
- Ulloa-Hernández, M., Fariás-Torbidoni, E., & Seguí-Urbaneja, J. (2023). Sporting Events and Sustainability: A Systematic Review (1964–2020). *Apunts Educación Física y Deportes*, 153, 101–113. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2023/3\).153.09](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2023/3).153.09)

**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)





# Efecto de las dimensiones del campo sobre la continuidad en situaciones reducidas en voleibol

Felipe Menezes-Fagundes<sup>1\*</sup> , Cristòfol Salas-Santandreu<sup>1</sup> , Raúl Hileno<sup>1</sup> y Pere Lavega-Burgués<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, centro de Lleida (España).

## Citación

Menezes-Fagundes, F., Salas-Santandreu, C., Hileno, R. & Lavega-Burgués, P. (2025). Effect of court dimensions on continuity in small-sided volleyball. *Apunts Educación Física y Deportes*, 159, 64-72. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2025/1\).159.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2025/1).159.07)

**Editado por:**  
© Generalitat de Catalunya  
Departament d'Esports  
Institut Nacional d'Educació  
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

**\*Correspondencia:**  
Felipe Menezes-Fagundes  
[felipemfagundes@live.com](mailto:felipemfagundes@live.com)

**Sección:**  
Pedagogía deportiva

**Idioma del original:**  
Español

**Recibido:**  
4 de abril de 2024

**Aceptado:**  
16 de julio de 2024

**Publicado:**  
1 de enero de 2025

**Portada:**  
Laura Kluge compite en un duelo por el puck en el partido entre Alemania y Hungría durante la Eishockey Deutschland Cup, en Landshut, Alemania, el 9 de noviembre de 2024.  
© IMAGO/ActionPictures/ lafototeca.com

## Resumen

La iniciación deportiva mediante situaciones reducidas en los deportes de cooperación-oposición se ha mostrado como una estrategia pedagógica efectiva. Los entrenadores o educadores modifican algunos rasgos de la lógica interna, como el espacio de juego, para favorecer la adaptación del deporte a las posibilidades de los jugadores y desarrollar los principios de juego específicos. Este estudio buscó como objetivo evaluar el efecto de las dimensiones del espacio de juego en el principio de juego de continuidad en la iniciación al voleibol en situaciones reducidas. Participaron 136 estudiantes universitarios mediante un estudio experimental con diseño cruzado simple. Se analizó la influencia de campos más anchos (4.5 m x 6 m; 27 m<sup>2</sup>) en comparación con campos más estrechos (6 m x 4.5 m; 27 m<sup>2</sup>) sobre cuatro variables en situaciones de 3 x 3: número de contactos, posesiones, complejos completados y uso del pase de dedos en la primera acción de cada posesión o complejo de juego. Se construyeron modelos de regresión lineal multinivel de efectos mixtos. Los resultados revelaron un incremento significativo en todas las variables analizadas favorable a la pista ancha. Se encontró que la dimensión del campo incrementa significativamente la continuidad en situaciones reducidas de voleibol, respectivamente de mayor a menor medida en las variables posesiones, número de contactos, pase de dedos en la primera acción y complejos completados. Se destacó la importancia de considerar no únicamente campos de juego más pequeños, sino también las dimensiones de estos en la iniciación deportiva en voleibol.

**Palabras clave:** diseño cruzado, juegos reducidos, lógica interna, modelos comprensivos, voleibol.

## Introducción

En el ámbito de la enseñanza deportiva, la búsqueda de métodos y estrategias pedagógicas eficaces para potenciar el aprendizaje deportivo plantea un constante desafío (Abad-Robles et al., 2020; Fernández-Espínola et al., 2020; Hernández-Hernández et al., 2016). Las investigaciones más recientes sobre deportes de cooperación-oposición indican que el proceso pedagógico basado en situaciones de juego es un enfoque efectivo (Abad-Robles et al., 2020; Miller, 2015). En este contexto, la investigación que evalúa modelos de enseñanza deportiva ofrece evidencias fundamentales para la formación y desarrollo de las competencias de los participantes (Barba-Martín et al., 2020; Ortiz et al., 2023).

Según los principios de la teoría de la acción motriz, el profesorado y los entrenadores deben conocer en profundidad los rasgos distintivos de la lógica interna del deporte, para introducir modificaciones en las relaciones que el jugador va a establecer con los otros participantes, el espacio, el tiempo y el material (Parlebas, 2001). Esas modificaciones permitirán que los jugadores adapten sus conductas motrices ante nuevos retos que activan de manera unitaria su personalidad (en las dimensiones decisional, afectiva, relacional y orgánica) (Lavega-Burgués, 2007; Ureña-Espa et al., 2022). De esta manera, se establecerá una correspondencia lógica entre las situaciones de enseñanza-aprendizaje y la adquisición de los principios de juego, ejes vertebradores de los modelos de enseñanza basado en el juego (Martínez-Santos et al., 2020; Menezes-Fagundes et al., 2021; Palao-Andrés y Guzmán-Morales, 2008; Ureña-Espa et al., 2022).

Estas adaptaciones de las situaciones de juego aplicadas a partir del modelo comprensivo (*Teaching Games for Understanding*), suelen expresarse mediante dos principios pedagógicos fundamentales: la modificación por representación y por exageración (Thorpe et al., 1986). La modificación por representación implica recrear condiciones similares a las del deporte formal, incorporando habitualmente cambios como, por ejemplo, una reducción del espacio de juego, del número de jugadores, o de la forma de manipulación del material. El objetivo es que los participantes se enfrenten a desafíos semejantes a los que experimentarían en un partido, intentando resolver los problemas planteados mediante la aplicación del conjunto de principios básicos de juego, pero considerando la adaptación de las situaciones de juego a sus capacidades (Thorpe et al., 1986). Por otro lado, la modificación por exageración consiste en resaltar o enfatizar ciertos rasgos internos de una situación de juego con el propósito de destacar un principio de juego determinado o una acción específica. Esta manipulación de los elementos de la lógica interna del juego posibilita la creación de situaciones de aprendizaje específicas, en las cuales los jugadores logran comprender y aplicar de manera más efectiva ciertos principios o acciones estratégicas en comparación con el contexto del deporte formal (Thorpe et al., 1986).

Existen evidencias científicas de los efectos que origina la modificación del espacio sobre el aprendizaje táctico y técnico de los deportes de cooperación-oposición, lo que constituye una temática de interés científico (Rico-González et al., 2020). Los estudios realizados (mayoritariamente en deportes de invasión) constatan una mejora significativa del comportamiento táctico-técnico en fútbol, baloncesto, balonmano, hockey, entre otros (Rocha et al., 2020a). La manipulación del espacio en distintas situaciones de juego origina diferentes efectos en la ocupación, exploración y dominación del campo de juego, la circulación del balón, el rendimiento de acciones técnicas, la toma de decisiones y de comportamientos tácticos específicos (Dello Iacono et al., 2018; Ric et al., 2017; Rico-González et al., 2020; Timmerman et al., 2017).

No obstante, todavía son escasas las investigaciones que examinen los efectos de la modificación de los elementos de la lógica interna en deportes de espacio dividido (Menezes-Fagundes et al., 2024; Palao-Andrés y Guzmán-Morales, 2008; Rocha et al., 2020a). En el caso concreto de deportes como el voleibol, se precisa de más evidencias científicas para demostrar cómo se puede mejorar la adquisición de principios de juego fundamentales en la iniciación deportiva, como la continuidad, la iniciativa y la finalización (Contreras-Jordán et al., 2007; Ureña-Espa et al., 2022).

Los jugadores poco experimentados habitualmente tienen dificultades para mantener secuencias de juego prolongadas. De ahí que aprender a dar continuidad al juego es un saber fundamental en las etapas iniciales (Arias-Estero, 2008; Ureña-Espa et al., 2013, 2022). Esa continuidad en el voleibol consiste en mantener una secuencia ininterrumpida de acciones durante el juego (Ureña-Espa et al., 2013). Por lo tanto, resulta imperativo que las situaciones de aprendizaje propuestas ofrezcan un nivel mínimo de continuidad para garantizar el desarrollo de las habilidades de los jugadores y la comprensión de los principios de juego que se aplican en cada tarea (Arias-Estero, 2008).

Entre los distintos principios de juego, Hopper (1998) define la consistencia como la capacidad de reenviar el móvil al campo contrario, favoreciendo la continuidad de las jugadas. La existencia y pertinencia de este principio de juego subraya la necesidad de proporcionar situaciones de aprendizaje que promuevan la capacidad de mantener un nivel mínimo de continuidad (Ureña-Espa et al., 2013).

Sin embargo, no tenemos conocimiento de que existan investigaciones que hayan examinado explícitamente el efecto de la dimensión de la pista en relación con el principio de juego de la continuidad en la iniciación deportiva. A la luz de este marco teórico, la presente investigación tiene como objetivo evaluar los efectos de las dimensiones del espacio de juego en el principio de juego de continuidad, en la iniciación al voleibol en situaciones reducidas. Se plantea la hipótesis siguiente: en campos de una misma dimensión, aquellos espacios con mayor amplitud generarán mayor continuidad respecto a pistas con mayor profundidad.

## Método

### Participantes

En total participaron 136 estudiantes universitarios con una edad media de 20.85 (DE = 2.44 años), de los cuales 46 mujeres (33.82 %) y 90 hombres (66.18 %). El criterio de inclusión fue que los participantes no tuvieran historial deportivo asociado al voleibol federado. Todos los estudiantes aceptaron participar en el estudio firmando el consentimiento informado. Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética de Investigaciones Clínicas del Consejo Catalán del Deporte en 2022 (Código 011/CEICGC/2022). Además, la presente investigación siguió las directrices éticas establecidas en la Declaración de Helsinki.

Sobre las unidades de observación, se consideraron 38 partidos, lo que totalizó 1,072 puntos analizados, que compusieron la muestra de esta investigación.

### Diseño y procedimientos

Para conocer el efecto de una variable categórica binaria (dimensión del campo) sobre una variable respuesta cuantitativa (continuidad) se aplicó un estudio experimental con un diseño de secuencia cruzada AB-BA (*crossover design*). Se empleó la observación como técnica para la obtención de datos en el marco de la metodología experimental. Los participantes fueron divididos en cinco grupos clase. Cada grupo clase estuvo organizado en equipos compuestos entre tres y cinco jugadores. Para la homogenización de los niveles de juego de los equipos, previamente, se emplearon situaciones de 1 x 1 para clasificarlos por diferentes niveles (de 1 a 8). Esta acción originó la identificación de 38 equipos con un nivel similar.

Cada enfrentamiento se desarrolló en dos espacios de juego distintos, pista ancha y estrecha. La pista ancha tenía unas medidas de seis metros de ancho por cuatro metros y medio de largo (6 m x 4.5 m), mientras que la pista estrecha medía cuatro metros y medio de ancho por seis metros de largo (4.5 m x 6 m). Por lo tanto, el espacio de juego total en cada situación era de 27 m<sup>2</sup>, modificándose las dimensiones de los mismos. De este modo, dos clases (ocho enfrentamientos) realizaron la secuencia ancho-estrecho, mientras que las tres clases restantes (11 enfrentamientos) realizaron la secuencia inversa. Se jugó un set de ocho minutos en cada pista, con un período de lavado (*wash-out*) de cinco minutos entre ambos partidos. Al inicio de la segunda situación, se mantuvo la misma rotación inicial adoptada en la primera situación. Los equipos con más de tres jugadores hicieron cambios constantes de un jugador en cada rotación.

La asignación de la secuencia de pistas adoptada para cada grupo se hizo de manera aleatorizada. Todos los partidos fueron grabados con cámaras Sony Handycam (modelo HDR-CX405) desde un plano picado y en posición perpendicular a la red, para favorecer el posterior análisis observacional.

Las situaciones de juego constaban de enfrentamientos 3 x 3, con las siguientes reglas de acción: saque de seguridad (saque de abajo) o mediante un pase de dedos detrás de la línea de fondo; máximo tres saques por jugador (cuando algún jugador llegaba a esta marca, el equipo hacía una rotación y mantenía el servicio); y cambio de lado cada siete puntos. En ambas situaciones, la red estaba situada a una altura de 2.35 metros.

Se observaron 38 partidos, considerando 19 enfrentamientos entre los equipos en cada una de las pistas. Se utilizó el diseño de la pista como variable independiente y cuatro variables dependientes vinculadas a la continuidad del juego (véase tabla 1).

**Tabla 1**

Descripción de las variables estudiadas.

Rol	Variable	Categorías	Descripción
Independiente	Diseño de la pista	Ancho (A)	Pista de 6 metros de anchura por 4.5 metros de profundidad.
		Estrecho (E)	Pista de 4.5 metros de anchura por 6 metros de profundidad.
Dependiente	Número de contactos totales producidos en cada jugada	C	Cantidad de toques realizados en cada jugada entre ambos equipos.
Dependiente	Posesiones efectuadas por punto	P	Número total de posesiones del balón por equipo ejecutadas en cada jugada.
Dependiente	Complejos de juego completados por punto	K	Frecuencia en que se agotó el número de toques máximos (tres) en cada posesión por jugada.
Dependiente	Número de pases de dedos en la primera acción por punto	T	Cantidad de acciones defensivas efectuadas con pase de dedos en el primer toque en cada jugada.
Covariable	Período	Per	Asignación del período en que se disputa cada set en relación con la intervención (partido uno o partido dos).
Covariable	Secuencia	Sec	Orden de asignación de las pistas en que se disputaron los sets (AE o EA).
Posible variable confundidora	Diferencia del marcador	DM	Diferencia del marcador entre los dos equipos al final de cada set disputado.

AE: ancha-estrecha; EA: estrecha-ancha.

Finalmente, se observaron 1,072 jugadas o rallies a partir del instrumento de observación *ad hoc*, con los criterios de observación expuestos en la tabla 1. El análisis se registró con el programa Microsoft Excel. Para el proceso de fiabilidad del registro observacional, dos observadores hicieron pruebas piloto de forma conjunta para testear el instrumento de observación y, acto seguido, una prueba de fiabilidad en que ambos observadores, de manera independiente, observaron 411 puntos de la muestra (38.34 %), en que se alcanzó un nivel de

concordancia excelente en todas las variables analizadas (contactos por rally: 0.980; posesiones por punto: 0.962; complejos completados por punto: 0.974; pase de dedos en la primera acción: 0.850) (Fleiss, 1986).

### Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se condensaron los 1,072 puntos observados para generar una media referente a cada una de las cuatro variables observadas por partido (véase tabla 2).

**Tabla 2**

*Datos analizados en los modelos mixtos.*

Enf	Per	Sec	Pis	PJ	C	P	K	T	DM	NJ	PH	EM
1	1	AE	A	17	10.8	5.4	2.2	1	0	9	77.8	22.1
1	2	AE	E	22	7.4	3.8	1.4	0.6	10	9	77.8	22.1
2	1	EA	E	27	6.1	3.4	1.1	0.4	3	8	37.5	21
2	2	EA	A	35	5.8	3.2	0.9	0.7	9	8	37.5	21
3	1	AE	A	25	8.1	4.4	1.4	0.8	0	8	62.5	22.7
3	2	AE	E	35	5.3	3	0.8	0.8	7	8	62.5	22.7
4	1	EA	E	26	6.8	3.7	1.3	0.4	5	9	55.6	20.3
4	2	EA	A	32	8.8	4.3	1.9	1	6	9	55.6	20.3
5	1	EA	E	32	7.4	4.1	1.3	0.5	9	6	100	21.7
5	2	EA	A	28	8.3	4.5	1.3	0.9	1	6	100	21.7
6	1	AE	A	33	6.3	3.4	1.2	0.4	12	8	87.5	21.4
6	2	AE	E	22	6.2	3.3	1.1	0.5	1	8	87.5	21.4
7	1	EA	E	24	6.2	3.2	1.3	0.5	4	6	100	20
7	2	EA	A	20	8.1	4.3	1.1	0.9	5	6	100	20
8	1	AE	A	36	6.9	3.8	1.1	1	11	6	100	20.3
8	2	AE	E	30	6.5	3.6	1.0	0.9	1	6	100.0	20.3
9	1	AE	A	33	5.9	3.4	1.1	0.4	4	7	71.4	22.6
9	2	AE	E	25	7.5	3.9	1.3	0.5	8	7	71.4	22.6
10	1	AE	A	25	9.4	4.6	2.0	0.6	3	8	87.5	20.3
10	2	AE	E	29	5.7	3.2	1.0	0.4	3	8	87.5	20.3
11	1	EA	E	28	6.2	3.2	1.3	0.5	2	8	87.5	21.0
11	2	EA	A	27	7.2	3.6	1.5	0.1	5	8	87.5	21.0
12	1	EA	E	24	6.3	3.2	1.4	0.3	7	8	62.5	21.3
12	2	EA	A	27	7.7	4.0	1.5	0.7	3	8	62.5	21.3
13	1	EA	E	36	4.8	2.8	0.8	0.5	13	6	66.7	19.8
13	2	EA	A	37	4.8	3.2	0.5	0.7	8	6	66.7	19.8
14	1	AE	A	30	5.2	2.9	1	0.7	0	7	28.6	19.8
14	2	AE	E	24	3.8	2.4	0.4	0.7	11	7	28.6	19.8
15	1	EA	E	23	6.5	3.7	1	0.7	4	7	28.6	20.2
15	2	EA	A	8	5.3	3.3	0.9	0.8	3	7	28.6	20.2
16	1	AE	A	30	5.3	3.1	0.9	0.6	5	7	57.1	20.8
16	2	AE	E	26	5.5	3	1	0.6	6	7	57.1	20.8
17	1	EA	E	34	4.7	2.7	0.8	0.1	5	6	50	20.2
17	2	EA	A	32	6.8	3.8	1.2	0.5	4	6	50	20.2
18	1	EA	E	37	4.2	2.9	0.4	0.9	9	6	33.3	19.7
18	2	EA	A	30	3.6	2.8	0.1	0.7	5	6	33.3	19.7
19	1	EA	E	31	4.9	2.7	0.8	0.7	10	6	66.7	19.9
19	2	EA	A	32	5.8	3.4	0.8	1.4	2	6	66.7	19.9

Enf: enfrentamiento; Per: período; Sec: secuencia; Pis: pista; PJ: puntos jugados; C: contactos por rally; P: posesiones por punto; K: complejos completados por punto; T: toques de dedos en la primera acción por punto; DM: diferencia de marcador; NJ: número de jugadores en el enfrentamiento; PH: porcentaje de hombres por enfrentamiento; EM: edad media de los jugadores.



Acto seguido, se construyeron cuatro modelos de regresión lineal multinivel de efectos mixtos (*multilevel mixed-effects linear regression*). La variable independiente (exposición) fue la dimensión de la pista, ancha (= 1) y estrecha (= 0). Las variables dependientes (respuesta) fueron número de contactos, posesiones, complejos de juego completados, número de pases de dedos en la primera acción, elementos que reflejan la continuidad del juego. Se consideró el campo estrecho como categoría de referencia a partir de la hipótesis planteada. Las covariables consideradas fueron período y secuencia, y la posible variable de confusión fue la diferencia de marcador al finalizar el partido.

Las covariables período y secuencia originalmente constituyen un estudio de diseño cruzado, donde se busca neutralizar posibles efectos externos sobre las variables dependientes (Doménech, 2017). La covariable período compone el modelo para comprobar que el hecho de haber jugado una situación anterior (período 1) no impacta en los resultados encontrados en la segunda situación (período 2). Esta covariable refleja cómo estos efectos capturan las posibles interacciones entre la intervención, el período y el grupo en las variables observadas. La covariable secuencia pretende asegurar que el orden de disputa de los partidos (ancho-estrecho o estrecho-ancho) no interfiere en las variables observadas (Doménech, 2017). Resultados no significativos en estas covariables apuntan la inexistencia de estos efectos sobre las variables dependientes y proporciona una prueba más robusta del efecto de la variable independiente. Finalmente, en el proceso de regresión, al insertar la posible variable de confusión “diferencia del marcador”, se identificó una

diferencia superior a 5 % en los promedios de las variables dependientes y, por este motivo, fue añadida al modelo como variable de ajuste.

## Resultados

De acuerdo con los datos presentados en la tabla 3, en todos los modelos mixtos se evidenció un incremento significativo en la continuidad de juego en las variables analizadas al jugar en un campo ancho en comparación con una pista estrecha (contactos por punto: 0.874, coeficiente estandarizado = .306, IC del 95 % [0.210, 1.539], posesiones por punto: 0.414, coeficiente estandarizado = .352, IC del 95 % [0.128, 0.699]; complejos completados por punto: 0.181, coeficiente estandarizado = .232, IC del 95 % [0.014, 0.348]; pase de dedos en la primera acción: 0.129, coeficiente estandarizado = .271, IC del 95 % [0.005, 0.252]). Todos los resultados fueron estadísticamente significativos ( $p < .05$ ) y el tamaño del efecto fue moderado en todas las variables estudiadas (Fey et al., 2023).

Los modelos mixtos no presentaron diferencias significativas sobre la covariable período, excepto en la variable toques de dedos en la primera acción defensiva. En este caso, los resultados del período 2 se mostraron influenciados por el período 1. En relación con la covariable secuencia, no se encontró ninguna diferencia significativa en todas las variables, lo que significa que no hubo interferencia en los resultados independientemente del orden de la intervención. Los resultados de los modelos mixtos, y la estandarización de los coeficientes obtenidos, pueden ser consultados en las tablas 3 y 4, respectivamente.

**Tabla 3**

Efecto de las dimensiones del campo sobre las variables de continuidad (modelos mixtos).

Variables	Categorías	Coeficiente	Error estándar	z	p	Intervalo de confianza
Contactos por punto	Pista					
	Estrecha	(base)				
	Ancha	.874	.339	2.58	.010*	[.210, 1.539]
	Secuencia					
	AE	(base)				
	EA	-.370	.566	-0.65	.514	[-1.480, .740]
	Período					
	1	(base)				
	2	-.129	.339	-0.38	.702	[-.794, .534]
	Constante	6.803	.573	11.86	.000	[5.679, 7.928]

\*  $p < .05$ ; A: ancho; E: estrecho; AE: secuencia ancho-estrecho; EA: secuencia estrecho-ancho.

**Tabla 3** (Continuación)*Efecto de las dimensiones del campo sobre las variables de continuidad (modelos mixtos).*

Variables	Categorías	Coefficiente	Error estándar	z	p	Intervalo de confianza
Posesiones por punto	Pista					
	Estrecha	(base)				
	Ancha	.414	.145	2.85	.004*	[.128, .699]
	Secuencia					
	AE	(base)				
	EA	-.089	.223	-0.40	.688	[-.526, .347]
	Período					
	1	(base)				
	2	.013	.145	0.09	.925	[-.271, .298]
	Constante	3.635	.234	15.51	.000	[3.176, 4.094]
Complejos completados por punto	Pista					
	Estrecha	(base)				
	Ancha	.181	.085	2.12	0.034*	[.014, .348]
	Secuencia					
	AE	(base)				
	EA	-.110	.163	-0.67	0.500	[-.431, .210]
	Período					
	1	(base)				
	2	-.116	.085	-1.37	.171	[-.284, .050]
	Constante	1.269	.157	8.07	.000	[.961, 1.578]
Toque de dedos en la primera acción defensiva	Pista					
	Estrecha	(base)				
	Ancha	.129	.063	2.04	0.041*	[.005, .252]
	Secuencia					
	AE	(base)				
	EA	-.015	.092	-0.17	0.864	[-.196, .164]
	Período					
	1	(base)				
	2	.142	.063	2.26	.024*	[.018, .266]
	Constante	.576	.099	5.82	.000	[.382, .770]

\*  $p < .05$ ; A: ancho; E: estrecho; AE: secuencia ancho-estrecho; EA: secuencia estrecho-ancho.**Tabla 4***Estandarización de los coeficientes de los efectos de la dimensión de las pistas sobre la continuidad.*

Variables	Contactos por punto	Posesiones por punto	Complejos completados por punto	Toque de dedos en la primera acción defensiva por punto
Pista estrecha (Narrow)	(base)			
Pista ancha (Wide)	.306	.352	.232	.271
Secuencia WN	(base)			
Secuencia NW	-.136	-.089	-.144	-.041
Período 1	(base)			
Período 2	-.026	.030	-.128	.298

WN: ancho-estrecho; NW: estrecho-ancho.

## Discusión

Este artículo evaluó el efecto de las dimensiones del espacio de juego en el principio de juego de continuidad en la iniciación al voleibol en situaciones reducidas. Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas favorables a la pista ancha en todas las variables relacionadas con la continuidad del juego (número de contactos, número de posesiones, número de complejos completados y número de pases de dedos en el primer toque por punto).

Al someter estos datos al proceso de homogenización de coeficientes, el efecto más pronunciado se manifestó en la variable posesiones por punto, seguido por número de contactos por punto. Considerando que se obtuvo un tamaño de efecto medio en todas las variables, podemos concluir que la pista ancha ha propiciado una mayor continuidad en comparación con la pista de mayor longitud.

No se han encontrado artículos científicos que hayan investigado específicamente la incidencia de la configuración del espacio de juego sobre el principio de continuidad. No obstante, se han identificado investigaciones que han encontrado correlaciones significativas en los efectos de la configuración y uso del espacio sobre la calidad del juego en voleibol, que remiten a variables ligadas a la continuidad (Barsingerhorn et al., 2013; Gil-Arias et al., 2016; Jorge Rodrigues et al., 2022; Paulo et al., 2016; Rocha et al., 2020a, 2020b).

Hallazgos afines a los nuestros fueron identificados por Rocha et al. (2020a) que compararon el comportamiento técnico-táctico en el *side out* (recepción, colocación y ataque) de juveniles masculinos en dos situaciones de 2 x 2 en espacio reducido (pista de 3 metros de largo por 3 metros de ancho y pista de 2 metros de largo por 4.5 de ancho). Se observa que al emplear la pista con más amplitud se mejora de manera significativa la ejecución técnica, el ajuste y la toma de decisiones en el *side out*. En cambio, al jugar en la pista cuadrada, los jugadores mejoran la efectividad de la recepción. Los autores sugieren que una pista más corta permite un mejor desempeño técnico en la recepción (Rocha et al., 2020a). En línea con nuestros hallazgos, es plausible afirmar que, al crear situaciones en pistas más anchas que largas, que favorecen la ejecución, el ajuste y la toma de decisiones en el primer toque, se potencia la continuidad del juego.

A diferencia de nuestro estudio, en que ambas pistas tenían la misma área total (27 m<sup>2</sup>), otros estudios analizaron el efecto de pistas de distintos tamaños sobre variables del juego. Jorge Rodrigues et al. (2022) compararon el desempeño táctico-técnico de jugadores principiantes en cuatro pistas de voleibol de distintos tamaños (3.0 x 3.0 m, 4.0 x 4.0 m, 4.6 x 4.6 m y 5.2 x 5.2 m). Los resultados obtenidos indican que en pistas más reducidas se mejora la ejecución de las acciones defensivas, al generar desplazamientos más cortos y facilitar el ajuste de sus intervenciones. Sin embargo, se identificó una disminución en la efectividad de los ataques, atribuible a la mayor exigencia de precisión en la ejecución de estas acciones debido al uso de un espacio limitado. Por otro lado, pistas más grandes

proporcionaron mejores resultados en efectividad y tomas de decisión, especialmente en acciones ofensivas.

De igual manera, Gil-Arias et al. (2016) implementaron una unidad didáctica centrada en el voleibol, donde se manipularon diversos elementos de su lógica interna (el espacio de juego, la altura de la red y el número de participantes). El objetivo fue evaluar los efectos de estas modificaciones en la eficacia y la toma de decisiones del ataque en escolares. Los resultados obtenidos indicaron una mejora significativa en las variables analizadas. En relación con el espacio de juego, especialmente en las etapas iniciales del proceso, se ha observado que pistas más extensas promueven la toma de decisiones y la ejecución de ataques. Esto se debe principalmente al mayor espacio que se crea entre los defensores, facilitando así la identificación de espacios vacíos.

Sin embargo, Barsingerhorn et al. (2013) observaron que la trayectoria del balón influye en la elección de la acción a emplear, indicando que existe mayor dificultad en realizar recepciones que requieren un desplazamiento previo al contacto. Estos resultados ayudan a fortalecer la idea de que la dimensión y configuración del espacio de juego incide en el comportamiento motor de los jugadores.

En relación con la continuidad en voleibol 6 x 6, en categorías infantil y adulto, otros estudios han identificado que, aproximadamente, una cuarta parte de los puntos jugados se pierden exclusivamente debido a la falta de continuidad, principalmente por descoordinación del equipo en el *side out* (complejo I) o por dificultad en la ejecución de la primera acción (Callejón-Lirola, 2006; Ureña-Espa et al., 2013).

Respecto a la falta de coordinación en el equipo, nuestros hallazgos sugieren que el uso de situaciones reducidas en espacios con más amplitud que longitud parecen fomentar la ejecución de los tres toques permitidos por posesión, ya que se observó un incremento en la cantidad de complejos completados. Este resultado, combinado con el aumento en el número de posesiones y de contactos en cada jugada, indica que la pista ancha pareció estimular más al juego colectivo que la pista estrecha.

Referente a la dificultad de realizar la primera acción, diferentes estudios han profundizado sobre este tema (Afonso et al., 2009, 2012; Barsingerhorn et al., 2013; Paulo et al., 2016). Afonso et al. (2009) encontraron que la utilización de pases de dedos aumenta las probabilidades tener éxito en la recepción del balón en situaciones reales de juego con jugadores profesionales.

Sobre los tipos de pase empleados en la primera acción, Paulo et al. (2016) concluyeron que una posición inicial de recepción más avanzada favorece el uso de toques de dedos en situaciones descontextualizadas entre jugadores expertos. En nuestra investigación, no hemos considerado la posición de los jugadores, pero se intuye que la pista ancha naturalmente genera una posición más adelantada en relación con la pista estrecha, ya que los jugadores suelen posicionarse centrados respecto al espacio de juego.

En el estudio que llevamos a cabo, hemos encontrado que se realizan más acciones de dedos en la pista ancha en comparación con la pista estrecha. Barsingerhorn et al. (2013) constataron que el toque de antebrazos se utiliza con mayor frecuencia en situaciones que requieren un mayor desplazamiento, especialmente cuando los balones se dirigen hacia la zona delantera. Por otro lado, sus resultados no mostraron diferencias significativas en la efectividad entre el empleo del pase de dedos y pase de antebrazos.

Sin embargo, la aplicación del diseño cruzado AB-BA mostró que la variable toque de dedos en la primera acción presentó un efecto no sistemático. Se ha observado que, en promedio, se emplea con mayor frecuencia el pase de dedos en la segunda situación de manera sistemática, sin importar el orden utilizado. Esto significa que existió algún tipo de aprendizaje entre las dos situaciones planteadas que fomentó sistemáticamente el uso del toque de dedos en el segundo partido. Por lo tanto, a partir de los datos que obtuvimos, no podemos afirmar que es la variable amplitud de la pista la que favorece el uso del pase de dedos, pues puede haber otras variables que potencian este efecto. Para siguientes estudios de diseño cruzado, sugerimos un tiempo de lavado (*wash-out*) más largo para neutralizar posibles efectos de aprendizaje de la situación uno sobre la situación dos.

## Conclusiones

Este estudio confirma que la configuración del espacio de juego influye significativamente en la continuidad de las acciones de juego en voleibol. Este hallazgo fortalece la hipótesis de que al modificar la lógica interna de las situaciones de juego se generan distintos impactos en los participantes. De ahí que sea conveniente incorporar diferentes criterios para seleccionar y proponer las situaciones de aprendizaje (Gil-Arias et al., 2016).

La lógica interna de cualquier deporte exige a los participantes resolver problemas referidos a la relación con los demás, el espacio, el material y el tiempo. Comprender los efectos que origina la modificación de alguna de estas relaciones sobre la conducta motriz es un factor clave para favorecer programas de iniciación deportiva personalizados (Gil-Arias et al., 2016; Martínez-Santos et al., 2020; Menezes-Fagundes et al., 2021; Parlebas, 2020).

Según la literatura específica, analizar diseños cruzados a partir de varias pruebas *t* de Student es un procedimiento adecuado para estudios de diseño cruzado simples (Doménech, 2017). Este análisis estadístico permite incluir en el modelo las variables independientes y dependientes, las covariables período y secuencia, además de otras posibles covariables como diferencia de marcador, género, edad media.

Este estudio presenta ciertas limitaciones, entre las cuales se destaca la ausencia de un grupo de control. Hubiera sido factible proponer en este estudio la inclusión de un grupo que participara

en una pista de 5 m x 5 m. Asimismo, el corto periodo de lavado de cinco minutos también puede haber interferido en el efecto no sistemático observado en la variable toque de dedos en la primera acción. No obstante, es importante señalar que esta pista no tendría la misma superficie en metros cuadrados que las utilizadas en el estudio. Para futuras investigaciones, se podría contemplar la utilización de la pista estándar de mini voleibol como grupo de control. Además, sería pertinente explorar diseños alternativos de pistas anchas y estrechas que mantengan un área igual o similar de 36 m<sup>2</sup> que posee la pista estándar (6 m x 6 m), para posibilitar comparaciones entre diseños de pista (5.08 m x 7.1 m y 7.1 m x 5.08 m, por ejemplo).

Sugerimos la realización de nuevas investigaciones para ampliar la comprensión de los efectos del espacio de juego en diversos deportes de espacio dividido. Además, sería interesante explorar como influye la modificación de otros factores de la lógica interna sobre las conductas motrices de los jugadores al intentar apropiarse de los principios de juego de los deportes.

A pesar de ser un estudio experimental y que se homogeneizaron los grupos según su nivel de juego, hubo partidos en que la diferencia del marcador al final del partido fue muy dispar entre los dos equipos. Por ello, al introducir la covariable diferencia de marcador en el modelo mixto, observamos diferencias superiores a un 5 % en la media de todas las variables estudiadas. Esto significa que la diferencia del marcador debe ser considerada puesto que ajusta los resultados obtenidos. Recomendamos que futuros estudios que quieran analizar la continuidad deberían considerar la diferencia de marcador como posible variable de ajuste.

La consistencia de los resultados en las variables estudiadas respalda la relevancia de las dimensiones del espacio en la enseñanza del voleibol. Los resultados corroboran la hipótesis planteada de que pistas de juego más anchas y cortas pueden favorecer más la continuidad que campos de juego más estrechos y largos. Este hallazgo proporciona informaciones interesantes para el diseño de situaciones de juego dirigidos a optimizar la iniciación deportiva de los jugadores empleando situaciones reducidas en deportes de espacio dividido.

## Agradecimientos

Este trabajo fue respaldado por el Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC) de la Generalitat de Catalunya (Cataluña, España).

## Referencias

- Abad-Robles, M. T., Collado-Mateo, D., Fernández-Espínola, C., Castillo-Viera, E., & Giménez-Fuentes-Guerra, F. J. (2020). Effects of Teaching Games on Decision Making and Skill Execution: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020505>
- Afonso, J., Esteves, F., Araújo, R., Thomas, L., & Mesquita, I. (2012). Tactical Determinants of Setting Zone in Elite Men's Volleyball. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(1), 64–70.



- Afonso, J., Moraes, J. C., Mesquita, I., Marcelino, R., & Duarte, T. C. (2009). Relationship between reception effect, attack type and attack tempo with performance level in high-level men's volleyball. *Journal of Sports Sciences*, 27, S168.
- Arias-Estero, J. L. (2008). The process of training from the team sport initiation based on the expert characteristics. *Retos*, 13, 28–32. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i13.35024>
- Barba-Martín, R. A., Bore-García, D., Hortigüela-Alcalá, D., & González-Calvo, G. (2020). The Application of the Teaching Games for Understanding in Physical Education. Systematic Review of the Last Six Years. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3330. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093330>
- Barsingerhorn, A. D., Zaal, F. T., De Poel, H. J., & Pepping, G.-J. (2013). Shaping decisions in volleyball An ecological approach to decision-making in volleyball passing. *International Journal of Sport Psychology*, 44(3), 197–214. <https://doi.org/10.7352/IJSP.2013.44.197>
- Callejón-Lirola, D. (2006). Estudio y análisis de la participación técnico-táctica del jugador líbero en el Voleibol masculino de alto rendimiento. *Tesis doctorales*, 15, Article 15. <https://www.cafyd.com/REVISTA/ojs/index.php/bddcafyd/article/view/126>
- Contreras-Jordán, O. R., García, L. M. L., Campo, D. G. D. del, Díaz, M. S. del V., & Rubio, R. M. A. (2007). *Iniciación a los deportes de raqueta. La enseñanza de los deportes de red y muro desde un enfoque constructivista*. Paidotribo.
- Dello Iacono, A., Martone, D., Zagatto, A. M., Meckel, Y., Sindiani, M., Milic, M., & Padulo, J. (2018). Effect of contact and no-contact small-sided games on elite handball players. *Journal of Sports Sciences*, 36(1), 14–22. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1276296>
- Doménech, J. M. (2017). *Fundamentos de Diseño y Estadística. UD 14. Medida del cambio: Análisis de diseños con medidas intrasujeto* (18th ed.). Signo.
- Fernández-Espínola, C., Abad Robles, M. T., & Giménez Fuentes-Guerra, F. J. (2020). Small-Sided Games as a Methodological Resource for Team Sports Teaching: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), E1884. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061884>
- Fey, C. F., Hu, T., & Delios, A. (2023). The Measurement and Communication of Effect Sizes in Management Research. *Management and Organization Review*, 19(1), 176–197. <https://doi.org/10.1017/mor.2022.2>
- Fleiss, J. L. (1986). *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118032923>
- Gil-Arias, A., Moreno-Arroyo, M. P., Claver-Rabaz, F., Moreno-Domínguez, A., & Del Villar-Álvarez, F. (2016). Manipulation constraints of the task in Physical Education: A proposal from nonlinear pedagogy. *Retos*, 29, 22–27. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i29.34612>
- Hernández-Hernández, E., Ortega-Toro, E., Mayordomo-Valera, M., & Palao-Andrés, J. M. (2016). Efecto de distintos planteamientos metodológicos en clases de educación física sobre el aprendizaje de tres habilidades de voleibol. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 5(2), 59–68. <https://doi.org/10.6018/264661>
- Hopper, T. (1998). Teaching games for understanding using progressive principles of play. *Journal CAHPERD*, 64 (3), 4-7.
- Jorge Rodrigues, M. C., Rodrigues Rocha, A. C., Barbosa Lira, C. A., Figueiredo, L. S., Vilela Lima, C. O., Laporta, L., & De Conti Teixeira Costa, G. (2022). How small-sided games' court dimensions affect tactical-technical behavior in beginner volleyball athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17(6), 1385–1395. <https://doi.org/10.1177/17479541211058447>
- Lavega-Burgués, P. (2007). El juego motor y la pedagogía de las conductas motrices motor games and pedagogy of motor conducts. *Conexões*, 5(1), 27–41. <https://doi.org/10.20396/conex.v5i1.8637977>
- Martínez-Santos, R., Founaud, M. P., Aracama, A., & Oiarbide, A. (2020). Sports Teaching, Traditional Games, and Understanding in Physical Education: A Tale of Two Stories. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.581721>
- Menezes-Fagundes, F., Mallén-Lacambra, C., Salas-Santandreu, C., & Lavega-Burgués, P. (2024). Scientific production on the application of comprehensive models in net sports: A systematic review. *Retos*, 52, 421–431. <https://doi.org/10.47197/retos.v52.102247>
- Menezes-Fagundes, F., Ribas, J. F. M., Salas-Santandreu, C., & Lavega-Burgués, P. (2021). Teaching for understanding the internal logic of sports: a perspective based on Teaching Games for Understanding and Motor Praxiology. *Movimento (Porto Alegre)*, 27, e27079. <https://doi.org/10.22456/1982-8918.116643>
- Miller, A. (2015). Games Centered Approaches in Teaching Children & Adolescents: Systematic Review of Associated Student Outcomes. *Journal of Teaching in Physical Education*, 34(1), 36–58. <https://doi.org/10.1123/jtpe.2013-0155>
- Ortiz, M., Meroño, L., Morales-Belando, M. T., Vaquero-Cristóbal, R., & González-Gálvez, N. (2023). Teaching Games for Understanding in Game Performance and Psychosocial Variables: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Control Trial. *Children*, 10(3), 573. <https://doi.org/10.3390/children10030573>
- Palao-Andrés, J. M., & Guzmán-Morales, S. (2008). Effect of net presence and ball type on student participation and perception of tasks for initiation in volleyball. *Apunts Educación Física y Deportes*, 94, 37–44.
- Parlebas, P. (2001). *Juegos, deporte y sociedades: Léxico de praxiología motriz* (1ª ed., 2ª reimp.). Paidotribo.
- Parlebas, P. (2020). The Universals of Games and Sports. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.593877>
- Paulo, A., Zaal, F. T. J. M., Fonseca, S., & Araújo, D. (2016). Predicting Volleyball Serve-Reception. *Frontiers in Psychology*, 7. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01694>.
- Ric, A., Torrents, C., Gonçalves, B., Torres-Ronda, L., Sampaio, J., & Hristovski, R. (2017). Dynamics of tactical behaviour in association football when manipulating players' space of interaction. *PLoS ONE*, 12(7), e0180773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180773>
- Rico-González, M., Pino-Ortega, J., Nakamura, F. Y., Moura, F. A., & Los Arcos, A. (2020). Identification, Computational Examination, Critical Assessment and Future Considerations of Distance Variables to Assess Collective Tactical Behaviour in Team Invasion Sports by Positional Data: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 1952. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061952>
- Rocha, A. C. R., Castro, H. de O., Freire, A. B., Faria, B. C., Mitre, G. P., Fonseca, F. de S., Lima, C. O. V., & Costa, G. D. C. T. (2020b). Analysis of the small-sided games in volleyball: An ecological approach. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 22, e70184. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e70184>
- Rocha, A. C. R., Freire, A. B., Silva Junior, A. B. da, Martins, L. R., Maia, M. P., Mitre, G. P., Castro, H. de O., & Costa, G. D. C. T. (2020a). How context influences the tactical-technical behavior of learners: The case of volleyball. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 22, e59461. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e59461>
- Thorpe, R., Bunker, D., & Almond, L. (1986). *Rethinking games teaching*. Loughborough: University of Technology.
- Timmerman, E. A., Farrow, D., & Savelsbergh, G. J. P. (2017). The effect of manipulating task constraints on game performance in youth field hockey. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 12(5), 588–594. <https://doi.org/10.1177/1747954117727659>
- Ureña-Espa, A., León, J., & González-Ortiz, M. (2013). Estudio sobre la continuidad del juego en el voleibol masculino infantil. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(49): 149–162 <https://digibug.ugr.es/handle/10481/37349>
- Ureña-Espa, A., Millán-Sánchez, A., & Moreno, M. P. A. (2022). Modelo dual convergente para la iniciación al voleibol: 20 aplicaciones prácticas. *JUMP*, 5, 43–67. <https://doi.org/10.17561/jump.n5.5>

**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)