

**UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA**



*TESIS DOCTORAL*

**ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL  
FÚTBOL PROFESIONAL: LA INFLUENCIA DE  
VARIABLES CONTEXTUALES**

---

**JOSÉ CARLOS PONCE BORDÓN**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DEPORTE**

**CONFORMIDAD DE LOS DIRECTORES**

“Esta tesis cuenta con la autorización del director/a y codirector/a de la misma y de la Comisión Académica del programa. Dichas autorizaciones constan en el Servicio de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Extremadura.”

**Dr. Tomás  
García Calvo**

**Dr. Juan José  
Pulido González**

---

**2024**



## AGRADECIMIENTOS

La verdad es que no sé muy bien cómo empezar. Es cierto que para estas cosas no estudiamos demasiado o no nos formamos lo suficiente. De ahí la dificultad para expresar estas palabras. Soy fiel creyente de que la vida son decisiones, algunas más importantes y otras más banales, pero como el aleteo de una mariposa, todas dejan su huella en la posteridad. Creo que el origen de todo se remonta a hace justo 10 años, donde aquel chaval de 18 años no sabía qué quería ser de mayor. En una sociedad donde sacar buenas notas te autoimpone ciertas profesiones, aquellos 3 suspensos que tuve en selectividad creo que fueron de las mejores cosas que me han pasado en la vida, porque me alejaron de esas profesiones y me trajeron, en parte, hasta dónde estoy hoy. A la ciudad de Cáceres. A estudiar Ciencias del Deporte. A día de hoy, creo que no pude tener una elección mejor. A pesar de que no haya practicado mucho deporte en estos últimos años, ahora sí tengo claro que es a lo que quiero dedicarme el resto de mi vida.

Gracias a la ciudad de Cáceres y al deporte he conocido a personas maravillosas y he vivido momentos inolvidables durante estos años, de los cuales no me puedo olvidar. En primer lugar, gracias a mis compañeros de la XX promoción del Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y, en especial, a los que considero mis amigos, entre otros: Diego, Iván, Manu y Juande. Creo que podemos sentirnos orgullosos de ser de los pocos grupos de amigos que se formaron en aquella promoción, diferentes entre nosotros, pero con muchos objetivos en común. Hemos intentado solucionar el mundo muchas noches. O, incluso, cambiar el plan académico de la carrera entero, pero como siempre, hemos terminado bebiéndonos otra cerveza. Las suficientes como para tener la certeza de que, por más que pasen los años, siempre podré contar con vosotros. Gracias.

Pero, especialmente importante son las personas que han compartido más tiempo conmigo durante estos años. La cual considero que no es tarea fácil. Gracias, Iván y Diego. Tantos años en aquel piso que llamábamos “La Cueva” han dado para mucho. Aun no entiendo cómo el SAFYDE no nos ha convalidado ningún crédito ECTS con la cantidad de deportes que hemos practicado en él. Gracias por todo, de verdad. Si bien es cierto, 10 años dan para mucho. Incluso para hacer turismo por los pisos de Cáceres año tras año, donde en ocasiones te encuentras con personas con las que merece la pena pasar incluso algún que otro año más en esa situación. Por eso, gracias, Ramón, Víctor y Edu por estos últimos años y quién sabe por cuántos más.

Como decía, a pesar de que no he practicado mucho deporte en estos últimos años, mi otra profesión me ha permitido seguir ligado a él de manera muy directa. Gran parte del tiempo de esta tesis doctoral lo he disfrutado también como preparador físico. Por eso, me gustaría agradecer desde aquí todo el tiempo que he pasado con todos los jugadores a los que he tratado de ayudar para mejorar su rendimiento, lo que creo que es el fin principal de la preparación física y no otro. Con el paso de los años he entendido que uno de los objetivos de los trabajos en grupo de la carrera era aprender a colaborar y trabajar en equipo con el resto de los compañeros en grupos multidisciplinarios, como es el caso de un cuerpo técnico. En este sentido, he tenido la suerte de trabajar con grandes personas y entrenadores, los cuales algunos se han convertido también en mis amigos. Gracias Rai y Alex por todos los momentos vividos con el balón de por medio, algunos buenos y otros no tan buenos, pero siempre con muchas risas de por medio, las cuales espero que las podamos seguir viviendo.

El fútbol es un deporte de equipo, y como tal, creo que estoy en el mejor. Gracias al grupo ACAFYDE por las innumerables cosas que hay que hacer siempre (ahora más con las listas de tareas de grupo), y por los buenos momentos vividos

durante estos años. Pero en especial a las personas que lo componen y que me han acompañado durante estos años: a los actuales doctorandos, como Rubén o Ana, a los cuales les deseo lo mejor durante su etapa predoctoral, a David, que espero poder ayudarte todo lo posible en esta etapa y que deseo que tus intereses se hagan realidad, lo cual estoy convencido que será cuestión de tiempo. A Fran, por enseñarme con escasos comentarios a ser meticulosos en nuestro trabajo. Aún recuerdo aquella mañana de domingo donde yo, tranquilamente, comiéndome unos churros con chocolate recibí un correo tuyo donde me decías que podíamos jugar al juego de las 7 diferencias al comparar el formato de dos tablas. Ahí entendí que este trabajo era un poco más serio de lo que pensaba. A David Sánchez, por ese humor negro tan característico que yo todavía no termino de pillar; a Inma, por esa manera de organizar las cosas y facilitar el trabajo a la gente entre tanto caos, Rosa, he de decirte que tienes mucha suerte con tu directora de tesis. A Jesús, por sus chistes malos y su ayuda desinteresada siempre que la he necesitado. A Tapia, por los innumerables consejos y ayuda sobre los preciosos y no para nada aburridos trámites administrativos. A ti, Miguel. Durante estos años has sido para mí más que un compañero de trabajo o un simple amigo. Te has convertido en un confidente y alguien a quien admiro. Sobre todo, a las tres de la tarde, cuando eres capaz de ponerte a trabajar después de comer sin dormir la siesta. A pesar de que discutamos o nos peguemos voces, nunca olvidaré todo lo que has hecho por mí cuando lo he necesitado. Y no hablo del tiempo.

Por último, y no menos importante, gracias a mis directores de tesis. Sois los artífices de que este barco llegue a su orilla. Gracias, Pulido, por tu tiempo dedicado en mis dudas, sé que en ocasiones puedo parecer pesado, por tus chistes y tus consejos más personales. A veces, son los más importantes. Si me hubieras hecho tu famosa pregunta sobre dónde queremos vernos en 5 años hace 5 o, incluso, 10 años, ahora tengo claro

que la respuesta sería estar aquí y haber hecho este recorrido. Y eso, en parte, es gracias a vosotros.

Tomás, mejor no le decimos a esta gente a las horas a las que hemos llegado a hablar durante estos últimos años. Yo creo que completo las 12 manecillas del reloj. Y todo eso por un artículo o cuestiones, incluso, menos importantes. Por tanto, gracias. Pero sobre todo por haber dedicado tiempo a formarme o a que aprenda todo tipo de análisis, los cuales algunos espero comprender en un futuro cercano. O, más importante, incluso, por permitir que la mayoría de las personas (por no decir todas) que entran en el grupo a trabajar con nosotros tengan un futuro mejor del que tenían cuando entraron. No es tarea fácil. Y mucho menos sabiendo la incertidumbre de la investigación.

Todo esto es muy bonito, pero he de reconocer también que tengo otros amigos y otros seres queridos fuera de la ciudad de Cáceres, con los que he crecido y he pasado gran parte del tiempo antes de venir aquí, como son mis amigos del pueblo. Por todo ello, gracias también a todas las personas que he conocido durante estos años. En especial a una que conocí por casualidad y que se ha convertido en parte importante de mi vida. A pesar de que el método científico sea muy riguroso, tú me estás enseñando a valorar cuestiones más abstractas, no seguir tantas normas, pararnos a pensar y disfrutar un poco más de la vida. En ocasiones tarea difícil entre tanto *paper*. Laura, gracias por haber añadido color a mi vida, un lugar donde sólo había grises.

En definitiva, hoy acaba una etapa importante en mi vida. Sin embargo, yo no estaría aquí si no fuera por el esfuerzo que hicieron en su día, han hecho y hacen dos personas para haber sacado adelante a su familia. Cada uno, a vuestra manera, habéis utilizado los recursos que la vida os ha dado para que nosotros tengamos unos mejores. Como dice la canción de Revolver, gracias, mamá y papá por vuestra búsqueda continua hacia el dorado. No quería olvidarme de mi hermana. Gracias, María. Por estar y ser un

apoyo para mí, aunque, en ocasiones pienses que es al revés. Eres una persona empática y conciliadora. Es cierto que eso no da dinero, pero en la sociedad, ante tanta indiferencia, y en tu profesión especialmente, eso vale oro. Espero y deseo que seas muy feliz en tu vida, en la cual siempre estaré para seguir ayudándote como he hecho hasta ahora.

¡Gracias a todas las personas que durante estos años me han prestado parte de su tiempo para que consiga mis objetivos, aunque no hayan sido nombradas, soy consciente de que esto no lo he conseguido yo solo!

## AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

La presente tesis doctoral ha sido realizada gracias al apoyo de la Fundación Fernando Valhondo Calaff de Cáceres (Extremadura) a través de un contrato de investigación para el desarrollo de tesis doctorales en la Universidad de Extremadura.



# Fundación Valhondo

Este trabajo también ha sido realizado gracias a la Ayuda de Grupos de Investigación de la Junta de Extremadura (Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital) con la aportación de la Unión Europea a través de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional, una manera de hacer Europa.



**JUNTA DE EXTREMADURA**  
Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<i>ÍNDICE DE ARTÍCULOS</i> .....	17
<i>RESUMEN</i> .....	21
<i>ABSTRACT</i> .....	27
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	33
ESTRUCTURA DE LA TESIS DOCTORAL .....	36
<i>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO</i> .....	42
LA TECNOLOGÍA EN EL ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL .....	42
EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO FÍSICO .....	50
RENDIMIENTO FÍSICO Y VALORES DE REFERENCIA.....	53
LOS FACTORES CONTEXTUALES DURANTE LOS PARTIDOS.....	56
LOS FACTORES CONTEXTUALES DURANTE LA TEMPORADA.....	60
OBJETIVOS GENERALES.....	64
<i>CAPÍTULO 2: EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL EUROPEO</i> .....	66
ARTÍCULO 1.....	66
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	66
MÉTODO.....	67
RESULTADOS .....	74
<i>CAPÍTULO 3: INFLUENCIA DE ASPECTOS REGLAMENTARIOS SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL</i> .....	91
ARTÍCULO 2.....	91
OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS .....	91
MÉTODO.....	92
RESULTADOS .....	95
<i>CAPÍTULO 4: LA INFLUENCIA DE VARIABLES CONTEXTUALES DURANTE LOS PARTIDOS</i> .....	98
ARTÍCULO 3.....	98
OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS .....	98
MÉTODO.....	99
RESULTADOS .....	102
ARTÍCULO 4.....	107
OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS .....	107
MÉTODO.....	108
RESULTADOS .....	111
TRABAJO COMPLEMENTARIO .....	116
OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS .....	116
MÉTODO.....	116
RESULTADOS .....	120
<i>CAPÍTULO 5: INFLUENCIA DE VARIABLES CONTEXTUALES DURANTE LA TEMPORADA</i> .....	131
ARTÍCULO 5.....	131
OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS .....	131

MÉTODO.....	132
RESULTADOS .....	136
<b>ARTÍCULO 6.....</b>	<b>150</b>
OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS .....	150
MÉTODO.....	151
RESULTADOS .....	155
<b><i>CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN.....</i></b>	<b><i>168</i></b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>168</b>
EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL EUROPEO ..	168
INFLUENCIA DE ASPECTOS REGLAMENTARIOS SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL .....	174
INFLUENCIA DE VARIABLES CONTEXTUALES DURANTE LOS PARTIDOS .....	177
INFLUENCIA DE VARIABLES CONTEXTUALES DURANTE LA TEMPORADA .....	188
<b>DISCUSIÓN GENERAL .....</b>	<b>197</b>
<b><i>CAPÍTULO 7: FORTALEZAS, LIMITACIONES Y PROSPECTIVAS DE FUTURO</i></b>	<b><i>205</i></b>
.....	205
<b>FORTALEZAS .....</b>	<b>205</b>
<b>LIMITACIONES Y PROSPECTIVAS DE FUTURO.....</b>	<b>207</b>
<b><i>CAPÍTULO 8: APLICACIONES PRÁCTICAS Y CONCLUSIONES .....</i></b>	<b><i>212</i></b>
<b>APLICACIONES PRÁCTICAS .....</b>	<b>212</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>217</b>
<b>FINAL CONCLUSIONS .....</b>	<b>221</b>
<b><i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</i></b>	<b><i>225</i></b>
<b>ARTÍCULOS ORIGINALES</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Ejemplos de búsqueda en bases de datos. ....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 2. Evaluación de la calidad metodológica. ....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 3. Evaluación de la calidad metodológica de los artículos incluidos en la revisión sistemática. ....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 4. Características de los estudios y resultados del análisis de rendimiento físico de partidos para la TD y la TD relativa, para partidos completos y cada una de las partes (M ± SD). ....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 5. Resultados del análisis de rendimiento físico de partidos para la distancia de carrera de alta velocidad, para partidos completos y cada una de las partes (M ± SD). .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 6. Resultados del análisis de rendimiento físico de partidos para la TD y la TD relativa por posición de juego (M ± SD). ....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 7. Resultados del análisis de rendimiento físico de partidos para la HSR por posición de juego (M ± SD). ....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 8. Resultado del análisis de rendimiento físico de partidos para la TD y la TD relativa por rango de años. ....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 9. Medidas de resumen del rendimiento físico por liga para la TD y la TD relativa, para partidos completos (M ± SD). ....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 10. Comparación de las demandas físicas de los partidos entre temporadas con VAR (Temporada 2018/19) y temporadas sin VAR (Temporada 2017/18) en Primera División española. ....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 11. Rendimiento físico en función de la calidad del adversario en Primera División española. ....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 12. Rendimiento físico en función de la calidad del adversario en Segunda División española. ....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 13. Diferencias de la TD específica de cada posición con y sin posesión del balón según la evolución del marcador. ....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 14. Diferencias de la HSR específico de cada posición con y sin posesión del balón según la evolución del marcador. ....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 15. Diferencias en el rendimiento físico entre distintos escenarios y posiciones de juego. ....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 16. Diferencias en el rendimiento físico entre los distintos escenarios según la localización del partido. ....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 17. Diferencias en el rendimiento físico de los partidos entre distintos escenarios según el estado de los equipos con desventaja numérica. ....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 18. Modelo nulo de las distancias recorridas a diferentes rangos de velocidad en los partidos de los equipos de fútbol españoles. ....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 19. Modelo lineal mixto de las distancias recorridas en los partidos por fases de la temporada para equipos de fútbol españoles. ....</i>	<i>140</i>

<i>Tabla 20. Modelo lineal mixto de las distancias recorridas en los partidos según el rendimiento del equipo y las fases de la temporada para los equipos de fútbol españoles. ....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 21. Diferencias de las demandas físicas del partido entre las distintas etapas con y sin destitución del entrenador. ....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 22. Diferencias de las demandas físicas del partido entre las distintas etapas con y sin destitución del entrenador. ....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 23. Diferencias de las demandas físicas del partido entre las distintas etapas con y sin destitución del entrenador. ....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 24. Resultados descriptivos de los puntos concedidos por partido y la media móvil de puntos concedidos por partido entre las diferentes etapas con y sin expulsión del entrenador. ....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 25. Diferencias en el rendimiento del equipo (puntos ganados) y en las demandas físicas del partido entre las distintas etapas con el despido del entrenador teniendo en cuenta los grupos de clasificación. ....</i>	<i>165</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Instrumentos electrónicos para la monitorización de la actividad de los jugadores durante los entrenamientos y competición oficial.....</i>	<i>44</i>
<i>.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 2. Arquitectura del sistema de video tracking instalado en los diferentes estadios de fútbol.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 3. Representación espacial de las cámaras Gen4 y Gen5.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 4. Vídeo cámaras instaladas en los estadios de fútbol para el seguimiento de los jugadores. ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 5. Diagrama de flujo según PRISMA.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 6. Distancia total (en metros) con y sin posesión de balón.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 7. Distancia total (en metros) recorrida a una velocidad superior a 21 km·h<sup>-1</sup> con y sin posesión de balón. ....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 8. Influencia del momento de emisión de las tarjetas rojas en la distancia total recorrida (TD) para diferentes escenarios (es decir, 10 contra 11 y 11 contra 10) a lo largo del tiempo.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 9. Influencia del momento de emisión de las tarjetas rojas en la distancia recorrida a alta velocidad (HSR) para diferentes escenarios (es decir, 10 contra 11 y 11 contra 10) a lo largo del tiempo. ....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 10. Influencia del momento de emisión de las tarjetas rojas en la distancia recorrida a velocidad de sprint (Sprint) para diferentes escenarios (es decir, 10 contra 11 y 11 contra 10) a lo largo del tiempo.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 11. Influencia del momento de emisión de las tarjetas rojas en el número de esprints realizados para diferentes escenarios (es decir, 10 contra 11 y 11 contra 10) a lo largo del tiempo. ....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 12. Distancia total recorrida en metros (M ± SD) por los equipos con rendimiento alto, medio y bajo en las diferentes fases de las temporadas. ....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 13. Distancia recorrida a velocidad media (14 – 21 km·h<sup>-1</sup>) en metros (M ± SD) por equipos de alto, medio y bajo rendimiento en las diferentes fases de las temporadas. ....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 14. Distancia recorrida a muy alta velocidad (21 – 24 km·h<sup>-1</sup>) en metros (M ± SD) por equipos de alto, medio y bajo rendimiento en las diferentes fases de las temporadas. ....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 15. Distancia recorrida a velocidad de esprint (&gt; 24 km·h<sup>-1</sup>) en metros (M ± SD) por equipos con rendimiento alto, medio y bajo en las diferentes fases de las temporadas. ....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 16. Número de esfuerzos realizados a una velocidad entre 21 – 24 km·h<sup>-1</sup> (M ± SD) por los equipos de alto, medio y bajo rendimiento en las diferentes fases de las temporadas. ....</i>	<i>148</i>

**Figura 17. Número de esfuerzos realizados a una velocidad superior a  $24 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $M \pm SD$ ) por los equipos con rendimiento alto, medio y bajo en las diferentes fases de las temporadas. .... 149**

**Figura 18. Evolución de la distancia recorrida (en metros) a lo largo de los años en las ligas europeas de fútbol profesional..... 170**

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AIC:** Criterio de Información Akaike

**CCI:** Coeficiente de Correlación Intraclase

**CD:** Coach dismissal (Destitución del entrenador)

**CD:** Central Defenders (Centrales)

**CM:** Central Midfielder (Mediocentros)

**EPL:** English Premier League (Primera División Inglesa)

**FW:** Forward (Delanteros)

**GPS:** Global Positioning System (Sistema de posicionamiento global)

**HSR:** High Speed Running Distance (Distancia recorrida a alta velocidad)

**HSR WOP:** High Speed Running Without Possession (Distancia recorrida a alta velocidad sin posesión de balón)

**HSR WP:** High Speed Running With Possession (Distancia recorrida a alta velocidad con posesión de balón)

**LPS:** Local Positioning System (Sistema de posicionamiento local)

**MB1:** Match Balance 1 (Balance del partido +10)

**MB2:** Match Balance 2 (Balance del partido entre +4 y +9)

**MB3:** Match Balance 3 (Balance del partido +3 y -3)

**MB4:** Match Balance 4 (Balance del partido -4 y -9)

**MB5:** Match Balance 5 (Balance del partido -10)

**ML:** Máxima verosimilitud

**MLM:** Modelos Lineales Mixtos

**MEMS:** Microelectromechanical Systems (Sistemas microelectromecánicos)

**MSR:** Medium Speed Running Distance (Distancia recorrida a velocidad media)

**REML:** Estimación de Máxima Verosimilitud Restringida

**Sprint:** Sprinting Speed Running Distance (Distancia recorrida a velocidad de esprint)

**Sp21:** Efforts performed  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Esfuerzos realizados a una velocidad  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ )

**Sp24:** Efforts performed  $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Esfuerzos realizados a una velocidad  $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ )

**TD:** Total Distance (Distancia Total)

**TD WOP:** Total Distance Without Possession (Distancia total sin posesión de balón)

**TD WP:** Total Distance With Possession (Distancia total con posesión de balón)

**VAR:** Video Assistant Referee (Sistema de video arbitraje)

**VHSR:** Very High Speed Running Distance (Distancia recorrida a muy alta velocidad)

**WD:** Wide Defender (Laterales)

**WM:** Wide Midfielder (Medios laterals)

# ÍNDICE DE ARTÍCULOS

## ARTÍCULO 1

Ponce-Bordón, J. C., López-Gajardo, M. A., Lobo-Triviño, D., Pulido, J. J., y García-Calvo, T (2024). Longitudinal match running performance analysis of soccer in professional European leagues: A systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. <https://doi.org/10.1080/24748668.2024.2343579>

Factor de impacto: **JCR Q3** (54/87)

Situación: **PUBLICADO**

## ARTÍCULO 2

Ponce-Bordón, J. C., Lobo-Triviño, D., Rubio-Morales, A., López del Campo, R., Resta, R., y López-Gajardo, M. A. (2022). The effect of the Video Assistant Referee system implementation on match physical demands in the Spanish LaLiga. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5125. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095125>

Factor de impacto: **JCR Q1** (45/182)

Situación: **PUBLICADO**

## ARTÍCULO 3

Ponce-Bordón, J. C., Nobari, H., Lobo-Triviño, D., García-Calvo, T., Vicente-Giménez, J., López del Campo, R., ... y Fernández-Navarro, J. (2022). Match movement profiles differences in Spanish soccer competitive leagues according to opposition's team ranking: A comparison study. *Applied Sciences*, 12(24), 12635. <https://doi.org/10.3390/app122412635>

Factor de impacto: **JCR Q2** (42/90)

Situación: **PUBLICADO**

#### **ARTÍCULO 4**

Ponce-Bordón, J. C., Díaz-García, J., López-Gajardo, M. A., Lobo-Triviño, D., López del Campo, R., Resta, R., y García-Calvo, T. (2021). The influence of time winning and time losing on position-specific match physical demands in the top one Spanish soccer league. *Sensors*, 21(20), 6843. <https://doi.org/10.3390/s21206843>

Factor de impacto: **JCR Q2** (19/63)

Situación: **PUBLICADO**

#### **TRABAJO COMPLEMENTARIO**

Ponce-Bordón, J. C., Lago-Peñas, C., Pulido, J. J., López del Campo, R., Resta, R., García-Calvo, T. The influence of red cards on match running performance in elite soccer. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.

Factor de impacto: **JCR Q1** (14/87)

Situación: **ENVIADO**

#### **ARTÍCULO 5**

Ponce-Bordón, J. C., García-Calvo, T., Candela-Guardiola, J. M., Serpiello, F. R., Del Campo, R. L., Resta, R., y Pulido, J. J. (2022). The relationship between running distance and coaches' perception of team performance in professional soccer player during multiple seasons. *Scientific Reports*, 12(1), 1454. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05519-x>

Factor de impacto: **JCR Q2** (22/73)

Situación: **PUBLICADO**

## ARTÍCULO 6

Ponce-Bordón, J. C., López-Gajardo, M. A., Fernández-Navarro, J., López del Campo, R., Resta, R., y García-Calvo, T. (2023). The effect of coach dismissal on team performance and match physical demands in Spanish professional soccer leagues. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1-17.  
<https://doi.org/10.1080/24748668.2023.2278370>

Factor de impacto: **JCR Q3** (54/87)  
Situación: **PUBLICADO**

# **Resumen**

**Introducción**

**Capítulo 1: Marco teórico**

**Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos**

**Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada**

**Capítulo 6: Discusión**

**Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro**

**Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones**

**Referencias bibliográficas**

**Artículos originales**

## RESUMEN

El rendimiento físico en el fútbol profesional es dependiente de infinidad de factores psicológicos, técnicos, tácticos, y situaciones diversas que surgen durante de los partidos. Por ello, el objetivo principal de la presente tesis doctoral ha sido analizar el rendimiento físico en el fútbol profesional y examinar cómo influyen ciertas variables contextuales en diferentes momentos temporales, es decir, entre diferentes temporadas, durante los partidos o a lo largo de una temporada. Concretamente, para conocer el estado actual del rendimiento físico en el fútbol profesional, se ha profundizado en la literatura relacionada mediante un trabajo de revisión sistemática para obtener información sobre cómo han evolucionado las demandas físicas en el fútbol durante las dos últimas décadas con datos aportados por sistemas de vídeo seguimiento (*video tracking*). Durante estos años ha habido cambios reglamentarios o modificaciones del juego que han afectado al rendimiento físico, como puede ser la instalación del sistema de video arbitraje (VAR = *Video Assistant Referee*) en el fútbol profesional, los cuales se han analizado en la presente tesis doctoral. Además, se han analizado diversas situaciones que suceden durante los partidos y que pueden influir significativamente en dicho rendimiento, como pueden ser el tiempo que pasan los equipos ganando o perdiendo, la calidad de los adversarios (es decir, su posición en la clasificación), o la emisión de una tarjeta roja durante los partidos. Por último, a lo largo de la temporada intervienen diferentes factores que pueden influir en el rendimiento físico y provocan que los equipos actúen de manera diferente. Por este motivo, los cambios de entrenadores producidos durante la temporada o el rendimiento alcanzado por los equipos también se han analizado. Para ello, se han utilizado fundamentalmente datos proporcionados por los sistemas de *video tracking* computarizados e instalados en los diferentes estadios de fútbol de primer nivel que

ofrecen información sobre las coordenadas X e Y de los movimientos de los jugadores durante los partidos.

La tesis doctoral ha sido diseñada mediante el sistema de compendio de publicaciones. Para cumplir con los objetivos planteados se han elaborado seis artículos y un trabajo complementario utilizando diferentes tipos de estudios, perspectivas y diseños metodológicos. Concretamente, el Artículo 1 se desarrolló para cumplir con el objetivo de resumir la literatura científica relacionada con el rendimiento físico en el fútbol profesional proporcionando una perspectiva longitudinal para conocer cómo ha evolucionado dicho rendimiento durante las dos últimas décadas y mostrar la situación en la que se encuentra actualmente. El Artículo 2 contribuye al análisis de la influencia de la implementación del sistema VAR en el fútbol profesional sobre el rendimiento físico, mediante la comparación de temporadas sin VAR y temporadas con VAR. Posteriormente, en los Artículos 3, 4 y Trabajo complementario se han analizado diferentes situaciones que se suceden en los partidos, como puede ser jugar contra adversarios de diferente clasificación, el tiempo que pasan los equipos ganando o perdiendo o la emisión de una tarjeta roja en los partidos y los diferentes escenarios que la rodean. Por último, los Artículos 5 y 6 examinan los diferentes factores que pueden hacer que los equipos corran de manera diferente a lo largo de una temporada, como pueden ser el rendimiento alcanzado por los equipos (valorado en clasificación final, presupuesto y características de los jugadores) y los cambios de entrenador. A continuación, se profundiza en la información presentada en estos artículos.

El Artículo 1 consistió en una revisión sistemática que tuvo como objetivo resumir de manera crítica la literatura actual sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional en las ligas europeas con una perspectiva longitudinal. El artículo incluye 41 estudios donde muestra la evolución del rendimiento físico en las dos últimas décadas. Los

principales resultados mostraron un descenso de la distancia total (TD = *Total Distance*) recorrida y un aumento de la distancia recorrida a alta velocidad (HSR = *High Speed Running*) entre la primera temporada registrada y la temporada más reciente (2002/03 vs 2019/20). También se observó una disminución de la TD durante la segunda parte de los partidos y se informó de una amplia variedad de perfiles físicos, lo cual supone que el rendimiento físico depende de cada posición de juego y permite un acondicionamiento específico para cada una de ellas. Por último, se encontró una amplia gama de umbrales de velocidad para registrar la HSR, por lo que se sugirió a los profesionales e investigadores un consenso para la estandarización de dichos umbrales que permitan registrar el rendimiento físico de una manera más homogénea. Con el objetivo de aplicar esa estandarización en los umbrales de velocidad para el registro de la HSR, el resto de los artículos incluidos tendrán la misma categorización de las distancias recorridas en diferentes rangos de velocidad ya que se usó el mismo sistema de *video tracking* en todos los estudios.

El Artículo 2 examinó la influencia del sistema VAR en el rendimiento físico para comprobar si la evolución de las demandas físicas de los partidos de fútbol profesional podría deberse a la modificación de aspectos reglamentarios como es el VAR. Para ello, se registraron datos de rendimiento físico de todos los partidos de la Primera División española durante dos temporadas (2017/18, sin VAR y 2018/19, con VAR) utilizando un sistema de *video tracking* óptico TRACAB (ChyronHego). Los resultados mostraron que la TD recorrida y la TD/min. disminuyeron significativamente en las temporadas con VAR en comparación con las temporadas sin VAR. Además, las distancias recorridas a alta intensidad y el número de esfuerzos realizados a alta intensidad aumentaron en las temporadas con VAR, aunque no se encontraron diferencias significativas. Por tanto, se

puede establecer que aspectos reglamentarios como el VAR han modificado ligeramente las exigencias físicas del fútbol profesional a lo largo de estos años.

En los Artículos 3 y 4 se analizó la influencia de ciertas variables contextuales sobre el rendimiento físico durante los partidos de fútbol, es decir, cómo influyen determinadas situaciones que ocurren durante los partidos en las distancias recorridas por los equipos. En este sentido, los Artículos 3 y 4 analizaron las diferencias en las demandas físicas de los partidos según la calidad del adversario (i.e., el equilibrio del partido) y el tiempo que pasaban los equipos ganando o perdiendo en las ligas profesionales de fútbol español durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/16 a 2018/19). Para registrar los datos de los partidos disputados en la Primera ( $n = 1.520$ ) y Segunda División española ( $n = 1.848$ ) se utilizó el mismo sistema de *video tracking*, TRACAB (ChyronHego). Los resultados indicaron que las distancias recorridas con y sin balón variaban en función del contexto del partido. Por tanto, la calidad del adversario y el tiempo ganando o perdiendo influyen en las exigencias físicas, técnicas y tácticas del partido, modificando el comportamiento táctico de los equipos.

Por otro lado, el Trabajo complementario examinó la influencia de las tarjetas rojas en el rendimiento físico en el fútbol profesional. Para ello, se recogieron un total de 14.938 registros individuales de los partidos pertenecientes a 515 futbolistas profesionales que compitieron en la Primera División española de fútbol ( $n = 760$  partidos) durante la temporada 2021/22. Además, se tuvieron en cuenta los diferentes escenarios de superioridad o inferioridad, el minuto de la tarjeta roja, la localización del partido y el marcador del partido. Los principales resultados mostraron que las tarjetas rojas tienen un impacto significativo en el rendimiento físico, influyendo de diferente manera en función del resultado del partido, la localización de este o el minuto en el que se emite la tarjeta roja. En este sentido, los entrenadores deberían considerar ajustes

tácticos y reconocer las implicaciones psicológicas de las ventajas numéricas para una gestión eficaz del juego.

Finalmente, como se señaló anteriormente, se analizó cómo diferentes factores influyen en lo que corren los equipos a lo largo de la temporada, haciendo que estos corran de manera distinta en diferentes momentos de esta. Así, el Artículo 5 analizó cómo evolucionaba el perfil físico de los equipos a lo largo de una temporada en relación con el rendimiento de los equipos según la percepción de entrenadores profesionales; mientras que el Artículo 6 examinó la relación entre el despido del entrenador y el rendimiento del equipo, tanto el rendimiento físico como el valorado en puntos por partidos, a corto y a largo plazo dentro de una misma temporada. Para ello, se registraron datos de todos los partidos jugados en la Primera ( $n = 2.950$ ) y Segunda División española ( $n = 2.966$ ) durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/16 a 2018/19). Por un lado, los resultados demostraron que los equipos recorrieron mayores distancias y realizaron un mayor número de esfuerzos a alta intensidad durante la mitad de la temporada. Además, se encontró una relación positiva entre las distancias recorridas a alta intensidad y el rendimiento de los equipos durante la primera fase de la temporada; mientras que se encontró una relación negativa al final de esta. Por otro lado, el cambio de entrenador influyó de manera positiva en la TD sólo a corto plazo, mientras que a largo plazo la TD y las distancias recorridas a diferentes intensidades aumentaron durante la etapa posterior a la destitución del entrenador. En consecuencia, estos resultados muestran, en primer lugar, que el rendimiento físico oscila a lo largo de la temporada y, en segundo lugar, que existen factores, como el rendimiento de los equipos o el cambio de entrenador, que influyen de manera trascendental en la evolución de las distancias recorridas por los equipos de fútbol durante los diferentes partidos de la temporada.

Como conclusión, se puede establecer que el rendimiento físico en el fútbol profesional ha evolucionado durante los últimos años y que, además, existen factores contextuales que influyen de manera significativa sobre él, implicando diferentes efectos en las demandas físicas de los partidos. Por lo tanto, se considera necesario un análisis de manera más exhaustiva para una mejor concepción de su variación. A raíz de estos análisis y conclusiones, la presente tesis doctoral aporta sugerencias y recomendaciones prácticas para los profesionales del deporte con el fin de conseguir una mejor monitorización del rendimiento físico.



## ABSTRACT

Match running performance in professional soccer depends on an infinite number of psychological, technical-tactical factors and diverse situations that arise during matches. Therefore, the main objective of this doctoral thesis has been to analyze the physical performance in professional soccer and to examine how certain contextual-related variables influence it at different times, that is, between different seasons, during matches or across the season. Specifically, in order to understand the current state of physical performance in professional soccer, we have delved into the related literature through a systematic review to obtain information on how match physical demands in soccer have evolved over the last two decades with data provided by video tracking systems. During these years there have been regulatory changes or modifications of the soccer game that have affected match running performance, such as the installation of the video referee system (VAR = Video Assistant Referee) in professional soccer, which have been analyzed in this doctoral thesis. In addition, several situations that occur during matches and that can significantly influence this performance have been analyzed, such as the winning or losing time, the quality of the opponents (i.e., their position in the final ranking), or the issuing of a red card during matches. Finally, different factors come into play throughout the season that can influence on match running performance and imply teams to perform differently. For this reason, coach dismissals during the season or the performance achieved by the teams have also been analyzed. For this purpose, data provided by the computerized video tracking systems installed in the different top-level soccer stadiums, which provide information on the X and Y coordinates of the players' movements during the matches have been used.

The doctoral thesis has been designed using the compendium of publications system. In order to meet the stated objectives, six articles and a complementary paper

have been developed using different types of studies, perspectives and methodological designs. Specifically, Article 1 was developed to fulfil the objective of summarizing the scientific literature related to match running performance in professional soccer by providing a longitudinal perspective to understand how match running performance has evolved over the last two decades and to show the current situation. Article 2 contributes to the analysis of the influence of the implementation of the VAR system in professional football on match running performance by comparing seasons without VAR and seasons with VAR. Subsequently, in Articles 3, 4 and Supplementary work, different situations that happen in matches have been analyzed, such as playing against opponents of different classification, the time spent by teams winning or losing or the issuing of a red card in matches and the different scenarios surrounding it. Finally, Articles 5 and 6 examine the different factors that may cause teams to run differently over the course of a season, such as the performance achieved by teams (as measured by final ranking, budget, and player characteristics) and coaching replacements. The information presented in these articles is discussed in more detail below.

Article 1 was a systematic review that aimed to critically summarize the current literature on match running performance in professional soccer in European leagues with a longitudinal perspective. The article includes 41 studies showing the evolution of match running performance over the last two decades. The main results showed a decrease in Total Distance (TD) covered and an increase in High-Speed Running (HSR) between the first recorded season and the most recent season (2002/03 vs 2019/20). A decrease in TD was also observed during the second half of the games and a wide variety of physical profiles were reported, implying that physical performance depends on each playing position and allows for position-specific conditioning. Finally, a wide range of speed thresholds for recording HSR was found, so a consensus was suggested to practitioners

and researchers for the standardization of such thresholds that would allow physical performance to be recorded in a more homogeneous way. With the aim of applying this standardization in speed thresholds for recording HSR, the rest of the articles included will have the same categorization of distances covered in different speed ranges as the same video tracking system was used in all the studies.

Article 2 examined the influence of the VAR system on match running performance to check whether the evolution of the match physical demands of professional soccer could be due to the modification of regulatory aspects such as VAR. For this purpose, match running performance data were recorded for all First Spanish Division matches during two seasons (2017/18, without VAR and 2018/19, with VAR) using a TRACAB optical video tracking system (ChyronHego). The results showed that TD covered, and TD/min decreased significantly in seasons with VAR compared to seasons without VAR. In addition, the distances covered at high intensity and the number of efforts made at high intensity increased in the seasons with HRV, although no significant differences were found. Therefore, it can be established that regulatory aspects such as VAR have slightly modified the physical demands of professional football over the years.

Articles 3 and 4 analyzed the influence of certain contextual variables on match running performance during football matches, that is, how certain situations happening during matches influence the distances covered by teams. In this sense, Articles 3 and 4 analyzed the differences in the match physical demands according to the quality of the opponent (i.e., match balance) and the time spent by teams winning or losing in Spanish professional soccer leagues during four consecutive seasons (from 2015/16 to 2018/19). The same video tracking system, TRACAB (ChyronHego), was used to record data from matches played in the First Spanish ( $n = 1,520$ ) and Second Division ( $n = 1,848$ ). The

results indicated that the distances covered with and without the ball varied depending on the context of the match. Therefore, the quality of the opponent and the time winning or losing influence the physical, technical, and tactical demands of the match, modifying the tactical behavior of the teams.

On the other hand, the Complementary work examined the influence of red cards on match running performance in professional soccer. For this purpose, a total of 14,938 individual match records were collected from 515 professional football players competing in the Spanish Primera División football ( $n = 760$  matches) during the 2021/22 season. In addition, the different scenarios of superiority or inferiority, the minute of the red card, the match location, and the match scoreline were considered. The main results showed that red cards have a significant impact on match running performance, influencing in different ways depending on the match scoreline, the match location, or the minute in which the red card is issued. In this regard, coaches should consider tactical adjustments and recognize the psychological implications of numerical advantages for effective game management.

Finally, as noted above, how different factors influence how soccer teams run throughout the season was analyzed, causing them to run differently at different times in the season. Thus, Article 5 examined the match movement profile of soccer teams evolved over the course of a season in relation to team performance as perceived by professional coaches, while Article 6 examined the relationship between coach dismissal and team performance, both match running performance and points awarded per game, during the short and long term within a single season. For this purpose, data were recorded for all matches played in the First Spanish ( $n = 2,950$ ) and Second Division ( $n = 2,966$ ) during four consecutive seasons (from 2015/16 to 2018/19). On the one hand, the results showed that teams covered greater distances and performed a greater number of efforts at high

intensity during the middle of the season. Furthermore, a positive relationship was found between distances covered at high intensity and team performance during the first phase of the season, while a negative relationship was found at the end of the season. On the other hand, the coach dismissal had a positive influence on TD only in the short term, while in the long-term TD and distances covered at different intensities increased during the phase after the coach's dismissal. Consequently, these results show, firstly, that match running performance oscillates throughout the season and, secondly, that there are factors, such as team performance or coach replacement, that have a major influence on the evolution of distances covered by soccer teams during the different matches of the season.

In conclusion, it can be established that match running performance in professional soccer has evolved over the last few years and that, in addition, there are contextual-related variables that significantly influence it, implying different effects on the match physical demands. Therefore, a more comprehensive analysis is considered necessary for a better understanding of its variation. As a result of these analyses and conclusions, this doctoral thesis provides practical suggestions and recommendations for sports practitioners in order to achieve a better monitoring of physical performance.

**Resumen**

## **Introducción**

**Capítulo 1: Marco teórico**

**Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos**

**Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada**

**Capítulo 6: Discusión**

**Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro**

**Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones**

**Referencias bibliográficas**

**Artículos originales**

## INTRODUCCIÓN

El fútbol es uno de los deportes más practicados en el mundo, con más de 270 millones de jugadores federados en más de 1,7 millones de equipos de fútbol (Bandyopadhyay, 2017), cuyo éxito depende de gran cantidad de acciones técnico-tácticas, habilidades físicas y aspectos psicológicos (Sarmiento et al., 2018). Durante las últimas décadas, ha sufrido una revolución vertiginosa debido, en parte, a la implementación de la tecnología en la competición (Torres-Ronda et al., 2022). Concretamente, en el fútbol profesional, los sistemas tecnológicos para registrar el perfil de actividad física de los jugadores durante los partidos oficiales están profundamente integrados y consolidados (Carling et al., 2008; Murray y Varley, 2019). Dicho proceso de revolución ha supuesto, además, un aumento de la disponibilidad de recursos en los clubes de fútbol, así como un creciente interés por el proceso de la monitorización del deportista (Rojas-Valverde et al., 2019). La monitorización permite conocer de manera exhaustiva los esfuerzos que realizan los jugadores durante los entrenamientos y la competición, aspecto fundamental para conocer el rendimiento físico durante la competición y el estado físico que presentan durante sus entrenamientos (Felipe et al., 2021; Scott et al., 2016).

Varios estudios descriptivos han tratado de analizar de manera exhaustiva las demandas físicas de la competición en el fútbol profesional (Drust et al., 2007; Mohr et al., 2003). En este sentido, se ha demostrado que los partidos de fútbol tienen un perfil de movimiento intermitente con actividad de baja intensidad y ráfagas más cortas de acciones a alta intensidad como esprints, giros, saltos, etc., intercaladas con periodos irregulares de descanso (Bangsbo et al., 2006). En concreto, la TD recorrida en metros por un jugador durante un partido de fútbol oscila entre los 10 y los 12 kilómetros (Hands y Janse de Jonge, 2020). Si tenemos en cuenta la distancia recorrida a alta intensidad,

observamos que los jugadores profesionales realizan entre 300 y 1.000 metros a alta ( $>21$  km·h<sup>-1</sup>) o muy alta intensidad ( $>24$  km·h<sup>-1</sup>; Gualtieri et al., 2023). Además, se ha demostrado que este tipo de habilidades físicas suponen un alto porcentaje de las acciones determinantes en el fútbol (Faude et al., 2012; Oliva-Lozano et al., 2020).

Sin embargo, existen variables relacionadas con el contexto que pueden influir en la carga externa de los futbolistas durante las fases de los partidos y, por lo tanto, limitar la comparabilidad de los resultados mostrados por los estudios (Mackenzie y Cushion, 2013; Trewin et al., 2017). Variables como la localización del partido (Castellano et al., 2011), el resultado final (Chmura et al., 2018) o el marcador del partido (Ponce-Bordón et al., 2021), la calidad del oponente (Ponce-Bordón, Nobari, Lobo-Triviño, García-Calvo, et al., 2022), el estilo de juego de ambos equipos (Lago-Peñas et al., 2017), la fase de la temporada en la que se desarrolla dicho partido (Ponce-Bordón, García-Calvo, Candela-Guardiola, et al., 2022) o, incluso, la influencia de variables técnico-tácticas como la posesión del balón (García-Calvo, Ponce-Bordón, Leo, et al., 2022) pueden modificar los valores del rendimiento físico de los equipos mostrado durante los partidos. Las diferentes ligas de fútbol profesional también tienen su propia influencia, por ejemplo, recientes investigaciones han demostrado que la distancia total recorrida ha disminuido en los últimos años en LaLiga española (Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021), mientras que en la Premier League inglesa se ha visto incrementada (Allen et al., 2023). Incluso, dentro de cada liga, los jugadores realizan esfuerzos diferentes si pertenecen a una división superior u otra inferior (Bradley, Carling, et al., 2013). Por tanto, considerando que existe una gran cantidad de estudios relacionados con la influencia de las variables contextuales sobre los esfuerzos físicos que realizan los jugadores de fútbol durante la competición, sería interesante ampliar la información sobre cómo determinadas

variables pueden influir sobre el rendimiento físico a lo largo de las temporadas, durante los partidos y a lo largo de toda una temporada.

## ESTRUCTURA DE LA TESIS DOCTORAL

Una vez realizada la introducción para mejorar la comprensión del lector y con especial interés en ahondar en cómo las diferentes variables contextuales influyen en el rendimiento físico en el fútbol profesional, a continuación, se exponen los motivos de la organización de los diferentes capítulos y artículos para ofrecer una visión más global de la evolución de la presente tesis doctoral.

En el Capítulo 1 se presenta el marco teórico que rodea a la presente tesis doctoral, en el que se expone la tecnología implantada en el análisis del rendimiento físico en el fútbol profesional, y su evolución a lo largo de los años. En concreto, se define la evolución del rendimiento físico y el perfil de actividad que tienen los jugadores en competición oficial. Además, se pone de manifiesto la influencia de variables contextuales en las demandas físicas de los partidos. De esta manera, el lector puede comprender cuáles son los factores que hacen que dicho rendimiento físico no haya permanecido estable a lo largo de los años, que varíe durante los partidos y que oscile a lo largo de la temporada.

En el Capítulo 2 se muestra un resumen de toda la bibliografía científica existente relacionada con el rendimiento físico y recogida por sistemas de *video tracking* automatizados. Este trabajo permite al lector una perspectiva longitudinal y ofrece una visión clara de la evolución del rendimiento físico a lo largo de los años, concretamente durante las dos últimas décadas. Además, se señalan varias limitaciones en la literatura como son las diferencias aportadas por los propios sistemas de *video tracking*: los diferentes umbrales de velocidad y la precisión de registro en cada uno de los sistemas; así como la diversidad de países y variables que influyen en cada uno de los estudios incluidos. En este capítulo se muestra la gran variabilidad existente en el rendimiento físico en el fútbol profesional. Por tanto, considerando que en el fútbol intervienen

diferentes factores que pueden influir en el rendimiento físico, el resto de los capítulos abordan cómo estos factores pueden modular las demandas físicas de los partidos durante diferentes momentos, como pueden ser entre varias temporadas, durante los partidos y a lo largo de las temporadas.

En este sentido, en el Capítulo 3 se analiza, durante dos temporadas consecutivas, cómo aspectos reglamentarios o modificaciones del juego, como es la implementación del VAR, pueden afectar a las demandas físicas de la competición. Así, se analiza una temporada antes del VAR (2017/18) y la temporada siguiente a la implementación del VAR (2018/19). Para ello, se recogieron todos los partidos disputados durante ambas temporadas en la Primera División española con la intención de establecer una comparación y observar la evolución mostrada. Los principales hallazgos del estudio mostraron una disminución de la TD recorrida en la temporada con la implementación del VAR. Estos resultados permiten identificar un factor que influye en el rendimiento físico de los jugadores de manera determinante y que se debe tener en cuenta para posibles estrategias de entrenamiento.

En el Capítulo 4 se ofrece un análisis exhaustivo de la influencia de factores contextuales que intervienen sobre el rendimiento físico durante los partidos de fútbol. Para ello, se presentan un total de dos artículos (i.e., Artículos 3 y 4) y un Trabajo complementario cuya muestra consiste en partidos de fútbol durante cuatro temporadas consecutivas completas de la Primera y Segunda División española de fútbol. En primer lugar, en el Artículo 3 se analizó la influencia que tienen los rivales sobre el rendimiento físico de los equipos. Dado que no supone la misma dificultad enfrentarse a equipos de la parte alta de clasificación como a equipos situados en la parte inferior, en este trabajo se tuvo en cuenta la calidad de los rivales y se establecieron grupos de dificultad para clasificar los diferentes partidos. En este sentido, se compararon partidos de mucha o poca

dificultad y se analizó la influencia que tenía dicha dificultad sobre el rendimiento físico. Además, se realizó una comparación entre Primera y Segunda División española para comprobar si las diferentes situaciones eran iguales en ambas ligas de fútbol profesional español. En segundo lugar, en el Artículo 4 se examina la influencia que tiene el tiempo que los equipos están ganando o perdiendo durante los partidos sobre el rendimiento físico de los jugadores. De esta manera, se realiza un análisis pormenorizado de lo que sucede durante los partidos, evitando así los datos ofrecidos al final de los partidos. Además, se incluyó la distancia total recorrida con balón y sin balón para identificar la intencionalidad táctica de los equipos durante los diferentes momentos del partido. Por último, en el Trabajo complementario se incluyó un factor predominante en el fútbol, pero que su influencia sobre el rendimiento físico no se ha estudiado en profundidad, como son las tarjetas rojas emitidas durante los partidos. Así, se analizó la influencia de las tarjetas rojas incluyendo, además, en el análisis diferentes escenarios que permitieron una descripción más real de la complejidad que pueden suponer dichas situaciones. De esta manera, se incluyeron las diferentes posiciones de juego, la localización del partido y diferentes escenarios de superioridad o inferioridad con diferentes resultados (ir por debajo o por encima del marcador antes y después de recibir una tarjeta roja). Por último, también se analizó el efecto de las tarjetas rojas a lo largo del tiempo, para comprobar cómo varía su influencia a lo largo de un partido, es decir, si dicha tarjeta roja es emitida al principio o final del encuentro y qué supone ello al rendimiento físico mostrado por los equipos.

El capítulo 5 está dedicado al análisis de lo que sucede a lo largo de la temporada, donde existen diferentes factores que hacen que los equipos corran de manera diferente. En este capítulo se presentan dos artículos que han incluido todos los partidos de la Primera y Segunda División española durante cuatro temporadas consecutivas: Artículo

5 y 6. En el artículo 5 se analizó lo que corren los equipos a lo largo de la temporada, considerando el rendimiento alcanzado por los equipos. Sin embargo, el rendimiento valorado únicamente en la posición que los equipos consiguen en la clasificación final puede que no sea el adecuado para ciertos equipos debido al presupuesto y recursos que poseen. Por ello, este artículo proporciona un análisis del rendimiento basado en diferentes cuestiones alejadas de la clasificación final, como es el presupuesto, la clasificación final y la calidad de los jugadores. En este sentido, se ofrece una evolución del rendimiento físico de los equipos españoles de fútbol profesional a lo largo de la temporada (dividiéndola en cuatro fases), considerando además el rendimiento que tuvieron los equipos y la influencia que tuvo dicho rendimiento sobre las distancias recorridas por los equipos. Además, hay que destacar que, en el fútbol profesional los equipos no siempre consiguen el rendimiento esperado y tras este tipo de situaciones se suceden situaciones traumáticas como es el cambio de un entrenador. En el Artículo 6 se trata un factor muy común en el mundo del fútbol profesional, como es el cambio de entrenador. En dicho artículo se analizó si los equipos corren más o menos antes o después de dicho cambio. Además, se ofrece una comparación con equipos que no cambiaron de entrenador. Para ahondar en la cuestión, y analizar si dicho cambio influye de manera similar en todos los equipos de fútbol, se establecieron 5 grupos de equipos en base a la clasificación final para mostrar que no todos los equipos se ven afectados de la misma manera tras un cambio de entrenador. Por último, se incluye un análisis del rendimiento de los equipos valorado en puntos por partido, donde se trataba de observar cómo ha influido dicho cambio en los equipos desde el punto de vista de la clasificación.

Posteriormente, en el Capítulo 6 se expone la discusión de los hallazgos encontrados en cada uno de los artículos incluidos y la discusión de los objetivos generales de la presente tesis doctoral. Además, en el Capítulo 7 se presentan las

fortalezas de la tesis doctoral, así como las limitaciones y prospectivas de futuro de los artículos desarrollados. Para finalizar, en el Capítulo 8 se exponen posibles aplicaciones prácticas derivadas de estos resultados, así como las conclusiones extraídas de cada trabajo considerando los resultados globales obtenidos.

Por último, se incluyen todas las referencias bibliográficas utilizadas anteriormente durante todo el documento y se adjuntan los anexos donde se incluyen los artículos originales que se han utilizado para el desarrollo del trabajo junto con su correspondiente traducción.



Resumen

Introducción

**Capítulo 1: Marco teórico**

Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos

Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada

Capítulo 6: Discusión

Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro

Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones

Referencias bibliográficas

Artículos originales

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

### LA TECNOLOGÍA EN EL ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL

La observación y seguimiento del fútbol profesional genera una gran cantidad de datos para los clubes y sus respectivos profesionales. Por ejemplo, durante los partidos de fútbol se generan aproximadamente 135.000 posiciones por jugador y un total de 3.100.000 posiciones entre todos los jugadores y el balón (Felipe y Alonso-Callejo, 2023). Esto requiere del registro, almacenamiento, análisis y tratamiento de todos los datos generados para mejorar el proceso de entrenamiento y, posteriormente, el juego del equipo. Gracias a la incorporación de las nuevas tecnologías al fútbol profesional es posible llevar a cabo procesos de recolección y tratamiento de la excesiva información generada mediante procesos de *big data* y algoritmos complejos (Rein y Memmert, 2016). Así, el progreso de la ciencia y la tecnología ha permitido una mayor democratización de la información y hace posible la accesibilidad al dato por parte de los cuerpos técnicos para su uso diario en los clubes deportivos con el fin principal de la optimización del rendimiento de los jugadores (Felipe y Alonso-Callejo, 2023).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, los primeros análisis realizados en el fútbol se elaboraron a mano mediante métodos de análisis y cálculo de partidos. Concretamente, en 1991 se utilizó por primera vez el análisis de vídeo por ordenador para el estudio de la actividad física realizada por los jugadores en el campo (Ali y Farrally, 1991a). En dicho estudio, los autores desarrollaron un método adecuado para analizar el tiempo empleado por los jugadores durante diferentes acciones físicas como estar parado, andar, trotar y esprintar. Posteriormente, en los entrenamientos de los equipos de fútbol del norte de Europa, aparecieron los pulsómetros: un método de valoración directa que permitía

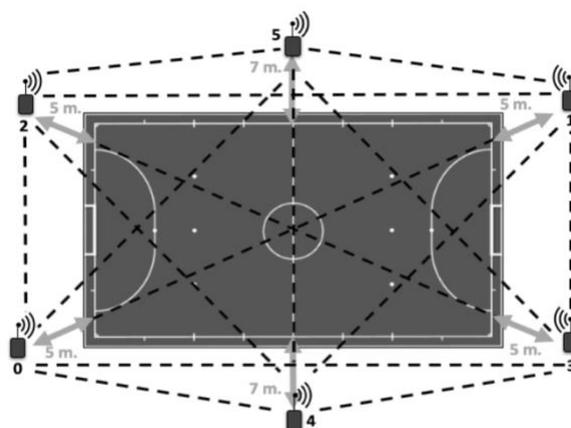
cuantificar la frecuencia cardíaca durante las sesiones de entrenamiento (Achten y Jeukendrup, 2003; Domínguez, 2016) y partidos (Ali y Farrally, 1991b). Más tarde, surgieron los acelerómetros y giroscopios, instrumentos microelectrónicos (*MEMS = Microelectromechanical Systems*), que miden, respectivamente, la aceleración aplicada sobre un eje de movimiento (Mathie et al., 2004) y la rotación angular (Chambers et al., 2015).

Estos instrumentos electrónicos permitieron el desarrollo de dispositivos más sofisticados con unidades de medición inercial, como son los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS = *Global Positioning System*; Figura 1.1) que supusieron un cambio en los procesos de monitorización de la carga del jugador (Cummins et al., 2013). En su origen, estos dispositivos sólo se podían utilizar durante los entrenamientos, por lo que para monitorizar la actividad física de los jugadores durante la competición oficial se optó por el uso de Sistemas de Posicionamiento Local (LPS = *Local Positioning System*; Figura 1.2), los cuales están basados en tecnología ultra-wideband y han sido validados en el mundo del deporte para la monitorización de deportistas (Bastida-Castillo et al., 2019; Rico-González et al., 2020). Sin embargo, para democratizar el acceso a esta tecnología a todos los clubes que participan en el fútbol profesional se instalaron en los estadios de fútbol profesional los sistemas tecnológicos de vídeo seguimiento semiautomatizados (conocidos como *video tracking*; Carling et al., 2008; Murray y Varley, 2019). Esta tecnología de seguimiento semiautomatizado mediante vídeo está basada en una técnica que se utilizaba inicialmente para el análisis del movimiento de objetos y/o animales (Van Gool et al., 2013). Aunque se trata de un medio “indirecto” para cuantificar el rendimiento físico, proporciona información válida y fiable sobre el perfil de actividad de los jugadores en competición oficial (Castellano et al., 2014).

**Figura 1.** Instrumentos electrónicos para la monitorización de la actividad de los jugadores durante los entrenamientos y competición oficial.



**Figura 1.1.** Procesado de información de un Sistema de Posicionamiento Global.



**Figura 1.2.** Distribución de un Sistema de Posicionamiento Local.

Fuente: Hernández-Martín et al. 2020; Serrano et al. (2020).

Los principales sistemas de vídeo semiautomatizados son el francés AMISCO® (Niza, Francia), que fue utilizado inicialmente por la selección francesa durante los partidos preparatorios de la final de la Copa Mundial de la FIFA de 1998 (Penel y Traversian, 1998) y posteriormente durante la temporada 2002/03 en la liga española de fútbol profesional (Martínez et al., 2004); el británico ProZone® (Leeds, Reino Unido), que se integró posteriormente en la Premier League inglesa (EPL; (Di-Salvo et al., 2006); y el neoyorquino TRACAB® (Nueva York, EEUU), que se han integrado recientemente en la liga española de fútbol profesional y en la Bundesliga alemana (Linke et al., 2020). Esta tecnología ha sido validada por varios estudios en diferentes ligas de fútbol europeas (Felipe et al., 2019; Pons et al., 2019; Pons, García-Calvo, et al., 2021) y proporciona información útil sobre las exigencias físicas, técnicas y tácticas de los equipos y jugadores durante partidos oficiales y campeonatos internacionales (Buchheit et al., 2014; Carling et al., 2008). Además, una revisión sistemática realizada por Castellano et al. (2014) ha puesto de manifiesto que estos sistemas de *vídeo tracking* han sido integrados en otras

ligas europeas como la Serie A italiana (Vigne et al., 2010), la Ligue 1 francesa (Dellal et al., 2010), así como en partidos europeos en la Liga de Campeones de la UEFA (Bradley et al., 2014; Di-Salvo et al., 2010) y partidos internacionales en la Eurocopa de la UEFA (Braz et al., 2010; Figura 2).

**Figura 2.** *Arquitectura del sistema de video tracking instalado en los diferentes estadios de fútbol.*

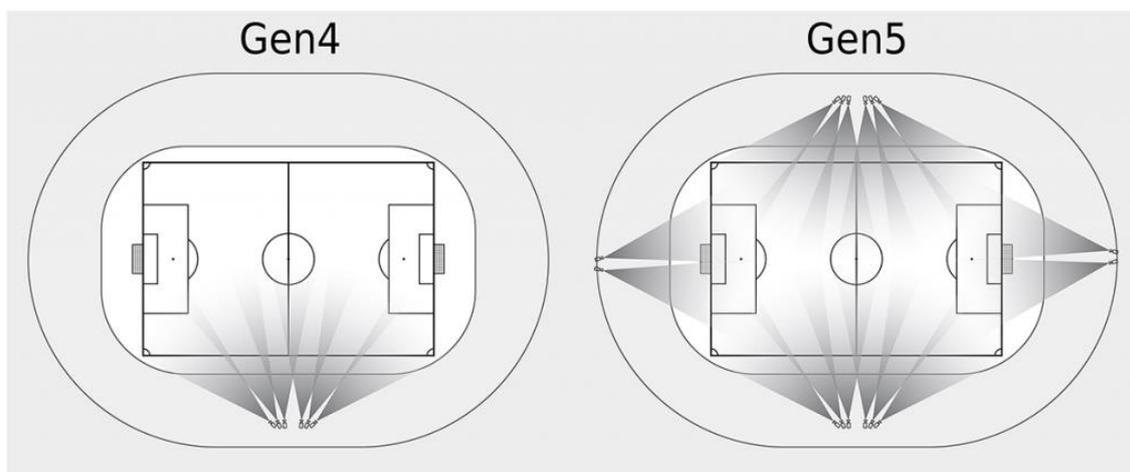


Fuente: <https://www.mediacoach.es/>

Sin embargo, también existen diferencias entre cada una de las versiones de los sistemas de *video tracking*. En este sentido, algunos estudios relacionados con la comparación de los datos derivados de sistemas de *video tracking* han informado de que los sistemas con mayor frecuencia de muestreo (por ejemplo, 25 Hz frente a 10 Hz) mostraron valores significativamente más altos para la mayoría de las variables locomotoras (Ellens et al., 2022; Makar et al., 2023). Concretamente, se han comparado las dos versiones diferentes de TRACAB (Figura 3), Gen4 utilizada desde 2013 en más de 200 estadios, incluyendo la Bundesliga alemana, la Premier League inglesa, LaLiga española, la Eredivisie holandesa o la Superliga danesa, y Gen5, instalada desde 2019 en la Bundesliga alemana y LaLiga española, informando que Gen5 tiene una precisión

marginalmente mejor que Gen4 para valorar la posición de los jugadores (Linke et al., 2020).

**Figura 3.** Representación espacial de las cámaras Gen4 y Gen5.



Fuente: Linke et al. (2020).

Además, cada uno de ellos presenta diferentes umbrales para categorizar las distancias recorridas a diferentes velocidades. Así nos encontramos con AMISCO, que tiene los siguientes umbrales: 0 – 11 km·h<sup>-1</sup>; 11.1 – 14 km·h<sup>-1</sup>; 14.1 – 17 km·h<sup>-1</sup>; 17.1 – 21 km·h<sup>-1</sup>; 21.1 – 24 km·h<sup>-1</sup>; > 24 km·h<sup>-1</sup>, o ProZone con los siguientes: 0 – 0.6 km·h<sup>-1</sup>; 0.7 – 7.1 km·h<sup>-1</sup>; 7.2 – 14.3 km·h<sup>-1</sup>; 14.4 – 19.7 km·h<sup>-1</sup>; 19.8 – 25.1 km·h<sup>-1</sup>; > 25.1 km·h<sup>-1</sup>. Como se puede observar, estas cuestiones presentan una gran variabilidad a la hora de analizar el rendimiento físico, lo cual supone una limitación y dificultad añadida para comparar los resultados de los diferentes estudios. Para abordar esta limitación y facilitar la comparabilidad entre resultados, es necesario destacar que todos los trabajos incluidos en la presente tesis doctoral están realizados con el mismo sistema de *vídeo tracking*. Concretamente, con el ofrecido por la propia liga profesional de fútbol español (LaLiga) llamado TRACAB® (ChryronHego VID, Nueva York, NY) y gestionado por el software informático Mediacoach® (LaLiga, Madrid, España).

El sistema de *video tracking* integrado en la liga española de fútbol profesional (LaLiga) posee un software de análisis de partidos por vídeo (Mediacoach®) donde se recogen con precisión las acciones del juego (pases, centros, tiros, regates, etc.) y los patrones de movimiento (distancias, aceleraciones, etc.) que realizan los jugadores. Así, este sistema obtiene información de los jugadores a través de un sistema de cámaras estereoscópicas basado en dos unidades multicámara situadas a ambos lados de la línea del centro del campo (Curtis et al., 2019). Cada multicámara está compuesta por tres cámaras con una resolución de  $1920 \times 1080$  píxeles y se sincronizan para proporcionar una imagen panorámica, que luego se utiliza para crear la vista estereoscópica para triangular a los jugadores y el balón (Brito de Souza, 2021; Figura 4). Este software ha sido validado para analizar el rendimiento físico en competición, mostrando un elevado grado de acuerdo entre el sistema de *video tracking* y datos obtenidos de GPS (Felipe et al., 2019; Pons et al., 2019) y datos obtenidos con un sistema de cámaras de referencia (Linke et al., 2020).

**Figura 4.** *Vídeo cámaras instaladas en los estadios de fútbol para el seguimiento de los jugadores.*



Fuente: <https://www.laliga.com/>

Este sistema recoge multitud de variables que ofrece información relevante a los cuerpos técnicos acerca del rendimiento físico de los jugadores en competición. Así, nos encontramos con variables relacionadas con la distancia recorrida, como puede ser la distancia total recorrida en metros, la distancia recorrida a diferentes zonas de velocidad absoluta (e.g., zona 1 = 0.0 – 7 km·h<sup>-1</sup>; zona 2 = 7.1 – 14.0 km·h<sup>-1</sup>; zona 3 = 14.1 – 21.0 km·h<sup>-1</sup>; zona 4 = 21.1 – 24.0 km·h<sup>-1</sup>; zona 5 = > 24 km·h<sup>-1</sup>) o relativa (e.g., zona 1 = 0 a 45 % de velocidad máxima, etc.), la distancia explosiva (i.e., distancia total recorrida en acciones con una aceleración superior a 1.12 m·s<sup>-2</sup>), o la distancia recorrida a alta carga metabólica (i.e., distancia total recorrida en demandas superiores a 25.5 W·kg<sup>-1</sup>). También ofrece variables relacionadas con la aceleración, como pueden ser el número total de aceleraciones y desaceleraciones, las aceleraciones y desaceleraciones por zonas absolutas (e.g., zona 1 = 0 a 2 m·s<sup>-2</sup>; zona 2 = 2 a 3 m·s<sup>-2</sup>; zona 3 = > 3 m·s<sup>-2</sup>) o relativas (e.g., zona 1 = 0 a 66 % de aceleración máxima), la aceleración o desaceleración máxima o el perfil acelerador (i.e., predominio de aceleraciones o desaceleraciones del jugador).

Otra de las acciones analizadas en profundidad en el fútbol es el esprint y, por tanto, los sistemas de seguimiento también informan de variables relacionadas con el esprint, como pueden ser el número de esprines totales realizados por el jugador, los esprins repetidos (i.e., número de esprins alcanzados en un determinado tiempo), la velocidad máxima alcanzada o la velocidad media. Todas estas variables están derivadas del desplazamiento espacial del deportista y son recogidas a 25 Hz. Durante los últimos años, los investigadores han utilizado esta tecnología para determinar los perfiles físicos de los jugadores en relación con factores como la posición del jugador (Di-Salvo et al., 2007), la fatiga o el ritmo (Bradley y Noakes, 2013), la variación en las segundas partes (Rampinini et al., 2007), el nivel competitivo (Lago-Peñas, 2009; Lago-Peñas, Casáis, et al., 2009) y la influencia de variables contextuales como la ubicación del partido, la

calidad del rival y el estado del partido (Barrera et al., 2021; Castellano et al., 2011; Lago-Peñas et al., 2010; Taylor et al., 2008).

## EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO FÍSICO

Como se puede observar, la implementación de la tecnología en las ligas de fútbol profesional ha permitido una revolución tecnológica que ofrece información pormenorizada del rendimiento físico de los jugadores. Dicho proceso de revolución ha supuesto, además, un aumento de la disponibilidad de recursos en los clubes de fútbol, así como un creciente interés por el proceso de la monitorización del deportista (Rojas-Valverde et al., 2019). Así, la monitorización permite conocer de manera exhaustiva los esfuerzos que realizan los jugadores durante la competición (Scott et al., 2016). Sin embargo, hay que destacar, que al igual que la tecnología que ha analizado el rendimiento físico ha evolucionado durante los años, las propias exigencias físicas de los jugadores también lo han hecho. En general, la literatura científica relacionada con la evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional ha demostrado que, durante la década de 1960 hasta 2010, la TD recorrida por los jugadores de fútbol se ha mantenido estable (Shalfawi y Tjelta, 2016). Sin embargo, durante ese mismo período, un estudio longitudinal que analizó los partidos de la final de la Copa del Mundo mostró que la tendencia de los partidos de fútbol ha evolucionado hacia períodos de juego más cortos y de mayor intensidad, ya que los jugadores recorren una mayor distancia de esprint y realizan un mayor número de esprints con más frecuencia (Wallace y Norton, 2014).

Estudios posteriores que han analizado las principales ligas de fútbol profesional han mostrado que, durante siete temporadas consecutivas (2006/2007-2012/2013), la TD recorrida ha aumentado en un 2% en la Premier League inglesa, suponiendo también un incremento de las distancias recorridas a alta intensidad y el número de esprints en un 30-50% aproximadamente (Barnes et al., 2014). La evolución del rendimiento físico también se ha analizado por grupos de equipos en función de la clasificación final y se han encontrado tendencias similares para todos los grupos. En este sentido, un estudio

informó de que, durante siete temporadas consecutivas en la Premier League inglesa (2006/2007-2012/2013), se produjo un aumento de la distancia de carrera de alta intensidad (40%) y del número de sprints (15%) para todas las categorías, aunque la distancia recorrida en sprint disminuyó (Bradley et al., 2016).

Por otro lado, existen recientes investigaciones que han analizado la evolución del rendimiento físico de la LaLiga española de fútbol profesional. Concretamente, un estudio analizó durante ocho temporadas consecutivas, desde 2012/2013 hasta 2019/2020, cómo han evolucionado los parámetros de rendimiento físico, mostrando una disminución del 3,2% sobre la TD recorrida en la última temporada en comparación con la primera y un aumento de los esfuerzos realizados en carrera de alta intensidad a lo largo de las ocho temporadas entre el 14,6% y el 9,2% en laterales y medios laterales, respectivamente (Lago-Peñas et al., 2022). Otro trabajo reciente que también ha analizado la evolución del rendimiento físico en LaLiga española de fútbol durante cuatro temporadas consecutivas, desde 2015/16 hasta 2018/19, mostró un descenso de la TD recorrida y un aumento de la distancia recorrida a alta intensidad (ya sea 14.0 – 21.0 kmh<sup>-1</sup>, 21.0 – 24.0 kmh<sup>-1</sup> y más de 24 kmh<sup>-1</sup>), así como del número de sprints realizados (Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021). Sin embargo, un estudio que ha analizado el rendimiento físico en la Premier League inglesa durante cinco temporadas consecutivas, desde 2014/15 hasta 2018/19, mostró resultados contradictorios. Estos autores observaron pequeños aumentos en todas las variables relacionadas con parámetros de carga externa, como son la TD recorrida, la distancia recorrida a alta intensidad ( $> 5.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) y la distancia recorrida en sprint ( $> 7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; Allen et al., 2023).

Como se puede comprobar, durante los últimos años se han observado cambios en el rendimiento físico en las competiciones de fútbol profesional. Sin embargo, es difícil atribuir estos resultados a un único factor. Estos cambios podrían explicarse por el

aumento del nivel de competición de las ligas, la evolución propia del perfil de actividad de los jugadores, la especificidad del entrenamiento basada en los datos de las demandas físicas de los partidos o un nuevo enfoque del entrenamiento (Nassis et al., 2020). También podría estar relacionado con la formación del juego (Bradley et al., 2011) o, posiblemente, con la contratación de jugadores con características más explosivas. Otras razones podrían estar relacionadas con el aumento de la duración de los parones en el fútbol moderno (Wallace y Norton, 2014) o la implementación del VAR, que conlleva una disminución del tiempo efectivo de juego (Errekagorri et al., 2020), y en consecuencia una disminución de la TD recorrida durante los partidos (Ponce-Bordón, Lobo-Triviño, Rubio-Morales, López del Campo, et al., 2022). En definitiva, las tendencias de la carga externa deberían ser actualizadas regularmente y los profesionales deben ser conscientes de la variabilidad existente para programar sesiones de entrenamiento en consecuencia.

## RENDIMIENTO FÍSICO Y VALORES DE REFERENCIA

Para conocer el estado actual del rendimiento físico en el fútbol profesional, la literatura científica ha tratado de monitorizar el rendimiento físico estableciendo valores de referencia para caracterizar el perfil físico de los jugadores. Estudios sobre el análisis del rendimiento físico en el fútbol profesional han puesto de manifiesto que los partidos de fútbol tienen un perfil de actividad intermitente, lo cual nos indica que existen acciones a alta intensidad que se suceden durante los partidos, como los esprints, saltos, giros, etcétera... después de periodos prolongados de actividad a baja intensidad (Bangsbo et al., 2006). Con respecto a la TD recorrida, una revisión sistemática sobre el rendimiento físico en fútbol profesional ha indicado que los jugadores de fútbol recorren entre 10 y 12 kilómetros por partido de media (Hands y Janse de Jonge, 2020). Además, el resto de los estudios relacionados con la cuantificación de la carga externa en el fútbol profesional así lo avalan (Castagna et al., 2017; Dellal et al., 2010; García-Calvo et al., 2023; Rampinini et al., 2009). Si tenemos en cuenta la distancia recorrida a alta intensidad, en la literatura encontramos una gran variedad de umbrales que han medido dicha variable. En este sentido, se puede observar que los jugadores actualmente realizan durante los partidos hasta 700 metros a una velocidad entre  $19.8 - 25.1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Radzimiński, Lorenzo-Martinez, et al., 2022), 300 metros a una velocidad entre  $21 - 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Lago-Peñas et al., 2020), 1.000 metros a una velocidad superior a  $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Gualtieri et al., 2023) y más de 300 metros a una velocidad superior a  $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Klemp et al., 2022). En el fútbol es muy importante considerar las distancias recorridas a alta intensidad, ya que se ha demostrado que estas habilidades físicas intervienen en un alto porcentaje de las acciones determinantes de este deporte (Faude et al., 2012; Oliva-Lozano et al., 2020).

Además, los estudios han informado de que el rendimiento físico en el fútbol depende de la posición de juego (Di-Salvo et al., 2007; Lago-Peñas, Rey, et al., 2009),

por lo que es necesario atender a la amplia variedad de perfiles físicos, para llevar a cabo un acondicionamiento específico para cada posición de juego. Por otro lado, si consideramos al fútbol como deporte colectivo, estos sistemas de *video tracking* también nos ofrecen un análisis del perfil de actividad física mostrada por los equipos durante los partidos. Así, un estudio realizado en LaLiga española de fútbol profesional demostró que los equipos recorren una media de 109 kilómetros por partido en conjunto, alcanzando aproximadamente 23.000 metros a 14.0 – 21.0 km·h<sup>-1</sup> y entre 2.900 y 3.000 metros a velocidades entre 21 – 24 km·h<sup>-1</sup> y superiores a 24.0 km·h<sup>-1</sup>, respectivamente. Además, realizan un número de 270 esprints a velocidades entre 21 – 24 km·h<sup>-1</sup> y 160 esprints a velocidades superiores a 24.0 km·h<sup>-1</sup> (Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021).

Sin embargo, las variables relacionadas con el contexto, como la localización del partido o el resultado final (Guimarães et al., 2024), pueden influir en el rendimiento físico de los futbolistas durante las fases de los partidos y, por lo tanto, limitar la comparabilidad de los resultados obtenidos en los estudios (Trewin et al., 2017). En este sentido, el tiempo que los equipos han estado ganando o perdiendo durante los partidos, o jugar contra equipos de diferente nivel también puede influir en el rendimiento físico de los jugadores. Por otro lado, el rendimiento físico también podría oscilar durante la temporada, puesto que este no se mantiene estable a lo largo del tiempo y existen factores que pueden influir en dicha variación y hacer que los equipos corren de manera diferente a lo largo de la temporada. Por ello, sería interesante analizar estas variaciones para ser cuidadosos a la hora de preparar a los equipos de fútbol para las exigencias de los próximos partidos y mantener la forma física y la salud de los jugadores (Almulla et al., 2020). Como se puede comprobar, existen multitud de variables que pueden influir en el rendimiento físico. A continuación, se presentan una serie de variables contextuales que

se han analizado con el objetivo de examinar los efectos que tienen dichas variables sobre el rendimiento físico.

## LOS FACTORES CONTEXTUALES DURANTE LOS PARTIDOS

Para lograr el éxito en la clasificación final a lo largo de la temporada, los equipos de fútbol deben superar distintos tipos de partidos influidos por variables relacionadas con el contexto, como la calidad del rival (es decir, fuerte o débil (Fernandez-Navarro et al., 2018)). Varios estudios han mostrado que la calidad del rival influye significativamente en el rendimiento del equipo y en las exigencias físicas del partido durante las competiciones de fútbol (Castellano et al., 2011; García-Unanue et al., 2018; Lago-Peñas, 2009). Además, el equilibrio del partido (es decir, la diferencia en la clasificación final entre dos equipos rivales) podría ser un factor clave para entender la interacción entre el rendimiento de los equipos y las exigencias físicas del partido (Kalapotharakos et al., 2020; Ugalde-Ramírez, 2020).

Concretamente, trabajos anteriores sobre la calidad del rival han revelado que cuando el adversario es más fuerte los equipos recorren más distancia a baja intensidad (Lago-Peñas et al., 2010). Por el contrario, varios estudios han analizado algunas ligas de fútbol profesional y han informado que la distancia recorrida a alta intensidad era mayor cuando los equipos compiten contra equipos de mayor calidad que contra los de menor calidad (Aquino et al., 2017; Castellano et al., 2011; Folgado et al., 2014; Rampinini et al., 2007). También se ha observado que jugar contra un rival débil estaba relacionado con una mayor *TD* y distancia recorrida a alta intensidad durante los partidos en casa (Paraskevas et al., 2020). Como se puede comprobar, en la actualidad, la variación del rendimiento físico en relación con el nivel del rival se ha evaluado de manera exhaustiva. Sin embargo, sería necesario analizar la relación entre las demandas físicas del partido y la calidad del oponente para identificar cómo las fluctuaciones del rendimiento de los equipos afectan al rendimiento físico en una misma división, o entre diferentes divisiones.

Por otro lado, el estado final del partido (es decir, ganar, perder o empatar) es considerado otro factor que afecta al rendimiento físico. Por ejemplo, un reciente estudio que analizó la Primera División española ha mostrado que los equipos que pierden el partido recorren una menor TD recorrida (Ponce-Bordón et al., 2024). Además, los futbolistas españoles de élite recorrieron menos distancia de alta intensidad ( $19 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) cuando iban ganando que cuando iban perdiendo, ya que ganar supone un estado cómodo, y es posible que los jugadores asuman una estrategia de contención del balón, manteniendo el juego más lento, lo que se traduce en velocidades más bajas (Lago-Peñas y Dellal, 2010). Por el contrario, estudios previos demostraron que las distancias recorridas a alta intensidad por el equipo de referencia eran mayores cuando el resultado era adverso, ya que debían realizar un mayor esfuerzo físico para intentar empatar el partido (Castellano et al., 2011; Moalla et al., 2018).

Sin embargo, es probable que este método de análisis no considere la interacción de otras variables que suceden durante los partidos, como la evolución del marcador (Lago-Peñas y Dellal, 2010). Es decir, independientemente del estado final del partido, el tiempo que cada equipo ha ido ganando, empatando o perdiendo durante un partido puede ser diferente, pudiendo darse partidos en los que un equipo ha ido ganando a lo largo de 70 min (es decir, el equipo A marcó un gol en el min 20 y el equipo B no marcó) o partidos en los que un equipo ha ido ganando a lo largo de 1 min (es decir, los equipos iban empatando a lo largo del partido y uno de ellos marcó un gol en el min 89). Además, es posible que un equipo que fue por delante durante mucho tiempo acabe perdiendo en el marcador final. Por lo tanto, los jugadores podrían verse afectados por esta variable contextual debido a cambios en el estilo de juego, ya que los cambios en el estilo de juego podrían estar asociados al estado del partido y afectar al rendimiento físico del partido (Lago-Peñas, 2009). Por ejemplo, cuando un equipo iba ganando, durante los partidos de

pretemporada de la temporada 2011/12 de la liga australiana de fútbol, la velocidad media era un 4,17% menor que cuando el equipo iba empatando ( $p < .05$ ; Wehbe et al., 2014). En este sentido, se observa que las exigencias físicas del partido dependen de la evolución del marcador (es decir, de si un equipo va ganando o perdiendo) ya que, cuando un equipo va perdiendo, los jugadores intentan alcanzar su máxima capacidad física para empatar o ganar el partido (Castellano et al., 2011).

Como se observa, en el más alto nivel de la competición futbolística, el rendimiento de los equipos suele verse afectado por el más mínimo detalle durante los partidos que puede implicar ventajas considerables en la búsqueda de la victoria. Así, otro de los factores que puede intervenir en la modificación del rendimiento físico es la emisión de tarjetas rojas. Por ejemplo, es bastante habitual que los árbitros decidan expulsar a jugadores de fútbol a todos los niveles y en todas las competiciones y, por lo tanto, es probable que estos hechos puedan cambiar el resultado de los partidos (Bar-Eli et al., 2006). Las decisiones de los árbitros de sacar tarjetas rojas son un hecho significativo que puede influir en el resultado de un partido (Badiella et al., 2023).

Aunque la investigación existente ha profundizado en varios aspectos del impacto de las tarjetas rojas, el análisis de su efecto sobre el rendimiento en el desarrollo del partido sigue sin explorarse. Hasta donde sabemos, sólo Carling y Bloomfield (2010) han examinado los efectos de una expulsión temprana (después de cinco minutos de juego) sobre el ritmo de trabajo en un partido de fútbol profesional. Sus resultados sugieren que jugar con diez jugadores conduce a una mayor TD recorrida de lo normal (particularmente en actividades de intensidad moderada) mostrando tiempos de recuperación más cortos entre actividades de alta intensidad. Además, este estudio sugiere que en escenarios de 11 contra 11, los jugadores podrían no utilizar siempre todo su potencial físico, ya que son capaces de aumentar su ritmo de trabajo máximo cuando se reducen a 10 jugadores. Sin

embargo, la escasez de datos -sólo se examinó un partido- y la ausencia de otras variables, como la posición de juego y el contexto del partido, hacen que estos resultados no sean concluyentes.

## LOS FACTORES CONTEXTUALES DURANTE LA TEMPORADA

Después de todo lo que se ha comentado previamente, podemos tener una ligera idea de que, evidentemente, el rendimiento físico no permanece estable a lo largo de una misma temporada. De hecho, la literatura científica así lo ha demostrado. En este sentido, la investigación sobre el rendimiento físico ha desarrollado ciertos análisis longitudinales sobre la evolución del rendimiento físico de los equipos a lo largo de la temporada. En general, se sabe que la actividad que realizan los jugadores durante los partidos varía a lo largo de una temporada (Chmura et al., 2019). Concretamente, se ha demostrado que un equipo de fútbol profesional registró la TD recorrida más baja durante la fase de preparación (o pretemporada), mientras que la mayor TD recorrida se alcanzó a mitad de temporada, concretamente en el mes de enero (9.000 m frente a 10.400 m; Smpokos et al., 2018). En el mismo estudio, se observó que las distancias recorridas a alta intensidad eran mayores al final de la temporada, con una tendencia evolutiva a incrementar desde la fase de preparación a lo largo de las demás fases de la temporada.

Por otro lado, Chmura et al. (2019) dividieron la temporada de la Bundesliga alemana en seis fases, y descubrieron que la mayor TD recorrida se alcanzaba en la cuarta fase de la temporada y la menor TD recorrida en la sexta fase (10.580 m frente a 10.300 m). Además, la distancia de carrera de alta intensidad aumentó a lo largo de la temporada hasta la quinta fase, disminuyendo después en la sexta (240 m frente a 220 m). Sin embargo, estos estudios han analizado exclusivamente las demandas físicas del partido a lo largo de una temporada, y no han considerado la relación entre las demandas físicas del partido y el rendimiento final del equipo.

Si relacionamos el rendimiento físico con el rendimiento alcanzado por los equipos al final de temporada o el puesto en la clasificación final, encontramos que los equipos que alcanzaron una mejor clasificación final recorrieron mayores distancias

totales a lo largo de la temporada (Trewin et al., 2017). Concretamente, en la Primera División española, los equipos mejor clasificados recorrieron una TD significativamente mayor que el resto de los equipos pertenecientes a Primera y Segunda División (Castellano y Casamichana, 2015). Además, recorrieron una mayor distancia con el balón que los equipos menos exitosos (Brito de Souza et al., 2020). Sin embargo, un estudio que analizó el rendimiento físico durante tres temporadas consecutivas (desde 2015/16 hasta 2017/18) en la Segunda División española en función de la clasificación final, mostró que los equipos peor clasificados recorren mayor TD que los equipos de la parte alta de la clasificación, mientras que los equipos mejor clasificados recorrieron una mayor cantidad de metros a alta intensidad ( $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y esprints realizados (Lobo-Triviño et al., 2023). Además, se han encontrado resultados similares que establecen una relación positiva entre las acciones de sprint y los equipos mejor clasificados (Longo et al., 2019).

Sin embargo, en el fútbol profesional no siempre se consiguen los resultados esperados y tras una serie de resultados desfavorables se producen situaciones traumáticas como un cambio de entrenador, el cual se espera que permita cambiar la dinámica del equipo (Balduck, Prinzie, et al., 2010). La sustitución del entrenador en el fútbol profesional se ha justificado por la creación de un shock psicológico en los jugadores que debería mejorar el rendimiento del equipo con la llegada del nuevo entrenador (Arrondel et al., 2020). En concreto, Kattuman et al. (2019) informaron de que la sustitución del entrenador podría mejorar el comportamiento colectivo del equipo (por ejemplo, el rendimiento del equipo). En este sentido, la investigación ha analizado cómo el despido del entrenador dentro de la temporada podría afectar al rendimiento del equipo para evitar la caída en la clasificación final (Balduck, Buelens, et al., 2010).

Sin embargo, se han encontrado conclusiones contradictorias sobre la relación entre los despidos de entrenadores de fútbol profesional y el rendimiento de los equipos

(Sousa et al., 2024). En general, (Balduck, Prinzie, et al., 2010) mostraron que los equipos mejoran en la clasificación final cuando el entrenador es destituido a mitad de temporada. En esta línea, Gómez et al. (2021) han informado de que el número de puntos por partido fue significativamente mayor tras el cambio de entrenador, aunque esta mejora sólo se mantuvo a corto plazo (10 partidos). Por otra parte, los equipos que no cambiaron de entrenador mejoraron significativamente su rendimiento después de una bajada de rendimiento en comparación con los equipos que habían sufrido una sustitución de entrenador (Balduck, Buelens, et al., 2010).

Como se puede comprobar, la rotación o despido de los entrenadores se puede considerar otra variable contextual potencial que influye en el rendimiento físico de los equipos. Estudios recientes sobre esta cuestión han indicado que el cambio de entrenador durante la temporada afectaba negativamente a las actividades de alta intensidad del partido (Augusto et al., 2021). Por el contrario, (Radzimiński, Padrón-Cabo, et al., 2022) han comparado el rendimiento físico de los equipos de fútbol antes y después del cambio de entrenador con referencia a equipos dirigidos por el mismo entrenador. Mostraron que la sustitución del entrenador durante la temporada podría implicar una mejora a corto plazo del rendimiento físico. Concretamente, la TD fue mayor con equipos sin cambios de entrenador y con entrenadores nuevos en comparación con el entrenador destituido. Por otra parte, un estudio que analizó datos de entrenamientos y partidos durante cuatro semanas antes y después de la destitución del entrenador informó de que los jugadores mostraban una mayor actividad de alta intensidad ( $> 14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en los entrenamientos con el entrenador destituido en comparación con el nuevo entrenador. Sin embargo, se encontró una tendencia de mayor rendimiento físico en competición con el nuevo entrenador (Guerrero-Calderón et al., 2021). Por otro lado, es necesario destacar que (Castellano y Casamichana, 2016) también analizaron un equipo con tres entrenadores

diferentes a lo largo de una temporada competitiva y no encontraron diferencias significativas en el rendimiento físico del equipo.

En resumen, en el marco teórico de esta tesis se ha puesto de relieve la tecnología implementada en el fútbol profesional actual, el análisis exhaustivo que permite analizar la actividad realizada por los jugadores en competición y la multitud de variables que ofrece a los cuerpos técnicos dicha tecnología. Además, se ha caracterizado el perfil de rendimiento físico de los jugadores a lo largo de los años y en la actualidad. Por último, se mostró como este rendimiento físico puede variar y cómo diferentes variables contextuales pueden hacer que este rendimiento físico varíe en diferentes momentos de la temporada.

## OBJETIVOS GENERALES

En este apartado se exponen los objetivos generales de la presente tesis doctoral, que no podrían entenderse sin el marco conceptual previamente descrito. Posteriormente, los objetivos e hipótesis específicas serán plasmadas en cada uno de los artículos desarrollados en los siguientes capítulos. A continuación, se muestran los objetivos generales:

Identificar y resumir la evolución y el estado actual del rendimiento físico en el fútbol profesional europeo analizado mediante sistemas de *video tracking* (Artículo 1).

Analizar la influencia de la implementación del sistema VAR en las demandas físicas de la competición de la Primera División española de fútbol (Artículo 2).

Examinar las diferencias del rendimiento físico de los equipos durante los partidos según la calidad del oponente entre la Primera y Segunda División española (Artículo 3).

Analizar el efecto del tiempo que los equipos estuvieron ganando o perdiendo durante los partidos sobre el rendimiento físico específico de cada posición en la Primera División española de fútbol (Artículo 4).

Estudiar las consecuencias de las tarjetas rojas emitidas durante los partidos sobre el rendimiento físico considerando otras variables contextuales como la localización del partido, el marcador o el minuto de la emisión de la tarjeta (Trabajo complementario).

Analizar la evolución del rendimiento físico de los equipos en diferentes fases a lo largo de la temporada en relación con el rendimiento alcanzado por los equipos basado en la valoración de entrenadores expertos (Artículo 5).

Explorar el efecto que supone la destitución del entrenador sobre el rendimiento del equipo (valorado en puntos ganados) y el rendimiento físico, tanto a corto (cuatro partidos antes y después del cambio) como a largo plazo (etapa antes y después del cambio; Artículo 6).

Resumen

Introducción

Capítulo 1: Marco teórico

**Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional**

Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos

Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada

Capítulo 6: Discusión

Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro

Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones

Referencias bibliográficas

Artículos originales

## CAPÍTULO 2: EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL EUROPEO

A continuación, en el presente capítulo se desarrolla un trabajo inicial con el objetivo de revisar de manera sistemática y resumir de manera crítica la literatura científica relacionada con el rendimiento físico en ligas europeas de fútbol profesional y analizarla desde un punto de vista longitudinal para poner de manifiesto la evolución que ha sufrido el rendimiento físico en las principales ligas europeas.

### ARTÍCULO 1

**Ponce-Bordón, J. C., López-Gajardo, M. A., Lobo-Triviño, D., Pulido, J. J., y García-Calvo, T.** Longitudinal match running performance analysis of soccer in professional European leagues: A systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. <https://doi.org/10.1080/24748668.2024.2343579>

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como se ha comprobado en el marco teórico, el rendimiento físico ha evolucionado a lo largo de los años de forma diferente en cada país y en cada liga. Sin embargo, una limitación importante de la investigación sobre el rendimiento físico ha sido la comparación entre ligas de fútbol profesional o que la tecnología de *video tracking* utilizada para llevar a cabo dicho análisis ha sido diferente en cada uno de los países (e.g., AMISCO® o TRACAB®). Por tanto, con este estudio se buscó abordar la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo ha evolucionado el rendimiento físico en las ligas europeas de fútbol europeas que han sido analizadas con sistemas de *video tracking*? Al

hacerlo, esta investigación ofrece una primera idea de cómo ha evolucionado el rendimiento físico en las principales ligas europeas, la posible variabilidad existente y a qué puede deberse y qué sistemas de *vídeo tracking* se han utilizado. Además, los hallazgos de esta investigación pondrán de manifiesto limitaciones y aplicaciones prácticas para los profesionales del fútbol (e.g., entrenadores, preparadores físicos, analistas de datos y científicos deportivos, entre otros).

### **MÉTODO**

Esta revisión sistemática se realizó siguiendo las recomendaciones sugeridas por PRISMA (Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (<https://www.prisma-statement.org/>), y también se pre-registró en PROSPERO (con número de identificación: CRD42022346735).

### **Criterios de elegibilidad y búsqueda bibliográfica**

En primer lugar, se realizó una búsqueda bibliográfica para identificar investigaciones adecuadas en las bases de datos electrónicas más representativas (*Web of Science, Scopus, SportDiscus* y *PubMed*) y publicadas en revistas científicas hasta el 30 de enero de 2024. Los estudios potenciales se buscaron siguiendo las palabras clave como términos de búsqueda: i) “*football*” OR “*soccer*”; ii) “*match*”; iii) “*match physical demands*” OR “*match running performance*” OR “*physical performance*” OR “*external load*” (ver Tabla 1). Además, se comprobaron las listas de referencias de los artículos identificados para buscar estudios relevantes, y se incluyeron todos los artículos conocidos por los autores. Así, las diferentes combinaciones ayudaron a incluir en esta fase preliminar un elevado número de referencias minimizando el riesgo de omitir estudios relevantes.

**Tabla 1.** Ejemplos de búsqueda en bases de datos.

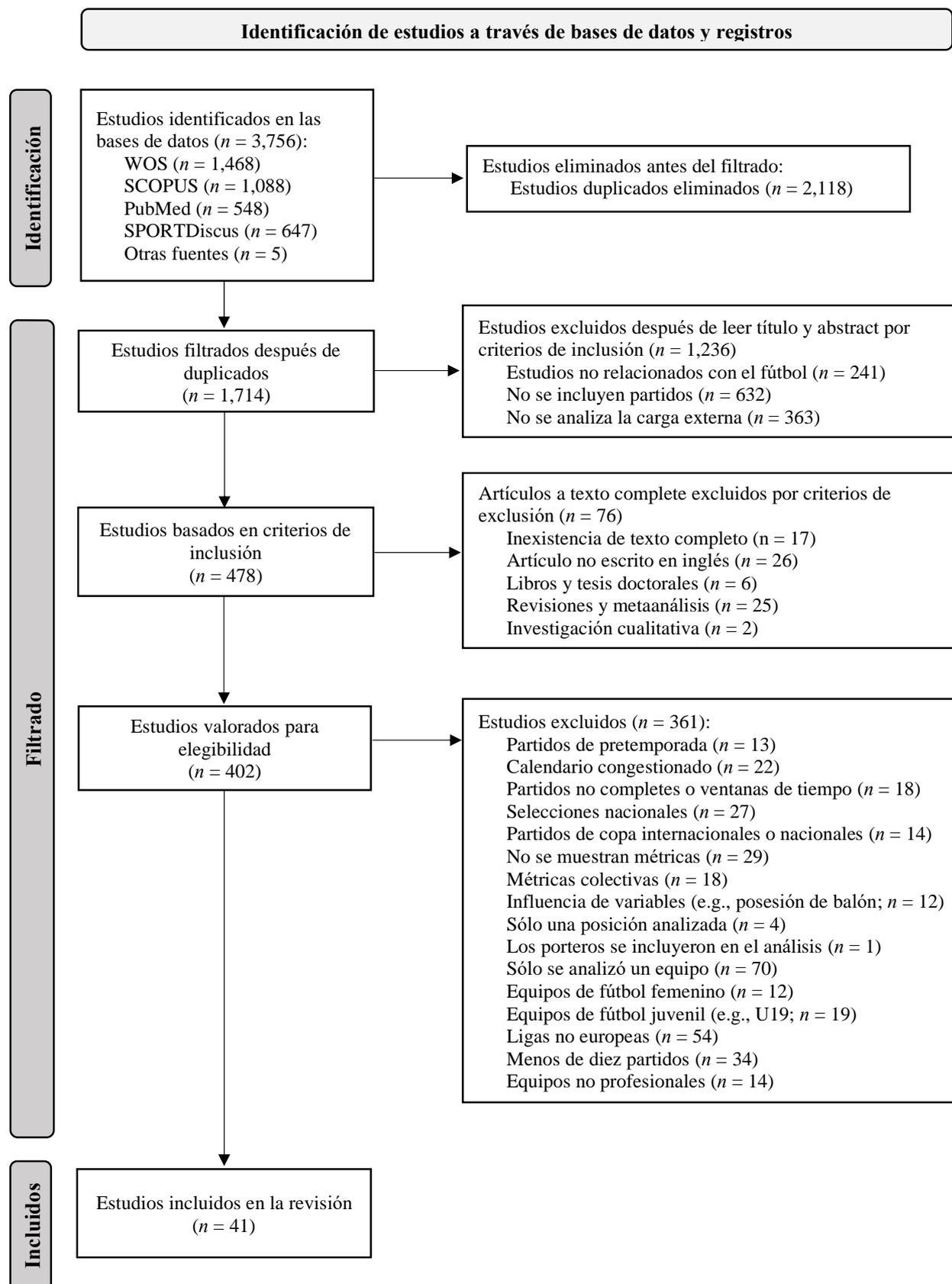
<b>Búsqueda 1.</b> Base de datos “Web of Science” “TS=(“match physical demands” OR “match running performance” OR “physical performance” OR “external load” OR “physical demands”) AND TS=(“football” OR “soccer”) AND TS=(“match”).”
<b>Búsqueda 2.</b> Base de datos “Scopus” “TITLE-ABS-KEY(“match physical demands” OR “match running performance” OR “physical performance” OR “external load” OR “physical demands”) AND TITLE-ABS-KEY(“football” OR “soccer”) AND TITLE-ABS-KEY(“match”).”
<b>Búsqueda 3.</b> Base de datos “SPORTDiscus” “(“match physical demands” OR “match running performance” OR “physical performance” OR “external load” OR “physical demands”) AND (“football” OR “soccer”) AND (“match”).”
<b>Búsqueda 4.</b> Base de datos “PubMed” “(“match physical demands”[Title/Abstract] OR “match running performance”[Title/Abstract] OR “physical performance”[Title/Abstract] OR “external load”[Title/Abstract] OR “physical demands”[Title/Abstract]) AND (“football”[Title/Abstract] OR “soccer”[Title/Abstract]) AND “match”[Title/Abstract].”

### Selección de los estudios

El proceso de selección de los artículos finales constó de varias etapas principales, que se basaron en la lista de publicaciones obtenidas en las bases de datos y en los documentos adicionales incluidos por los autores (véase la Figura 1). Todas estas etapas fueron realizadas por dos investigadores por duplicado (JCPB y DLT). Además, durante el proceso, las discrepancias se discutieron con un tercer revisor (MALG) hasta alcanzar un consenso del 100%. En primer lugar, estos dos autores completaron la búsqueda y compararon sus resultados para asegurarse de que se había encontrado el mismo número de artículos. En segundo lugar, se excluyeron los artículos duplicados identificados en el primer paso antes del cribado. En tercer lugar, ambos autores comprobaron de forma independiente la elegibilidad del título y los resúmenes verificando los siguientes criterios de inclusión: (a) se analizaba el fútbol; (b) incluía una muestra de partidos; (c) los estudios analizaban el rendimiento físico del partido o la carga externa. En cuarto lugar, se

excluyeron los artículos de acuerdo con los siguientes criterios de exclusión: i) inexistencia de texto completo; ii) artículo original no escrito en inglés; iii) libros y tesis doctorales (i.e., literatura gris); iv) revisiones sistemáticas o metaanálisis; y v) investigación cualitativa. Por último, se introdujo otro proceso de selección más exhaustivo, en el que se omitieron de la revisión los manuscritos que cumplían alguno de los siguientes criterios: i) partidos de pretemporada; ii) calendarios congestionados (i.e., más de un partido a la semana); iii) partidos no completos o ventanas de tiempo (es decir, worst case scenarios [en inglés]); iv) selecciones nacionales; v) partidos de copa internacionales y nacionales; vi) sin visualización de métricas; vii) métricas colectivas (es decir, suma de todos los jugadores); viii) influencia de variables (e.g., posesión del balón); ix) sólo una posición analizada; x) los porteros se incluyeron en el análisis; xi) sólo un equipo analizado; xii) equipos de fútbol femenino; xiii) equipos de fútbol juvenil; xiv) ligas no europeas; xv) menos de diez partidos; y xvi) equipos no profesionales. Los dos últimos criterios se consideraron para minimizar el efecto de las variables contextuales, como la localización del partido o la calidad de la oposición, por lo que esta revisión se centró sólo en los estudios que registraron más de diez partidos por temporada y analizaron más de un equipo de fútbol. Además, se abordaron cuestiones como los métodos de monitorización de la carga externa con tecnología de *video tracking*, con el objetivo de proporcionar una visión clara de la carga externa de las ligas europeas de fútbol profesional durante las últimas décadas. Por último, se empleó el estadístico Kappa ( $\kappa$ ) para comprobar la fiabilidad de la concordancia entre los investigadores (Cohen, 1968).

Figura 5. Diagrama de flujo según PRISMA.



### **Extracción de datos y resumen de resultados**

Los datos fueron extraídos por un revisor (JCPB), y comprendían a grandes rasgos lo siguiente: las características del estudio y resumen de los datos relacionados con el análisis de rendimiento físico de los partidos. Las características del estudio incluían variables como el país y la liga en la que se realizó el estudio; las temporadas que se analizaron y, por tanto, el número de partidos y jugadores incluidos, así como el número de observaciones registradas. También se incluyó la tecnología de *video tracking* y el proveedor. El resumen de los datos extraídos para el análisis del rendimiento físico de los partidos incluyó la TD recorrida y la distancia de carrera a alta velocidad (HSR) evaluada en diferentes umbrales (e.g., 17.1 – 21.0 km·h<sup>-1</sup>, 19.8-25.1 km·h<sup>-1</sup> o >25.2 km·h<sup>-1</sup>) según lo informado durante toda la duración del partido, así como en cada mitad del partido cuando se mostraba disponible. El resumen de los datos se presenta como la media de TD y HSR para aquellos estudios de la misma liga que informaron sobre estas variables. Además, se presentan datos resumidos por posición de juego para TD y HSR. Estos datos resumidos permiten comparar el rendimiento físico de los partidos de varias ligas europeas a lo largo de los años.

### **Evaluación de la calidad metodológica**

La evaluación de la calidad de cada estudio se examinó adaptando y creando un instrumento específico basado en la guía Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE; von Elm et al., 2014) y la declaración Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT), además de seguir otras listas de comprobación utilizadas previamente en el presente tema de investigación (e.g., Castellano et al., 2014). Los criterios se referían tanto a la metodología como al contenido de los documentos y al lugar de publicación de estos. Concretamente, esta herramienta valoraba los siguientes aspectos: (a) inclusión en revistas indexadas, (b) muestra o

participantes, (c) recogida de datos, (d) validez y fiabilidad de la tecnología, y (e) exposición de los datos. Ocho de ellos se puntuaron en una escala binaria de 1 (*cumple los criterios*) y 0 (*no cumple los criterios*), mientras que el otro contenía tres niveles (0 = *No declarado*; 1 = *Mencionado*; 2 = *Medido*), en los que la puntuación máxima posible equivalía a diez. La calidad global de cada publicación se definió como la suma de las puntuaciones de los nueve criterios (véase la Tabla 2). Los artículos incluidos fueron evaluados por dos autores (JCPD y DLT) y cualquier discrepancia entre los dos autores se resolvió por consenso con un tercer revisor (MALG). Para garantizar un nivel aceptable de acuerdo entre los evaluadores, se calculó el coeficiente kappa de Cohen (k).

**Tabla 2.** *Evaluación de la calidad metodológica.*

1	Criterio	No = 0	Sí = 1
1	El estudio está publicado en una revista revisada por pares	No = 0	Sí = 1
2	El estudio está publicado en una revista indexada	No = 0	Sí = 1
3	El/los objetivo(s) del estudio está(n) claramente establecido(s)	No = 0	Sí = 1
4	Se especifica el número de observaciones o se conoce la distribución de observaciones utilizados.	No = 0	Sí = 1
5	Se indica claramente la duración de las observaciones de los jugadores (una mitad entera, un partido completo, etc.)	No = 0	Sí = 1
6	Se hace una distinción según las posiciones de los jugadores	No = 0	Sí = 1
7	No se indica la fiabilidad/validez del instrumento, se menciona o se mide	No declarado = 0	Mencionado = 1 Medido = 2
8	Se tienen en cuenta determinadas variables contextuales (por ejemplo, el estado del partido, la localización del partido, el tipo de competición o la calidad del adversario)	No = 0	Sí = 1
9	Los resultados se presentan claramente con análisis estadísticos	No = 0	Sí = 1



## RESULTADOS

### Resultados de la búsqueda y selección de los estudios

El protocolo PRISMA, como se muestra en la Figura 1, se utilizó para determinar la estrategia de selección de estudios para la presente revisión sistemática. El resultado total combinado de la búsqueda en la base de datos y el cribado de las listas de referencias identificó 3.756 artículos. Antes del cribado, se excluyeron 2.118 registros por duplicados. Tras la inspección del título y el resumen, 1.236 artículos se consideraron irrelevantes según los criterios de inclusión, lo que dejó 478 artículos elegibles para el cribado del texto completo. A continuación, se excluyeron 76 artículos por criterios de exclusión, quedando 402 para la elegibilidad. Por último, tras el cribado del texto completo, se incluyeron 41 artículos en la revisión sistemática (véase la figura 1). Se calculó el índice de kappa para comprobar los resultados del análisis de fiabilidad inter-observador, mostrando una fuerte concordancia inicial entre los dos autores ( $\text{kappa} = .86$ ; Cohen, 1968; McHugh, 2012).

### Calidad de los estudios

Los estudios que cumplieron los criterios de inclusión para la revisión fueron mostrados (véase la Tabla 3), junto con sus calificaciones de evaluación de la calidad. En general, hubo un buen grado de acuerdo entre los autores en cuanto a la calidad de los estudios ( $\text{kappa} = .88$ ;  $p < .001$ ). La puntuación media de la calidad metodológica de los 41 artículos fue de 7.33 sobre diez puntos posibles. Las deficiencias identificadas en los 41 estudios afectaban a varios criterios de calidad. Con respecto a los criterios cuatro y cinco, varios estudios no especificaban claramente el número y la duración de las observaciones (i.e., primera o segunda parte, o todo el partido). En 15 estudios no se analizó la distinción entre posiciones de juego (criterio seis). Otros estudios carecían de información en relación con el criterio de calidad siete. En concreto, tres estudios no

hacían referencia a ninguna investigación sobre la validez o fiabilidad del sistema de *video tracking* que utilizaron. Por último, hubo deficiencias en relación con el criterio de calidad ocho, que se refería a la inclusión de variables contextuales como el estado del partido, la localización del partido, el tipo de competición o la calidad del adversario. La mayoría de los estudios informaron sobre una única liga, pero tres estudios informaron sobre la comparación entre dos o tres ligas.

**Tabla 3.** Evaluación de la calidad metodológica de los artículos incluidos en la revisión sistemática.

Autor(es)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Puntuación total
Di Salvo et al. (2007)	1	1	1	0	1	1	0	0	1	6
Bradley et al. (2009)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7
Lago-Peñas et al. (2009)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7
Rampinini et al. (2009)	1	1	1	1	0	0	1	1	1	7
Bradley et al. (2010)	1	1	1	0	0	0	1	0	1	5
Osgnach et al. (2010)	1	1	1	0	0	0	1	0	1	5
Dellal et al. (2010)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	7
Castellano et al. (2011)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Bradley et al. (2011)	1	1	1	0	0	1	1	1	1	7
Dellal et al. (2011)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	7
Bradley et al. (2013)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Di Salvo et al. (2013)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Bradley y Noakes (2013)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Barnes et al. (2014)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7
Bradley et al. (2014)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7
Andrzejewski et al. (2016)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Andrzejewski, Pluta, et al. (2016)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7
Castagna et al. (2017)	1	1	1	0	0	0	1	0	1	5
Chmura et al. (2018)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Padrón-Cabo et al. (2018)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Sal de Rellán-Guerra et al. (2019)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Rivilla-García et al. (2019)	1	1	1	0	1	1	0	0	1	6
Rey et al. (2019)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Asian-Clemente et al. (2019)	1	1	1	1	1	0	0	1	1	7
Lago-Peñas et al. (2020)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Rey et al. (2020)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Klemp et al. (2022)	1	1	1	0	1	0	1	1	1	7
Lorenzo-Martínez et al. (2021)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Chmura et al. (2021)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	8
Altmann et al. (2021)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7

## Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional

Moreno-Perez et al. (2021)	1	1	1	0	0	0	1	0	1	5
Ponce-Bordón et al. (2021)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Dijkhuis et al. (2021)	1	1	1	0	1	0	1	0	1	6
Raya-González et al. (2022)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7
Raya-González, García-Calvo, et al. (2022)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
García-Calvo, Fernández-Navarro, et al. (2022)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Radzimiński, Lorenzo-Martínez, et al. (2022)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Jerome et al. (2023)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7
Venzke et al. (2023)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Altmann et al. (2023)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
García-Calvo et al. (2023)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7
Todos los estudios	41	41	41	26	32	26	38	16	41	7.33

*Nota.* 1 = Sí; 0 = No; P1: El estudio está publicado en una revista revisada por pares; P2: El estudio está publicado en una revista indexada; P3: El/los objetivo(s) del estudio se expone(n) claramente; P4: Se especifica el número de observaciones o se conoce la distribución de observaciones utilizadas; P5: Se indica claramente la duración de las observaciones de los jugadores (una mitad entera, un partido completo, etc.); P6: Se hace una distinción según las posiciones de los jugadores; P7: No se indica, se menciona o se mide la fiabilidad/validez del instrumento; P8: Se tienen en cuenta determinadas variables contextuales (e.g., el estado del partido, la localización del partido, el tipo de competición o la calidad del adversario); P9: Los resultados se presentan claramente con un análisis estadístico.

### Descripción general de los estudios

La Tabla 4 presenta las características de todos los estudios incluidos en relación con la(s) temporada(s) en la(s) que se realizó el estudio, el país, el número de partidos incluidos, el tamaño de la muestra de jugadores de fútbol y el número resultante de observaciones registradas. Las temporadas registradas oscilaron entre 2002/03 como la temporada más temprana, y 2019/20 como la más reciente. El número de partidos analizados osciló entre 14 y 1.985, mientras que el tamaño de la muestra de jugadores osciló entre 18 y 1.241 futbolistas. El número de observaciones también varió, oscilando entre 363 y 36.883. Sólo tres estudios informaron de datos de diferentes ligas (i.e., dos o tres países analizados en el mismo estudio) y el resto de los estudios sólo informaron de datos de un único país. En cuanto al uso de la tecnología de seguimiento, todos los estudios utilizaron la tecnología de *video tracking*, siendo TRACAB® la más reportada.

**Tabla 4.** Características de los estudios y resultados del análisis de rendimiento físico de partidos para la TD y la TD relativa, para partidos completos y cada una de las partes ( $M \pm SD$ ).

Temporada	Autores	Países	Partidos	Jugadores	Observaciones	Proveedor	Partido completo	Primera parte	Segunda parte
<i>Distancia total (en metros)</i>									
2002/03-2003/04	Di Salvo et al. (2007)**	España e Inglaterra	30	300	NS	AMISCO <sup>1</sup>	11.393 ± 1.016	5.709 ± 485	5.684 ± 663
2004/05	Rampinini et al. (2009)	Italia	416	186	363	SICS <sup>2</sup>	11.828*	5.966	5.862
2005/06	Bradley et al. (2009)	Inglaterra	28	370	NS	Prozone <sup>3</sup>	10.714 ± 991	5.422 ± 561	5.292 ± 508
2005/06	Lago-Peñas et al. (2009)	España	18	127	NS	AMISCO <sup>1</sup>	10.943 ± 935	5.503 ± 538	5.440 ± 522
2005/06	Dellal et al. (2010)	Francia	Temporada completa	NS	5.938	AMISCO <sup>1</sup>	11.214 ± 906*		
2005/06	Castellano et al. (2011)	España	Temporada completa	NS	434	AMISCO <sup>1</sup>	11.334 ± 450*		
NS	Bradley et al. (2010)	Ligas europeas	14	100	NS	Prozone <sup>4</sup>	10.859 ± 980	5.482 ± 522	5.376 ± 510
2006/07	Bradley et al. (2011)	Inglaterra	20	153	NS	Prozone <sup>4</sup>	10.698 ± 1.030*	5.392 ± 524	5.307 ± 564
2006/07	Dellal et al. (2011)**	Inglaterra	600	NS	4.704	AMISCO <sup>5</sup>	11.095 ± 794*		
		España			1.896		10.893 ± 882*		
NS	Bradley et al. (2013)	Inglaterra	Temporada completa	190	947	Prozone <sup>3</sup>	10.722 ± 978	5.422 ± 514	5.300 ± 524
2006/07-2009/10	Di Salvo et al. (2013)	Inglaterra	89	1.241	26.449	Prozone <sup>3</sup>	10.746 ± 964		
2006/07	Barnes et al. (2014)#	Inglaterra	Temporada completa	1.036	14.700	Prozone <sup>3</sup>	10.679 ± 956		
2007/08	Osgnach et al. (2010)	Italia	56	399	NS	SICS <sup>2</sup>	10.950 ± 1.044		

Análisis del rendimiento físico en el fútbol profesional: La influencia de variables contextuales

2010/11-2013/14	Andrzejewski et al. (2016)	Polonia	81	1.178	NS	AMISCO <sup>1</sup>	11.295 ± 652*		
2011/12-2016/17	Klemp et al. (2021)	Alemania	279	NS	NS	VISTRACK <sup>6</sup>	10.501 ± 419		
2012/13	Barnes et al. (2014)#	Inglaterra	Temporada completa	1.036	14.700	Prozone <sup>3</sup>	10.881 ± 885		
2012/13-2014/15	Sal de Rellán-Guerra et al. (2019)	Alemania	918	18	14.546	VISTRACK <sup>6</sup>	10.756 ± 919*		
2013/14	Castagna et al. (2017)**	Alemania, Inglaterra y España	60	1.200	NS	Prozone <sup>3</sup>	10.672 ± 347		
2013/14	Rivilla-García et al. (2019)	España	380	230	NS	TRACAB <sup>7</sup>	9.268 ± 960	4.729 ± 566	4.537 ± 480
2013/14	Asian-Clemente et al. (2019)	España	Temporada completa	NS	9.641	TRACAB <sup>7</sup>	10.410 ± 888*		
2013/14-2015/16	Moreno-Pérez et al. (2021)	España	Temporada completa	144	NS	TRACAB <sup>7</sup>	9.295 ± 1.266		
2014/15	Andrzejewski, Pluta, et al. (2016)	Alemania	306	350	4.393	VISTRACK <sup>6</sup>	10.970 ± 620*		
2014/15-2016/17	Chmura et al. (2018)	Alemania	918	556	13.039	VISTRACK <sup>6</sup>	10.820 ± 220*		
2014/15-2018/19	Chmura et al. (2021)	Alemania	1.530	779	21.971	VISTRACK <sup>6</sup>	10.920 ± 700*		
2015/16-2018/19	García-Calvo et al. (2023)^	España	1.985	1.037	36.883	TRACAB <sup>7</sup>	10.352 ± 925*		
2016/17	Venzke et al. (2023)	Alemania	96	380	1.345	SICS <sup>2</sup>	10.531 ± 950	5.260 ± 296	5.127 ± 361
2016/17-2019/20	Jerome et al. (2023)^	Principales ligas europeas		1.083		SportsVU <sup>8</sup>	10.960 ± 371		
2017/18	Rey et al. (2019)	España	Temporada completa	419	10.739	TRACAB <sup>7</sup>	10.210 ± 950*		
2018/19	Lago-Peñas et al. (2020)	España	297	412	4.249	TRACAB <sup>7</sup>	10.385 ± 715*		
2018/19	Dijkhuis et al. (2021)	Holanda	302	480	4.935	SportsVU <sup>8</sup>	10.181 ± 224*	5.275 ± 223	4.906 ± 225
2018/19	Altmann et al. (2023)	Alemania	267	474	3.731	TRACAB <sup>7</sup>	10.940 ± 880		

## Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional

2019/20	Altmann et al. (2021)	Alemania	163	25	1.964	TRACAB <sup>7</sup>	10.870 ± 930		
2019/20	Radzimiński, Lorenzo-Martínez, et al. (2022)	Polonia		209	3.137	TRACAB <sup>7</sup>	10.698 ± 844		
<i>Distancia total relativa (en metros por minuto)</i>									
2006/07-2008/09	Bradley y Noakes (2013)	Inglaterra	Temporada completa	169	NS	Prozone <sup>3</sup>	112,9 ± 1,4	115,3 ± 1,5	110,6 ± 1,5
2012/13	Bradley et al. (2014)	Inglaterra	Temporada completa	NS	810	Prozone <sup>3</sup>	112,3 ± 10,3	119,8 ± 12,6	105,9 ± 16,2
2014/15	Padrón-Cabo et al. (2018)	España	Temporada completa	943	NS	TRACAB <sup>7</sup>	106,3 ± 10,4		
2015/16-2018/19	Ponce-Bordón et al. (2021)	España	Temporada completa	1.037	36.883	TRACAB <sup>7</sup>	112,9		
2015/16-2018/19	García-Calvo et al. (2023) <sup>^</sup>	España		1.985	1.037	36.883	TRACAB <sup>7</sup>	112,5 ± ,62*	
2016/17-2019/20	Jerome et al. (2023) <sup>^</sup>	Principales ligas europeas		1.083			SportsVU <sup>8</sup>	114 ± 4	
2018/19	Rey et al. (2020)	España	Temporada completa	412	4.249	TRACAB <sup>7</sup>	108,2 ± 10,15*	112,2 ± 10,5	104,2 ± 9,8
2018/19	Lorenzo-Martínez et al. (2021)	Alemania	Temporada completa	431	6.631	TRACAB <sup>7</sup>	118,5 ± 9,26		
2018/19-2019/20	Raya-González et al. (2022)	España		828	161	NS	TRACAB <sup>7</sup>	110 ± 1,04*	
2019/20	Raya-González, García-Calvo, et al. (2022)	España		760	925	23.527	TRACAB <sup>7</sup>	110 ± ,41*	
2019/20	Fernández-Navarro, et al. (2022)	España		760	457	8.347	TRACAB <sup>7</sup>	110,3 ± ,38	

*Nota.* NS = no especificado; \* = valores calculados manualmente a partir del estudio original; \*\* = mismo estudio con diferentes países; # = mismo estudio con diferente temporada; ^ = mismo estudio con ambos tipos de valores; <sup>1</sup> = AMISCO Pro<sup>®</sup>, (versión 1.0.2, Niza, Francia); <sup>2</sup> = SICS (Digital Stadium, Bassano del Grappa, Italia); <sup>3</sup> = Prozone (Prozone Sports Ltd<sup>®</sup>, Leeds, Reino Unido); <sup>4</sup> = ProZone Versión 3.0 (ProZone Sports Ltd., Leeds, UK); <sup>5</sup> = AMISCO Pro<sup>®</sup> (Sport-Universal, Nice, France); <sup>6</sup> = VISTRACK, by Impire Corp., Germany; <sup>7</sup> = TRACAB (ChryronHego VID, New York, NY); <sup>8</sup> = SportsVU (SportsVU, STATS LLC, Chicago, IL, USA).

### **Análisis del rendimiento físico de los partidos**

El análisis del rendimiento físico en partidos completos, así como en cada parte, también se presenta en la Tabla 4. La TD recorrida en partidos completos osciló entre  $11.393 \pm 1.016$  m (Di-Salvo et al., 2007) en la primera temporada y  $10.698 \pm 844$  m (Radzimiński et al., 2022) en la temporada más reciente. La TD recorrida en cada parte fue reportada por solo diez estudios, que van desde  $5.709 \pm 485$  m en la temporada 2002/03 (Di-Salvo et al., 2007) a  $5.275 \pm 223$  m en la temporada 2018/19 (Dijkhuis et al., 2021) en la primera parte y  $5.684 \pm 663$  m en la temporada 2002/03 (Di-Salvo et al., 2007) a  $4.906 \pm 225$  m en la temporada 2018/19 (Dijkhuis et al., 2021) en la segunda parte.

La Tabla 5 muestra el rendimiento físico en partidos completos considerando varios umbrales para TD y TD/min. Para el umbral HSR, los valores oscilaron entre  $605 \pm 114$  m en la temporada 2002/03 (Di-Salvo et al., 2007) y  $700 \pm 210$  m en la temporada 2019/20 (Radzimiński et al., 2022). Para el umbral VHSR, los valores oscilaron entre  $271 \pm 58$  m en la temporada 2005/06 (Castellano et al., 2011) y  $302,5 \pm 112$  m en la temporada 2018/19 (Lago-Peñas et al., 2020). Por último, para el umbral Sprint, los valores oscilaron entre  $255 \pm 64$  m en la temporada 2005/06 (Bradley et al., 2009) y  $270 \pm 140$  m en la temporada 2019/20 (Altmann et al., 2021).

**Tabla 5.** Resultados del análisis de rendimiento físico de partidos para la distancia de carrera de alta velocidad, para partidos completos y cada una de las partes ( $M \pm SD$ ).

Temporada	Autores	Países	Umbral de velocidad					
			HSR		VHSR		Sprint	
			<i>Distancia total (en metros)</i>					
2002/03-2003/04	Di Salvo et al. (2007)	España e Inglaterra	605 ± 114*	19.1–23 km·h <sup>-1</sup>			337 ± 94*	>23 km·h <sup>-1</sup>
2004/05	Rampinini et al. (2009)	Italia	3.947*	>14 km·h <sup>-1</sup>	1.224*	>19 km·h <sup>-1</sup>		
2005/06	Bradley et al. (2009)	Inglaterra	662 ± 113*	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>	905 ± 285*	>19.8 km·h <sup>-1</sup>	255 ± 64*	>25.1 km·h <sup>-1</sup>
2005/06	Lago-Peñas et al. (2009)	España	540 ± 151*	19.1–23 km·h <sup>-1</sup>			307 ± 129*	>23 km·h <sup>-1</sup>
2005/06	Dellal et al. (2010)	Francia	296 ± 63*	21–24 km·h <sup>-1</sup>			236 ± 73	>24 km·h <sup>-1</sup>
2005/06	Castellano et al. (2011)	España	808 ± 135*	17.1–21 km·h <sup>-1</sup>	271 ± 58*	21.1–24 km·h <sup>-1</sup>	223 ± 73*	>24 km·h <sup>-1</sup>
NS	Bradley et al. (2010)	Ligas europeas	660 ± 154	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>	987 ± 300	>19.8 km·h <sup>-1</sup>	251 ± 84	25.2 km·h <sup>-1</sup>
2006/07	Bradley et al. (2011)	Inglaterra			927 ± 307*	19.8 km·h <sup>-1</sup>		
2006/07	Dellal et al. (2011)**	Inglaterra	293 ± 62	21–24 km·h <sup>-1</sup>			253 ± 74*	>24 km·h <sup>-1</sup>
		España	277 ± 60	21–24 km·h <sup>-1</sup>			229 ± 71*	>24 km·h <sup>-1</sup>
NS	Bradley et al. (2013)	Inglaterra	681 ± 215	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>			248 ± 119	25.1 km·h <sup>-1</sup>
2006/07-2009/10	Di Salvo et al. (2013)	Inglaterra	693 ± 214	19.9–25.2 km·h <sup>-1</sup>			258 ± 122	>25.2 km·h <sup>-1</sup>
2006/07	Barnes et al. (2014)#	Inglaterra	890 ± 299	>19.8 km·h <sup>-1</sup>			232 ± 114	>25.1 km·h <sup>-1</sup>
2007/08	Osgnach et al. (2010)	Italia	546 ± 178	19–22 km·h <sup>-1</sup>			531 ± 214	>22 km·h <sup>-1</sup>
2010/11-2013/14	Andrzejewski et al. (2016)	Polonia	317 ± 97*	21–24 km·h <sup>-1</sup>			273 ± 110*	>24 km·h <sup>-1</sup>
2011/12-2016/17	Klemp et al. (2021)	Alemania	2.582 ± 319*	>14.4 km·h <sup>-1</sup>			357 ± 246*	>25.2 km·h <sup>-1</sup>
2012/13	Barnes et al. (2014)#	Inglaterra	1.151 ± 337	>19.8 km·h <sup>-1</sup>			350 ± 139	>25.1 km·h <sup>-1</sup>
2013/14	Castagna et al. (2017)	Alemania, Inglaterra y España	482 ± 67	18.9–21.9 km·h <sup>-1</sup>	239 ± 48	>21.9 km·h <sup>-1</sup>		
2013/14	Rivilla-García et al. (2019)	España			448 ± 156	>21 km·h <sup>-1</sup>		
2013/14	Asian et al. (2019)	España			472 ± 204*	>21 km·h <sup>-1</sup>	227 ± 132*	>24 km·h <sup>-1</sup>
2013/14-2015/16	Moreno-Pérez et al. (2021)	España	485 ± 92*	>24 km·h <sup>-1</sup>				
2014/15	Andrzejewski, Pluta, et al. (2016)	Alemania		2,420 ± 430*			>4 m·s <sup>-1</sup>	
2014/15-2016/17	Chmura et al. (2018)	Alemania	900 ± 190*	17–20.9 km·h <sup>-1</sup>	350 ± 90*	21–23.9 km·h <sup>-1</sup>	280 ± 180*	>24 km·h <sup>-1</sup>
2015/16-2018/19	García-Calvo et al. (2023)^	España	285 ± 102*	21–24 km·h <sup>-1</sup>	278 ± 146*	>24 km·h <sup>-1</sup>		
2016/17	Venzke et al. (2023)	Alemania	1.638 ± 458	>15 km·h <sup>-1</sup>				

## Análisis del rendimiento físico en el fútbol profesional: La influencia de variables contextuales

2016/17-2019/20	Jerome et al. (2023) <sup>^</sup>	Principales ligas europeas	706 ± 78	5.47–7.0 m·s <sup>-1</sup>			192 ± 34	>7.0 m·s <sup>-1</sup>
2017/18	Rey et al. (2019)	España	508 ± 211*	>21 km·h <sup>-1</sup>	257 ± 95*	21–24 km·h <sup>-1</sup>	250 ± 141*	>24 km·h <sup>-1</sup>
2018/19	Lago-Peñas et al. (2020)	España	605 ± 186*	>21 km·h <sup>-1</sup>	302.5 ± 112*	21–24 km·h <sup>-1</sup>	302 ± 132*	>24 km·h <sup>-1</sup>
2018/19	Dijkhuis et al. (2021)	Holanda	558 ± 37*	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>				
2018/19	Altmann et al. (2023)	Alemania	1.350 ± 370	17–23.9 km·h <sup>-1</sup>			280 ± 140	>24 km·h <sup>-1</sup>
2019/2020	Altmann et al. (2021)	Alemania	1.340 ± 560	17–23.9 km·h <sup>-1</sup>			270 ± 140	>24 km·h <sup>-1</sup>
2019/20	Radzimiński, Lorenzo-Martínez, et al. (2022)	Polonia	700 ± 210	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>			162 ± 102	>25.2 km·h <sup>-1</sup>
<i>Distancia total relativa (en metros por minuto)</i>								
2006/07-2008/09	Bradley y Noakes (2013)	Inglaterra	28.1 ± 1.0	>14.4 km·h <sup>-1</sup>			2.61 ± 0.15	>25.1 km·h <sup>-1</sup>
2012/13	Bradley et al. (2014)	Inglaterra	7.8 ± 3.0*	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>			2.85 ± 1.85*	>25.1 km·h <sup>-1</sup>
2014/15	Padrón-Cabo et al. (2018)	España	2.5 ± 1.0	21–24 km·h <sup>-1</sup>	5.1 ± 2.1	>21 km·h <sup>-1</sup>	2.5 ± 1.4	>24 km·h <sup>-1</sup>
2015/16-2018/19	Ponce-Bordón et al. (2021)	España	6.78 ± 1.1*	>21 km·h <sup>-1</sup>				
2015/16-2018/19	García-Calvo et al. (2023) <sup>^</sup>	España	3.41 ± .06*	21–24 km·h <sup>-1</sup>	3.29 ± .07*	>24 km·h <sup>-1</sup>		
2016/17-2019/20	Jerome et al. (2023) <sup>^</sup>		7.4 ± .8	5.47–7.0 m·s <sup>-1</sup>			2.0 ± .2	>7.0 m·s <sup>-1</sup>
2018/19	Rey et al. (2020)	España	2.95 ± 1.2*	21.1–24 km·h <sup>-1</sup>			2.9 ± 1.75*	>24 km·h <sup>-1</sup>
2018/19-2019/20	Raya-González et al. (2022)	España	6.79 ± .19*	18–21 km·h <sup>-1</sup>	3.72 ± .14*	21.1–24 km·h <sup>-1</sup>	2.83 ± .16*	>24 km·h <sup>-1</sup>
2019/20	Raya-González, García-Calvo, et al. (2022)	España	4.01 ± .04*	21.1–24 km·h <sup>-1</sup>	3.01 ± .06*	>24 km·h <sup>-1</sup>		
2019/20	García-Calvo, Fernández-Navarro, et al. (2022)	España	15.98 ± .09	>18 km·h <sup>-1</sup>				

*Nota.* NS = no especificado; HSR = carrera a alta velocidad; VHSR = carrera a muy alta velocidad; Sprint = distancia a esprint; \* = valores calculados manualmente a partir del estudio original; \*\* = mismo estudio con diferentes países; # = mismo estudio con diferente temporada; ^ = mismo estudio con ambos tipos de valores.

Además, se realizó un análisis del rendimiento físico por posiciones de juego para la TD recorrida (Tabla 6) y HSR (Tabla 7). Las posiciones de juego analizadas fueron las de central (CD = *Central Defender*), lateral (WD = *Wide Defender*), mediocentro (CM = *Central Midfielder*), medio lateral (WM = *Wide Midfielder*) y delantero (FW = *Forward*). Un total de 26 estudios informaron sobre la TD específica de cada posición, de los cuales 20 informaron sobre la TD recorrida en metros y seis informaron sobre la TD recorrida en metros por minuto (i.e., valores relativos). La mayoría de los estudios informaron de la TD para CD, WD, CM, WM y FW, excepto Bradley et al. (2011), que no incluyeron WD y WM, y Modric et al. (2020), que no incluyeron WM. Desde la temporada más temprana a la más reciente, los valores para CD oscilaron entre  $10.627 \pm 893$  m (Di-Salvo et al., 2007) y  $9.930 \pm 569$  m (Radzimiński et al., 2022); para WD oscilaron entre  $11.410 \pm 708$  m (Di-Salvo et al., 2007) y  $10.695 \pm 621$  m (Radzimiński et al., 2022); para CM oscilaron entre  $12.027 \pm 625$  m (Di-Salvo et al., 2007) a  $11.299 \pm 726$  m (Radzimiński et al., 2022); para WM osciló entre  $11.990 \pm 776$  m (Di-Salvo et al., 2007) y  $11.145 \pm 675$  m (Radzimiński et al., 2022); para FW osciló entre  $11.254 \pm 894$  m (Di-Salvo et al., 2007) y  $10.700 \pm 699$  m (Radzimiński et al., 2022).

Análisis del rendimiento físico en el fútbol profesional: La influencia de variables contextuales

**Tabla 6.** Resultados del análisis de rendimiento físico de partidos para la TD y la TD relativa por posición de juego ( $M \pm SD$ ).

Temporada	Autores	País	Posiciones				
			CD	WD	CM	WM	FW
<i>Distancia total (en metros)</i>							
2002/03-2003/04	Di Salvo et al. (2007)	España e Inglaterra	10.627 ± 893	11.410 ± 708	12.027 ± 625	11.990 ± 776	11.254 ± 894
2005/06	Bradley et al. (2009)	Inglaterra	9.885 ± 555	10.710 ± 589	11.450 ± 608	11.535 ± 933	10.314 ± 1.175
2005/06	Lago-Peñas et al. (2009)	España	10.070 ± 534	11.056 ± 619	11.541 ± 594	11.659 ± 935	10.626 ± 1.242
2005/06	Dellal et al. (2010)	France	10.425 ± 808	10.655 ± 860	11.613 ± 942*	12.029 ± 977	10.942 ± 978
NS	Bradley et al. (2010)	Ligas europeas	10.057 ± 582	10.763 ± 627	11.411 ± 486	11.491 ± 996	10.504 ± 1.090
2006/07	Bradley et al. (2011)	Inglaterra	10.216 ± 827*		11.565 ± 666*		10.374 ± 904*
2006/07	Dellal et al. (2011)**	Inglaterra	10.617 ± 857	10.775 ± 645	11.667 ± 758*	11.040 ± 757	10.802 ± 991
		España	10.496 ± 772	10.649 ± 786	11.125 ± 1.038*	11.240 ± 761	10.717 ± 901
NS	Bradley et al. (2013)	Inglaterra	9.816 ± 567	10.730 ± 623	11.445 ± 647	11.612 ± 803	10.320 ± 968
2006/07-2009/10	Di Salvo et al. (2013)	Inglaterra	9.901 ± 619	10.639 ± 609	11.487 ± 727	11.496 ± 821	10.451 ± 944
2010/11-2013/14	Andrzejewski et al. (2016)	Polonia	10.503 ± 528	11.432 ± 558	11.894 ± 765	11.751 ± 686	10.897 ± 724
2012/13-2014/15	Sal de Rellán-Guerra et al. (2019)	Alemania	10.100 ± 623*	10.747 ± 625*	11.378 ± 866*	10.892 ± 989*	10.574 ± 902*
	Andrzejewski, Pluta, et al. (2016)	Alemania	10.170 ± 580*	10.820 ± 560*	11.620 ± 670*	11.340 ± 630*	10.920 ± 680*
2014/15-2018/19	Chmura et al. (2021)	Alemania	10.100 ± 600	10.800 ± 600	11.600 ± 700	11.300 ± 800	10.800 ± 900
2014/15-2016/17	Chmura et al. (2018)	Alemania	10.010 ± 220*	10.700 ± 200*	11.510 ± 170*	11.130 ± 230*	10.680 ± 190*
	Venzke et al. (2023)	Alemania	9.755 ± 615	10.389 ± 566	11.445 ± 638	10.807 ± 772	10.319 ± 1.018
2017/18	Rey et al. (2019)	España	9.631 ± 677*	10.145 ± 653*	10.901 ± 835*	10.341 ± 1.077	9.962 ± 769*
2018/19	Lago-Peñas et al. (2020)	España	9.610 ± 561*	10.338 ± 586*	11.025 ± 683*	10.889 ± 895*	10.062 ± 913*
2018/19	Altmann et al. (2023)	Alemania	10.240 ± 640	10.900 ± 660	11.600 ± 680	11.340 ± 740	10.860 ± 830
2019/20	Altmann et al. (2021)	Alemania	10.210 ± 640	10.750 ± 560	11.660 ± 920	11.070 ± 730	10.860 ± 800
2019/20	Radzimiński, Lorenzo-Martínez, et al. (2022)	Polonia	9.930 ± 569	10.695 ± 621	11.299 ± 726	11.145 ± 675	10.700 ± 699
<i>Distancia total relativa (en metros por minuto)</i>							
2006/07-2008/09	Bradley y Noakes (2013)	Inglaterra	102,6 ± 1,6	114,5 ± 1,8	120,6 ± 1,6	125,4 ± 2,2	104,6 ± 2,7
2012/13	Bradley et al. (2014)	Inglaterra	102,8 ± 5,8	112,1 ± 6,6	120,0 ± 6,9	121,5 ± 8,4	108,2 ± 10,5
2014/15	Padrón-Cabo et al. (2018)	España	98,3 ± 6,5	105,7 ± 7,0	114,2 ± 8,1	110,6 ± 10,7	105,1 ± 13,8
2015/16-2018/19	Ponce-Bordón et al. (2021)	España	107,30 ± 6,0	109,90 ± 5,0	116,10 ± 1,5	115,90 ± 2,0	115,60 ± 3,1
2018/19	Lorenzo-Martínez et al. (2021)	Alemania	109,27 ± 6,89	117,03 ± 6,70	124,46 ± 7,39	120,56 ± 6,95	120,10 ± 8,57
2018/19	Rey et al. (2020)	España	100,8 ± 6,9*	108,5 ± 7,3*	115,8 ± 8,3*	114,4 ± 10,3*	105,5 ± 10,2*

*Nota.* NS = no especificado; CD = centrales; WD = laterales; CM = mediocentros; WM = medios laterales; FW = delanteros; \* = valores calculados manualmente a partir del estudio original; \*\* = mismo estudio con diferentes países.

**Tabla 7.** Resultados del análisis de rendimiento físico de partidos para la HSR por posición de juego ( $M \pm SD$ ).

Temporada	Autor	País	Umbral de velocidad	Posiciones				
				CD	WD	CM	WM	FW
<i>Distancia total (en metros)</i>								
2002/03-2003/04	Di Salvo et al. (2007)	España e Inglaterra	>23 km·h <sup>-1</sup>	215 ± 100	402 ± 165	248 ± 116	446 ± 161	404 ± 140
2005/06	Bradley et al. (2009)	Inglaterra	>25.1 km·h <sup>-1</sup>	152 ± 50	287 ± 98	204 ± 89	346 ± 115	264 ± 87
2005/06	Lago-Peñas et al. (2009)	España	>23 km·h <sup>-1</sup>	184 ± 100	304 ± 124	219 ± 122	490 ± 172	340 ± 129
2005/06	Dellal et al. (2010)	Francia	>24 km·h <sup>-1</sup>	199 ± 65	241 ± 70	228 ± 74*	235 ± 85	290 ± 75
NS	Bradley et al. (2010)	Ligas europeas	>19.8 km·h <sup>-1</sup>	638 ± 154	1.046 ± 196	941 ± 235	1.273 ± 257	996 ± 268
2006/07	Bradley et al. (2011)	Inglaterra	>19.8 km·h <sup>-1</sup>	787 ± 292*		1.069 ± 273*		992 ± 231*
2006/07	Dellal et al. (2011)**	Inglaterra	>24 km·h <sup>-1</sup>	208 ± 69	263 ± 70	256 ± 71*	259 ± 85	278 ± 78
		España	>24 km·h <sup>-1</sup>	193 ± 64	248 ± 77	213 ± 71*	250 ± 72	260 ± 73
NS	Bradley et al. (2013)	Inglaterra	>25.1 km·h <sup>-1</sup>	153 ± 64	288 ± 109	217 ± 93	331 ± 114	312 ± 121
2006/07-2009/10	Di Salvo et al. (2013)	Inglaterra	>25.2 km·h <sup>-1</sup>	168 ± 72	285 ± 113	241 ± 106	353 ± 124	297 ± 115
2010/11-2013/14	Andrzejewski et al. (2016)	Polonia	>24 km·h <sup>-1</sup>	174 ± 77	324 ± 125	189 ± 90	370 ± 133	308 ± 126
2014/15	Andrzejewski, Pluta, et al. (2016)	Alemania	>4 m·s <sup>-1</sup>	1.850 ± 370*	2.560 ± 420*	2.900 ± 500*	2.940 ± 420*	2.670 ± 460*
2014/15-2016/17	Chmura et al. (2018)	Alemania	>24 km·h <sup>-1</sup>	160 ± 80*	310 ± 110*	210 ± 100*	370 ± 130*	330 ± 130*
2016/17	Venzke et al. (2023)	Alemania	>15.5 km·h <sup>-1</sup>	1.189 ± 279	1.687 ± 332	1.845 ± 402	1.981 ± 327	1.728 ± 380
2017/18	Rey et al. (2019)	España	>24 km·h <sup>-1</sup>	187 ± 90*	324 ± 142*	183 ± 111*	352 ± 155*	316 ± 121*
2018/19	Lago-Peñas et al. (2020)	España	>24 km·h <sup>-1</sup>	199,5 ± 86*	368,5 ± 138*	205 ± 105*	388 ± 162*	349 ± 148*
2018/19	Altmann et al. (2023)	Alemania	>24 km·h <sup>-1</sup>	190 ± 90	360 ± 130	220 ± 100	400 ± 150	340 ± 120
2019/20	Altmann et al. (2021)	Alemania	>24 km·h <sup>-1</sup>	190 ± 80	360 ± 140	240 ± 130	420 ± 140	340 ± 130
2019/20	Radzimiński, Lorenzo Martínez et al. (2022)	Polonia	>25.2 km·h <sup>-1</sup>	109 ± 68	222 ± 99	120 ± 72	239 ± 118	184 ± 89
<i>Distancia total relativa (en metros por minuto)</i>								
2006/07-2008/09	Bradley y Noakes (2013)	Inglaterra	>25 km·h <sup>-1</sup>	1,54 ± ,12	3,02 ± ,30	2,39 ± ,21	3,50 ± ,23	3,44 ± ,42
2012/13	Bradley et al. (2014)	Inglaterra	>25.1 km·h <sup>-1</sup>	1,6 ± ,7	2,9 ± 1,1	2,3 ± ,9	3,5 ± 1,2	3,2 ± 1,2
2014/15	Padrón-Cabo et al. (2018)	España	> 24 km·h <sup>-1</sup>	1,7 ± ,9	3,5 ± 1,3	1,8 ± 1,0	3,4 ± 1,3	3,4 ± 1,4
2015/16-2018/19	Ponce-Bordón et al. (2021)	España	>21 km·h <sup>-1</sup>	5,74 ± 1,1	6,68 ± ,8	6,68 ± ,9	7,24 ± ,7	7,57 ± ,6
2018/19	Rey et al. (2020)	España	> 24 km·h <sup>-1</sup>	2,1 ± 1,1*	3,8 ± 1,7*	2,1 ± 1,3*	4,1 ± 1,9*	3,7 ± 1,8*

*Nota.* NS = no especificado; CD = centrales; WD = laterales; CM = mediocentros; WM = medios laterales; FW = delanteros; \* = valores calculados manualmente a partir del estudio original; \*\* = mismo estudio con diferentes países.

El resumen de los datos de TD y TD relativa (i.e., metros por minuto) por intervalo de años (teniendo en cuenta el intervalo de años de los torneos de la Copa del Mundo) y las diferentes ligas se presentan en la Tabla 8 y la Tabla 9. La TD recorrida osciló entre  $11.005 \pm 917$  m durante las temporadas 2002/03–2009/10 y  $10.615 \pm 718$  m durante las temporadas 2018/19–2019/20. La TD media más baja se encontró en la Eredivise holandesa ( $10.181 \pm 224$  m; un estudio que utilizó el *video tracking*) con respecto a la mayor TD media en la Serie A italiana (11.389 m; dos estudios que utilizaron el *video tracking*). Además, se incluyó el número total de jugadores y observaciones totales de cada país para conocer el peso de los estudios incluidos para calcular el valor medio de las distancias recorridas.

**Tabla 8.** Resultado del análisis de rendimiento físico de partidos para la TD y la TD relativa por rango de años.

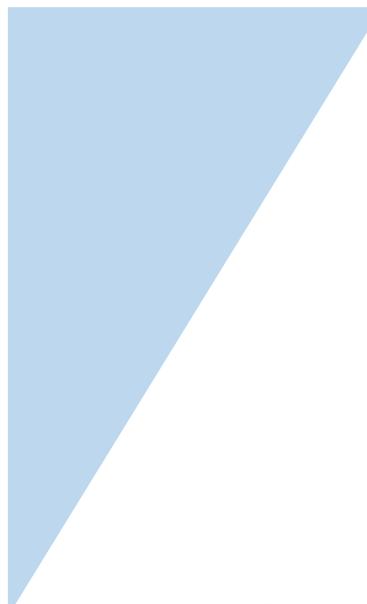
Temporadas	Estudio (s)	Métricas	$M \pm SD$
2002/03–2009/10	14	Distancia total (m)	$11.005 \pm 917$
		Distancia total relativa (m·min.)	$112,9 \pm 1,4$
2010/11–2013/14	8	Distancia total (m)	$10.384 \pm 792$
		Distancia total relativa (m·min.)	$112,3 \pm 10,3$
2014/15–2017/18	9	Distancia total (m)	$10.680 \pm 677$
		Distancia total relativa (m·min.)	$111,4 \pm 5,01$
2018/19–2019/20	10	Distancia total (m)	$10.615 \pm 718$
		Distancia total relativa (m·min.)	$111,4 \pm 4,25$

*Nota.* m = metros; m·min. = metros por minuto.

**Tabla 9.** Medidas de resumen del rendimiento físico por liga para la TD y la TD relativa, para partidos completos ( $M \pm SD$ ).

País	Liga	Estudio (s)	Jugadores totales	Observaciones totales	Rango de años	TD media	TD por rango de años
<i>Distancia total (en metros)</i>							
España	LaLiga	11	2.669	63.849	2002/03–2018/19	10.468 ± 849	11.393 ± 1.016 – 10.385 ± 715
Inglaterra	English Premier League	9	5.526	46.800	2002/03–2013/14	10.844 ± 885	11.393 ± 1.016 – 10.672 ± 347
Alemania	Bundesliga	9	3782	60.989	2011/12–2019/20	10.776 ± 665	10.501 ± 419 – 10.870 ± 930
Italia	Serie A	2	585	363	2004/05–2007/08	11.389	11.828 – 10.950 ± 1.044
Francia	Ligue 1	1	NS	5.938	2005/06	-	11.214 ± 906
Polonia	Ekstraklasa	2	1.387	3.137	2010/11–2019/20	10.997 ± 748	11.295 ± 652 – 10.698 ± 844
Holanda	Dutch Eredivisie	1	480	4.935	2018/19	-	10.181 ± 224
<i>Distancia total relativa (en metros por minuto)</i>							
España	LaLiga	7	4.972	109.889	2014/15–2019/20	110 ± 3,8	106,3 ± 10,4 – 110,3 ± ,38
Inglaterra	English Premier League	2	169	810	2006/07–2012/13	112,6 ± 5,85	112,9 ± 1,4 – 112,3 ± 10,3
Alemania	Bundesliga	1	431	6.631	2018/19	-	118,51 ± 9,26

Nota. NS = no especificado; TD = Distancia total.



Resumen

Introducción

Capítulo 1: Marco teórico

Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional

**Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional**

Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos

Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada

Capítulo 6: Discusión

Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro

Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones

Referencias bibliográficas

Artículos originales

## CAPÍTULO 3: INFLUENCIA DE ASPECTOS REGLAMENTARIOS SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL

En el siguiente capítulo se incluye el segundo artículo de la tesis doctoral donde se analiza la influencia de un aspecto reglamentario, como es la implementación del sistema VAR, sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional. En este sentido, se ofrece información de cómo un elemento que ha modificado el juego también puede modificar las demandas físicas de los jugadores de fútbol durante los partidos de competición.

### ARTÍCULO 2

**Ponce-Bordón, J. C.,** Lobo-Triviño, D., Rubio-Morales, A., López del Campo, R., Resta, R., y López-Gajardo, M. A. (2022). The effect of the Video Assistant Referee system implementation on match physical demands in the Spanish LaLiga. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5125. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095125>

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS

Como se ha comprobado previamente, el rendimiento físico ha evolucionado durante los últimos años y uno de los aspectos que puede haber influido en dicha evolución es la implementación del sistema VAR, ya que los jugadores pueden utilizar las interrupciones del VAR para recuperarse y realizar más esfuerzos realizados a alta intensidad (Bradley et al., 2009). Sin embargo, todavía no se sabe con certeza si la

implementación de dicha tecnología afecta en gran medida a las demandas físicas de los partidos; en concreto, a los esfuerzos realizados a alta intensidad en la Primera División española. Además, es necesario destacar que en la Temporada 2018/19 se instaló de manera oficial el sistema VAR en la competición de las ligas españolas de fútbol profesional (Primera y Segunda División). Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo analizar la influencia de la implementación del sistema VAR en las demandas físicas de los partidos de competición de la Primera División española de fútbol a lo largo de la temporada 2017/18 (sin el sistema VAR) y la temporada 2018/19 (con el sistema VAR). Basándonos en estudios previos (Errekagorri et al., 2020), como *Hipótesis 1*, se esperaba que la distancia total recorrida por los equipos disminuiría en las temporadas con implementación del sistema VAR y, como *Hipótesis 2*, se esperaba que las distancias recorridas a alta intensidad y las acciones de esprint aumentarían en las temporadas con implementación del sistema VAR.

## MÉTODO

### Participantes

La muestra incluyó observaciones de todos los partidos de fútbol disputados durante dos temporadas (de 2017/18 a 2018/19) en la Primera División española ( $n = 1.454$ ). Se realizaron dos observaciones por partido y una por equipo. En el análisis se incluyó la actividad de los porteros. En concreto, se incluyeron en el estudio un total de 1.454 de los 1.520 registros potenciales. Se excluyeron 66 observaciones debido a problemas técnicos en el sistema de recogida de datos o a condiciones meteorológicas adversas durante el partido. Dado que el VAR se introdujo en las principales ligas europeas al comienzo de la temporada 2017/18, las intervenciones del VAR solo se tuvieron en cuenta en todos los partidos de la temporada 2018/19 en la Primera División española. Los datos fueron proporcionados a los autores por LaLiga™, que había

informado a todos los participantes a través de sus protocolos. Todos los datos fueron anonimizados de acuerdo con la Declaración de Helsinki para garantizar la confidencialidad de los jugadores y los equipos, y el protocolo fue aprobado en su totalidad por el Comité de Ética de la Universidad de Extremadura; Vicerrectorado de Investigación, Transferencia e Innovación - Delegación de la Comisión de Bioética y Bioseguridad (Número de protocolo: 239/2019).

#### **Diseño y procedimiento**

Los datos de las demandas físicas de los partidos se recogieron mediante un sistema de *video tracking* óptico, TRACAB (ChyronHego, Nueva York, Estados Unidos). Este sistema de seguimiento multicámara evalúa la distancia recorrida en metros por los equipos y el número de esfuerzos realizados a alta intensidad (LaLiga™, Madrid, España). Consta de ocho súper cámaras 4K-High de alto rango dinámico basadas en un sistema de posicionamiento (sistema de *video tracking* TRACAB-ChyronHego). Este sistema graba y analiza las posiciones X e Y de cada jugador desde varios ángulos, proporcionando así un seguimiento bidimensional en tiempo real (los datos de seguimiento se graban a 25 Hz). La validez y fiabilidad del sistema de *video tracking* TRACAB® también han sido comprobadas recientemente para el rendimiento físico, reportando errores medios de medición del 2% para las variables de rendimiento físico (Pons, García-Calvo, et al., 2021). Además, en estudios recientes se ha comprobado la concordancia entre el sistema Mediacoach® y los dispositivos GPS (Pons et al., 2019). En concreto, la magnitud de los coeficientes de correlación intraclase (CCI) fue superior a .90.

#### **VARIABLES DEL ESTUDIO**

En base a estudios previos, las demandas físicas de los partidos mostradas por los equipos fueron registradas por Mediacoach® en diferentes rangos de velocidad: TD

recorrida por los equipos de fútbol en metros, TD relativa recorrida por los equipos de fútbol en metros por minuto (TD/min.), distancia recorrida entre 14–21 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia recorrida a velocidad media, MSR = *Medium Speed Running Distance*), distancia recorrida entre 21–24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia recorrida a muy alta velocidad, VHSR = *Very High Speed Running Distance*), y distancia recorrida a más de 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia recorrida a esprint, Sprint = *Sprinting Speed Running Distance*). Además, el número de esfuerzos realizados a alta intensidad también se dividió en dos rangos de velocidad: número de esfuerzos realizados a una velocidad entre 21–24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp21); y número esfuerzos realizados a velocidades superiores a 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp24). Todas estas variables constituyen la suma total del rendimiento físico de los jugadores que participaron en cada partido (es decir, todos los jugadores que completaron partidos enteros, todos los jugadores que fueron sustituidos y los jugadores suplentes).

### **Análisis estadístico**

Los datos se analizaron utilizando el programa R-Studio (R-Studio Team, 2020). Teniendo en cuenta las características de la muestra, organizada jerárquicamente, anidada en grupos y con una estructura longitudinal, consideramos que el mejor procedimiento para analizar los datos era mediante modelos lineales mixtos (MLM; West et al., 2022). Se utilizaron MLM para analizar la influencia de las temporadas sobre las demandas físicas del partido. En primer lugar, se construyeron diferentes modelos para cada una de las variables dependientes (es decir, distancias recorridas por los equipos a diferentes umbrales de velocidad), introduciendo como efectos fijos las temporadas (2017/18 y 2018/19). La variable equipo fue introducida como efecto aleatorio en el análisis. Siguiendo el procedimiento propuesto por Heck y Thomas (2015) se crearon modelos con diferentes efectos aleatorios (intercepto y pendiente) para cada variable. Los valores se representaron como coeficientes y error estándar (*Coeff ± SE*). La significación estadística

se estableció en  $p < .05$ . Por último, se calcularon las diferencias estandarizadas, o el tamaño del efecto  $d$  de Cohen (ES, límite de confianza del 90%) y se interpretó de la siguiente manera:  $d = 0,00-0,19$ : trivial;  $d = 0,20-0,59$ : pequeño;  $d = 0,60-1,19$ : moderado;  $d = 1,20-1,99$ : grande;  $d \geq 2,00$ : muy grande (Hopkins et al., 2009).

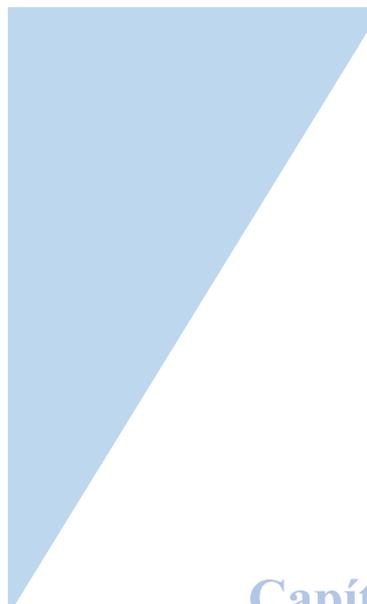
## RESULTADOS

La Tabla 10 muestra un resumen de la comparación de las demandas físicas de los partidos de la Primera División española de fútbol entre las dos temporadas (es decir, con y sin el VAR). Los datos muestran que, en esta competición, la TD recorrida y la TD/min. disminuyeron significativamente ( $p < .05$ ) en las temporadas con el VAR en comparación con las temporadas sin el VAR. No se encontraron diferencias significativas entre las dos temporadas en la MSR recorrida por los equipos. Además, no se encontraron diferencias significativas en la distancia recorrida a alta intensidad, como la VHSR y la distancia Sprint, y el número de esfuerzos realizados a alta intensidad, como Sp21 y Sp24, en las temporadas con la implementación del sistema VAR en comparación con las temporadas sin el VAR.

**Tabla 10.** Comparación de las demandas físicas de los partidos entre temporadas con VAR (Temporada 2018/19) y temporadas sin VAR (Temporada 2017/18) en Primera División española.

	Temporada 2017/18			Temporada 2018/19			<i>p</i>	$\Delta$ Cohen
	<i>Coficiente</i>	<i>SE</i>	95% CI	<i>Coficiente</i>	<i>SE</i>	95% CI		
TD (m)	109.321	4189	109.013, 109.629	108.596	4497	108.289, 108.902	**	.17
TD/min. (m/min.)	1.505	74	1.500, 1.510	1.477	73	1.472, 1.482	***	.38
MSR (m)	22.709	2322	22.557, 22.861	22.471	2216	22.320, 22.622		.10
VHSR (m)	3.013	384	2.986, 3.041	3.056	396	3.028, 3.084		.11
Sprint (m)	2.930	486	2.894, 2.965	2.960	500	2.925, 2.995		.06
Sp21 (n.º)	264	30	262, 267	268	32	266, 270		.13
Sp24 (n.º)	161	22	160, 163	162	23	160, 164		.04

*Nota.* SE = Error estándar; CI = Intervalo de confianza; m = metros, n.º = Número, DT = Distancia total, MSR = distancia recorrida a velocidad media; VHSR = distancia recorrida a muy alta velocidad; Sprint = distancia recorrida a esprint; Sp21 = esfuerzos realizados a una velocidad entre 21–24 km·h<sup>-1</sup>; Sp24 = esfuerzos realizados a velocidad superior a 24 km·h<sup>-1</sup>; \*\* *p* < .01. \*\*\* *p* < .001.



Resumen

Introducción

Capítulo 1: Marco teórico

Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional

**Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos**

Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada

Capítulo 6: Discusión

Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro

Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones

Referencias bibliográficas

Artículos originales

## CAPÍTULO 4: LA INFLUENCIA DE VARIABLES CONTEXTUALES DURANTE LOS PARTIDOS

En el siguiente capítulo se incluyen un total de dos artículos (i.e., Artículo 3 y 4) y un trabajo complementario donde se analiza la influencia de diferentes variables contextuales sobre el rendimiento físico de los equipos durante los partidos de fútbol.

### ARTÍCULO 3

**Ponce-Bordón, J. C.,** Nobari, H., Lobo-Triviño, D., García-Calvo, T., Vicente-Giménez, J., López del Campo, R., ... y Fernández-Navarro, J. (2022). Match movement profiles differences in Spanish soccer competitive leagues according to opposition's team ranking: A comparison study. *Applied Sciences*, 12(24), 12635. <https://doi.org/10.3390/app122412635>

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS

La influencia de la calidad del adversario sobre el rendimiento físico en los partidos de fútbol ha sido analizada de manera breve (García-Unanue et al., 2018). Sin embargo, son necesarias más investigaciones sobre esta influencia para identificar cómo las diferencias en la clasificación de los equipos afectan al rendimiento físico dentro de una misma división, con equipos situados en zonas diferentes de la clasificación, o entre diferentes divisiones. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo examinar las diferencias en las demandas físicas del partido según la calidad del oponente (es decir, el equilibrio del partido) entre la Primera y la Segunda División española de fútbol profesional durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/16 a 2018/19). Basándonos

en estudios previos, se han planteado dos hipótesis: *Hipótesis 3*, el rendimiento en carrera de los partidos puede diferir entre equipos en función de la calidad del rival. Concretamente, la TD sería mayor cuando la calidad del oponente sea mejor (Lago-Peñas et al., 2010); del mismo modo, la HSR sería mayor contra equipos de alta calidad (Castellano et al., 2011; Rampinini et al., 2007). Además, como *Hipótesis 4*, se esperaba que la variable contextual de la calidad del adversario también puede influir en las distancias recorridas con y sin posesión del balón.

### MÉTODO

#### Participantes

La muestra incluyó todos los partidos jugados por los equipos que participaron en las ligas españolas de fútbol de Primera y Segunda División durante cuatro temporadas consecutivas (2015/16, 2016/17, 2017/18 y 2018/19). Se excluyeron los porteros y los jugadores que jugaron menos de 15 min durante los partidos porque los valores medios obtenidos de estos jugadores eran superiores a la media del equipo (Rampinini et al., 2021). Así, se incluyeron en el estudio 5.916 de las 6.736 observaciones potenciales, pertenecientes a 3.368 partidos jugados en la Primera ( $n = 1.520$ ) y Segunda División ( $n = 1.848$ ). Debido a problemas técnicos con el sistema de registro de datos o a condiciones meteorológicas desfavorables durante el partido, se descartaron 820 (12,17%) observaciones. El estudio fue aprobado por la Universidad de Extremadura (número de código: 153/2017), y los datos fueron proporcionados a los autores por LaLiga™.

#### Procedimiento y variables del estudio

Un sistema de *video tracking* óptico registró los datos de las demandas físicas del partido, TRACAB (ChyronHego®, Nueva York, NY, EE. UU.). En este sistema de seguimiento multicámara se utilizan ocho súper cámaras 4K de alto rango dinámico para seguir y rastrear a los futbolistas sobre el terreno de juego. Las cámaras capturan al

jugador desde varios ángulos y ofrecen seguimiento en tiempo real con datos de 25 Hz. Según un análisis de la validez y fiabilidad del sistema de *video tracking*, la TD recorrida mostró errores de medición medios del 2% (Pons, García-Calvo, et al., 2021). Además, algunos estudios han examinado la concordancia entre los dispositivos GPS y el sistema Mediacoach® (Felipe et al., 2019; Pons et al., 2019). Concretamente, la magnitud del CCI fue  $> .90$ .

Las variables de rendimiento físico analizadas se clasificaron en función de la posesión del balón de la siguiente manera (Brito de Souza et al., 2020): con posesión (WP = *With Possession*) y sin posesión (WOP = *Without Possession*). Se analizaron dos variables para cada una de estas categorías: distancia total en metros (m.) recorrida por los jugadores (TD = *Total Distance*) y distancia total recorrida a más de  $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (es decir, distancia recorrida a alta velocidad, HSR = *High Speed Running Distance*).

Para examinar la influencia de la calidad del oponente sobre el rendimiento físico durante el partido, se incluyó en el análisis la diferencia en la clasificación final del equipo analizado y del oponente (es decir, balance del partido =  $TA - TB$ ), donde TA es la clasificación final del equipo analizado, y TB es la clasificación final del equipo oponente (Rampinini et al., 2007). Por ejemplo, si el equipo A ocupa la 6ª posición y el equipo B la 14ª, la calidad del adversario sería -8; asimismo, en ese mismo partido considerando el equipo contrario, la calidad del adversario sería +8.

El intervalo de valores se estableció entre -19 y +19 en Primera División y entre -21 y +21 en Segunda División. Así, cuanto menor es el valor, más fácil fue el partido para el equipo analizado; del mismo modo, cuanto mayor es el valor, más difícil fue el partido.

Por último, debido a la variabilidad de los partidos, la calidad del adversario se dividió en cinco grupos diferentes según los valores del balance del partido: balance del partido 1 (MB1; partidos en los que el valor del balance del partido era +10); balance del

partido 2 (MB2; partidos en los que el valor del balance del partido estaba entre +4 y +9); balance del partido 3 (MB3; partidos en los que el balance del partido estaba entre +3 y -3); balance del partido 4 (MB4; partidos en los que el valor del balance del partido estaba entre -4 y -9); balance del partido 5 (MB5; partidos en los que el valor del balance del partido era -10).

### **Análisis estadístico**

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando R-Studio (R-Studio Team, 2020). Teniendo en cuenta las características de la muestra, organizada jerárquicamente, anidada en grupos y con una estructura longitudinal, consideramos que el mejor procedimiento para analizar los datos era a través de modelos lineales mixtos (MLM; West et al., 2022). Por tanto, se aplicó un MLM para analizar las diferencias en las variables de rendimiento físico de los partidos en relación con la calidad del adversario utilizando el paquete lme4 (Bates et al., 2015).

En primer lugar, se estableció una jerarquía de dos niveles para el análisis. Las variables de rendimiento físico del partido (es decir, TD y HSR) se incluyeron como variables dependientes en los modelos, y la calidad del adversario (i.e., MB1, MB2, MB3, MB4 y MB5) y las divisiones (Primera y Segunda División) fueron las variables independientes incluidas como efectos fijos. La variable equipo se incluyó como efecto aleatorio en el análisis. Para cada modelo, se llevó a cabo una estrategia general de modelado multinivel (Heck y Thomas, 2015). Este procedimiento consiste en incluir efectos fijos y aleatorios por pasos, avanzando desde el modelo más simple al más complejo. La comparación de modelos se realizó utilizando el AIC (Akaike, 1974) y las pruebas de razón de verosimilitud chi-cuadrado (Field, 2013). En este sentido, un valor más bajo del AIC y de la prueba de verosimilitud chi-cuadrado indicaba si el modelo era mejor que el anterior y si los cambios eran significativos. Además, se empleó la

estimación de máxima verosimilitud (ML) para comparar los modelos. Por último, informamos de las métricas  $R^2$  marginal y condicional (Nakagawa y Schielzeth, 2013) de cada MLM para proporcionar alguna medida de los tamaños de los efectos.

## RESULTADOS

Las Tablas 11 y 12 muestran el intercepto y el error estándar de las demandas físicas del partido (es decir, TD y HSR) con y sin posesión del balón, considerando las divisiones y los cinco niveles de calidad del adversario.

En cuanto a la TD, se obtuvieron mayores valores durante el MB5 en Primera División (109.534 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB1 y MB2 ( $p < .05$ ). Por el contrario, la TD recorrida fue mayor durante MB1 en Segunda División (108.538 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2, MB3 y MB4 ( $p < .05$ ). En cuanto a la TD con y sin posesión de balón, la TDWP recorrida fue mayor durante el MB1 en Primera División (41.580 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2, MB3, MB4 y MB5 ( $p < .05$ ). Del mismo modo, la TDWP recorrida fue mayor durante el MB1 en Segunda División (37.692 m). Por el contrario, la TDWOP recorrida fue mayor durante el MB5 en Primera División (47.681 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB1, MB2, MB3 y MB4 ( $p < .05$ ). Mientras tanto, en Segunda División, la TDWOP recorrida fue mayor durante MB1 (40.990 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2.

**Tabla 11.** Rendimiento físico en función de la calidad del adversario en Primera División española.

	Primera División					Diferencias entre grupos				
	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5
TD (m)	108,807	109,020	108,858	109,348	109,534	d, e	e	d, e	a, b	a, b
TDWP (m)	41,580	40,163	39,061	38,486	37,057	b, c, d, e	a, c, d, e	a, b, e	a, b, e	a, b, c, d
TDWOP (m)	38,759	40,755	42,271	44,418	47,681	b, c, d, e	a, c, d, e	a, b, d, e	a, b, c, e	a, b, c, d
HSR (m)	5918	5956	5861	5956	5914	b, c, d, e	c	b, d	c	
HSR WP (m)	2882	2790	2625	2578	2433	b, c, d, e	a, c, d, e	a, b, e	a, b, e	a, b, c, d
HSR WOP (m)	2901	3035	3105	3252	3360	b, c, d, e	a, c, d, e	a, b, d, e	a, b, c, e	a, b, c, d

*Nota.* MB1 = Balance del partido 1; MB2 = Balance del partido 2; MB3 = Balance del partido 3; MB4 = Balance del partido 4; MB5 = Balance del partido 5; TD = distancia total; TDWP = distancia total con posesión del balón; TDWOP = distancia total sin posesión del balón; HSR = Distancia recorrida a velocidad superior a 21 km·h<sup>-1</sup>; a = diferencias significativas en comparación con MB1; b = diferencias significativas en comparación con MB2; c = diferencias significativas en comparación con MB3; d = diferencias significativas en comparación con MB4; d = diferencias significativas en comparación con MB5.

**Tabla 12.** Rendimiento físico en función de la calidad del adversario en Segunda División española.

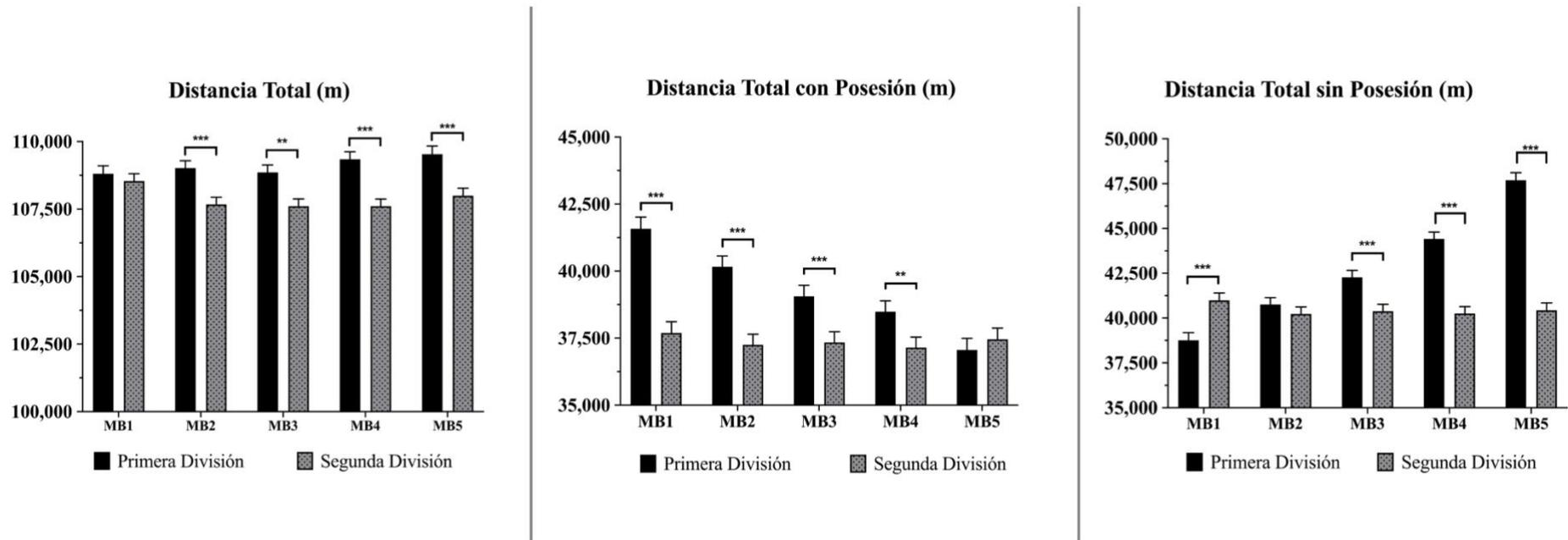
	Segunda División					Diferencias entre grupos				
	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5
TD (m)	108,538	107,673	107,606	107,606	107,995	b, c, d	a	a	a	
TDWP (m)	37,692	37,248	37,340	37,146	37,457					
TDWOP (m)	40,990	40,235	40,381	40,255	40,436	b	a			
HSR (m)	5622	5505	5529	5436	5490	b, c, d, e	a	a, d	a, c	a
HSR WP (m)	2605	2505	2470	2394	2370	b, c, d, e	a, d, e	a, d, e	a, b, c	a, b, c
HSR WOP (m)	2869	2852	2902	2900	2979	e	e	e	e	a, b, c, d

*Nota.* MB1 = Balance del partido 1; MB2 = Balance del partido 2; MB3 = Balance del partido 3; MB4 = Balance del partido 4; MB5 = Balance del partido 5; TD = distancia total; TDWP = distancia total con posesión del balón; TDWOP = distancia total sin posesión del balón; HSR = Distancia recorrida a velocidad superior a 21 km·h<sup>-1</sup>; a = diferencias significativas en comparación con MB1; b = diferencias significativas en comparación con MB2; c = diferencias significativas en comparación con MB3; d = diferencias significativas en comparación con MB4; d = diferencias significativas en comparación con MB5.

Respecto a la HSR, se obtuvieron mayores valores durante MB2 y MB4 en Primera División (5.956 m), mostrando diferencias significativas respecto a MB3 ( $p < .05$ ). Por el contrario, la HSR fue mayor durante MB1 en Segunda División (5.622 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2, MB3, MB4 y MB5 ( $p < .05$ ). En cuanto a la HSR con y sin posesión de balón, la HSR WP fue mayor durante MB1 en Primera División (2.882 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2, MB3, MB4 y MB5 ( $p < .05$ ). Del mismo modo, la HSR WP fue mayor durante MB1 en Segunda División (2.605 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2, MB3, MB4, y MB5 ( $p < .05$ ). Por el contrario, la HSR WOP fue mayor durante el MB5 en Primera División (3.360 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB1, MB2, MB3 y MB4 ( $p < .05$ ). En Segunda División, la HSR WOP fue mayor durante MB5 (2.979 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB1, MB2, MB3 y MB4 ( $p < .05$ ).

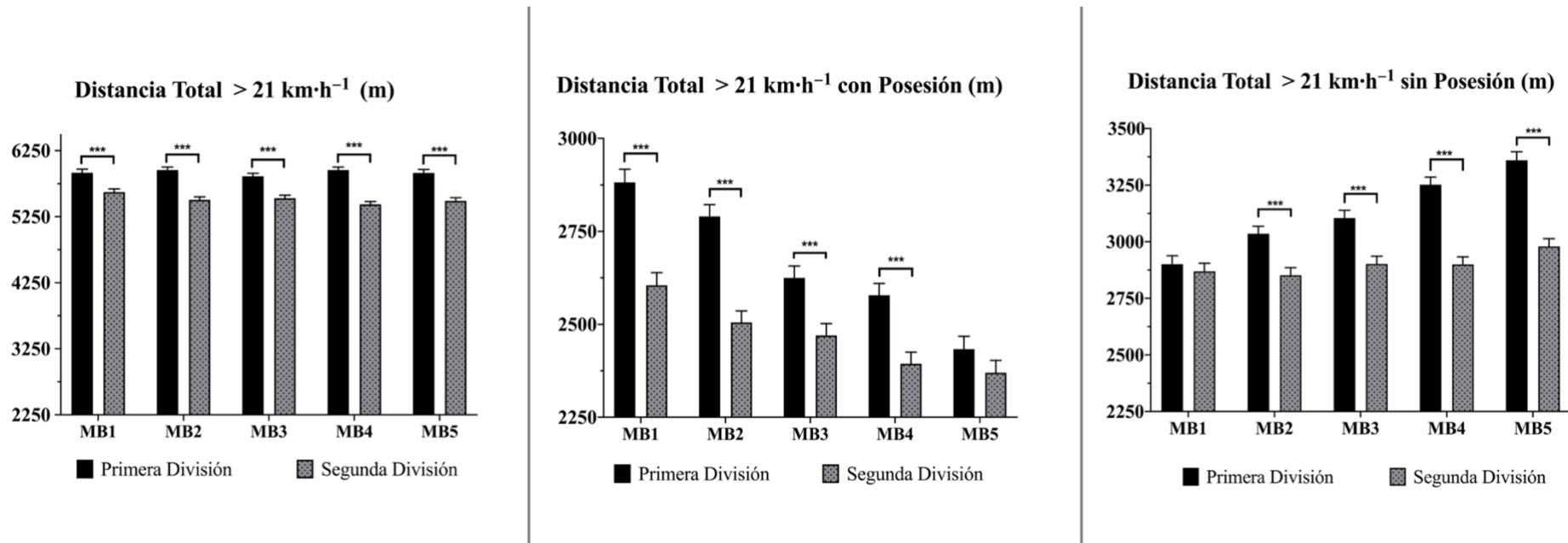
En las Figuras 2 y 3 se presentan las diferencias entre divisiones (Primera División vs. Segunda División) en el rendimiento físico de los partidos. En primer lugar, la TD recorrida fue significativamente mayor en Primera División con respecto a Segunda División en MB2 ( $p < .001$ ), MB3 ( $p < .01$ ), MB4 ( $p < .001$ ), y MB5 ( $p < .001$ ). En cuanto a la TD con y sin posesión de balón, la TDWP fue significativamente mayor en Primera División con respecto a Segunda División en MB1 ( $p < .001$ ), MB2 ( $p < .001$ ), MB3 ( $p < .001$ ) y MB4 ( $p < .01$ ). Por el contrario, el TDWOP recorrida fue significativamente mayor en Segunda División con respecto a Primera División en MB1 ( $p < .001$ ), mientras que se obtuvieron valores significativamente mayores en Primera División con respecto a Segunda División en MB3 ( $p < .001$ ), MB4 ( $p < .001$ ) y MB5 ( $p < .001$ ).

Figura 6. Distancia total (en metros) con y sin posesión de balón.



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

Figura 7. Distancia total (en metros) recorrida a una velocidad superior a  $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  con y sin posesión de balón.



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

## ARTÍCULO 4

**Ponce-Bordón, J. C.,** Díaz-García, J., López-Gajardo, M. A., Lobo-Triviño, D., López del Campo, R., Resta, R., y García-Calvo, T. (2021). The influence of time winning and time losing on position-specific match physical demands in the top one Spanish soccer league. *Sensors*, 21(20), 6843. <https://doi.org/10.3390/s21206843>

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS

El conocimiento de la influencia del tiempo que los equipos pasan ganando o perdiendo durante los partidos de fútbol sobre el rendimiento físico específico de cada posición podría tener importantes aplicaciones prácticas para programar la carga de entrenamiento de una forma más estratégica basándose en los datos físicos del partido (Oliva-Lozano et al., 2021). Por lo tanto, el objetivo principal del presente estudio fue analizar la influencia del tiempo que los equipos estuvieron ganando o perdiendo durante los partidos sobre el rendimiento físico específico de cada posición en la máxima liga española de fútbol a lo largo de cuatro temporadas (2015/16–2018/19). Como objetivo secundario, el estudio también pretendía analizar las demandas físicas del partido con y sin posesión de balón en función del tiempo ganando y perdiendo.

En base a estos objetivos y considerando estudios previos, se propusieron las siguientes hipótesis. En relación con las exigencias físicas del partido con y sin posesión del balón, como *Hipótesis 5*, se esperaba que la TD con posesión del balón fuera menor durante el tiempo ganando (Lago-Peñas, 2009). En segundo lugar, basándonos en resultados anteriores, con respecto al rendimiento físico específico de cada posición, como *Hipótesis 6*, se esperaba que la TD fuera mayor en los atacantes durante el tiempo

ganando y en los defensas durante el tiempo perdiendo (Lago-Peñas et al., 2020; Redwood-Brown et al., 2012).

## MÉTODO

### Participantes

La muestra se compuso de 36.883 observaciones individuales de partidos de 1.037 jugadores de fútbol que compitieron en la Primera División española de fútbol profesional durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/16 a 2018/19). Se incluyeron todos los jugadores que participaron en los partidos (titulares y no titulares) y jugaron al menos 10 minutos. Solo se excluyeron los porteros. De acuerdo con estudios previos (Lorenzo-Martinez et al., 2020), los jugadores se dividieron en cinco grupos específicos por posición: Centrales (CD = *Central Defenders*;  $n = 6.787$  observaciones), Laterales (WD = *Wide Defenders*;  $n = 6.530$  observaciones); Mediocentros (CM = *Central Midfielders*;  $n = 6.826$  observaciones); Medios laterales (WM = *Wide Midfielders*;  $n = 8.394$  observaciones); Delanteros (FW = *Forwards*;  $n = 8.346$  observaciones). Los datos fueron proporcionados a los autores por LaLiga™, y el estudio recibió la aprobación ética de la Universidad de Extremadura; Vicerrectorado de Investigación, Transferencia e Innovación-Delegación de la Comisión de Bioética y Bioseguridad (Número de protocolo: 239/2019).

### Procedimiento y variables

Los datos de las demandas físicas del partido se recogieron mediante un sistema de *video tracking* óptico TRACAB (ChyronHego®, Nueva York, NY, EE. UU.). Este sistema de seguimiento multicámara consta de ocho súper cámaras 4K de alto rango dinámico situadas estratégicamente para seguir y rastrear a los 22 jugadores en el campo durante todo el partido. Estas cámaras filman desde varios ángulos y analizan las coordenadas X e Y de cada jugador, proporcionando un seguimiento en tiempo real con

datos registrados a 25 Hz. Mediacoach® también se basa en la corrección de datos de la tecnología de vídeo semiautomática (la parte manual del proceso; Felipe et al., 2019). Se ha analizado la validez y la fiabilidad del sistema de *video tracking*, TRACAB®, y se han registrado errores de medición medios del 2% en la distancia total recorrida (Linke et al., 2020; Pons et al., 2019; Pons, García-Calvo, et al., 2021).

Las variables de rendimiento físico incluidas en este estudio se clasificaron en función de la posesión del balón de la siguiente manera (Brito de Souza et al., 2020): con posesión (WP = *With Possession*) y sin posesión (WOP = *Without Possession*). Se analizaron las siguientes variables para cada una de estas categorías: distancia total en metros (m) recorrida por los jugadores (TD = *Total Distance*) y distancia total recorrida a más de 21 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia recorrida a alta velocidad, HSR = *High Speed Running Distance*).

Para examinar si el marcador influía en el rendimiento físico específico de cada posición, se incluyó en el análisis el tiempo acumulado que cada equipo estuvo perdiendo o ganando durante un partido (no el resultado final del partido). Por ejemplo, si el equipo A marcaba un gol en el minuto 20 y el equipo B empataba en el minuto final, el equipo A se clasificaba como perdedor durante 0 minutos y ganador durante 70 minutos, mientras que el equipo B se clasificaba como perdedor durante 70 minutos y ganador durante 0 minutos.

### **Análisis de datos**

Todos los análisis estadísticos se realizaron con R-Studio (R-Studio Team, 2020). Se aplicó un modelo lineal mixto (MLM; West et al., 2022) para cada una de las variables físicas utilizando el paquete lme4 (Bates et al., 2015). Este modelo permite analizar datos con una estructura jerárquica en unidades anidadas y ha demostrado su capacidad para tratar datos desequilibrados y de medidas repetidas (Heck y Thomas, 2015). Por ejemplo,

las variables relacionadas con la distancia recorrida en los partidos se anidan en los jugadores (es decir, cada jugador tiene un registro para cada partido en el que ha participado), y los jugadores se anidan en equipos. Asimismo, los tiempos acumulados de victoria o derrota se anidan en partidos y estos partidos también pueden anidarse en equipos. Esto representa una estructura de tres niveles, en la que los equipos son la unidad superior de la jerarquía.

Se aplicó una estrategia general de modelización multinivel (Heck y Thomas, 2015), en la que se incluyeron efectos fijos y aleatorios en diferentes pasos, desde el más simple al más complejo. En primer lugar, se analizaron modelos incondicionales que incluían exclusivamente variables dependientes (es decir, variables de distancias recorridas) para comprobar si las variables de agrupación en los niveles 2 y 3 (es decir, jugadores y equipos) afectaban significativamente al intercepto (media) de cada variable dependiente. Estos modelos pueden servir de referencia para comparar modelos más complejos. Posteriormente, se realizaron diferentes modelos para cada una de las variables dependientes, estableciendo como efectos fijos la posición de los jugadores (i.e., CD, WD, CM, WM, FW) y el tiempo ganando y perdiendo. Siguiendo el procedimiento propuesto por Heck y Thomas (2015), se crearon modelos con diferentes efectos aleatorios (intercepto y pendiente) para cada variable. Se realizó una comparación de modelos para cada paso utilizando el AIC (Akaike, 1974) y una prueba de razón de verosimilitud chi-cuadrado (Field, 2013), donde un valor más bajo representaba un modelo más ajustado. En este sentido, los modelos finales presentados en las Tablas 13 y 14 (con efecto aleatorio de intercepto y pendiente) se eligieron en función de los mejores valores de AIC, log-verosimilitud y efecto significativo de las variables. Además, se utilizó la estimación de Máxima Verosimilitud (ML) para la comparación de modelos y para el modelo final de cada variable física se reajustó el mejor modelo, de nuevo,

utilizando la estimación de Máxima Verosimilitud Restringida (REML). Se reportaron las métricas  $R^2$  marginal y condicional (Nakagawa y Schielzeth, 2013) para cada MLM para proporcionar alguna medida de los tamaños de los efectos. El nivel de significación se estableció en  $p < 05$ .

Para una interpretación adecuada de los resultados, el tiempo ganando y perdiendo se centró en la media del grupo, centrándose en la media del equipo en cada temporada.

## RESULTADOS

En primer lugar, la prueba de Wald y el CCI sugirieron una variabilidad estadísticamente significativa en las distancias recorridas por los jugadores en función del tiempo ganando y perdiendo ( $CCI > .10$ ); por lo tanto, el MLM estaba justificado para los objetivos del estudio. Además, el AIC sugirió que el modelo de dos niveles era el más adecuado para este propósito.

En segundo lugar, la Tabla 13 muestra las diferencias de TD recorrida en función de la posesión del balón y de la evolución del marcador por posiciones de los jugadores. Independientemente del marcador, los CM recorrieron significativamente más TD que el resto de los jugadores ( $p < .05$ ). La TD recorrida por los CD y WD disminuyó significativamente con respecto a CM, WM y FW ( $p < .05$ ) por cada minuto que los equipos estuvieron por delante. Por el contrario, por cada minuto que los equipos iban por detrás, la TD recorrida por los CD y WD aumentaba significativamente con respecto a CM, WM y FW ( $p < .05$ ).

Durante el partido, los FW recorrieron una TDWP significativamente mayor que CD, WD, CM y WM ( $p < .05$ ). Sin embargo, por cada minuto que los equipos iban por delante, la TDWP disminuía en todas las posiciones. Se encontraron diferencias significativas entre WD y CM con respecto a FW ( $p < .01$ ). Por el contrario, por cada

minuto que los equipos iban por detrás, la TDWP aumentaba en todas las posiciones. Se observaron diferencias significativas entre CM y FW ( $p < .05$ ).

Por otro lado, los CM recorrieron una TDWOP significativamente mayor que el resto de los jugadores ( $p < .05$ ). Sin embargo, por cada minuto que los equipos iban por delante, la TDWOP aumentaba para todas las posiciones. Los CM y WM aumentaron significativamente la TDWOP con respecto a CD, WD y FW ( $p < .01$ ). Por el contrario, por cada minuto que los equipos iban por detrás, la TDWOP disminuía significativamente en todas las posiciones, excepto en CD ( $p < .05$ ).

En tercer lugar, la Tabla 14 muestra las diferencias de HSR y HSR con posesión de balón según la evolución del marcador por posiciones de los jugadores. Independientemente de la evolución del marcador, los FW recorrieron una HSR significativamente mayor que el resto de los jugadores ( $p < .05$ ). Sin embargo, por cada minuto que los equipos iban por delante, los CD y WD disminuyeron significativamente la HSR con respecto a CM, WM y FW ( $p < .05$ ). Por el contrario, por cada minuto que los equipos iban por detrás, los CD y WD aumentaron significativamente la HSR con respecto a CM, WM y FW ( $p < .05$ ).

Durante el partido, los FW recorrieron una HSR WP significativamente mayor que CD, WD, CM y WM ( $p < .05$ ). Además, por cada minuto que los equipos iban por delante, la HSR WP aumentaba significativamente para todas las posiciones, excepto para los WD ( $p < .05$ ). Por el contrario, por cada minuto que los equipos iban por detrás, la HSR WP disminuía significativamente en todas las posiciones, excepto para los WD ( $p < .05$ ).

Por último, los WD recorrieron significativamente más HSR WOP que el resto de los jugadores ( $p < .01$ ). Por cada minuto que los equipos iban por delante, la HSR WOP recorrida por los WM y FW aumentaba significativamente, respecto a CD, WD y CM ( $p$

< .05). Asimismo, por cada minuto que los equipos iban por detrás, los WD y CM aumentaron significativamente la HSR WOP, con respecto a CD, WD y FW ( $p < .05$ ).



**Tabla 13.** Diferencias de la TD específica de cada posición con y sin posesión del balón según la evolución del marcador.

Posiciones		CD	WD	CM	WM	FW
TD (m/min.)	Intercepto	107.30 b, c, d, e	109.90 a, c, d, e	116.10 a, b	115.90 a, b	115.60 a, b, c
	Tiempo ganando	-0.006 c, d, e	-0.005 c, d, e	0.01 a, b, d, e	0.02 a, b, c, e	0.03 a, b, c, d
	Tiempo perdiendo	0.01 c, d, e	0.006 c, d, e	-0.003 a, b, d, e	-0.02 a, b, c, e	-0.02 a, b, c, d
TDWP (m/min.)	Intercepto	35.93 b, c, d, e	38.41 a, c, d, e	42.21 a, b, e	42.54 a, b, e	43.04 a, b, c, d
	Tiempo ganando	-0.03	-0.04 e	-0.04 e	-0.04	-0.03 b, c
	Tiempo perdiendo	0.03	0.03	0.03 e	0.02	0.02 c
TDWOP (m/min.)	Intercepto	42.50 b, c, d	43.80 a, c, d, e	47.39 a, b, d, e	45.36 a, b, c, e	42.16 b, c, d
	Tiempo ganando	0.01 c, d, e	0.02 d, e	0.03 a, d, e	0.04 a, b, c	0.01 a, b, c
	Tiempo perdiendo	0.002 d, e	-0.003 d, e	-0.003 d, e	-0.01 a, b, c	-0.02 a, b, c

*Nota.* CD = Defensas centrales; WD = Defensas extremos; CM = Centrocampistas centrales; WM = Centrocampistas extremos; FW = Delanteros; TD = Distancia total; TDWP = Distancia total con posesión del balón; TDWOP = Distancia total sin posesión del balón; a = diferencias significativas en comparación con los defensas centrales; b = diferencias significativas en comparación con los defensas extremos; c = diferencias significativas en comparación con los centrocampistas centrales; d = diferencias significativas en comparación con los centrocampistas extremos; e = diferencias significativas en comparación con los delanteros.

**Tabla 14.** Diferencias de la HSR específico de cada posición con y sin posesión del balón según la evolución del marcador.

Posiciones		CD	WD	CM	WM	FW
HSR (m/min.)	Intercepto	5.74 b, c, d, e	6.68 a, d, e	6.68 a, d, e	7.24 a, b, c, e	7.57 a, b, c, d
	Tiempo ganando	-0.008 c, d, e	-0.005 c, d, e	0.005 a, b, d, e	0.01 a, b, c, e	0.02 a, b, c, d
	Tiempo perdiendo	0.008 c, d, e	0.008 c, d, e	-0.004 a, b, d, e	-0.001 a, b, c, e	-0.01 a, b, c, d
	Intercepto	2.21 b, c, d, e	2.81 a, c, d, e	3.14 a, b, d, e	3.57 a, b, c, e	4.01 a, b, c, d
HSR WP (m/min.)	Tiempo ganando	0.001 c, d, e	-0.001 c, d, e	0.005 a, b, e	0.007 a, b, e	0.01 a, b, c, d
	Tiempo perdiendo	-0.001 a, c, d, e	0.001 a, b, d, e	-0.006 a, b, c	-0.009 a, b, c	-0.009 a, c, d, e
	Intercepto	3.54 b, c, d, e	3.80 a, c, d, e	3.37 a, b, e	3.40 a, b, e	3.16 a, b, c, d
HSR WOP (m/min.)	Tiempo ganando	-0.008 b, c, d, e	-0.005 a, c, d, e	-0.001 a, b, d, e	0.002 a, b, c	0.004 a, b, c
	Tiempo perdiendo	-0.009 b, c, d, e	0.007 a, c, d, e	0.002 a, b, d, e	-0.001 a, b, c, e	-0.002 a, b, c

*Notas.* CD = Defensas centrales; WD = Defensas laterales; CM = Centrocampistas centrales; WM = Centrocampistas laterales; FW = Delanteros; HSR = distancia recorrida a velocidad superior a  $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; a = diferencias significativas en comparación con los defensas centrales; b = diferencias significativas en comparación con los defensas laterales; c = diferencias significativas en comparación con los centrocampistas centrales; d = diferencias significativas en comparación con los centrocampistas laterales; e = diferencias significativas en comparación con los delanteros.

## TRABAJO COMPLEMENTARIO

**Ponce-Bordón, J. C.,** Lago-Peñas, C., Pulido, J. J., López del Campo, R., Resta, R., García-Calvo, T. The influence of red cards on match running performance in elite soccer. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS

El presente estudio pretende abordar la laguna existente sobre el impacto de las tarjetas rojas en el rendimiento físico del partido en el fútbol de élite. Este estudio abarca una muestra muy amplia de partidos y, además, se ha tenido en cuenta el impacto de otras variables como la localización del partido (i.e., local, visitante), el estado del partido (empeorar, mantener o mejorar el marcador), el minuto en el que se muestra la tarjeta roja y la posición específica de los jugadores. Nuestras hipótesis sugieren que el impacto de las tarjetas rojas varía significativamente en función del minuto del partido en el que se muestran y del contexto del partido, y que este efecto difiere en función de las posiciones específicas de los jugadores.

## MÉTODO

### Muestra

La muestra se compuso de 14.938 observaciones individuales de partidos de 515 jugadores de fútbol profesional que compitieron en la Primera División española ( $n = 760$  partidos) durante la temporada 2021/22. Se incluyeron todos los jugadores que participaron en los partidos (titulares y no titulares), excepto los jugadores que disputaron menos de 10 minutos durante los partidos, ya que se comprobó que el valor medio del rendimiento físico mostrado por estos jugadores era muy superior a la media del equipo (García-Calvo et al., 2023). Los porteros no se incluyeron en el análisis debido a su función específica durante el partido. Los futbolistas se clasificaron según su posición de

juego en cinco grupos: centrales (CD = *Central Defenders*;  $n = 2.819$  observaciones), laterales (WD = *Wide Defenders*;  $n = 2.822$  observaciones); mediocentros (CM = *Central Midfielders*;  $n = 4.435$  observaciones); medios laterales (WM = *Wide Midfielders*;  $n = 2.571$  observaciones); delanteros (FW = *Forwards*;  $n = 2.291$  observaciones). Los datos se obtuvieron de la Liga de Fútbol Profesional española (LaLiga), que permitió el uso de las variables incluidas en esta investigación. De acuerdo con las directrices éticas de LaLiga, esta investigación no incluye información que identifique a los futbolistas (Asamblea General de LaLiga, 2019). El estudio recibió la aprobación del Comité de Bioética de la universidad del primer autor (número de solicitud 239/2019).

### **Variables**

**Tarjetas rojas.** Para examinar la influencia de las tarjetas rojas en cada partido, se recopilaron las tarjetas rojas que recibieron los equipos. Así, los diferentes escenarios de superioridad o inferioridad durante los partidos (0: 11 contra 11, +1: 11 contra 10, -1: 10 contra 11) se consideraron mediante una variable categórica.

**Tiempo de competición (*Minutos*).** Para considerar la influencia de las tarjetas rojas sobre el tiempo de juego, se tuvo en cuenta el tiempo del reloj cuando un equipo recibía una tarjeta roja. Para crear esta variable, el minuto de una expulsión en cada partido se centró en la media de todos los partidos (es decir, la media general). Esta variable se considera continua y se registra en minutos.

**Localización del partido.** La ventaja local es un fenómeno omnipresente en el fútbol (Gómez-Ruano et al., 2022). La variable de localización del partido identifica si un equipo juega como local o visitante.

**Estado del partido (*Marcador*).** Se incluyó como variable cuantitativa el resultado final con respecto al estado del partido cuando los equipos han recibido una tarjeta roja. El objetivo de incluir esta variable es examinar las diferencias en las

exigencias físicas del partido cuando un equipo recibe una tarjeta roja y la evolución del marcador en diferentes escenarios. Esta variable se ha incluido como variable cuantitativa (-1: empeorar; 0: mantener; +1: mejorar) y siempre se consideró al equipo con desventaja numérica. Así, un equipo que recibió una tarjeta roja cuando iba empatando, y finalmente consigue la victoria tras la expulsión de un jugador, mejoró su marcador.

**Rendimiento físico.** La distancia recorrida por los futbolistas fue analizada por Mediacoach a diferentes umbrales de velocidad: carrera a alta velocidad (HSR = *High Speed Running*,  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y carrera a velocidad de esprint (Sprint,  $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). La variable TD (*Total Distance*) corresponde a la suma de todas las distancias recorridas por los jugadores por minuto. Asimismo, se analizó el número de esprints ( $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) realizados por minuto. Los valores absolutos de las variables de rendimiento físico de los partidos se normalizaron a valores relativos por unidad de tiempo (es decir,  $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ) para considerar las posibles diferencias en el tiempo total de juego de los futbolistas. Se registraron todos los esfuerzos que implicaron un movimiento mínimo de un metro, que se mantuvo durante un mínimo de 1 segundo.

### **Procedimiento**

Los datos de rendimiento físico de los partidos se obtuvieron mediante un sistema de *video tracking* óptico computarizado multicámara TRACAB (ChyronHego VID, Nueva York, NY) gestionado desde la aplicación Mediacoach (LaLiga, Madrid, España). Este sistema de seguimiento multicámara consta de ocho súper cámaras 4K de alto rango dinámico basadas en un sistema de posicionamiento (TRACAB - ChyronHego VTS) que filman desde varios ángulos y analizan las posiciones X e Y de cada jugador con una frecuencia de muestreo de 25 Hz. La validez y fiabilidad de este sistema para las variables utilizadas se han investigado previamente (Felipe et al., 2019; Pons et al., 2019; Pons, García-Calvo, et al., 2021) e informaron de fuertes correlaciones ( $r > .80$ ) y altos

coeficientes de correlación intraclase ( $r > .75$ ) entre el sistema de seguimiento multicámara Mediacoch y el Sistema de Posicionamiento Global. Además, se observaron SE de estimación pequeños ( $< 0.30$ ) a moderados ( $> 0.60$ ) en todas las categorías de velocidad utilizadas en este estudio.

### **Análisis estadístico**

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software estadístico R-Studio (R-Studio Team, 2020). Teniendo en cuenta las características de la muestra, organizada jerárquicamente, anidada en grupos y con una estructura longitudinal, consideramos que el mejor procedimiento para analizar los datos es mediante modelos lineales mixtos (MLM; West et al., 2022).

Los LMM han demostrado su capacidad para hacer frente a datos desequilibrados y de medidas repetidas (Heck y Thomas, 2015). Por ejemplo, las variables de rendimiento físico de los partidos están anidadas en jugadores (es decir, cada jugador tiene un registro para cada partido en el que ha participado, y cada partido tiene observaciones de varios jugadores). Los jugadores, a su vez, también están anidados en diferentes equipos cada temporada. Así pues, los modelos multinivel de clasificación cruzada son adecuados para estructuras de datos que no son puramente jerárquicas. En consecuencia, se aplicó una estrategia general de modelos multinivel en la que se incluyeron efectos fijos y aleatorios en diferentes pasos (Heck y Thomas, 2015).

Así, se utilizaron LMM para analizar la influencia de las tarjetas rojas en la actividad de los jugadores a lo largo del tiempo de juego. En primer lugar, se realizaron diferentes modelos para cada una de las variables dependientes (es decir, distancias recorridas a diferentes umbrales de velocidad), introduciendo como efectos fijos los diferentes escenarios de superioridad o inferioridad durante los partidos (es decir, 11 vs 11, 11 vs 10, 10 vs 11), la posición específica de los futbolistas (i.e., CD, WD, CM, WM,

y FW), la localización del partido (i.e., en casa o fuera), y el estado del partido de los equipos en desventaja numérica (i.e., empeorar, mantener, y mejorar). La variable de jugador de fútbol se incluyó como efecto aleatorio en el análisis. Siguiendo el procedimiento propuesto por Heck y Thomas (2015) se crearon modelos con diferentes efectos aleatorios (intercepto y pendiente) para cada variable.

Por último, para examinar la influencia de los minutos de emisión de tarjetas rojas en la actividad de los jugadores a lo largo del tiempo de juego, el tiempo del reloj en el que un equipo recibió una tarjeta roja se centró en la media de todos los partidos en los que se mostró una tarjeta roja (es decir, la media general). Así, se probó un nuevo modelo que incluía el minuto centrado como variable predictora de las variables de rendimiento físico. Además, sólo se consideraron los equipos con ventaja y desventaja numérica como efectos fijos. La variable de jugador de fútbol también se incluyó como efecto aleatorio en el análisis. Todos los valores se representaron como coeficientes y error estándar ( $Coeff \pm SE$ ). La significación estadística se fijó en  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

### Influencia de las tarjetas rojas en el rendimiento físico y la posición de juego

La Tabla 15 presenta las diferencias en el rendimiento físico del partido a través de diferentes escenarios (es decir, 11 vs 11, 10 vs 11, 11 vs 10) categorizados por posiciones de juego. En general, los equipos con un jugador de fútbol adicional recorrieron significativamente menos *TD* en comparación con los equipos que experimentaron la expulsión de un jugador (es decir, un jugador menos;  $p < .05$ ) y los partidos sin expulsión de jugadores ( $p < .001$ ). Además, realizaron un menor número de sprints en comparación con los equipos con expulsión de un jugador ( $p < .05$ ).

**Tabla 15.** Diferencias en el rendimiento físico entre distintos escenarios y posiciones de juego.

	Escenarios	Todos		CD		WD		CM		WM		FW	
		Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p
TD (m·min <sup>-1</sup> )	11 vs 11	110 (.40)	b <sup>***</sup> , c <sup>*</sup>	99.8 (.72)	b <sup>*</sup>	108.1 (.67)	b <sup>**</sup>	117 (.56)	a <sup>*</sup> , b <sup>*</sup>	114.2 (.68)	b <sup>**</sup> , c <sup>†</sup>	108.2 (.76)	107.5 (1.10)
	10 vs 11	110 (.50)		99 (1.01)		109.2 (1.01)		116.2 (.78)		112.2 (1.02)		107.5 (1.10)	
	11 vs 10	109 (.50)		98.1 (1.01)		108.3 (.99)		115.3 (.78)		111.7 (1.01)		105.5 (1.07)	
HSR (m·min <sup>-1</sup> )	11 vs 11	7.16 (.10)		4.66 (.18)		7.97 (.17)		6.35 (.14)		9.24 (.18)		7.89 (.20)	
	10 vs 11	7.20 (.13)		4.73 (.27)		8.17 (.27)		6.39 (.21)		9.04 (.27)		7.93 (.30)	
	11 vs 10	7.10 (.13)		4.36 (.27)		8.05 (.27)		6.23 (.21)		9.08 (.27)		8.10 (.28)	
Sprint (m·min <sup>-1</sup> )	11 vs 11	3.57 (.06)		2.29 (.12)		4.29 (.11)		2.76 (.09)		4.82 (.11)		4.12 (.12)	
	10 vs 11	3.54 (.09)		2.30 (.18)		4.27 (.19)		2.74 (.14)		4.71 (.19)		4.07 (.20)	
	11 vs 10	3.57 (.09)		2.13 (.18)		4.25 (.18)		2.80 (.14)		4.70 (.19)		4.33 (.19)	
N.º esprints (nº·min <sup>-1</sup> )	11 vs 11	.418 (.01)		.28 (.01)		.45 (.01)		.38 (.01)		.52 (.01)		.46 (.01)	
	10 vs 11	.423 (.01)	c <sup>*</sup>	.29 (.01)		.48 (.01)	a <sup>*</sup>	.39 (.01)		.51 (.01)		.47 (.02)	
	11 vs 10	.411 (.01)		.27 (.01)		.46 (.01)		.37 (.01)		.51 (.01)		.46 (.01)	

*Nota.* Coeff = Coeficiente; Se = Error estándar; m·min<sup>-1</sup> = metros por minuto; TD = Distancia total recorrida; HSR = Distancia de carrera a alta velocidad; Sprint = Distancia de carrera a velocidad de sprint; CD = Defensa central; WD = Defensa lateral; CM = Centrocampista central; WD = Centrocampista lateral; FW = Delantero; a = diferencias significativas entre 11 contra 11 y 10 contra 11; b = diferencias significativas entre 11 contra 11 y 11 contra 10; c = diferencias significativas entre 10 contra 11 y 11 contra 10. †p < .06; \*p < .05; \*\*p < .01; \*\*\*p < .001.

Considerando las posiciones de juego, los CD y CM recorrieron significativamente menos TD cuando los equipos tenían un jugador extra en comparación con partidos sin expulsiones de jugadores ( $p < .05$ , y  $p < .01$ , respectivamente). Además, WD realizó un mayor número de esprints cuando los equipos experimentaron la expulsión de un jugador en comparación con los partidos sin expulsión de jugadores ( $p < .05$ ). Además, los WM recorrieron significativamente más TD en los partidos sin expulsiones de jugadores en comparación con los equipos que experimentaron una expulsión de jugadores ( $p < .05$ ) y los equipos con un jugador de fútbol adicional ( $p < .05$ ). Por último, la TD recorrida por FW fue significativamente menor cuando los equipos tenían un jugador de fútbol adicional en comparación con los equipos que experimentaron la expulsión de un jugador ( $p < .05$ ) y los partidos sin expulsión de jugadores ( $p < .05$ ).

### **Diferencias de rendimiento físico entre distintos escenarios según la localización del partido**

La Tabla 16 presenta las diferencias en el rendimiento físico de los partidos entre los equipos con un jugador de fútbol adicional y los que no lo tienen, en función de la localización del partido. Para los partidos fuera de casa, aunque los equipos con un jugador de fútbol adicional recorrieron una mayor TD, HSR, distancia de esprint y realizaron un mayor número de esprints que los que no, el análisis no reveló diferencias significativas en las métricas de rendimiento físico entre los equipos con un jugador extra y los que recibieron una tarjeta roja. En los partidos jugados en casa, los equipos que recibieron una tarjeta roja recorrieron una TD significativamente mayor que los que tenían un jugador extra ( $p < .001$ ). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre ambos equipos en HSR, distancia de esprint y número de esprints realizados.

**Tabla 16.** Diferencias en el rendimiento físico entre los distintos escenarios según la localización del partido.

	Escenarios	Fuera de casa		En casa	
		Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p
TD (m·min <sup>-1</sup> )	10 vs 11	107.60 (.74)	.102	111.06 (.66)	***
	11 vs 10	108.87 (.65)		107.59 (.73)	
HSR (m·min <sup>-1</sup> )	10 vs 11	6.74 (.19)	.413	7.23 (.17)	.369
	11 vs 10	6.90 (.16)		7.04 (.19)	
Sprint (m·min <sup>-1</sup> )	10 vs 11	3.31 (.13)	.342	3.61 (.11)	.845
	11 vs 10	3.44 (.11)		3.64 (.13)	
Nº sprints (nº·min <sup>-1</sup> )	10 vs 11	.39 (.01)	.640	.42 (.01)	.084
	11 vs 10	.40 (.01)		.41 (.01)	

*Nota.* Coeff = Coeficiente; Se = Error estándar; m·min<sup>-1</sup> = metros por minuto; TD = Distancia total recorrida; HSR = Distancia de carrera a alta velocidad; Sprint = Distancia de carrera a velocidad de esprint; \*\*\**p* < .001.

### Diferencias de rendimiento físico entre distintos escenarios según el estado del partido

La Tabla 17 presenta las diferencias en el rendimiento físico del partido entre los equipos con un futbolista adicional y los que no lo tienen, basándose en el resultado final de los equipos con desventaja numérica tras la expulsión de un jugador.

Para los equipos que recibieron una tarjeta roja, el análisis reveló diferencias significativas en las métricas de rendimiento físico basadas en los cambios en el marcador final. En concreto, cuando estos equipos mejoraron el marcador, recorrieron significativamente menos TD en comparación con empeorar (*p* < .001) y mantener el marcador (*p* < .01). Además, el número de sprints fue significativamente inferior en los casos en los que se mejoró el marcador en comparación con los que se empeoró (*p* < .01).

**Tabla 17.** Diferencias en el rendimiento físico de los partidos entre distintos escenarios según el estado de los equipos con desventaja numérica.

Marcador	10 vs 11		11 vs 10	
	Coeficiente (SE)	p	Coeficiente (SE)	p
TD (m·min <sup>-1</sup> )	Empeora con 10 vs 11	109 (1.29)	109 (1.28)	
	Se mantiene con 10 vs 11	110 (.60)	109 (.59)	b <sup>***</sup> , c <sup>***</sup>
	Mejora con 10 vs 11	103 (1.49)	101 (1.46)	
HSR (m·min <sup>-1</sup> )	Empeora con 10 vs 11	7.20 (.34)	6.91 (.33)	
	Se mantiene con 10 vs 11	7.04 (.15)	7.08 (.15)	c <sup>**</sup>
	Mejora con 10 vs 11	6.34 (.39)	5.94 (.38)	
Sprint (m·min <sup>-1</sup> )	Empeora con 10 vs 11	3.61 (.23)	3.58 (.23)	
	Se mantiene con 10 vs 11	3.48 (.10)	3.58 (.10)	b <sup>*</sup> , c <sup>*</sup>
	Mejora con 10 vs 11	3.20 (.27)	2.90 (.26)	
N.º esprines (n.º·min <sup>-1</sup> )	Empeora con 10 vs 11	.42 (.02)	.38 (.02)	
	Se mantiene con 10 vs 11	.41 (.01)	.41 (.01)	a <sup>†</sup> , c <sup>**</sup>
	Mejora con 10 vs 11	.38 (.02)	.35 (.02)	

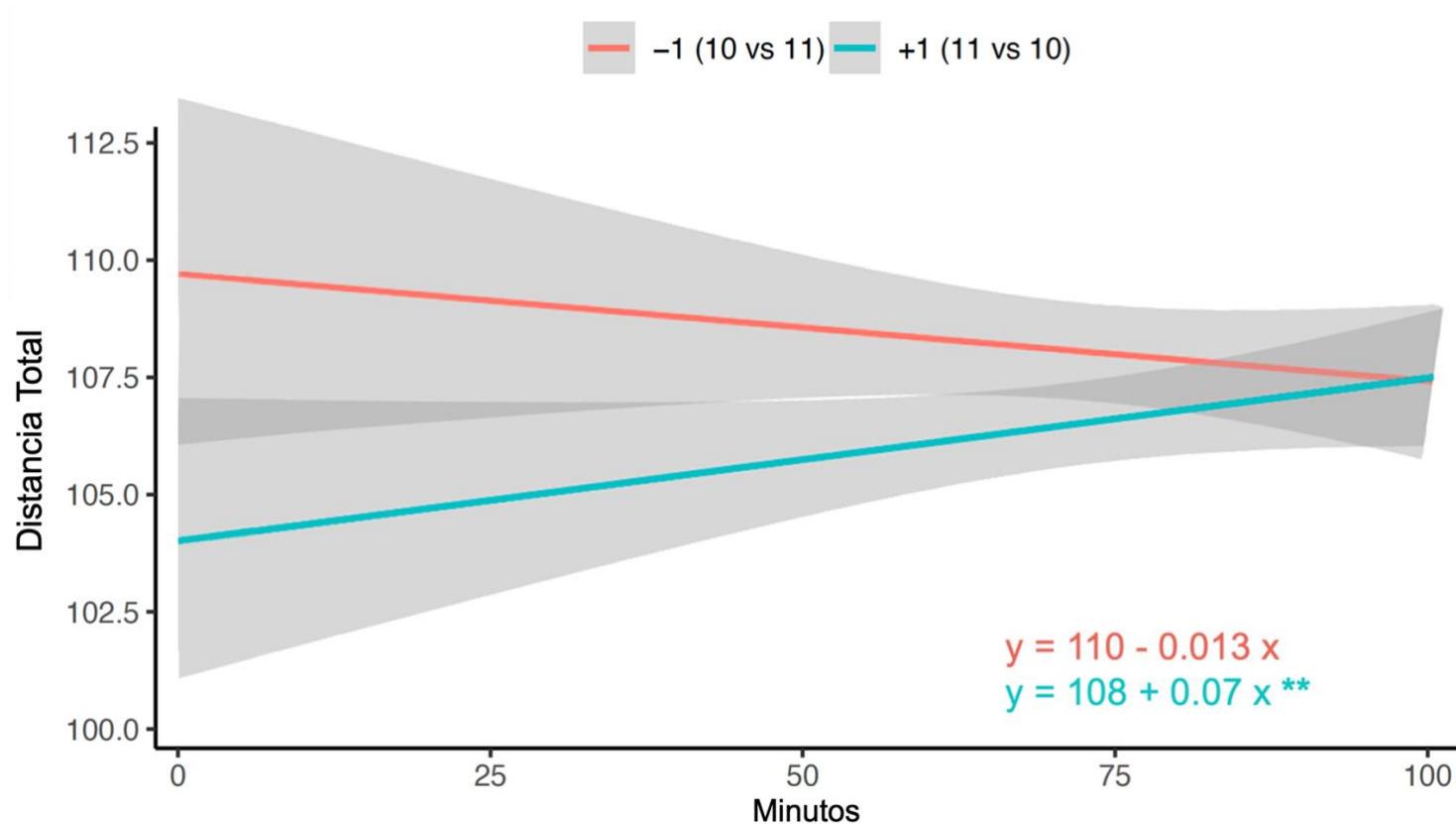
*Nota.* Se = Error estándar; m·min<sup>-1</sup> = metros por minuto; TD = Distancia total recorrida; HSR = Distancia de carrera a alta velocidad; Sprint = Distancia de carrera a velocidad de sprint; a = diferencias significativas entre Empeorar vs Mantener; b = diferencias significativas entre Empeorar vs Mejorar; c = diferencias significativas entre Mantener vs Mejorar; †p < .06, \*p < .05; \*\*p < .01; \*\*\*p < .001.

Por el contrario, en el caso de los equipos con un jugador más tras una expulsión, también se observaron diferencias significativas en el rendimiento físico en función de los cambios en el marcador final. En concreto, la TD fue significativamente inferior en los partidos en los que los equipos con desventaja numérica mejoraron el marcador en comparación con empeorar ( $p < .001$ ) y mantener el marcador ( $p < .001$ ). La HSR recorrida también fue significativamente menor en los partidos en los que los equipos con desventaja numérica mejoraron el marcador en comparación con mantener el marcador ( $p < .01$ ). Además, la distancia Sprint fue significativamente menor en los casos en los que se mejoró el marcador en comparación con empeorar ( $p < .05$ ) y mantener el marcador ( $p < .05$ ). Por último, el número de esprints realizados fue significativamente mayor en los partidos en los que los equipos tenían desventaja numérica en comparación tanto con empeorar ( $p < .06$ ) como mejorar el marcador ( $p < .01$ ).

### **Influencia del minuto de la tarjeta roja en el rendimiento físico del partido**

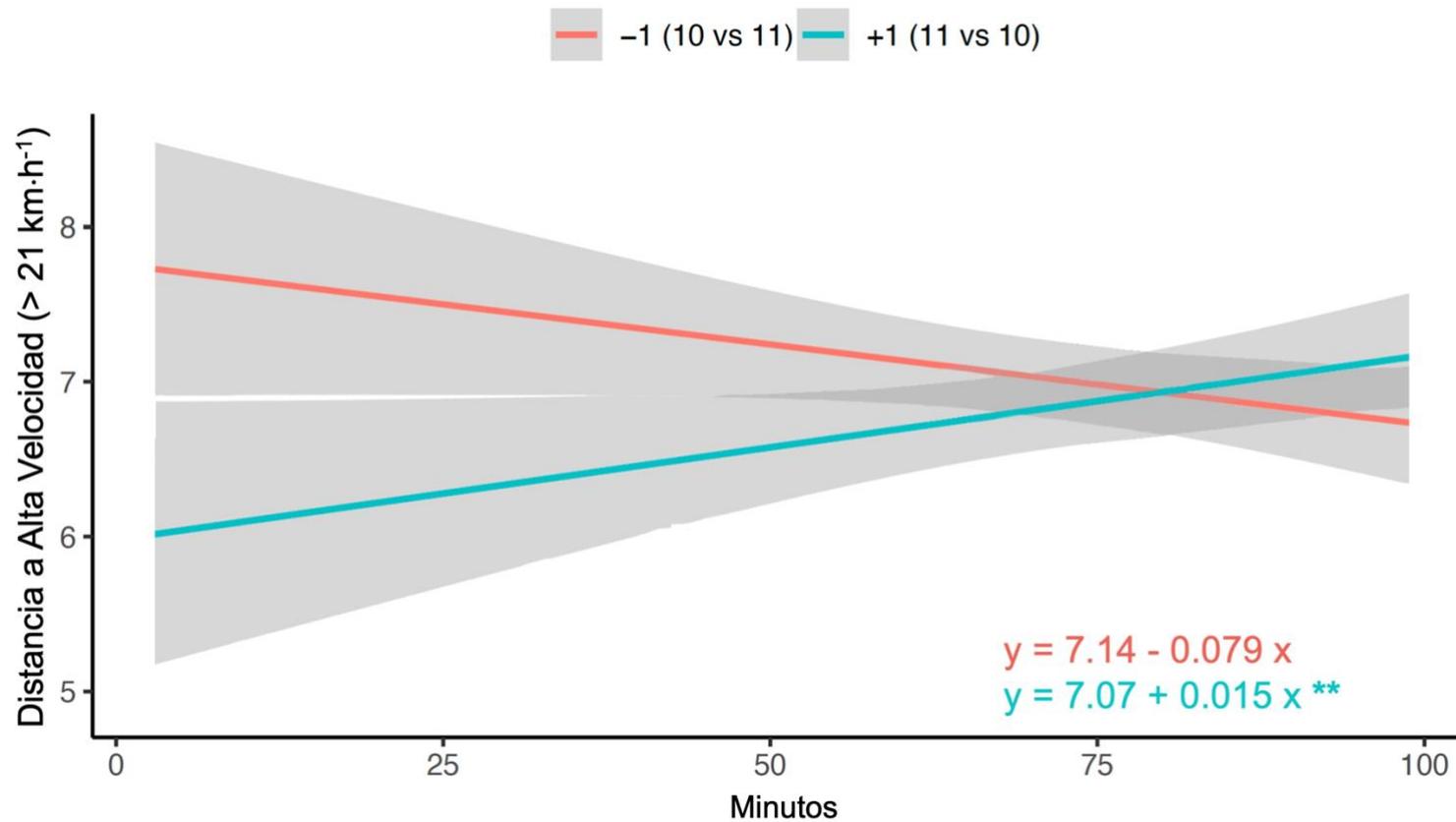
Las Figuras 8, 9, 10 y 11 presentan los resultados del MLM aplicado para evaluar el impacto de la emisión de tarjetas rojas y el momento en que se recibió una tarjeta roja sobre el rendimiento físico. El modelo demuestra una influencia estadísticamente significativa de las tarjetas rojas y los minutos de la expulsión, así como de sus interacciones, en diversas métricas de rendimiento físico. En concreto, los equipos con ventaja numérica (es decir, 11 frente a 10 jugadores) mostraron una reducción significativa de la TD ( $p < .01$ ). Los minutos de las tarjetas rojas tuvieron un efecto negativo y no significativo en la TD, HSR y distancia Sprint; y un efecto negativo y significativo en el número de esprints realizados en los equipos con desventaja numérica. Por el contrario, los minutos de las tarjetas rojas tuvieron un efecto positivo en TD ( $p < .01$ ), HSR ( $p < .01$ ), distancia Sprint ( $p < .05$ ), y el número de esprints ( $p < .001$ ) en los equipos con un jugador de fútbol extra.

**Figura 8.** Influencia del momento de emisión de las tarjetas rojas en la distancia total recorrida (TD) para diferentes escenarios (es decir, 10 contra 11 y 11 contra 10) a lo largo del tiempo.



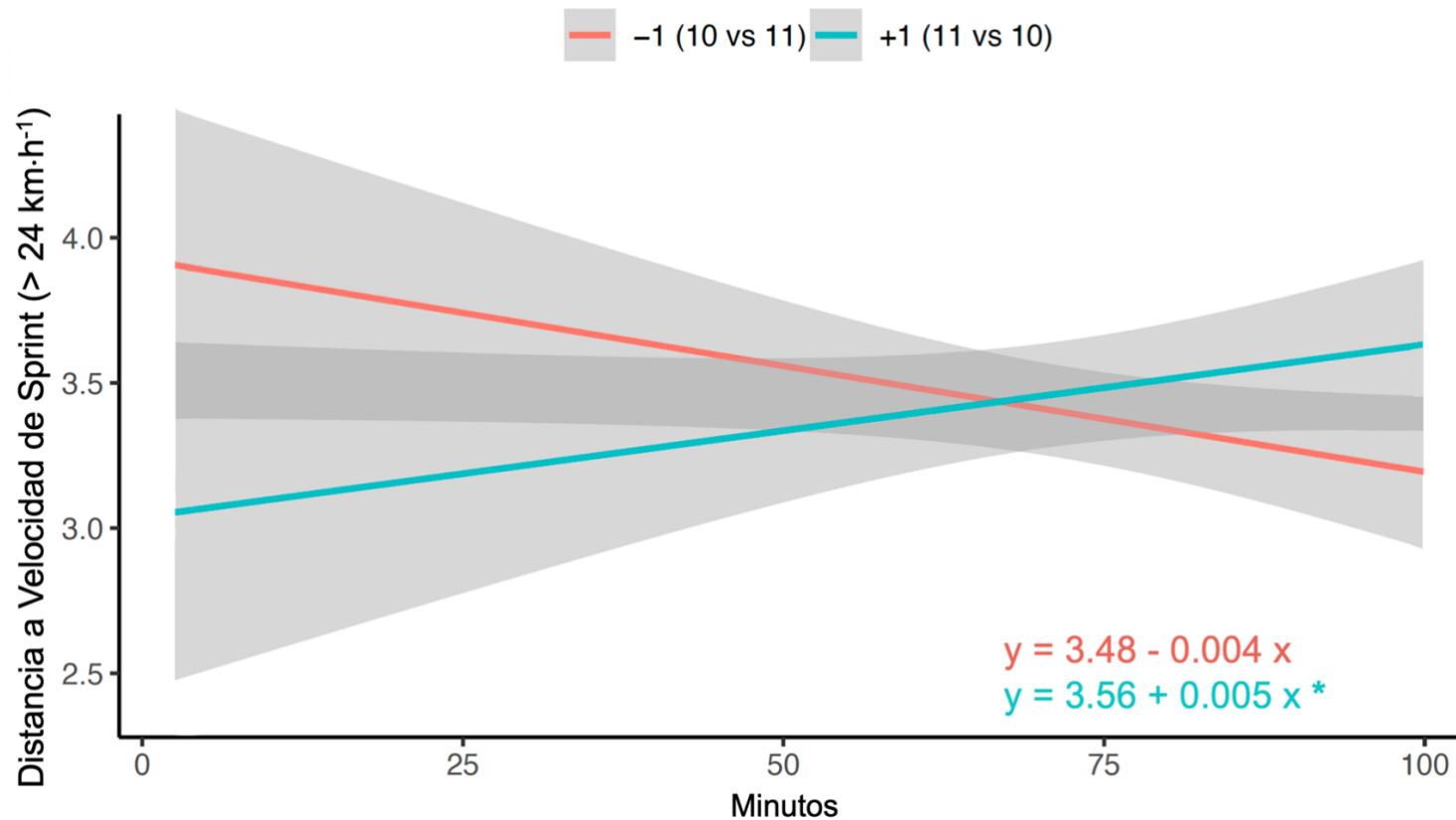
*Nota.* El rendimiento físico se ajusta para reflejar los valores reales si el rendimiento físico del partido fuera constante durante toda la duración del partido. Se muestran los ajustes suavizados utilizando el método *lm* (modelo de regresión lineal), así como los intervalos de confianza del 95% (Cleveland, 1979).

**Figura 9.** Influencia del momento de emisión de las tarjetas rojas en la distancia recorrida a alta velocidad (HSR) para diferentes escenarios (es decir, 10 contra 11 y 11 contra 10) a lo largo del tiempo.



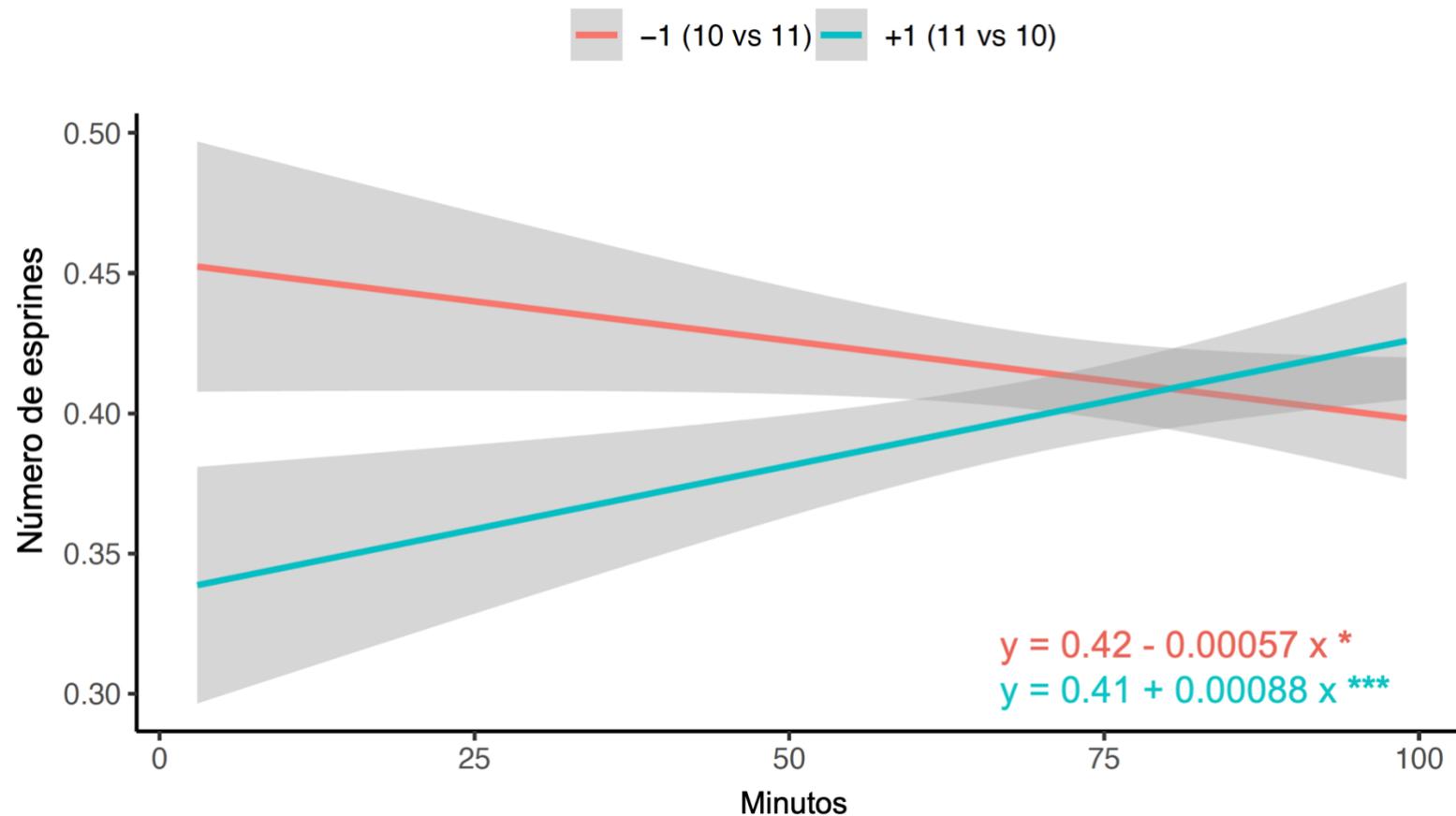
*Nota.* El rendimiento físico se ajusta para reflejar los valores reales si el rendimiento físico del partido fuera constante durante toda la duración del partido. Se muestran los ajustes suavizados utilizando el método *lm* (modelo de regresión lineal), así como los intervalos de confianza del 95% (Cleveland, 1979).

**Figura 10.** Influencia del momento de emisión de las tarjetas rojas en la distancia recorrida a velocidad de sprint (Sprint) para diferentes escenarios (es decir, 10 contra 11 y 11 contra 10) a lo largo del tiempo.

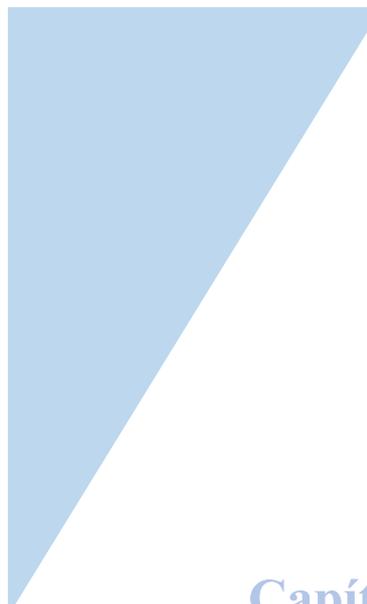


*Nota.* El rendimiento físico se ajusta para reflejar los valores reales si el rendimiento físico del partido fuera constante durante toda la duración del partido. Se muestran los ajustes suavizados utilizando el método *lm* (modelo de regresión lineal), así como los intervalos de confianza del 95% (Cleveland, 1979).

**Figura 11.** Influencia del momento de emisión de las tarjetas rojas en el número de esprints realizados para diferentes escenarios (es decir, 10 contra 11 y 11 contra 10) a lo largo del tiempo.



*Nota.* El rendimiento físico se ajusta para reflejar los valores reales si el rendimiento físico del partido fuera constante durante toda la duración del partido. Se muestran los ajustes suavizados utilizando el método *lm* (modelo de regresión lineal), así como los intervalos de confianza del 95% (Cleveland, 1979).



Resumen

Introducción

Capítulo 1: Marco teórico

Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos

**Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada**

Capítulo 6: Discusión

Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro

Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones

Referencias bibliográficas

Artículos originales

## CAPÍTULO 5: INFLUENCIA DE VARIABLES CONTEXTUALES DURANTE LA TEMPORADA

Como se ha comprobado, existen variables contextuales que influyen o modifican el rendimiento físico de los equipos durante los partidos. Sin embargo, también hay otros factores que influyen en el rendimiento físico de los equipos a lo largo de la temporada. Por ello, en el siguiente capítulo se incluyen dos artículos (Artículo 5 y 6) con el objetivo de analizar qué factores pueden hacer que los equipos corran de manera diferente a lo largo de la temporada.

### ARTÍCULO 5

**Ponce-Bordón, J. C.,** García-Calvo, T., Candela-Guardiola, J. M., Serpiello, F. R., Del Campo, R. L., Resta, R., y Pulido, J. J. (2022). The relationship between running distance and coaches' perception of team performance in professional soccer player during multiple seasons. *Scientific Reports*, 12(1), 1454. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05519-x>

### OJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS

El uso de la clasificación final no parece un buen indicador para cuantificar el rendimiento alcanzado por un equipo debido a la naturaleza polifacética del fútbol y a los diferentes objetivos iniciales que tienen los equipos según su presupuesto y características (Mao et al., 2016; Yang et al., 2018). Por ese motivo, en este estudio se ha utilizado otro enfoque de evaluación del rendimiento de los equipos, el cual ya ha sido utilizado anteriormente (Johnston et al., 2012). Por lo tanto, el primer objetivo de este estudio fue analizar cómo evoluciona el rendimiento físico de los partidos a lo largo de la temporada,

evaluando la variabilidad de las diferentes métricas de rendimiento físico en función de la fase de la temporada. Por otro lado, el segundo objetivo del estudio fue examinar la evolución del rendimiento físico en relación con el rendimiento alcanzado por los equipos basado en la valoración de entrenadores expertos en diferentes fases a lo largo de la temporada. Para ello, se pidió a los entrenadores que evaluaran el rendimiento del equipo teniendo en cuenta la clasificación de cada equipo al final de cada temporada. Además, se les informó del presupuesto y las características de los jugadores de cada equipo. Teniendo en cuenta estos tres aspectos principales, los entrenadores valoraron el rendimiento de cada equipo en cada temporada.

Basándonos en estudios previos, se propusieron las siguientes hipótesis: como *Hipótesis 7*, se consideró que existe variabilidad entre los equipos (Castellano y Blanco-Villaseñor, 2015); ii) en cuanto a la evolución del rendimiento físico, como *Hipótesis 8*, se esperaba que la TD, la distancia recorrida a alta intensidad y el número de esfuerzos realizados a alta intensidad fueran mayores a mitad de temporada (Fase 2 y Fase 3; Chmura et al., 2019; Smpokos et al., 2018); iii) por último, como *Hipótesis 9*, se esperaba que los mejores equipos registrasen una mayor TD y una mayor distancia recorrida a alta intensidad a principios de temporada que los equipos peor clasificados, ya que estudios anteriores han demostrado que los equipos con éxito a principios de temporada alcanzan las primeras posiciones en la clasificación final (Lago-Peñas y Sampaio, 2015).

## MÉTODO

### Participantes y procedimiento

La muestra estuvo compuesta por 1.520 partidos jugados por 80 equipos de fútbol profesional a lo largo de cuatro temporadas consecutivas de la Primera División española (de 2015/2016 a 2018/2019). Se recogieron dos observaciones por partido, una de cada equipo, resultando un total de 2.950 registros (760 por temporada). Un total de 90

(11,82%) registros fueron excluidos (2015/16 = 10 (1,31%); 2016/17 = 16 (2,10%); 2017/2018 = 35 (4,60%); 2018/19 = 29 (3,81%)) debido a problemas relacionados con pérdidas repetidas de señal por parte del sistema o condiciones meteorológicas adversas durante el partido que dificultaron la recopilación precisa de los datos. Los datos fueron proporcionados a los autores por LaLiga™ una vez concluidas las cuatro temporadas consecutivas. También se informó a todos los jugadores sobre el protocolo del estudio. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los participantes y de un padre y/o tutor legal para los sujetos menores de 18 años. El estudio recibió la aprobación ética de la Universidad de Extremadura; Vicerrectorado de Investigación, Transferencia e Innovación - Delegación de la Comisión de Bioética y Bioseguridad (Protocolo número: 239/2019).

### **Variables**

**Rendimiento físico.** La distancia recorrida por los equipos se analizó con Mediacoach® (Pons et al., 2019; Pons, García-Calvo, et al., 2021) en diferentes rangos de velocidad: distancia total recorrida por los equipos en metros (TD = *Total Distance*); distancia recorrida por los equipos entre 14–21 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia recorrida a velocidad media, MSR = *Medium Speed Running Distance*); distancia recorrida entre 21–24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia recorrida a muy alta velocidad, VHSR = *Very High Speed Running Distance*); y distancia recorrida superior a 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia recorrida a esprint, Sprint = *Sprinting Speed Running Distance*), así como el número de esfuerzos realizados a alta intensidad: número de esfuerzos realizados a una velocidad entre 21–24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp21); y número de esfuerzos realizados a una velocidad superior a 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp24). Mediacoach es un software de análisis que utiliza los datos de seguimiento proporcionados por un sistema de *video tracking* óptico TRACAB (ChyronHego, New York, NY), que consiste en una serie de súper cámaras 4K de alto

rango dinámico que filman desde varios ángulos y analizan las coordenadas X e Y de cada jugador. Este instrumento también se basa en la corrección del sistema semiautomático de seguimiento por vídeo (la parte manual del proceso). La validez y fiabilidad del sistema ChyronHego han sido probadas previamente por otros estudios (Felipe et al., 2019; Linke et al., 2020; Pons et al., 2019), informando de errores de medición del 2% para la TD recorrida.

**Fases de la temporada.** Al igual que en investigaciones anteriores (Chmura et al., 2019), cada temporada se dividió en cuatro bloques de partidos para facilitar la interpretación de los datos. En concreto, de acuerdo con el número de partidos por temporada de Primera División española, cada temporada se dividió en cuatro fases: partidos 1-10 (es decir, Fase 1 = P1), partidos 11-19 (es decir, Fase 2 = P2), partidos 20-29 (es decir, Fase 3 = P3), y partidos 30-38 (es decir, Fase 4 = P4).

**Rendimiento de los equipos percibido por los entrenadores de fútbol expertos.** El rendimiento de cada equipo fue evaluado por veinte entrenadores de fútbol con un mínimo de cinco años de experiencia desde la obtención de su titulación UEFA PRO. Además, todos los entrenadores habían entrenado a equipos profesionales durante al menos una temporada completa y no tenían ninguna relación contractual en el momento de la recogida de datos con ninguno de los equipos incluidos en el presente estudio. Una vez concluida cada temporada, los entrenadores evaluaron individualmente el rendimiento de los equipos teniendo en cuenta tres elementos principales: la clasificación final alcanzada por el equipo en cada temporada, las características del equipo (por ejemplo, la calidad de los jugadores) y el presupuesto total disponible proporcionado por LaLiga. Para ello, se siguió un protocolo para elaborar el cuestionario utilizado para recabar la opinión de los entrenadores. En primer lugar, un panel de expertos compuesto por tres investigadores deportivos propuso individualmente tres aspectos para evaluar el

rendimiento del equipo. Estos tres aspectos fueron la clasificación final alcanzada por el equipo, el presupuesto económico ofrecido por la página web de LaLiga (<https://www.laliga.com/>) y las características de los jugadores. Se realizó un protocolo de reflexión en voz alta de las tres propuestas para destacar los diferentes puntos desde la perspectiva de los expertos. A continuación, se debatieron las dudas y discrepancias entre los expertos para llegar a un acuerdo consensuado sobre la propuesta final (Hoffmann y Loughhead, 2019). Por último, la versión final fue revisada y aceptada por unanimidad, y los entrenadores proporcionaron una puntuación individual para cada equipo y cada temporada teniendo en cuenta los tres elementos y utilizando una escala tipo Likert de 10 puntos, de 1 (*rendimiento muy bajo*) a 10 (*rendimiento muy alto*). A continuación, las puntuaciones se clasificaron en bajo rendimiento (1 – 4), rendimiento medio (5 – 7) y alto rendimiento (8 – 10). El CCI (calculado para comprobar la fiabilidad entre evaluadores) fue de 0.92.

### **Análisis estadístico**

Los datos se analizaron utilizando el software estadístico R-Studio (R-Studio Team, 2020). i) Teniendo en cuenta la estructura jerárquica de los datos (ya que los partidos estaban anidados en equipos), se analizaron seis modelos incondicionales (véase la Tabla 18) que incluían exclusivamente las variables dependientes (es decir, las variables de rendimiento físico). El ICC mostró valores superiores al 10% en todas las variables. ii) Por este motivo, se calcularon seis modelos lineales mixtos (véase la Tabla 19) para comparar las variables de rendimiento físico en las cuatro fases consideradas (es decir, P1, P2, P3 y P4), incluyendo el intercepto de los equipos como efectos aleatorios (Hox et al., 2017).

iii) Se estimó otro modelo lineal mixto para cada variable dependiente (véase la Tabla 20), con intercepto y pendiente aleatorios. En primer lugar, se incluyeron las

diferentes fases de la temporada (es decir, P1, P2, P3 y P4) como factor y el rendimiento del equipo percibido por los entrenadores de fútbol como covariable de las variables de rendimiento físico (Raudenbush y Bryk, 2002). Por último, para facilitar una interpretación más clara de los resultados presentados en la Tabla 20 y mediante el análisis del modelo lineal mixto, se representaron seis figuras (una para cada variable dependiente; véase las Figuras 12–17). En concreto, se incluyó la interacción entre el rendimiento del equipo percibido por los expertos (es decir, niveles de rendimiento del equipo alto, medio y bajo) y las diferentes fases de la temporada (es decir, P1, P2, P3 y P4) en las distancias recorridas a diferentes rangos de velocidad. Estas figuras se realizaron utilizando la versión 0.14.1 del software JASP (<https://jasp-stats.org/>; JASP Team, 2018).

Se consideraron el AIC y el chi-cuadrado para comparar los modelos incondicionales con los modelos lineales mixtos ajustados. El AIC es una estimación de la probabilidad logarítmica media y proporciona un procedimiento versátil para la identificación de modelos estadísticos. La bondad de ajuste del modelo es mayor a medida que disminuye el valor estadístico (Akaike, 1974). El chi-cuadrado proporciona información sobre la magnitud de las diferencias entre los modelos. En todas las variables analizadas, los mejores modelos fueron los que incluían el rendimiento percibido y las fases de la temporada.

## **RESULTADOS**

### **Análisis principal**

i) Se obtuvieron seis modelos nulos que incluían las distancias recorridas en los diferentes rangos de velocidad y el número de Sp21 y Sp24 (ver Tabla 18). El intercepto representa la media estimada de cada variable. Tanto para los efectos fijos como para los

aleatorios, se detectó una variabilidad significativa para todas las variables dependientes ( $p < .001$ ).

**Tabla 18.** Modelo nulo de las distancias recorridas a diferentes rangos de velocidad en los partidos de los equipos de fútbol españoles.

VARIABLES	TD (m)	MSR (m)	VHSR (m)	Sprint (m)	Sp21 (n.º)	Sp24 (n.º)
	Coeficientes	Coeficientes	Coeficientes	Coeficientes	Coeficientes	Coeficientes
<b>Efectos fijos</b>						
Intercepto	109117***	22428***	3018***	2904.66***	264.83***	161.02***
<b>Efectos aleatorios</b>						
Residuo	13716148***	3143788***	125973***	200424***	786.21***	427.77***
Intercepto	5285581***	1627025***	23308***	40998***	166.70***	104.06***
CCI	.28	.34	.16	.17	.17	.20
AIC	57021.31	52701.91	43132.01	44506.99	28185.80	26402.45

*Nota.* m = metros, N.º = Número, TD = Distancia total, MSR = Distancia recorrida a velocidad media, VHSR = Distancia recorrida a muy alta velocidad, Sprint = Distancia recorrida a velocidad de esprint, Sp21 = esfuerzos realizados a una velocidad entre 21–24 km·h<sup>-1</sup>, Sp24 = esfuerzos realizados a velocidad superior a 24 km·h<sup>-1</sup>, CCI = Coeficiente de correlación intraclase, AIC = Criterio de información de Akaike; \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

ii) La Tabla 19 contiene los modelos lineales mixtos que incluyen la distancia recorrida y el número de sprints en diferentes rangos de velocidad considerando las cuatro fases en las que se dividió cada temporada (es decir, P1, P2, P3 y P4). Se encontraron diferencias significativas en todas las variables dependientes al comparar *P1* con el resto de las fases ( $p < .05$ ). En particular, se obtuvieron menores distancias recorridas en metros y un menor número de sprints realizados en los diferentes rangos de velocidad en la primera parte de la temporada. Considerando P2 y P3 como referencias, también se encontraron diferencias significativas respecto a P4 en TD, MSR, VHRSR, Sprint (no comparando P2 con P4) y en el número de Sp21 y Sp24 ( $p < .05$ ). En otras palabras, los futbolistas recorrieron distancias significativamente mayores y realizaron un mayor número de sprints en P2 y P3 en comparación con P1 y P4, respectivamente.

En cuanto a los efectos aleatorios, se observaron diferencias significativas en la distancia recorrida por los equipos ( $p < .001$ ), así como en la evolución (es decir, las pendientes) a lo largo de las fases de la temporada ( $p < .001$ ).

**Tabla 19.** Modelo lineal mixto de las distancias recorridas en los partidos por fases de la temporada para equipos de fútbol españoles.

Variables	TD (m)		MSR (m)		VHSR (m)		Sprint (m)		Sp21 (n.º)		Sp24 (n.º)	
	Coef.	<i>p</i>	Coef.	<i>p</i>	Coef.	<i>p</i>	Coef.	<i>p</i>	Coef.	<i>p</i>	Coef.	<i>p</i>
Efectos fijos												
Intercepto Fase 1	108423	bc***d*	21640	bcd***	2887	bcd***	2775	bcd***	254.32	bcd***	154.63	bcd***
Fase 2 – Fase 1	1225	a***d**	1256	ad***	218	ad***	184	a***	17.69	ad***	10.12	a***d**
Fase 3 – Fase 1	1049	a***d*	1253	ad***	203	ad***	194	a***d*	16.70	ad***	9.74	a***d**
Fase 4 – Fase 1	591	a*b**c*	735	abc***	120	abc***	149	a***c*	8.97	abc***	6.48	a***b**c**
Efectos aleatorios												
Varianza residual	12567375	***	2637957	***	113957	***	189037	**	710.13	***	402.17	***
Intercepto	5014165	***	1569324	***	22322	***	39744	**	160.91	***	102.19	***
Fases	1210464	***	299740	***	5492	**	6697	**	31.32	**	11.23	*
AIC	56883.53		52335.87		428908.71		443381.72		28052.62		26351.19	
Chi-cuadrado	48.92		265.01		186.41		94.31		199.94		118.66	

*Nota.* Coef. = Coeficiente, m = metros, N.º = Número, TD = Distancia total, MSR = Distancia recorrida a velocidad media, VHSR = Distancia recorrida a muy alta velocidad, Sprint = Distancia recorrida a velocidad de esprint, Sp21 = esfuerzos realizados a una velocidad entre 21–24 km·h<sup>-1</sup>, Sp24 = esfuerzos realizados a velocidad superior a 24 km·h<sup>-1</sup>, a = diferencias significativas en comparación con la Fase 1; b = diferencias significativas en comparación con la Fase 2; c = diferencias significativas en comparación con la Fase 3; d = diferencias significativas en comparación con la Fase 4, \* *p* < .05, \*\* *p* < .01, \*\*\* *p* < .001.

iii) La Tabla 20 muestra los modelos lineales mixtos que predicen la distancia recorrida y el número de esprints realizados en los diferentes rangos de velocidad teniendo en cuenta las fases de la temporada (es decir, P1, P2, P3 y P4) y el rendimiento del equipo percibido por los entrenadores de fútbol. El rendimiento del equipo se relacionó positivamente con la distancia recorrida en todos los rangos de velocidad (por ejemplo, la TD aumentó en 108,34 metros cuando el rendimiento aumentó en 1 punto) y con el número de Sp21 y Sp24 en P1 ( $p < .001$ ). Es decir, cuanto mejor era el rendimiento del equipo, mayor era la distancia recorrida y el número de esprints realizados al principio de la temporada. Sin embargo, esto sólo fue significativo para VHSR ( $p < .05$ ) y el número de Sp21 ( $p < .05$ ). En P2 y P3, se detectó una relación negativa entre el rendimiento del equipo, por un lado, y la distancia recorrida en los diferentes rangos de velocidad y el número de esprints, por otro. Sin embargo, sólo se encontraron disminuciones significativas en comparación con P1 ( $p < .05$ ) en la distancia recorrida a velocidades inferiores a  $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (por ejemplo, TD = -300,41 metros y -240,49 metros, respectivamente). Por último, el rendimiento del equipo percibido por los expertos también se relacionó negativamente con la distancia recorrida en todos los rangos de velocidad y el número de Sp21 (8,95;  $p < .001$ ) y Sp24 (6,48;  $p < .001$ ) en P4. Sin embargo, sólo se encontraron relaciones negativas significativas en TD ( $p < .001$ ), MSR ( $p < .01$ ) y VHSR ( $p < .05$ ), así como en el número de Sp21 ( $p < .001$ ). Así, cuanto mejor fue el rendimiento del equipo durante la última fase de la temporada, menor fue la distancia recorrida a velocidades bajas y medias (por ejemplo, alto rendimiento del equipo = -436,72 metros en TD en P4 en comparación con P1) y menor el número de Sp21, en comparación con P1 ( $p < .05$ ).

**Tabla 20.** Modelo lineal mixto de las distancias recorridas en los partidos según el rendimiento del equipo y las fases de la temporada para los equipos de fútbol españoles.

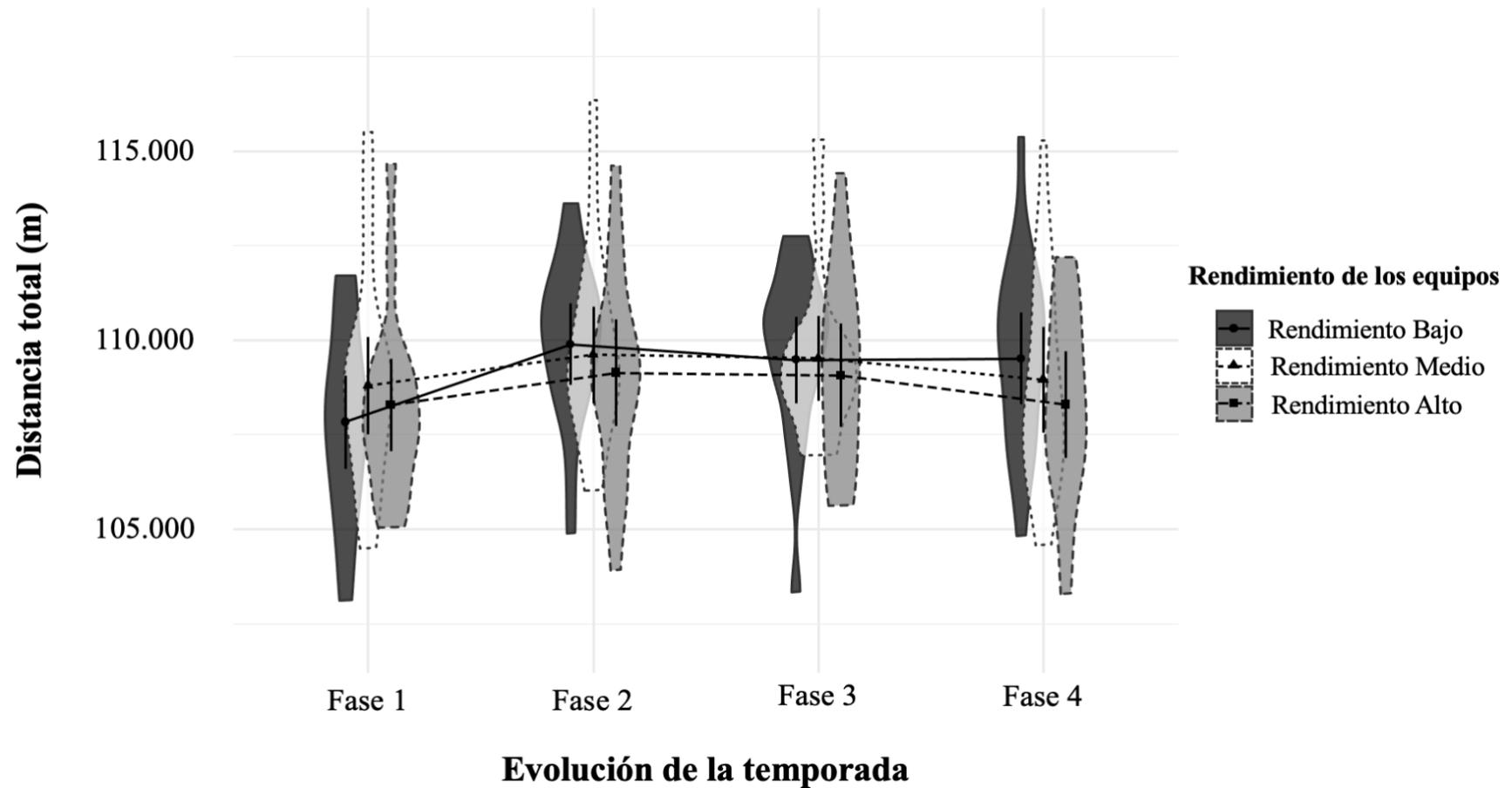
Variables	TD (m)	MSR (m)	VHSR (m)	Sprint (m)	Sp21 (n.º)	Sp24 (n.º)
	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes
Efectos fijos						
Intercepto						
Fase 1	108424***	21640***	2887***	2776***	254.35***	154.64***
Fase 2 – Fase 1	1223***	1255***	218***	184***	17.67***	10.11***
Fase 3 – Fase 1	1046**	1252***	203***	194***	16.69***	9.73***
Fase 4 – Fase 1	588*	734***	120***	149***	8.95***	6.48***
Pendiente						
Percepción de los entrenadores de fútbol sobre rendimiento de equipo*Fase 1	108†	20	22*	22†	2.21*	1.22
Percepción de los entrenadores de fútbol sobre rendimiento de equipo*Fase 2	-296*	-117*	-13	-12	-1.43	-.77
Percepción de los entrenadores de fútbol sobre rendimiento de equipo*Fase 3	-240*	-112†	-15	-12	-1.32	-.64
Percepción de los entrenadores de fútbol sobre rendimiento de equipo*Fase 4	-428***	-155**	-25*	-14	-2.09**	-.84
Efectos aleatorios						
Varianza residual	12568737***	2638145***	113970.92***	189046***	710.23***	402.29***
Intercepto	5039002***	1570447***	22405.87***	39587***	159.64***	101.82***
Pendiente	1094986***	287206***	5223.16**	6845**	29.15**	11.24*
AIC	56823.68	52287.20	42876.37	44352.00	27952.92	26268.11
Chi-cuadrado	73.93	281.38	198.24	98.65	212.84	123.89

*Nota.* m = metros, N.º = Número, TD = Distancia total, MSR = Distancia recorrida a velocidad media, VHSR = Distancia recorrida a muy alta velocidad, Sprint = Distancia recorrida a velocidad de esprint, Sp21 = esfuerzos realizados a una velocidad entre 21–24 km·h<sup>-1</sup>, Sp24 = esfuerzos realizados a velocidad superior a 24 km·h<sup>-1</sup>, †*p* < .07, \**p* < .05, \*\**p* < .01, \*\*\**p* < .001.

En cuanto a los efectos aleatorios, las varianzas residuales (por ejemplo,  $Sp_{21} = 710,23$ ,  $p < .001$ ) y el intercepto (por ejemplo,  $Sp_{21} = 159,64$ ,  $p < .001$ ) fueron significativos para todas las variables dependientes ( $p < .001$ ). También se estimó la evolución de estas asociaciones de una fase a otra de la temporada. Las pendientes de todas las distancias recorridas y del número de sprints cambiaron significativamente ( $p < .05$ ). Los valores del AIC para todas las variables dependientes fueron inferiores al AIC de los modelos incondicionales y de los seis modelos anteriores, respectivamente. Asimismo, los valores obtenidos en la prueba de desviación chi-cuadrado informan de que éste es el modelo con mejor ajuste respecto a los modelos anteriores.

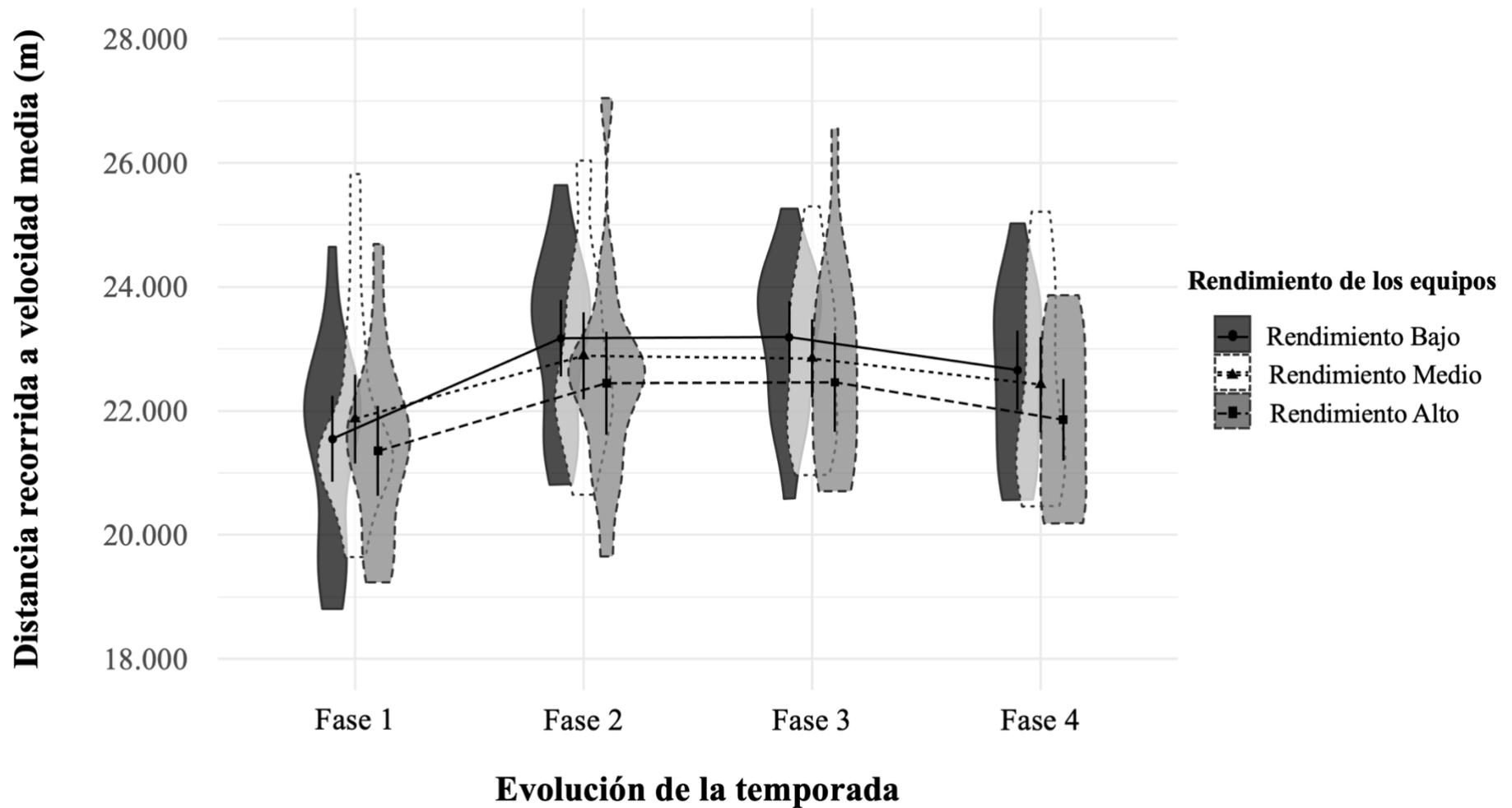
Finalmente, las Figuras 12–17 muestran los resultados incluidos en la Tabla 20 con respecto a la relación entre el rendimiento del equipo percibido por los entrenadores de fútbol (es decir, alto, medio y bajo rendimiento) y la distancia recorrida en los diferentes rangos de velocidad en las diferentes fases de la temporada (es decir, P1, P2, P3 y P4). En concreto, los equipos con alto rendimiento registraron un Sprint (2.800 metros) y un número de  $Sp_{24}$  (156 sprints) más altos a principios de temporada, y menos TD (108.303 metros) y MSR (22.004 metros) al final de temporada que el resto de los equipos. Sin embargo, los equipos con bajo rendimiento registraron menos TD (108.012 metros), Sprint (2.738 metros),  $Sp_{21}$  (249) y  $Sp_{24}$  (152) al principio de la temporada, y mayores TD (109.958 metros), MSR (22.688 metros) y VHSR (3.021 metros) al final de la temporada que el resto de los equipos.

**Figura 12.** Distancia total recorrida en metros ( $M \pm SD$ ) por los equipos con rendimiento alto, medio y bajo en las diferentes fases de las temporadas.



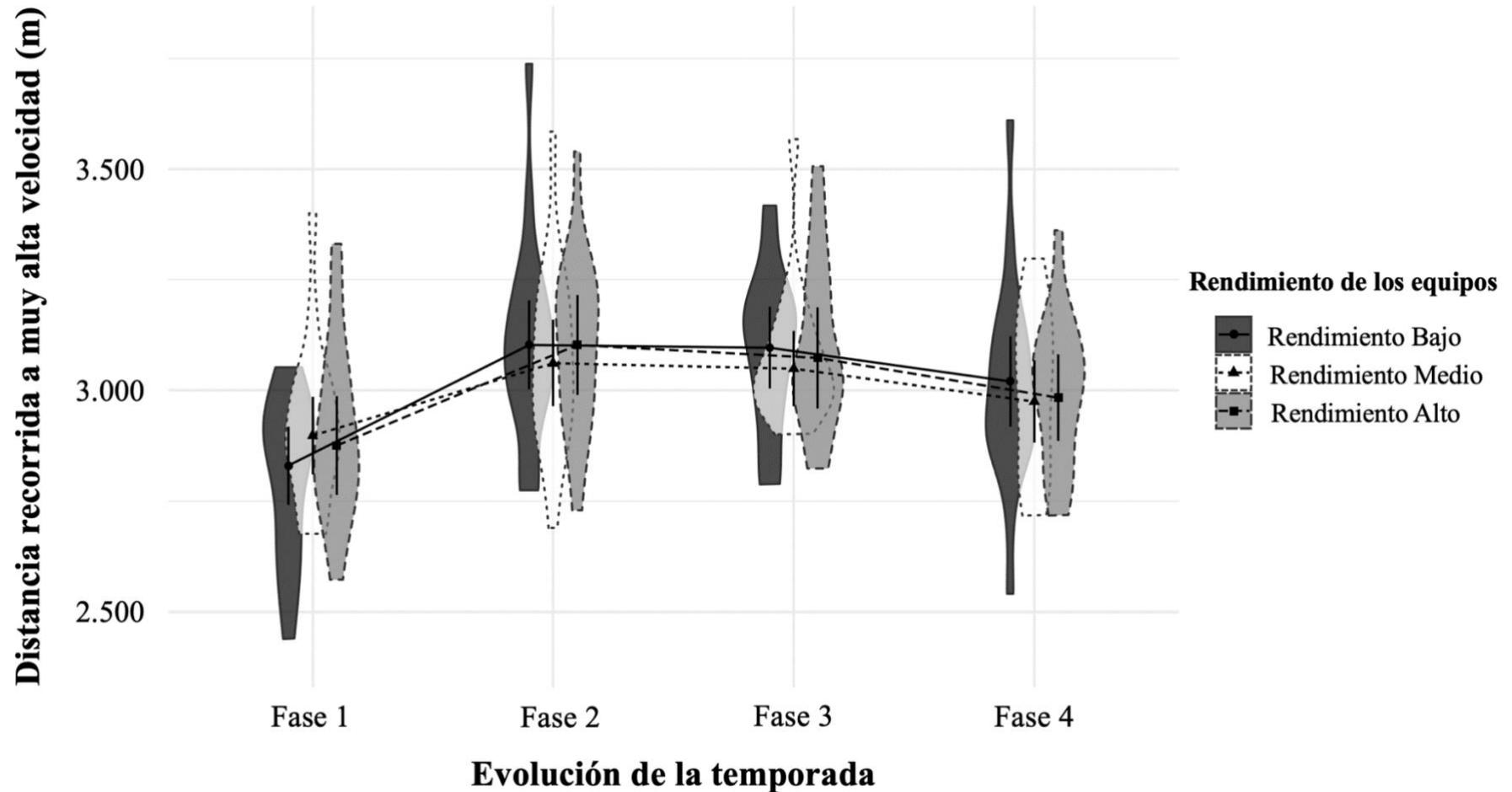
Nota: m = metros.

**Figura 13.** Distancia recorrida a velocidad media ( $14 - 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en metros ( $M \pm SD$ ) por equipos de alto, medio y bajo rendimiento en las diferentes fases de las temporadas.



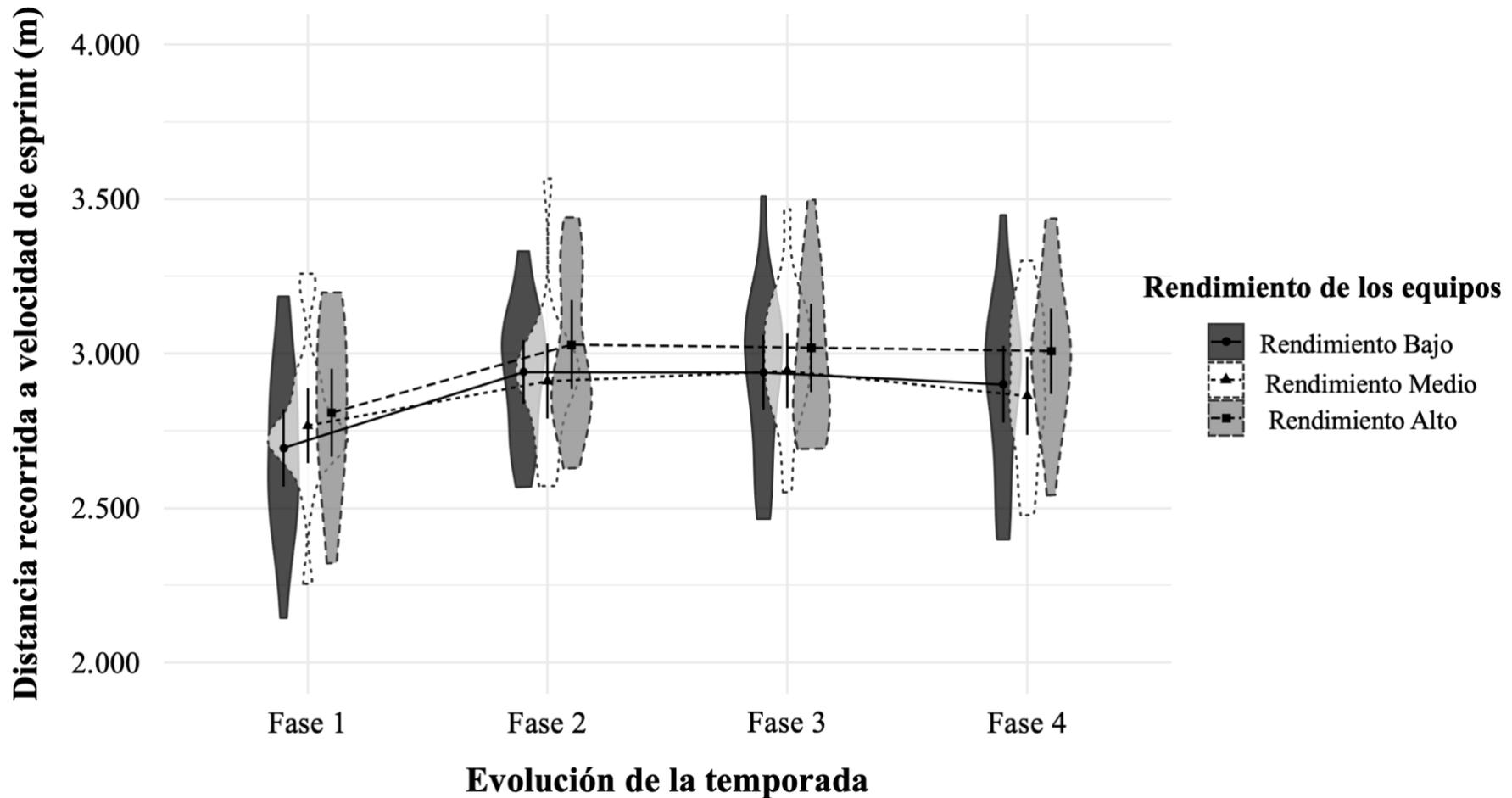
Nota: m = metros.

**Figura 14.** Distancia recorrida a muy alta velocidad ( $21 - 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en metros ( $M \pm SD$ ) por equipos de alto, medio y bajo rendimiento en las diferentes fases de las temporadas.



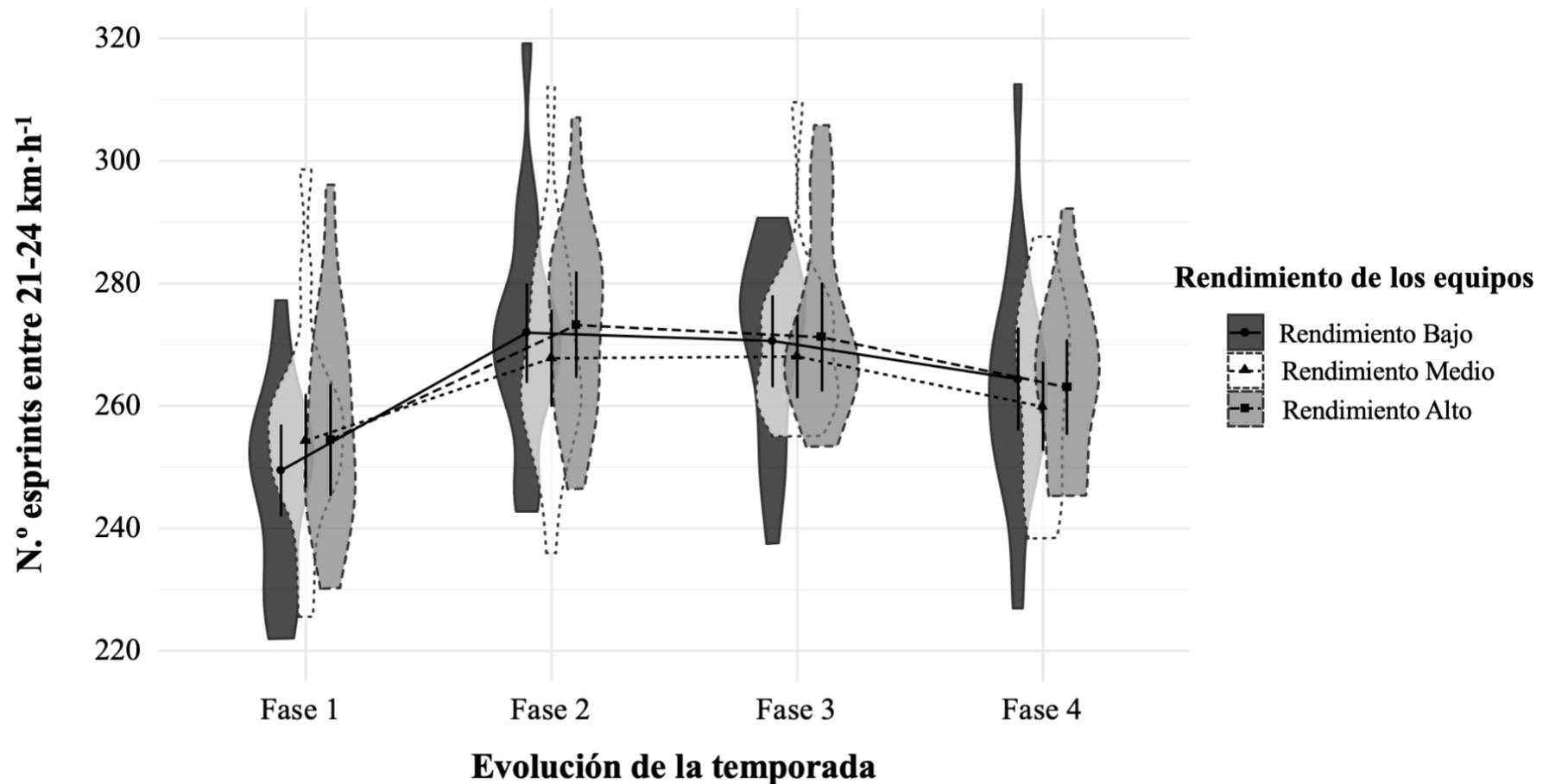
Nota: m = metros.

**Figura 15.** Distancia recorrida a velocidad de esprint ( $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en metros ( $M \pm SD$ ) por equipos con rendimiento alto, medio y bajo en las diferentes fases de las temporadas.

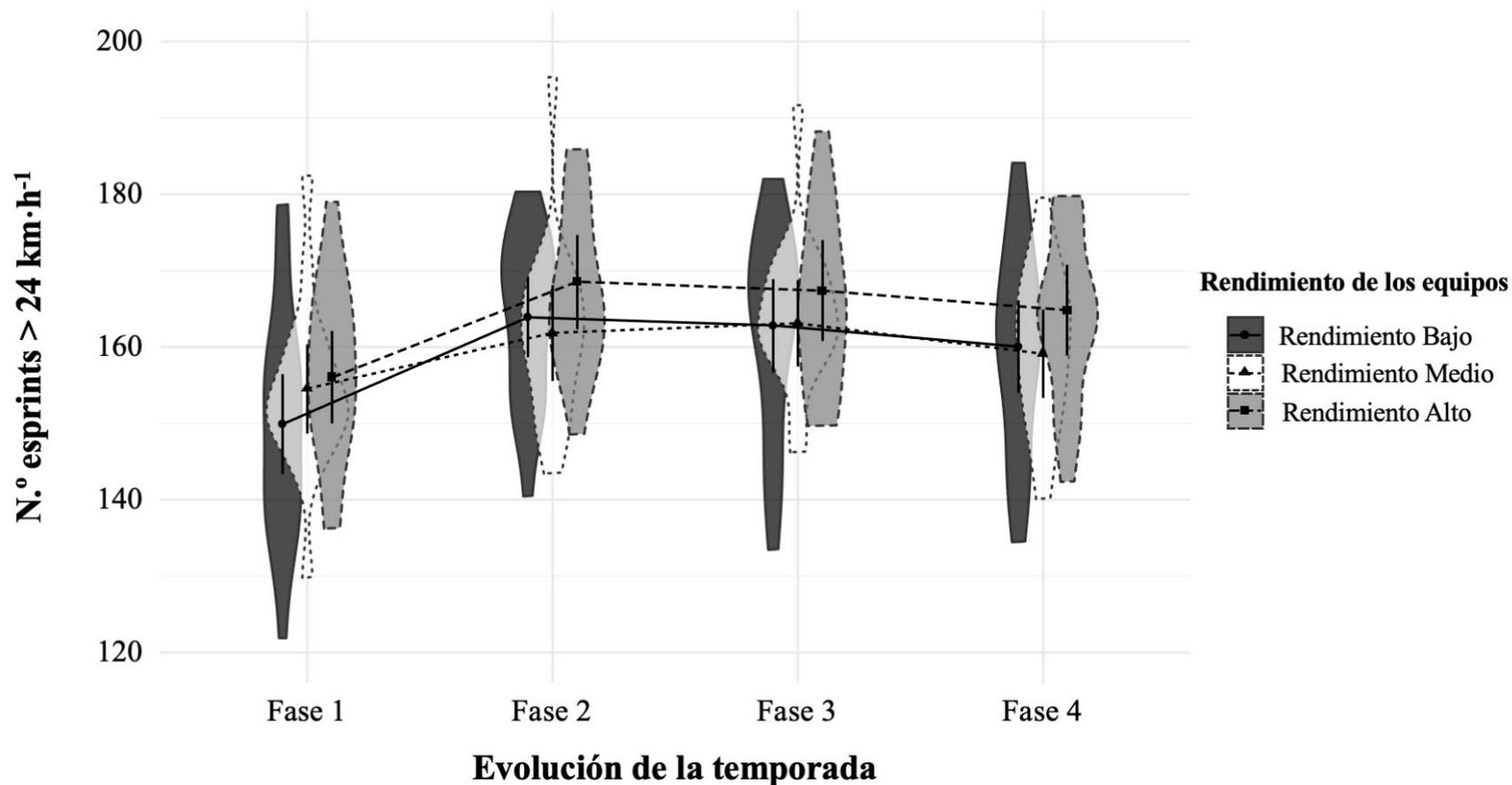


Nota: m = metros.

Figura 16. Número de esfuerzos realizados a una velocidad entre 21 – 24 km·h<sup>-1</sup> ( $M \pm SD$ ) por los equipos de alto, medio y bajo rendimiento en las diferentes fases de las temporadas.



**Figura 17.** Número de esfuerzos realizados a una velocidad superior a  $24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $M \pm SD$ ) por los equipos con rendimiento alto, medio y bajo en las diferentes fases de las temporadas.



## ARTÍCULO 6

**Ponce-Bordón, J. C.,** López-Gajardo, M. A., Fernández-Navarro, J., López del Campo, R., Resta, R., y García-Calvo, T. (2023). The effect of coach dismissal on team performance and match physical demands in Spanish professional soccer leagues. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/24748668.2023.2278370>

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS

Este estudio tuvo como objetivo examinar la relación entre la destitución del entrenador y el rendimiento del equipo (valorado en puntos ganados por partido), y las demandas físicas del partido tanto a corto (es decir, los últimos cuatro partidos con el entrenador anterior y los siguientes cuatro partidos con el nuevo entrenador) como a largo plazo (es decir, la etapa previa a la destitución del entrenador y la etapa posterior a la destitución del entrenador dentro de cada temporada).

Basándonos en estudios previos, formulamos las siguientes hipótesis: 1) con respecto a la relación entre la destitución del entrenador y el rendimiento del equipo, como *Hipótesis 10*, se esperaba que el rendimiento del equipo fuera mayor tras la destitución del entrenador a corto plazo (es decir, durante los cuatro primeros partidos del nuevo entrenador; Gómez et al., 2021). Sin embargo, a largo plazo, esperábamos que el impacto de la destitución del entrenador en el rendimiento del equipo disminuyera a medida que avanzaba la temporada (Lago-Peñas, 2011); 2) en cuanto a la relación entre la destitución del entrenador y las demandas físicas del partido, los estudios anteriores han informado de conclusiones contradictorias en el análisis a corto plazo (Augusto et al., 2021; Radzimiński, Padrón-Cabo, et al., 2022), por lo que no podemos establecer una hipótesis clara. Además, no hay estudios que hayan analizado la relación entre el despido del

entrenador y las demandas físicas del partido a largo plazo, por lo que tampoco podemos establecer una hipótesis en este sentido.

## **MÉTODO**

### **Participantes**

La muestra estuvo compuesta por todos los partidos disputados por 168 equipos de fútbol profesional que compitieron durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/16 a 2018/19) en las ligas españolas de fútbol de Primera ( $n = 2.950$  registros) y Segunda División ( $n = 2.966$  registros). Se realizaron dos registros por partido, por lo que se recopilaron 3.368 partidos y se incluyeron en el estudio 5.916 de los 6.736 registros potenciales. Se excluyeron 784 (11%) observaciones debido a problemas técnicos en el sistema de recogida de datos o a condiciones meteorológicas adversas durante el partido. El estudio recibió la aprobación del Comité de Bioética de la universidad del primer autor (número de solicitud: 239/2019).

### **Enfoque experimental del problema**

En este estudio se analizó la relación del despido del entrenador con el rendimiento del equipo y las demandas físicas de los partidos a lo largo de la temporada en dos etapas diferentes: a corto plazo y a largo plazo. Para el análisis a corto plazo, se consideraron los cuatro últimos partidos con el entrenador anterior ( $n = 387$  registros) y los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador ( $n = 379$  registros; basado en Lago-Peñas, (2007)). Para el análisis a largo plazo, se consideraron dentro de cada temporada todos los partidos incluidos en la etapa anterior a la destitución del entrenador ( $n = 1.104$  registros) y todos los partidos incluidos en la etapa posterior a la destitución del entrenador ( $n = 776$  registros). Para examinar la influencia de la destitución del entrenador, se realizó una comparación con los equipos cuyo entrenador no había cambiado (es decir, se consideraron los partidos jugados por los equipos cuyo entrenador

no había cambiado;  $n = 3.270$  registros). Se identificaron un total de 96 despidos de entrenadores durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/16 a 2018/19) de la Primera y Segunda División de la liga española de fútbol. Los datos sobre las sustituciones de entrenadores se recuperaron de LaLiga™ (<https://www.laliga.com/>). Además, la clasificación final de la liga se estableció en 5 niveles (Bradley et al., 2016): (A) clasificados del 1° – 4° ( $n = 1.170$  observaciones de partidos), (B) clasificados del 5° – 8° ( $n = 1.143$  observaciones de partidos), (C) clasificados del 9° – 12° ( $n = 1.153$  observaciones de partidos), (D) clasificados del 13° – 17° ( $n = 1.391$  observaciones de partidos), y (E) clasificados del 18° – 22° ( $n = 1.059$  observaciones de partidos).

### **Procedimiento**

Los datos de las demandas físicas del partido se obtuvieron mediante un sistema de *video tracking* óptico llamado TRACAB (ChyronHego®, Nueva York, EE. UU.). Este sistema de seguimiento multicámara consta de ocho súper cámaras 4K de alto rango dinámico basadas en un sistema de posicionamiento (TRACAB-ChyronHego VTS) que filman desde varios ángulos y analizan las posiciones X e Y de cada jugador. Las cámaras proporcionan seguimiento bidimensional en tiempo real (los datos de seguimiento se graban a 25 Hz). Este instrumento también se basa en la corrección del VTS semiautomático (la parte manual del proceso). La validez y fiabilidad del sistema de *video tracking* TRACAB® han sido analizadas previamente, informando de errores de medición medios del 2% para las distancias recorridas (Pons, García-Calvo, et al., 2021). Asimismo, estudios previos han comprobado la concordancia entre el sistema Mediacoach® y los dispositivos GPS. En concreto, la magnitud de los CCI fue superior a .90 (Felipe et al., 2019; Pons et al., 2019).

### **Variables del estudio**

**Demandas físicas del partido.** Las distancias recorridas en metros se dividieron en los siguientes umbrales de velocidad: distancia recorrida entre 21–24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia recorrida a muy alta velocidad, VHSR = *Very High Speed Running Distance*); distancia recorrida a más de 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia recorrida a esprint, Sprint = *Sprinting Speed Running Distance*). La variable distancia total (TD) corresponde a la suma de todas las distancias recorridas por los jugadores. Estas variables se mostraron y analizaron por partidos y separadas por partes (primera y segunda parte). Asimismo, el número de esfuerzos de alta intensidad también se dividió en dos rangos de velocidad: el número de esfuerzos realizados a una velocidad entre 21–24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp21); y el número de esfuerzos realizados a velocidades superiores a 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp24). Se registraron todos los esfuerzos que implicaban un movimiento mínimo de un metro mantenido durante un mínimo de 1 segundo. Cualquier registro a una velocidad superior al 80% del valor de esa categoría (es decir, > 24 km·h<sup>-1</sup>) se consideró un registro único. Estas variables muestran los valores totales del equipo (es decir, todos los jugadores que participaron en los partidos, titulares y no titulares).

**Rendimiento del equipo.** La valoración del rendimiento del equipo consistió en el número de puntos otorgados a los equipos en los partidos anteriores y posteriores a la sustitución del entrenador. Se obtuvieron los siguientes valores de rendimiento teniendo en cuenta el resultado del partido (*ganar* = 3, *empatar* = 1 y *perder* = 0). Estas medidas presentan dos ventajas (Gómez et al., 2021). En primer lugar, se obtuvo una medida de rendimiento que disminuía cuando el rendimiento se estancaba. En segundo lugar, se suavizaron los descensos o aumentos bruscos del rendimiento.

### **Análisis estadístico**

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software estadístico R-Studio (R-Studio Team, 2020). Se construyeron modelos lineales mixtos (MLM; West et al.,

2022) para analizar las diferencias en las demandas físicas de los partidos (es decir, las distancias recorridas a diferentes rangos de velocidad y el número de esfuerzos) y el rendimiento de los equipos con respecto a los despidos de los entrenadores utilizando el paquete lme4 (Bates et al., 2015). Para el análisis se consideró una estructura jerárquica de niveles con los equipos como unidad de anidamiento de las observaciones de los partidos. Por lo tanto, se modeló una jerarquía de dos niveles para el análisis. El rendimiento del equipo (es decir, el número de puntos otorgados a los equipos) y las variables de demandas físicas del partido (es decir, la distancia total, la distancia recorrida a muy alta velocidad, la distancia recorrida a velocidad de esprint, el número de esfuerzos realizados a velocidades entre 21–24 km·h<sup>-1</sup> y el número de esfuerzos realizados a velocidades superiores a 24 km·h<sup>-1</sup>) se incluyeron como variables dependientes en los modelos, y el despido del entrenador y los niveles de la clasificación final (niveles A, B, C, D y E) fueron las variables independientes incluidas como efectos fijos. La variable equipo se incluyó como efecto aleatorio en el análisis. A continuación, se estimaron los MLM para analizar las diferencias en las demandas físicas de los partidos durante las distintas etapas, considerando el largo plazo (Modelo 1; es decir, la etapa previa a la destitución del entrenador y la etapa posterior a la destitución del entrenador con respecto a los equipos sin destitución del entrenador) y el corto plazo (Modelo 2; es decir, los últimos cuatro partidos con el entrenador anterior y los siguientes cuatro partidos con el nuevo entrenador). Para cada modelo, se llevó a cabo una estrategia general de modelización multinivel (Heck et al., 2014). Este procedimiento implica la inclusión de efectos fijos y aleatorios por pasos, avanzando desde el modelo más simple al más complejo. La comparación de modelos se realizó mediante el AIC (Akaike, 1974) y las pruebas de razón de verosimilitud chi-cuadrado (Field, 2013). Un valor más bajo del AIC y de la prueba de verosimilitud chi-cuadrado indicaba si el modelo era mejor que el

anterior y si los cambios eran significativos. Para comparar los modelos, se empleó la estimación de máxima verosimilitud (ML). Se utilizó la estimación de máxima verosimilitud restringida (REML) para cada modelo final (Field, 2013). Proporcionamos las métricas  $R^2$  marginal y condicional como medida del tamaño del efecto para cada modelo lineal mixto, con  $R^2$  marginal referido a la varianza explicada por factores fijos y  $R^2$  condicional referido a la varianza explicada por todo el modelo. El nivel de significación se estableció en  $p < .05$ .

En segundo lugar, se utilizó la función de autocorrelación (ACF) con un desfase o retardo de 1 (intervalos de 1 partido) para comprobar la persistencia de los puntos concedidos por partido a cada entrenador a corto (asociación entre los partidos 1 y 2, 2 y 3, 3 y 4) y largo plazo (partido a partido). La autocorrelación es un método estadístico para calcular la relación entre una serie de observaciones seguidas con uno, dos y más intervalos de tiempo, lo que se conoce como desfase (Shafizadeh et al., 2013). Una correlación positiva se consideró "persistencia del rendimiento" en partidos sucesivos. Los valores más altos indicaban una fuerte asociación o una mayor persistencia en partidos sucesivos.

## RESULTADOS

En las Tablas 21, 22 y 23 se presentan las comparaciones de las demandas físicas del partido a corto y largo plazo en equipos con y sin destitución del entrenador. A largo plazo (Modelo 1), la TD recorrida fue mayor durante la etapa posterior a la destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas con respecto a la etapa anterior a la destitución del entrenador ( $p < .001$ ). En el análisis por partes, la TD recorrida fue mayor durante la etapa posterior a la destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas con respecto a la etapa anterior a la destitución del entrenador en la primera ( $p < .001$ ) y segunda parte ( $p < .01$ ). A corto plazo (Modelo 2), la TD fue

significativamente mayor durante los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador ( $p < .01$ ), así como en la primera ( $p < .05$ ) y segunda parte ( $p < .01$ )



**Tabla 21.** Diferencias de las demandas físicas del partido entre las distintas etapas con y sin destitución del entrenador.

Variables	TD (m)			TD 1ª Parte (m)			TD 2ª Parte (m)		
<b>Modelo 1</b>									
Efectos fijos	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>
Sin CD	108425 (232)	107970, 108881		54313 (130)	54058, 54567		54113 (110)	53897, 54329	
Antes del CD	108258 (265)	107738, 108778	c***	54254 (148)	53963, 54545	c***	54014 (130)	53759, 54269	c**
Después del CD	108953 (271)	108420, 109485		54604 (152)	54306, 54903		54335 (135)	54070, 54601	
Efectos aleatorios	Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE	
Varianza residual	13736775	3706		4472307	2115		5943118	2437	
Intercepto	4505744	2123		1408229	1187		929846	964	
<b>Modelo 2</b>									
Efectos fijos	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>
4 últimos partidos	108296 (273)	107756, 108838	**	54315 (150)	54017, 54613	*	53968 (157)	53656, 54281	**
4 siguientes partidos	109162 (276)	108618, 109707		54608 (154)	54308, 54909		54537 (180)	54223, 54853	
Efectos aleatorios	Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE	
Varianza residual	14530206	3812		4527053	2128		6199236	2489	
Intercepto	2551607	1597		755101	869		598518	773	

*Nota.* Coef. = Coeficiente, SE = Error estándar, CI = Intervalo de confianza, DT = Distancia total recorrida, CD = Destitución del entrenador, Sin CD = Equipos sin despido del entrenador, Antes del CD = Antes del despido del entrenador, Después del CD = Después del despido del entrenador, a = diferencias significativas entre Sin CD y Antes del CD, b = diferencias significativas entre Sin CD y Después del CD, c = diferencias significativas entre Antes del CD y Después del CD, \**p* < .05, \*\**p* < .01, \*\*\**p* < .001.

Con respecto a la distancia recorrida a muy alta velocidad (Tabla 22), la VHSR fue mayor a largo plazo en los equipos sin destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas con respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador ( $p < .01$ ). Asimismo, la VHSR fue significativamente mayor durante la etapa posterior a la destitución del entrenador que en la etapa anterior a la destitución del entrenador ( $p < .001$ ). En el análisis por partes, la VHSR fue mayor a largo plazo en los equipos sin destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador tanto en la primera ( $p < .01$ ) como en la segunda parte ( $p < .01$ ). Además, VHSR fue significativamente mayor durante la etapa posterior al despido del entrenador que en la etapa anterior al despido del entrenador tanto en la primera ( $p < .001$ ) como en la segunda parte ( $p < .001$ ). A corto plazo, la VHSR fue mayor durante los últimos cuatro partidos con el entrenador anterior, así como en la primera mitad, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas.

**Tabla 22.** Diferencias de las demandas físicas del partido entre las distintas etapas con y sin destitución del entrenador.

Variables	VHSR (m)			VHSR 1ª Parte (m)			VHSR 2ª Parte (m)			Sp21		
<b>Modelo 1</b>												
Efectos fijos	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>
Sin CD	2950 (19)	2913, 2988	a**	1468 (10)	1448, 1488	a**	1483 (9)	1464, 1501	a**	259 (1)	256, 263	a**
Antes del CD	2862 (22)	2818, 2905	c***	1423 (12)	1399, 1446	c***	1440 (11)	1418, 1462	c***	252 (1)	248, 255	c***
Después del CD	2932 (22)	2887, 2977	c	1457 (12)	1432, 1482	c	1474 (11)	1451, 1498	c	257 (1)	253, 260	c
Efectos aleatorios	Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE	
Varianza residual	123478	351		45125	212		49254	221		776	27	
Intercepto	30622	175		8651	93		7025	83		216	14	
<b>Modelo 2</b>												
Efectos fijos	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>
4 últimos partidos	2904 (26)	2852, 2957		1446 (15)	1415, 1477		1458 (13)	1432, 1486		255 (2)	251, 259	
4 siguientes partidos	2898 (25)	2845, 2950		1439 (15)	1408, 1471		1458 (16)	1431, 1486		254 (2)	250, 259	
Efectos aleatorios	Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE	
Varianza residual	128052	357		43686	209		51021	225		793	28	
Intercepto	2498	158		9178	95		3730	61		170	13	

*Nota.* Coef. = Coeficiente, SE = Error estándar, CI = Intervalo de confianza, VHSR = Distancia recorrida a muy alta velocidad, CD = Destitución del entrenador, Sin CD = Equipos sin despido del entrenador, Antes del CD = Antes del despido del entrenador, Después del CD = Después del despido del entrenador, a = diferencias significativas entre Sin CD y Antes del CD, b = diferencias significativas entre Sin CD y Después del CD, c = diferencias significativas entre Antes del CD y Después del CD, \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

En cuanto a la distancia recorrida a velocidad de esprint (Tabla 23), la distancia de Sprint fue mayor a largo plazo en los equipos sin destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador ( $p < .01$ ). Asimismo, la distancia de Sprint fue significativamente mayor durante la etapa posterior a la destitución del entrenador que en la etapa anterior a la destitución del entrenador ( $p < .001$ ). En el análisis por partes, la distancia de Sprint fue mayor a largo plazo en los equipos sin destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador en la primera parte ( $p < .01$ ), mientras que la distancia de Sprint recorrida en la segunda parte fue mayor durante la etapa posterior a la destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador en la primera parte ( $p < .001$ ). A corto plazo, la distancia de Sprint fue mayor durante los cuatro últimos partidos con el entrenador anterior, así como en la primera parte. La distancia de Sprint recorrida en la segunda parte fue mayor durante los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador.

**Tabla 23.** Diferencias de las demandas físicas del partido entre las distintas etapas con y sin destitución del entrenador.

Variables	Sprint (m)			Sprint 1ª Parte (m)			Sprint 2ª Parte (m)			Sp24		
<b>Modelo 1</b>												
Efectos fijos	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>
Sin CD	2812 (25)	2762, 2863	a**	1396 (13)	1370, 1422	a**	1417 (13)	1391, 1443	a*	157 (1)	155, 160	a**
Antes del CD	2712 (29)	2654, 2770	c***	1339 (15)	1309, 1369	c***	1375 (15)	1344, 1405	c***	152 (1)	149, 155	c***
Después del CD	2806 (30)	2746, 2865	c	1381 (15)	1350, 1412	c	1425 (16)	1393, 1457	c	156 (1)	153, 159	c
Efectos aleatorios	Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE	
Varianza residual	194716	441		70479	265		80467	283		421	20	
Intercepto	55000	234		14188	119		14216	119		130	11	
<b>Modelo 2</b>												
Efectos fijos	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>	Coef. (SE)	95% CI	<i>p</i>
4 últimos partidos	2782 (35)	2711, 2853		1381 (18)	1344, 1419		1400 (21)	1358, 1442		155 (1)	152, 159	
4 siguientes partidos	2781 (31)	2710, 2853		1368 (19)	1331, 1407		1412 (19)	1370, 1455		154 (1)	152, 158	
Efectos aleatorios	Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE		Estimación	SE	
Varianza residual	186846	432		69860	264		74180	272		410	20	
Intercepto	56521	237		12304	110		17837	133		118	10	

*Nota.* Coef. = Coeficiente, SE = Error estándar, CI = Intervalo de confianza, Sprint = Distancia recorrida a velocidad de esprint, CD = Destitución del entrenador, Sin CD = Equipos sin despido del entrenador, Antes del CD = Antes del despido del entrenador, Después del CD = Después del despido del entrenador, a = diferencias significativas entre Sin CD y Antes del CD, b = diferencias significativas entre Sin CD y Después del CD, c = diferencias significativas entre Antes del CD y Después del CD, \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Con respecto a las acciones realizadas a alta velocidad, Sp21 fue mayor a largo plazo en los equipos sin destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas con respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador ( $p < .01$ ). Además, la Sp21 fue significativamente mayor durante la etapa posterior al despido del entrenador que en la etapa anterior al despido del entrenador ( $p < .001$ ). A corto plazo, Sp21 fue mayor durante los cuatro últimos partidos con el entrenador anterior. Mientras tanto, Sp24 fue mayor a largo plazo en los equipos sin destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador ( $p < .01$ ). Además, Sp24 fue significativamente mayor durante la etapa posterior al despido del entrenador que en la etapa anterior al despido del entrenador ( $p < .001$ ). A corto plazo, Sp24 fue mayor durante los últimos cuatro partidos con el entrenador anterior.

El  $R^2$  marginal osciló entre .02 y .09, y el  $R^2$  condicional entre .13 y .25 en todos los modelos, lo que muestra un efecto muy bajo de la destitución del entrenador en el rendimiento de los equipos. Sin embargo, el  $R^2$  condicional tuvo una tendencia al alza. Por otra parte, al comparar los dos modelos anteriores (Modelo 1 y Modelo 2), los valores de AIC fueron inferiores cuando se incluyó el despido del entrenador (Modelo 2).

En la Tabla 24 se presenta la comparación del rendimiento de los equipos (es decir, los puntos obtenidos por partido y la media móvil de puntos por partido) a corto y largo plazo. A corto plazo, los puntos concedidos por partido ( $.68 \pm .08$  vs  $1.35 \pm .08$ ) y la media móvil de puntos concedidos por partido ( $1.03 \pm .04$  vs  $1.35 \pm .04$ ) fueron significativamente mayores durante los siguientes cuatro partidos con el nuevo entrenador (ambos  $p < .001$ ). A largo plazo, los puntos concedidos por partido ( $1,15 \pm .06$  frente a  $1.26 \pm .06$ ) y la media móvil de puntos concedidos por partido ( $1.28 \pm .03$  frente a  $1.34 \pm .03$ ) no fueron significativamente mayores durante la etapa posterior a la destitución del entrenador que durante la etapa anterior a la destitución del entrenador. No se

identificaron autocorrelaciones significativas ( $p > .05$ ) para los equipos antes y después de la destitución del entrenador para los puntos concedidos o la media móvil de puntos concedidos por partido tanto a corto como a largo plazo.

Por último, la Tabla 25 muestra las diferencias entre los grupos de clasificación en cuanto al rendimiento del equipo y las demandas físicas de los partidos. Con respecto al rendimiento del equipo, a corto plazo, los equipos de nivel A ganaron significativamente más puntos por partido tras la destitución del entrenador en comparación con los de nivel B ( $p < .05$ ) y E ( $p < .05$ ). En cuanto a las demandas físicas del partido, a largo plazo, los equipos de nivel B recorrieron significativamente menos TD tras la destitución del entrenador en comparación con los de nivel C ( $p < .01$ ), D ( $p < .01$ ) y E ( $p < .01$ ); menos VHSR que los de nivel A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ), D ( $p < .05$ ) y E ( $p < .05$ ); menos Sprint que los de nivel A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ), D ( $p < .05$ ) y E ( $p < .05$ ); menos SP21 que los niveles A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ), D ( $p < .01$ ) y E ( $p < .01$ ); y menos SP24 que los niveles A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ), D ( $p < .01$ ) y E ( $p < .01$ ).

**Tabla 24.** Resultados descriptivos de los puntos concedidos por partido y la media móvil de puntos concedidos por partido entre las diferentes etapas con y sin expulsión del entrenador.

Etapa del entrenador	Largo plazo				Corto plazo			
	Coeficiente (SE)	<i>p</i>	ACF	<i>p</i>	Coeficiente (SE)	<i>p</i>	ACF	<i>p</i>
Puntos por partido								
Antes del CD	1.15 (.06)	.093	.02 (.03)	.509				
Después del CD	1.26 (.06)		-.01 (.04)	.845				
4 últimos partidos					.68 (.08)	***	-.01 (.05)	.891
4 siguientes partidos					1.35 (.08)		.05 (.025)	.364
Media móvil de puntos por partido								
Antes del CD	1.28 (.03)	.086	.06 (.03)	.053				
Después del CD	1.34 (.03)		.05 (.04)	.213				
4 últimos partidos					1.03 (.04)	***	-.02 (.05)	.752
4 siguientes partidos					1.35 (.04)		-.00 (.05)	.956

*Nota.* Coef. = Coeficiente, SE = Error estándar, ACF = Función de autocorrelación y error estándar, CD = Destitución del entrenador, Antes del CD = Antes del despido del entrenador, Después del CD = Después del despido del entrenador, \*\*\*  $p < .001$ .

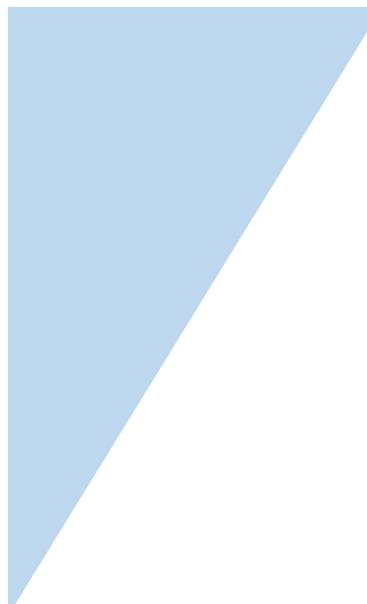
**Tabla 25.** Diferencias en el rendimiento del equipo (puntos ganados) y en las demandas físicas del partido entre las distintas etapas con el despido del entrenador teniendo en cuenta los grupos de clasificación.

Variables	Etapa del entrenador	Nivel A	p	Nivel B	p	Nivel C	p	Nivel D	p	Nivel E	p
		Coef. (SE)		Coef. (SE)		Coef. (SE)		Coef. (SE)		Coef. (SE)	
Puntos por partido											
TD (m)											
VHSR (m)											
Sprint (m)											
Sp21 (n.º)											

Análisis del rendimiento físico en el fútbol profesional: La influencia de variables contextuales

	4 últimos partidos	250 (6.77)		271 (5.71)		249 (3.51)	b**	258 (3.25)		255 (3.26)	
	4 siguientes partidos	256 (7.10)	b*	253 (5.98)	a*, c**, e*	255 (3.56)	d*	253 (3.24)	c*	258 (3.27)	b*
					Largo plazo						
Sp24 (n.º)	Antes del CD	149 (3.06)		161 (2.46)		145 (2.00)		149 (1.95)		155 (1.91)	
	Después del CD	156 (3.15)	b*	156 (3.04)	a*, c**, d*, e**	152 (2.18)	b**	152 (2.11)	b*	161 (2.07)	b**
					Corto plazo						
	4 últimos partidos	153 (5.02)		169 (4.24)		149 (2.64)		156 (2.45)		157 (2.46)	
	4 siguientes partidos	155 (5.27)		155 (4.45)	c**, e*	152 (2.67)	b**	153 (2.45)		159 (2.46)	b*

*Nota.* Coeff = Coeficiente, SE = Error Estándar, DT = Distancia total recorrida, VHSR = Distancia recorrida a muy alta velocidad, Sprint = Distancia recorrida a velocidad de esprint, CD = Destitución del entrenador, Antes del CD = Antes del Despido del Entrenador, Después del CD = Después del Despido del Entrenador, a = diferencias significativas comparadas con el Nivel A; b = diferencias significativas comparadas con el Nivel B; c = diferencias significativas comparadas con el Nivel C; d = diferencias significativas comparadas con el Nivel D; e = diferencias significativas comparadas con el Nivel E; \* $p < .05$ ; \*\* $p < .01$ .



**Resumen**

**Introducción**

**Capítulo 1: Marco teórico**

**Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos**

**Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada**

**Capítulo 6: Discusión**

**Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro**

**Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones**

**Referencias bibliográficas**

**Artículos originales**

## CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

En el siguiente capítulo se recuerdan los objetivos de la presente tesis doctoral y se discuten los hallazgos más relevantes de los diferentes artículos incluidos en la misma. También se exponen las aplicaciones prácticas obtenidas a raíz del conocimiento generado, las fortalezas y limitaciones de la tesis doctoral y las recomendaciones y diferentes propuestas para futuros trabajos relacionados con la temática. Finalmente, se presentan las conclusiones generales obtenidas de la información extraída en los diferentes capítulos.

### DISCUSIÓN

#### EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL EUROPEO

Durante esta tesis doctoral se ha avanzado en el conocimiento sobre el análisis del rendimiento físico en el fútbol profesional, analizando cómo diferentes factores o variables contextuales pueden influir o modular el desempeño físico de los equipos en diferentes momentos: a lo largo de los años, durante los partidos o durante la temporada. Por lo tanto, el objetivo común de todos los trabajos incluidos en la presente tesis doctoral era avanzar en el estudio del rendimiento físico en el fútbol profesional y qué influencia tienen sobre él determinadas variables contextuales.

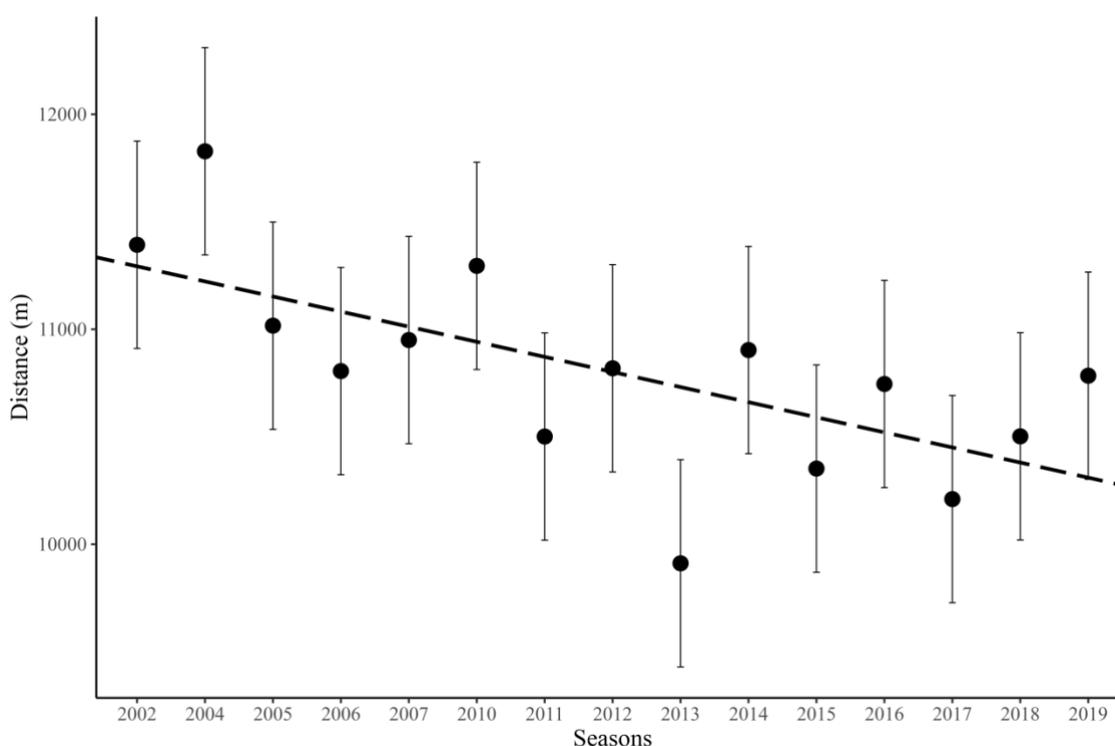
Para establecer un punto de partida, en el Capítulo 2 se desarrolló un trabajo inicial con el objetivo de resumir de manera crítica la literatura científica relacionada con el rendimiento físico en ligas europeas de fútbol profesional y analizarla desde un punto de vista longitudinal, presentando la evolución que ha sufrido el rendimiento físico durante las últimas dos décadas y su estado actual. En total, se incluyeron 41 estudios que informaban sobre el rendimiento físico de los equipos de fútbol profesional. Las principales conclusiones fueron las siguientes: i) la TD recorrida por los futbolistas

disminuyó ligeramente a lo largo de los años; ii) se observó también una disminución de la TD recorrida en la segunda parte de los partidos; iii) la HSR mostró una ligera tendencia de aumento a lo largo de las temporadas; iv) se encontró una amplia variedad de perfiles físicos en función de las diferentes posiciones de juego, lo que permite un acondicionamiento específico para cada posición; v) se encontró una amplia gama de umbrales de velocidad para registrar la HSR. En concreto, este estudio supuso, hasta donde sabemos, la primera revisión sistemática que identifica y recopila estudios que han analizado las ligas profesionales europeas para describir el perfil físico de los equipos de fútbol con una perspectiva longitudinal.

El primer objetivo de este estudio de revisión sistemática era resumir el rendimiento físico de las ligas europeas de fútbol profesional. En general, se observó una tendencia progresiva a la disminución de la TD recorrida por los futbolistas a lo largo de las temporadas (véase la Figura 11). Los resultados están en consonancia con las investigaciones previas sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional, que han demostrado que la TD ha disminuido en los últimos años (Errekagorri et al., 2022; Lago-Peñas et al., 2022; Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021). Una posible explicación a este hecho podría ser el paulatino cambio de los estilos de juego utilizados por los equipos, ya que, en los últimos años, se ha producido un aumento de los equipos que priorizan la posesión del balón, confirmándose que en las jugadas donde se mantiene el control del balón, en la que las transiciones de ataque-defensa y defensa-ataque disminuyen consecuentemente, los jugadores recorren menos TD (García-Calvo, Ponce-Bordón, et al., 2022; Morgans et al., 2014). Otras razones podrían estar relacionadas con el aumento de la duración media de los parones en el fútbol moderno (Wallace y Norton, 2014) o la introducción del sistema VAR, que conlleva una disminución del tiempo efectivo de juego (Errekagorri et al., 2020) y, en consecuencia, una disminución de la TD recorrida

(Ponce-Bordón, Lobo-Triviño, Rubio-Morales, López del Campo, et al., 2022). En esta línea, una investigación ha reportado específicamente que la TD es una de las métricas físicas más influenciadas por el tiempo efectivo de juego, implicando una disminución en sus valores a medida que se reduce el tiempo efectivo de juego en partidos de fútbol profesional (Altmann et al., 2023).

**Figura 18.** Evolución de la distancia recorrida (en metros) a lo largo de los años en las ligas europeas de fútbol profesional.



Otra tendencia que se observó en este trabajo fue la disminución de la TD durante las segundas partes de los partidos en comparación con las primeras. Una posible explicación para estos resultados podría ser la realización de muchos esfuerzos de alta intensidad en la primera parte de los partidos y la fatiga resultante, que puede ser inducida por muchos factores fisiológicos y causar la reducción de la TD (Rampinini et al., 2009).

Sin embargo, estos resultados también podrían estar relacionados con las interrupciones del juego. La literatura reciente ha indicado que las interrupciones durante un partido tienen un impacto significativo en el rendimiento del jugador, reduciendo el rendimiento físico del partido (Linke et al., 2018). En este sentido, un estudio ha informado que los jugadores profesionales de fútbol no disminuyen su rendimiento físico en la segunda parte de los partidos cuando se consideran las interrupciones del juego, por lo que esta disminución de la capacidad física durante las segundas mitades podría explicarse por el exceso de dichas interrupciones (Rey et al., 2020). Por lo tanto, estos estudios han indicado que el tiempo efectivo de juego debería tenerse en cuenta cuando se examina el rendimiento físico de los futbolistas profesionales (Lago-Peñas et al., 2024).

En relación con la HSR, en general, se comprobó que no hay consenso entre los umbrales de velocidad para registrarla, y que existe una ligera tendencia hacia un aumento de la HSR a lo largo de las temporadas incluidas. Estos resultados corroboran los hallazgos de gran parte de la literatura previa en fútbol, donde se ha demostrado que la HSR ha aumentado en los últimos años (Gualtieri et al., 2023; Lago-Peñas et al., 2022; Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021). Hay varias explicaciones posibles para estos resultados. En primer lugar, se ha producido un aumento progresivo de los equipos con estilos de juego orientados a la posesión del balón (Barnes et al., 2014; González-Rodenas et al., 2024; Konefał et al., 2019), caracterizados por recorrer una mayor HSR y realizar un mayor número de sprints repetidos durante los partidos que los equipos con un juego directo con el objetivo de romper el equilibrio defensivo y posteriormente crear oportunidades de gol (Forcher et al., 2023; Yi et al., 2019). En segundo lugar, los parones en el fútbol moderno podrían permitir una mayor recuperación de los jugadores proporcionando una mayor intensidad de juego (Wallace y Norton, 2014). Concretamente, los partidos con un tiempo efectivo de juego más corto tienen muchas

pausas, lo que permite a los jugadores recuperarse y, a continuación, realizar más sprints en comparación con los partidos con un tiempo efectivo de juego más largo y menos pausas para recuperarse (Altmann et al., 2023). Por lo tanto, esta revisión proporciona pruebas claras de que la evolución del rendimiento físico en el fútbol moderno podría caracterizarse por períodos más frecuentes y densos de esfuerzos a alta intensidad (Nassis et al., 2020). Además, la perspectiva de entrenamiento actual y futura ha aumentado la prescripción de HSR, no sólo en el número de sesiones de alta intensidad, sino también en la densidad (es decir, el número de esfuerzos de alta intensidad en 1-2 minutos) de acuerdo con las demandas del fútbol para alcanzar un rendimiento óptimo del jugador para recuperar y repetir acciones de alta intensidad (Nassis et al., 2020).

Por otra parte, las grandes diferencias registradas en la HSR podrían explicarse por la influencia de variables contextuales sobre el rendimiento físico, como las diferencias entre ligas (Dellal et al., 2011), el principal estilo de juego del país (Yi et al., 2019) o la localización del partido (Barrera et al., 2021). Sin embargo, la razón principal podría deberse a las diferencias entre los diferentes umbrales de velocidad propuestos por los proveedores de tecnología de *video tracking* y la evolución de las diferentes versiones de los sistemas de grabación a lo largo de los años. En esta línea, algunas investigaciones han analizado la intercambiabilidad de las variables físicas de los jugadores a partir de diferentes sistemas de seguimiento en el fútbol profesional a lo largo de los años mostrando diferencias entre ellos (Taberner et al., 2020; 2023). Además, algunos estudios han mostrado que los sistemas de seguimiento con mayor frecuencia de muestreo (por ejemplo, 25-Hz frente a 10-Hz) revelaron valores significativamente más altos para la mayoría de las variables de rendimiento físico (Ellens et al., 2022; Makar et al., 2023). Por ejemplo, se han comparado las dos versiones diferentes de TRACAB, Gen4 utilizada desde 2013 en más de 200 estadios, incluyendo la Bundesliga alemana, la Premier League

inglesa, LaLiga española, la Eredivisie holandesa o la Superliga danesa, y Gen5, instalada desde 2019 en la Bundesliga alemana y LaLiga española, informando que Gen5 tiene una precisión marginalmente mejor para las medidas de posición que Gen4 (Linke et al., 2020). Por ese motivo, la versión de la tecnología de *video tracking* también podría influir en las grandes diferencias notificadas.

En este estudio también se analizó el rendimiento físico específico de cada posición de juego en el partido. La literatura actual ha reportado que el rendimiento físico en el fútbol depende de la posición de juego (Di-Salvo et al., 2007; Lago-Peñas, Rey, et al., 2009). En esta línea, se identificó una ligera tendencia a la disminución tanto de la TD recorrida como de la TD/min. en todas las posiciones. La identificación de perfiles específicos para cada posición proporciona un conocimiento útil a los profesionales, permitiendo un acondicionamiento específico para cada posición de juego (Ade et al., 2016; Castillo et al., 2021). Por último, se observó una disminución del número de estudios que analizan el rendimiento físico de los jugadores a lo largo de los años (de 14 a 10 fuentes; ver Tabla 5). Una posible explicación podría ser que los estudios recientes han considerado la suma del rendimiento físico de todos los jugadores de los equipos de fútbol, reportando métricas colectivas (por ejemplo, 108 km; (Lago-Peñas et al., 2024; Ponce-Bordón, García-Calvo, Candela-Guardiola, et al., 2022). Otra de las razones podría ser el creciente análisis interactivo del rendimiento físico relacionado con variables táctico-técnicas, donde los científicos del deporte tratan de entender cómo diferentes variables pueden influir en el rendimiento físico de los futbolistas (Aquino et al., 2019, 2020; Castellano y Echeazarra, 2019).

## **INFLUENCIA DE ASPECTOS REGLAMENTARIOS SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO EN EL FÚTBOL PROFESIONAL**

Como se ha comprobado en el Capítulo 2, la TD recorrida ha disminuido a lo largo de los años, mientras que la HSR se ha incrementado. Algunos de los factores que podrían justificar dicha evolución podrían ser el aumento de la duración de los parones en el fútbol moderno (Wallace y Norton, 2014) o la implementación del sistema VAR, la cual ha supuesto una disminución del tiempo efectivo de juego (Errekagorri et al., 2020). Por este motivo, el objetivo del Capítulo 3 fue analizar la influencia de un aspecto reglamentario, como es la implementación del sistema VAR, sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional. Para ello, se analizó la Primera División española de fútbol durante las temporadas 2017/18 (sin VAR) y 2018/19 (con VAR). Los principales hallazgos del estudio mostraron que: i) la TD y la  $TD/min.$  disminuyeron significativamente en las temporadas con el VAR en comparación con las temporadas sin el VAR en la Primera División española y; además, ii) se registró una tendencia positiva en las distancias recorridas a alta intensidad y el número de esfuerzos realizados a alta intensidad en la temporada 2018/2019 (con la implementación del sistema VAR).

El sistema VAR se implantó en los partidos de fútbol en 2018 para apoyar el proceso de toma de decisiones de los árbitros y evitar posibles incidentes que cambiasen el partido (FIFA, 2019). Estudios previos han sugerido que los árbitros a menudo toman decisiones que podrían influir directamente en el resultado final del partido (Mallo et al., 2012). Sin embargo, escasos trabajos han analizado la influencia del VAR sobre el rendimiento físico (Costa-Oliveira et al., 2021; Errekagorri et al., 2020). Los resultados más llamativos mostraron que la TD y  $TD/min.$  se redujeron significativamente en la temporada con VAR en comparación con la temporada sin VAR. Tal y como esperábamos (*Hipótesis 1*), la implementación del sistema VAR ha supuesto una

disminución de la TD recorrida por los futbolistas. De forma similar, Errekagorri et al. (2020) mostraron una ligera disminución de la TD recorrida por los equipos de la Primera División española cuando intervino el sistema VAR. Existen varias explicaciones posibles para este resultado. En primer lugar, el tiempo efectivo de juego podría haber disminuido cuando intervino el VAR y, en consecuencia, los equipos recorrieron menos TD durante los partidos (Lago-Peñas et al., 2015). En segundo lugar, este resultado podría deberse a la evolución natural de las exigencias físicas de los partidos a lo largo de los años, ya que se ha mostrado previamente que la TD recorrida por los equipos de la Primera División española disminuyó significativamente en los últimos años (Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021). En tercer lugar, el estilo de juego utilizado por los equipos de LaLiga podría influir en estos resultados, ya que en los últimos años se ha producido un aumento de los equipos con altos niveles de posesión de balón, lo que confirma que, en las jugadas donde se controla el balón con pocas transiciones, los jugadores recorren menos metros (Morgans et al., 2014; Yi et al., 2019). Por el contrario, cuando se analizaron partidos de la Copa del Mundo, la TD recorrida por los equipos fue mayor en los campeonatos en los que intervino el sistema VAR en comparación con los campeonatos donde no intervino el VAR (Costa-Oliveira et al., 2021). Sin embargo, es necesario ser prudentes a la hora de interpretar estos datos, ya que estos resultados pueden estar relacionados con otros factores contextuales, como el marcador del partido o la calidad del rival, o incluso el estilo de juego utilizado por los equipos (da Mota et al., 2016).

Teniendo en cuenta la *Hipótesis 2* planteada, se esperaba un aumento de las distancias recorridas a alta intensidad y del número de esfuerzos realizados a alta intensidad. Los resultados mostraron que las distancias recorridas a alta intensidad, como VHSR y distancia Sprint, y el número de esfuerzos realizados a alta intensidad, como

Sp21 y Sp24, aumentaron en la temporada con VAR en comparación con la temporada sin VAR, aunque no se encontraron diferencias significativas. Así, la implementación del VAR produjo una tendencia positiva en las distancias recorridas a alta intensidad por los futbolistas en la Primera División española. Este resultado puede explicarse por el hecho de que las intervenciones del VAR podrían causar una disminución del tiempo efectivo de juego (es decir, hubo más interrupciones del juego), lo que permite a los jugadores recorrer menos TD y descansar más tiempo para realizar más esfuerzos de alta intensidad (Bradley et al., 2009; Errekagorri et al., 2020). Del mismo modo, investigaciones recientes han demostrado que las distancias recorridas a alta intensidad y los esfuerzos realizados a alta intensidad han aumentado en los últimos años en la Primera División española (Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021). El aumento de las distancias recorridas a alta intensidad también podría ser un indicador de la evolución del fútbol, en el que los futbolistas se entrenan ahora para realizar más acciones de alta intensidad (Ekstrand et al., 2016). También podría ser una consecuencia de los estilos de juego utilizados por los equipos de LaLiga, donde previamente se ha demostrado que ha habido un aumento de los equipos con un estilo de juego basado en la posesión y que estos equipos realizan más esfuerzos de alta intensidad (Yi et al., 2019).

## **INFLUENCIA DE VARIABLES CONTEXTUALES DURANTE LOS PARTIDOS**

En el Capítulo 3 se ha observado que la implementación del VAR podría haber influido en la modificación del rendimiento físico mostrado por los equipos durante los últimos años, es decir, en la disminución de la TD recorrida y en el ligero aumento de la distancia recorrida a alta intensidad. Sin embargo, también sería necesario tener en cuenta otros factores o variables relacionados con el contexto que podrían intervenir en los resultados obtenidos previamente. Por lo tanto, el objetivo del Capítulo 4 fue analizar la influencia de diferentes variables contextuales sobre el rendimiento físico de los equipos durante los partidos de fútbol en la Primera División española. Considerando que se analizó la influencia de tres variables contextuales diferentes, a continuación, se discuten los principales hallazgos que se derivan de este capítulo.

En primer lugar, el Artículo 3 tuvo como objetivo analizar las diferencias en demandas físicas del partido según la clasificación del equipo rival (es decir, el equilibrio del partido) en la Primera y Segunda División de las ligas de fútbol profesional españolas durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/2016 a 2018/2019). Los hallazgos de este novedoso estudio mostraron que los equipos recorrieron una TD significativamente mayor cuando jugaron contra los equipos de menor calidad (MB5) en Primera División, mientras que en Segunda División los equipos recorrieron una TD significativamente mayor cuando jugaron contra los equipos de mayor calidad (MB1). En cuanto a las distancias recorridas con y sin posesión del balón, los equipos recorrieron una mayor TDWP y HSR WP cuando jugaron contra los equipos de mayor calidad (MB1) tanto en Primera como en Segunda División. Por el contrario, jugar contra los equipos de menor calidad (MB5) en Primera División frente a los equipos de mayor calidad (MB1) en Segunda División supuso más TDWOP y HSR WOP.

Con respecto a la TD recorrida por los equipos de fútbol, nuestra hipótesis era que la TD sería mayor cuando la calidad del rival fuera mejor (*Hipótesis 3*). Sin embargo, en Primera División, los resultados del estudio mostraron que la TD recorrida fue significativamente mayor cuando los equipos jugaron contra los equipos de menor calidad (MB5). Resultados similares han sido encontrados por Paraskevas et al. (2020), donde competir contra un oponente "débil" estaba relacionado con mayor TD y HSR recorridas durante los partidos en casa en comparación con los partidos fuera. Una posible explicación para esto podría ser que los equipos mejor clasificados podrían estar ganando estos partidos desequilibrados contra los equipos de menor calidad, y durante los partidos utilizarían mayores actividades defensivas porque preferían disminuir la posesión del balón (Lago-Peñas, 2009), lo cual supondría mayores distancias recorridas. Otra posible causa puede deberse a la necesidad de estos equipos de ganar los partidos para subir puestos en la clasificación final o para cumplir los objetivos a final de temporada. Por lo tanto, estos equipos intentan alcanzar su máximo rendimiento físico para ganar partidos de fútbol (Castellano et al., 2011). Incluso la mayor TD recorrida por los equipos mejor clasificados podría explicarse porque sus jugadores tenían mejores niveles de forma física, lo que les permitía alcanzar un mayor rendimiento físico. Por el contrario, los equipos de Segunda División recorrieron una TD y HSR significativamente mayor cuando jugaron contra los equipos de mayor calidad (MB1). Estos resultados podrían explicarse por el hecho de que los equipos de la parte baja de la clasificación generalmente han recorrido más TD durante la temporada, como han informado estudios anteriores (Asian-Clemente et al., 2019; Brito de Souza et al., 2020), o incluso podría deberse a que los equipos de fútbol débiles necesitan esforzarse más durante la temporada para ganar sus respectivos partidos (Rampinini et al., 2007). Otra razón podría ser que estos equipos de fútbol se pusieran por debajo en el marcador durante los partidos en varias ocasiones

y necesitaran alcanzar su máxima capacidad física para empatar o ganar el partido (Castellano et al., 2011).

Con respecto a la TD recorrida con y sin posesión del balón, los resultados mostraron que la TDWP y la HSR WP eran significativamente mayores cuando los equipos jugaban contra los equipos de mayor calidad (MB1), tanto en Primera como en Segunda División. Una posible explicación a este hallazgo podría ser que jugar contra equipos de máximo nivel podría implicar resultados adversos y, en consecuencia, los equipos perdedores suelen aumentar su porcentaje de posesión aumentando su iniciativa en el juego y buscando revertir la situación, mientras se busca la debilidad en la defensa rival (Lago-Peñas, 2009). En esta línea, estudios recientes han informado de que la TDWP aumentaba por cada minuto que los equipos iban perdiendo en la Primera División española (Ponce-Bordón et al., 2021). Por otra parte, la TDWOP y la HSR WOP fueron significativamente mayores cuando los equipos jugaron contra los equipos de menor calidad (MB5) en Primera División. En este sentido, jugar contra equipos de la parte baja de la clasificación podía implicar resultados positivos, y cuando los equipos iban por delante o empataban optaban por jugar al contraataque, a menudo utilizando pases largos, por lo que la posesión del balón disminuía (Lago-Peñas, 2009). Por el contrario, la TDWOP y la HSR WOP eran significativamente mayores cuando los equipos jugaban contra los equipos de mayor calidad (MB1) en Segunda División. Los equipos de la parte inferior de la clasificación han recorrido genéricamente más TDWOP, como han informado estudios anteriores (Brito de Souza et al., 2020; Rampinini et al., 2007). Este hallazgo probablemente representa un mayor tiempo de partido realizando actividades defensivas por parte de los equipos peor clasificados, potencialmente durante partidos desequilibrados, en los que los equipos mejor clasificados controlan el balón e imponen su estilo de juego (Yang et al., 2018).

En cuanto a las comparaciones de las demandas físicas del partido entre ligas (Primera División vs. Segunda División), los resultados informaron de que la TD y HSR fueron significativamente mayores en Primera que en Segunda División. Nuestros resultados concuerdan con investigaciones recientes, que informaron que las ligas de alto nivel tenían mayores demandas físicas durante los partidos (Bradley et al., 2013; Gómez-Piqueras et al., 2019; Sæterbakken et al., 2019). Concretamente, Pons, Ponce-Bordón, et al. (2021) demostraron de que las distancias recorridas a alta intensidad y el número de esfuerzos realizados a alta intensidad fueron significativamente mayores en Primera con respecto a Segunda División. Además, las variables relacionadas con la posesión del balón, como la TDWP o el TDWOP, también fueron significativamente mayores en Primera que en Segunda División. En conjunto, estos resultados sugieren que el rendimiento físico y técnico de los futbolistas de Primera División podría ser mayor que el de Segunda División debido a que los clubes de Primera contribuyen significativamente a desarrollar el rendimiento físico de sus jugadores (Bradley et al., 2016).

En segundo lugar, el objetivo principal del Artículo 4 fue analizar la influencia del tiempo que los equipos estuvieron ganando o perdiendo durante los partidos sobre el rendimiento físico específico de cada posición en la máxima liga española de fútbol a lo largo de cuatro temporadas (2015/2016-2018/2019). Además, el estudio también pretendía analizar las demandas físicas del partido con y sin posesión de balón en función del tiempo ganando y perdiendo. Los principales resultados del estudio mostraron que la TDWP era menor mientras los equipos ganaban, mientras que era mayor mientras los equipos perdían. Además, la TDWOP aumentaba mientras los equipos ganaban, mientras que disminuía mientras los equipos perdían. Además, la TD y HSR recorridas por los CM, WD y FW eran mayores mientras los equipos ganaban, mientras que la TD y HSR recorridas por los CD y WD eran mayores mientras los equipos perdían.

En un principio, se había planteado que la TDWP sería menor durante el tiempo ganando (*Hipótesis 5*). Los resultados mostraron que la TDWP disminuía durante el tiempo ganando para todas las posiciones de los jugadores y aumentaba durante el tiempo perdiendo, por lo que la *Hipótesis 5* fue confirmada. Estos resultados sugieren que, durante el tiempo ganando, los equipos disminuyen frecuentemente su porcentaje de posesión de balón, lo que podría estar asociado con defender más cerca de la portería realizando contraataques (Lago-Peñas, 2009). También se ha demostrado que los equipos que iban por delante realizaban un mayor número de acciones defensivas que, a su vez, están relacionadas con menores niveles de posesión del balón durante el partido (Morgans, Adams, Mullen, y Williams, 2014). Por el contrario, estos resultados sugieren que, durante el tiempo que van perdiendo, los equipos suelen aumentar su porcentaje de posesión, atacando más cerca de la portería contraria e intentando empatar (Bradley, Lago-Peñas, Rey, et al., 2014).

Por el contrario, la HSR WP aumentó durante el tiempo ganando para todas las posiciones de los jugadores y disminuyó durante el tiempo perdiendo. Una posible razón para explicar este resultado podría ser el hecho de que los equipos adoptan un estilo de juego indirecto para realizar contraataques mientras se encuentran en situaciones favorables (Lago-Peñas, 2009). Por lo tanto, los jugadores necesitan ejecutar tareas técnicas y tácticas específicas de alta intensidad sobre el terreno de juego cuando están en posesión del balón, como recibir pases y centros en carrera, seguidos de regatear con balón en el área contraria para conseguir un gol (Andrzejewski et al., 2014). Además, Yang et al. (2018) informaron de que la distancia recorrida en esprint era significativamente mayor para los equipos mejor clasificados en comparación con los equipos peor clasificados, lo que subraya la importancia del esprint para el trabajo táctico en equipo para generar acciones ofensivas. Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que

los equipos realizan un mayor número de acciones de alta intensidad en posesión del balón mientras ganan o intentan mantener la ventaja.

Durante el tiempo ganando, la TDWOP aumentó para todas las posiciones de los jugadores y disminuyó durante el tiempo perdiendo para todas las posiciones de los jugadores, excepto para los CD. Una razón potencial para esta situación podría ser el hecho de la disminución de la posesión del balón, como informó Lago-Peñas y Dellal, (2010), mostrando que los equipos ganadores preferían contraatacar o jugar directamente. Por otro lado, la investigación ha demostrado que los equipos peor clasificados recorrieron significativamente más TDWOP en comparación con los equipos mejor clasificados, lo que probablemente representó un mayor tiempo de partido realizando actividades defensivas por parte de estos equipos (Yang et al., 2018). Del mismo modo, la HSR WOP recorrida por los WM y FW aumentó significativamente cuando los equipos iban por delante, y la HSR WOP recorrida por los WD y CM aumentó cuando los equipos iban por debajo en el marcador. Este hecho podría explicarse debido a que, cuando el equipo no está en posesión del balón, los delanteros suelen realizar acciones de alta intensidad (*pressing* alto), intentando recuperar el balón perdido (Andrzejewski, Konefal, et al., 2016; Dellal et al., 2010).

Por otro lado, tal y como se había planteado (*Hipótesis 6*), los resultados mostraron que la TD y la HSR recorrida por los CM, WM y FW aumentaba significativamente cuando los equipos iban por delante ( $p < .05$ ), y la TD y la HSR recorrida por los CD y WD aumentaba significativamente cuando los equipos iban perdiendo ( $p < .05$ ). Estos hallazgos están en línea con estudios previos que encontraron que los atacantes recorrían más distancia a alta intensidad cuando ganaban y los defensores más cuando perdían (Redwood-Brown et al., 2012). Lago-Peñas y Sanromán-Álvarez (2020) también mostraron que ir perdiendo durante un partido aumentaba la

distancia total recorrida por los defensores, mientras que los jugadores atacantes mostraban la tendencia opuesta. Así, parece confirmarse que los CM, WM y FW recorren mayor TD cuando ganan y CD y WD cuando pierden. Una posible explicación puede deberse al ritmo de trabajo de los atacantes del equipo contrario ya que, cuando el equipo contrario va por delante o persigue un gol, los atacantes mantienen un ritmo de trabajo alto, lo que implica un ritmo de trabajo alto de los defensores (Redwood-Brown et al., 2012). Además, Andrzejewski, Konefał, et al. (2016) obtuvieron resultados similares, mostrando que los defensas recorrían distancias más cortas a alta intensidad en los partidos perdidos, mientras que los delanteros recorrían distancias totales más largas en los partidos ganados. Otra posible razón podría ser el estilo de juego que adoptó el equipo; por ejemplo, un estilo de juego directo cuando los equipos van ganando puede inducir una mayor intensidad en la carrera de los atacantes (Aquino et al., 2020).

Por último, además de las variables contextuales analizadas previamente, en el Trabajo complementario se trató de examinar la posible influencia de un condicionante que puede ocurrir en el juego, como puede ser la expulsión de jugador durante el transcurso de un partido sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional. De este modo, los resultados de este estudio resaltan el impacto significativo de las tarjetas rojas en el rendimiento físico en el fútbol de élite. En particular, los equipos que juegan con ventaja numérica (11 frente a 10 jugadores) mostraron una disminución significativa de la TD. Por el contrario, los equipos con inferioridad numérica (10 frente a 11 jugadores) mostraron una tendencia opuesta, lo que indica un aumento en estas métricas de rendimiento. Estos resultados coinciden con los aportados por Carling y Bloomfield (2010).

Además, el estudio profundizó en factores adicionales que influyen en las variaciones observadas en el rendimiento físico (Castellano et al., 2011). El momento de

la emisión de la tarjeta roja, el lugar del partido y los minutos jugados después de la tarjeta roja se identificaron como factores que contribuyen significativamente. El momento de la emisión de la tarjeta roja influyó negativamente en los equipos con desventaja numérica y positivamente en los equipos con un jugador más. Así, mientras que el minuto de tarjetas rojas recibidas aumenta, los equipos con un futbolista extra incrementan las distancias recorridas en el tiempo. Especialmente destacable es el efecto de la localización del partido, ya que los equipos que juegan en casa y disfrutan de ventaja numérica muestran una disminución significativa en el rendimiento físico en comparación con los equipos visitantes que se enfrentan al escenario de 11 contra 10 jugadores. Estos hallazgos sugieren que, la ventaja numérica y la condición de local podrían implicar una comodidad psicológica asociada con jugar en un entorno familiar, sentimientos de relajación o la percepción de que el partido ya está ganado, lo que lleva a una disminución del rendimiento físico de los jugadores (Herlambang et al., 2019; Marcora y Staiano, 2010). Por otro lado, los equipos con superioridad numérica (11 frente a 10 jugadores) mostraron un mayor rendimiento físico en partidos fuera de casa, tal vez porque intentaron aprovechar la superioridad numérica y alcanzaron su máxima capacidad física para ganar el partido (Castellano et al., 2011).

Por otro lado, el análisis de las diferencias en el rendimiento físico en función del resultado final tras la expulsión de un jugador añade una capa adicional de complejidad a la comprensión de los escenarios de tarjetas rojas. El análisis de los equipos con un jugador más tras la expulsión de un jugador rival puso de manifiesto variaciones significativas en el rendimiento físico en función de los cambios en el resultado final. En particular, cuando los equipos que recibieron una tarjeta roja mejoraron el marcador, los equipos con un jugador extra recorrieron significativamente menos TD, HSR, distancia de esprint y realizaron un menor número de esprints en comparación con las situaciones

en las que el marcador se mantuvo o mejoró. Estos resultados sugieren que la ventaja de jugar con un jugador adicional puede, paradójicamente, volverse en contra de los jugadores. La percepción de que el partido ya está ganado puede tener un efecto psicológico negativo, llevando a una disminución del rendimiento físico de los jugadores (Herlambang et al., 2019; Marcora y Staiano, 2010). Desde un punto de vista psicológico, la necesidad de empatar o ganar el partido podría implicar altos valores de carga mental y fatiga en los futbolistas, influyendo negativamente en el rendimiento de los jugadores y llevando a una disminución del desempeño físico durante el partido (Ponce-Bordón, García-Calvo, López-Gajardo, et al., 2022).

Por el contrario, jugar con un jugador menos puede tener consecuencias tanto positivas como negativas para los equipos, y el resultado depende de cómo los equipos gestionen estas situaciones. De esta manera, los equipos con desventaja numérica que mejoran o mantienen el marcador intentan mantener la ventaja del partido jugando cerca del otro y contraatacando (Forcher et al., 2023), lo que conduce a una menor distancia recorrida. Además, estos equipos intentan hacerse con el control del partido con muchas interrupciones del juego, lo que implica un menor tiempo efectivo de juego, y lo que podría estar relacionado con una disminución del rendimiento físico (Altmann et al., 2023). Desde un punto de vista práctico, parece crucial que los equipos dispongan de los recursos necesarios para que una expulsión del equipo contrario no les repercuta negativamente. El riesgo de que una expulsión se vuelva en contra de un equipo está estrechamente relacionado con el control de la activación de los jugadores, la realización de un trabajo preventivo para adquirir respuestas individuales y grupales adecuadas en los momentos de crisis, el establecimiento de objetivos específicos para el resto del partido y tener entrenadas respuestas técnico-tácticas bien definidas para cada escenario de partido.

Si tenemos en cuenta las diferencias en el rendimiento físico según la posición de juego, nos encontramos que, en general, los equipos con un jugador adicional recorren significativamente menos TD y realizan un menor número de esprints en comparación con los escenarios que implican la expulsión de un jugador. Este resultado inesperado sugiere que tener un jugador extra podría introducir una dinámica única que afecta al rendimiento físico del equipo. La investigación ha informado que los equipos que están lejos del descenso disminuyeron su rendimiento físico durante los partidos, por lo que jugar en situaciones más cómodas podría disminuir las distancias recorridas por los equipos (García-Unanue et al., 2018). Además, se ha demostrado que el rendimiento físico durante el partido aumenta con el tiempo de juego efectivo (Altmann et al., 2023) y se puede suponer que después de una expulsión habrá menos tiempo de juego efectivo, por lo que el rendimiento físico disminuiría.

Con respecto a las posiciones de juego, CD y CM muestran una disminución significativa de la TD cuando su equipo tiene un jugador más. La disminución observada en el rendimiento físico de CD y CM cuando su equipo tiene un jugador más puede atribuirse a diversas consideraciones estratégicas, entre ellas que el equipo contrario adopte un estilo de juego más defensivo. El equipo contrario, enfrentado a una desventaja numérica, podría adoptar una postura defensiva para minimizar el impacto de tener un jugador menos. Este planteamiento defensivo podría limitar las oportunidades de ataque del equipo con desventaja numérica, afectando al rendimiento físico de CD y CM. En este sentido, nuestros resultados están en consonancia con Andrzejewski, Konefał, et al. (2016), que informaron de que CD y CM no siempre utilizaban su capacidad física máxima durante los partidos ganados o en situaciones cómodas. El estudio también destaca que WM, y FW recorrieron significativamente menos TD cuando su equipo tiene un jugador extra. Esto sugiere que, independientemente de la posición de juego, los

equipos con superioridad numérica pueden adoptar un estilo de juego más controlado y conservador, lo que se traduce en una reducción del rendimiento físico (Yi et al., 2019). Por último, WD realizó un número significativamente mayor de esprints cuando su equipo se enfrentaba a una desventaja numérica, lo que podría explicarse por un mayor número de ataques del equipo contrario y este tipo de defensores tuvieron que aumentar su rendimiento físico para evitarlos.

## **INFLUENCIA DE VARIABLES CONTEXTUALES DURANTE LA TEMPORADA**

En el Capítulo 4 se ha ahondado en el análisis de la influencia de determinadas variables contextuales sobre el rendimiento físico durante los partidos en la Primera y Segunda División española. Sin embargo, existen otras variables que influyen en el rendimiento físico de los equipos a lo largo de la temporada. Por ello, el objetivo del Capítulo 5 fue analizar qué factores pueden hacer que los equipos corran de manera diferente a lo largo de la temporada.

Por tanto, el Artículo 5 pretendía analizar la evolución del rendimiento físico de los equipos a lo largo de la temporada y su relación con el rendimiento alcanzado por estos equipos. Los principales resultados del estudio fueron que: i) las distancias recorridas a diferentes intensidades variaron significativamente a lo largo de cada temporada; ii) las distancias recorridas fueron significativamente mayores a mitad de temporada (es decir, P2 y P3) en todas las intensidades. Además, este estudio pretendía ser una primera aproximación a cómo el rendimiento del equipo percibido por los entrenadores podría ser otra variable que explicase por qué los futbolistas corren de forma diferente a lo largo de la temporada. En consecuencia, iii) el rendimiento del equipo basado en el juicio de entrenadores expertos se relacionó positiva y significativamente con las distancias recorridas por los equipos en la fase inicial de la temporada, sin embargo, esta relación fue negativa y significativa en P2, P3 y P4. En otras palabras, un mejor rendimiento del equipo se asoció con mayores distancias en la fase inicial de la temporada y menor distancia recorrida en la fase final (o viceversa).

Con respecto al análisis de la evolución del rendimiento físico, los resultados mostraron una variabilidad dentro de los equipos y entre los equipos a lo largo de la temporada. Así pues, nuestra *Hipótesis 7* se pudo confirmar. En concreto, los datos

indican que existen diferencias entre los diferentes equipos y dentro de ellos en la evolución a lo largo de las distintas fases de la temporada. Por un lado, la variabilidad en el rendimiento físico de los equipos puede estar asociada a las diferentes variables relacionadas con el contexto (Castellano et al., 2011), con los cambios tácticos que se producen durante un partido (Aquino et al., 2019) o por las estrategias de recuperación que establecen los jugadores durante los partidos para evitar la fatiga (Rabbani et al., 2024). También puede estar relacionada con variables técnico-tácticas, como la posesión del balón por parte del equipo (Bradley, Lago-Peñas, et al., 2013; García-Calvo, Ponce-Bordón, et al., 2022). O, incluso, podría estar relacionada con el rendimiento del equipo (Yang et al., 2018).

Tal y como se esperaba según la *Hipótesis 8*, la TD recorrida por los equipos aumentó progresivamente durante la mitad de la temporada y luego disminuyó ligeramente, lo que muestra que los equipos recorrieron menos distancia a principios de temporada. En general, se puede afirmar que los jugadores de fútbol recorrieron menores distancias en los partidos de principios de temporada, y que estas distancias aumentan progresivamente, alcanzando valores máximos a mitad de temporada, y vuelven a disminuir al final de la misma. Una posible explicación puede deberse a una disminución del rendimiento físico durante el periodo de desentrenamiento (es decir, fuera de temporada), como ya indicaron otros estudios, ya que son necesarias algunas semanas para mejorar los niveles de forma física de los futbolistas (Campos-Vázquez et al., 2017; Joo, 2018). Además, durante la fase de pretemporada se emplea una carga de trabajo significativamente mayor que en el resto de la temporada (Clemente et al., 2020), lo cual provoca un estado de fatiga física y mental, que podría ser la causa potencial de un menor rendimiento físico a principios de temporada (Silva et al., 2016). Durante las fases intermedias (es decir, P2 y P3), las distancias recorridas por los equipos aumentaron

significativamente. Estos resultados están en consonancia con estudios previos que demostraron que la TD recorrida por los equipos aumentó significativamente durante la mitad de la temporada (Chmura et al., 2019; Smpokos et al., 2018a, 2018b). La adaptación a la carga de entrenamiento y a las exigencias físicas de la competición a medida que avanza la temporada podrían ser factores clave para entender el aumento del rendimiento físico durante la mitad de la temporada (Meckel et al., 2018).

Por el contrario, las distancias recorridas a diferentes umbrales de velocidad y el número de sprints realizados disminuyeron durante P4 en comparación con las fases de la mitad de temporada (es decir, P2 y P3). Al contrario que en estudios anteriores (Smpokos et al., 2018a), en los que sólo se analizó un equipo y las fases de la temporada eran más largas, nuestros resultados sugieren una disminución de este tipo de acciones al final de la temporada, aunque algunos equipos mantuvieron estos valores durante toda la temporada. Existen varias causas potenciales que podrían explicar este descenso. Estudios previos han informado de que la fatiga acumulada a lo largo de la competición y la posterior recuperación incompleta podrían producir una disminución del rendimiento físico hacia el final de temporada (Campos-Vázquez et al., 2017; Noon et al., 2015), debido a la dificultad de mantener los niveles de forma física durante largos periodos de tiempo (Smith et al., 2018). Otra posible causa puede deberse a que la mejora del rendimiento táctico de los jugadores conseguida durante el desarrollo de la competición afecta a las exigencias físicas, de modo que sus movimientos tácticos se vuelven más eficientes y las distancias recorridas disminuyen (Folgado et al., 2018; Low et al., 2020). La disminución de las acciones de carrera de alta intensidad podría ser consecuencia de una reducción en la intensidad de los partidos, ya que algunos equipos ya han cumplido sus objetivos y existe una falta de motivación, lo que puede afectar a las distancias

recorridas y al número de esprints realizados durante el final de temporada (Marcora y Staiano, 2010).

Por otro lado, si se tiene en cuenta la variabilidad observada durante la temporada y la hipótesis de estudio plateada donde se esperaba que los mejores equipos registrasen una mayor TD (*Hipótesis 9*), los resultados mostraron que la percepción de los entrenadores sobre el rendimiento del equipo estaba positivamente relacionada con las distancias recorridas por los equipos en los diferentes rangos de velocidad a principios de temporada (es decir, en la Fase 1). Sin embargo, a medida que avanzaba la competición, esta relación se volvió negativa en la mayoría de las variables. Atendiendo a estos hallazgos, se puede afirmar que un mejor rendimiento del equipo percibido por los expertos se relacionó con mayores distancias recorridas a principios de temporada en todas las intensidades analizadas, siendo la relación más fuerte a intensidades altas. Por el contrario, a medida que avanzaba la temporada, la relación entre el rendimiento del equipo y las distancias recorridas se invertía. En consecuencia, las distancias recorridas y el número de esprints realizados disminuyeron significativamente a medida que aumentaba el rendimiento del equipo en P4 en comparación con el principio de la temporada (i.e., la Fase 1). Es decir, cuanto mejor era el rendimiento del equipo según las percepciones de los entrenadores expertos, menos corrían en los últimos diez partidos de la temporada. Además, cuanto peor era el rendimiento del equipo percibido por los entrenadores, mayores distancias recorrían al final de la temporada en todas las intensidades analizadas, excepto en el número de Sp21 y Sp24. La relación positiva entre equipos exitosos y mayores distancias recorridas y mayor número de esprints realizados a principio de temporada podría explicarse debido a que sus jugadores presentaban mejores niveles de forma física que les permitían llevar a cabo una mejor adaptación a las exigencias del entrenamiento y la competición. Además, estos equipos pudieron alcanzar

dicho nivel de rendimiento físico porque se pusieron en forma mejor que el resto debido al programa de entrenamiento que siguieron durante la pretemporada. Esto les permitió recorrer mayores distancias y completar un mayor número de esprints que el resto de los equipos (Clemente et al., 2020). Se ha demostrado que el resultado de los primeros partidos tiene una influencia relevante en la clasificación final (Lago y Casáis, 2010; Lago-Peñas y Sampaio, 2015). Por lo tanto, empezar la temporada estando en forma podría llevar a estos equipos a ganar una mayor media de puntos por partido a principios de temporada. Según nuestros resultados, los equipos más exitosos registraron las mayores distancias recorridas y realizaron el mayor número de esprints durante el inicio de la temporada. Nuestros resultados coinciden con los de otros estudios en los que se observó una relación positiva entre la clasificación final de los equipos y la actividad de esprints realizada durante la temporada (Longo et al., 2019).

Por el contrario, los equipos menos exitosos al final de la temporada fueron los que recorrieron menos metros en todas las intensidades en P1 en comparación con el resto de las fases (P2, P3 y P4). Durante la fase de final de competición (P4), se observó una relación negativa entre las distancias recorridas y el rendimiento del equipo percibido por los entrenadores de fútbol. Esto significa que los equipos menos exitosos recorrieron mayores distancias que el resto de los equipos, alcanzando valores más altos que en el resto de las fases (P1, P2 y P3). Esto podría explicarse debido a la necesidad que surge al final de la temporada de cumplir los objetivos establecidos al principio de la misma. Así, los equipos con menos éxito intentan por todos los medios cumplir estos objetivos, lo que produce un mayor estrés competitivo, que conlleva a mayores distancias recorridas. Anteriormente se ha demostrado que cuando un equipo se acercaba al último puesto de la clasificación, recorría mayores distancias que cuando se encontraba en una posición más cómoda (García-Unanue et al., 2018). Según el presente estudio, durante la fase de final

de temporada, los equipos menos exitosos mostraron mayores TD, VHSR y distancia Sprint, así como un mayor número de Sp21. No obstante, aunque en nuestro estudio no se evaluó el rendimiento de los equipos a través de la clasificación final, los equipos que luchaban por evitar el descenso probablemente no habían alcanzado el nivel de rendimiento esperado. Por otra parte, el aumento de las distancias recorridas por los futbolistas puede indicar el efecto de una menor sincronización tras un periodo congestionado durante la mitad y el final de la temporada y su rendimiento de equipo puede disminuir. De esta manera, aquellos equipos que no son capaces de mantener su sincronización táctica podrían cubrir mayores distancias y mostrar un peor rendimiento (Folgado et al., 2015; Low et al., 2020). Una posible razón de esta variabilidad táctica y, a su vez, de las mayores distancias recorridas, puede ser la rotación de entrenadores, en un esfuerzo por revertir la situación negativa (Castellano y Casamichana, 2016).

Por último, el Artículo 6 analizó la relación entre el despido del entrenador y el rendimiento del equipo (valorado en puntos por partido) y las demandas físicas de los partidos. Los principales hallazgos del estudio mostraron que i) la sustitución del entrenador tuvo una influencia positiva y significativa en el rendimiento del equipo a corto plazo; ii) en cuanto a las demandas físicas de los partidos, sólo la TD fue significativamente mayor durante los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador. Además, TD, VHSR, Sprint, Sp21 y Sp24 fueron significativamente mayores durante la etapa posterior a la destitución del entrenador; iii) sin embargo, VHSR, Sprint, Sp21 y Sp24 fueron mayores en los equipos sin destitución del entrenador a lo largo de la temporada.

En cuanto a la relación entre el despido del entrenador y el rendimiento del equipo, se esperaba que el rendimiento del equipo fuera mayor tras el despido del entrenador a corto plazo y que disminuyera a medida que avanzaba la temporada (*Hipótesis 10*).

Concretamente, los resultados mostraron que el rendimiento del equipo fue significativamente mayor durante los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador ( $p < .001$ ). Aunque las investigaciones han demostrado que es poco probable que la mayoría de los equipos experimenten un aumento inmediato del rendimiento tras el cambio de entrenador a mitad de temporada (Balduck, Buelens, et al., 2010) o que los cambios de entrenador no han tenido ningún efecto o han tenido un efecto ligeramente negativo en el rendimiento del equipo (Koning, 2003; Paola y Scoppa, 2008), los resultados mostraron que, tras la destitución del entrenador, el rendimiento del equipo fue significativamente mayor a corto plazo. Una de las razones de esta mejora podría ser el efecto psicológico del nuevo entrenador sobre el rendimiento del equipo, la capacidad del nuevo entrenador para dirigir al equipo y los posibles resultados positivos obtenidos durante los siguientes partidos (Arrondel et al., 2020). En línea con Gómez et al. (2021), los hallazgos del presente estudio presentan algunas fortalezas metodológicas como el tamaño muestral incluido (cuatro temporadas de dos ligas de fútbol profesional) y los análisis temporales de ACF y la media móvil de puntos otorgados por partido, mejorando la potencia de los hallazgos mostrados. Esto sugiere que, en las ligas de fútbol profesional españolas, el efecto de choque del nuevo entrenador parece mejorar el rendimiento del equipo a corto plazo.

Por otro lado, con respecto a la relación entre la destitución del entrenador y las demandas físicas de los partidos, no se plantearon hipótesis porque no existe una tendencia clara en los resultados encontrados en estudios previos. A corto plazo, los resultados mostraron que la TD fue significativamente mayor durante los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador. De forma similar a estudios anteriores (Radzimiński, Padrón-Cabo, et al., 2022), nuestros resultados sugieren que el cambio de entrenador a mitad de temporada podría suponer un estímulo positivo para aumentar el rendimiento

físico del equipo en competición a corto plazo. El aumento significativo de la TD tras la destitución del entrenador podría ser consecuencia de una mayor motivación, donde los jugadores suplentes intentan demostrar su importancia para el equipo, aumentando la competencia por los puestos (Radzimiński, Padrón-Cabo, et al., 2022). Otra posible razón puede ser que el cambio de entrenador afecte al estilo de juego de los equipos utilizado por el nuevo entrenador (Castellano y Casamichana, 2016). Este cambio podría implicar un peor rendimiento táctico de los jugadores durante los siguientes partidos, ya que menores niveles de sincronización colectiva se han asociado a mayores niveles de distancia recorrida (Folgado et al., 2018).

Según el conocimiento de los autores, el presente estudio es el primer intento de analizar el rendimiento físico de los equipos de las dos principales ligas españolas de fútbol profesional tras un despido del entrenador a largo plazo dentro de una temporada. Contrariamente a investigaciones previas que informaron de que la influencia de un nuevo entrenador en el rendimiento físico no tiene efecto durante más de unos pocos partidos (Radzimiński, Padrón-Cabo, et al., 2022), los resultados muestran que las demandas físicas del partido también fueron significativamente mayores durante la etapa posterior al despido del entrenador. Una posible explicación podría ser que los jugadores no se esforzaron al máximo con el anterior entrenador y el nuevo técnico supuso un estímulo positivo para el rendimiento físico (Gómez et al., 2021). Asimismo, las distancias recorridas a alta intensidad fueron significativamente mayores durante la etapa posterior a la destitución del entrenador. Una posible explicación a este comportamiento del equipo con el nuevo entrenador podría ser la evolución del rendimiento de los equipos tras la destitución del entrenador. En esta línea, la investigación ha correlacionado la distancia recorrida a alta intensidad con el éxito en la clasificación final (Yang et al., 2018), lo que

podría significar que estos equipos podrían haber invertido la clasificación y luego ocupar posiciones más altas en la clasificación final (Longo et al., 2019).

En cuanto a los equipos sin destitución del entrenador, nuestros resultados mostraron que estos equipos recorrieron mayores distancias a alta intensidad que los equipos en la etapa previa a la destitución. Este hecho podría ser consecuencia del rendimiento alcanzado por los mejores equipos (es decir, los equipos más exitosos no cambiaron de entrenador). En línea con estudios previos, parece existir una asociación entre las acciones de alta intensidad y los equipos mejor clasificados a final de temporada (Castellano y Casamichana, 2015), y posiblemente los equipos mejor clasificados no sufrieron ningún cambio de entrenador. Por otro lado, teniendo en cuenta la calidad de los equipos según su clasificación final en la liga, los equipos de nivel B sufrieron un impacto negativo en su rendimiento físico tras la sustitución del entrenador. Concretamente, estos equipos tuvieron un rendimiento físico significativamente menor que el resto de los equipos tras la destitución del entrenador, tanto a corto como a largo plazo. Estos resultados están en consonancia con estudios anteriores, que informaron de que el cambio de entrenador durante la temporada se tradujo en una disminución general de la distancia recorrida a alta intensidad y de esprint, así como de las acciones realizadas a alta intensidad (Augusto et al., 2021). Una posible explicación para esto podría ser que estos equipos no alcanzaron sus objetivos de clasificación y podría haber existido una falta de motivación durante ese período (Marcora y Staiano, 2010).

## DISCUSIÓN GENERAL

A continuación, para aunar todo lo previamente comentado, se exponen los objetivos generales de la presente tesis doctoral con el objetivo de resumir los diferentes hallazgos encontrados en cada uno de los capítulos previamente mostrados. En primer lugar, el objetivo principal de la tesis doctoral fue identificar y resumir la evolución y el estado actual del rendimiento físico en el fútbol profesional europeo analizado mediante sistemas de *video tracking*. En general, los resultados han mostrado una disminución de la TD recorrida por los jugadores durante las dos últimas décadas; una disminución de la TD recorrida en las segundas partes de los partidos; un aumento de la HSR en los partidos a lo largo de los años, y una amplia variedad de perfiles físicos en función de las diferentes posiciones de juego. Además, se encontró una amplia gama de umbrales de velocidad para registrar la HSR por parte de los diferentes sistemas.

Con respecto a la evolución de la TD durante los últimos años, los datos mostrados siguen en la misma línea que los estudios previos sobre la evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional, los cuales han demostrado que la TD ha disminuido durante los últimos años (Errekagorri et al., 2022; Lago-Peñas et al., 2022; Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021). Las posibles razones de este hecho podrían estar relacionadas con el aumento de la duración de los parones en el fútbol moderno (Wallace y Norton, 2014), el estilo de juego imperante en la gran parte de los equipos que priorizan la posesión del balón y corren menos en general (García-Calvo, Ponce-Bordón, Leo, et al., 2022; Morgans, Adams, Mullen, McLellan, et al., 2014), o la introducción del VAR, que conlleva a una disminución del tiempo efectivo de juego (Errekagorri et al., 2020), y en consecuencia a una disminución de la TD recorrida (Ponce-Bordón, Lobo-Triviño, Rubio-Morales, López del Campo, et al., 2022). En esta línea, se ha comprobado que la TD es una de las métricas físicas más influenciadas por el tiempo efectivo de juego, implicando una

disminución en sus valores a medida que se reduce el tiempo efectivo de juego en partidos de fútbol profesional (Altmann et al., 2023).

Si tenemos en cuenta la evolución de la HSR, comprobamos que se ha producido un aumento durante los años, lo cual apoya los resultados mostrados por los diferentes estudios que han analizado su evolución a lo largo de los años (Gualtieri et al., 2023; Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021). El aumento progresivo del número de equipos que utilizan estilos de juego orientados a la posesión del balón (Barnes et al., 2014; González-Rodenas et al., 2024; Konefał et al., 2019), caracterizados por correr mayor HSR y realizar un mayor número de esprints con el objetivo de romper el equilibrio defensivo y crear oportunidades de gol (Forcher et al., 2023), o el mayor número de parones o interrupciones en el fútbol moderno que permiten a los jugadores descansar y realizar un mayor número de esprints (Wallace y Norton, 2014) serían las causas principales de este hecho. A su vez, también se han encontrado diferentes perfiles de rendimiento físico en función de la posición de los jugadores en el campo, lo cual establece que el rendimiento físico depende de la posición de juego (Di-Salvo et al., 2007; Lago-Peñas, Rey, et al., 2009) y permite un acondicionamiento específico para cada posición (Ade et al., 2016; Castillo et al., 2021).

El segundo objetivo de la tesis doctoral fue analizar la influencia de variables contextuales (o aspectos reglamentarios) que pueden modificar el juego sobre el rendimiento físico a lo largo de las diferentes temporadas. En este sentido, se pretendía comprobar si la implementación del sistema VAR había influido en el rendimiento físico de los equipos de fútbol profesional de la Primera División española. Los principales resultados han mostrado que la TD recorrida y la TD/min. disminuyeron significativamente en la temporada con VAR en comparación con la temporada sin VAR. En general, la disminución del tiempo efectivo de juego podría haber disminuido durante

las intervenciones del VAR, lo cual se ha traducido en una disminución de las demandas físicas del partido (Altmann et al., 2023; Errekagorri et al., 2020). Por el contrario, la HSR mostró un aumento durante la temporada con VAR, aunque las diferencias no fueron significativas a la temporada sin VAR. Este hecho puede ser debido a la evolución natural que ha sufrido el fútbol moderno durante los últimos años, donde se corre menos, pero se realizan más esfuerzos a alta intensidad (Lago-Peñas et al., 2022; Pons, Ponce-Bordón, et al., 2021). Sin embargo, la escasa muestra entre temporadas para realizar la comparación también puede haber influido en los resultados.

La presente tesis doctoral tenía el objetivo de examinar cómo diferentes variables contextuales pueden influir en el rendimiento físico de los jugadores durante los partidos de fútbol profesional. En general, se ha observado que los equipos modifican su estilo de juego o comportamiento táctico en función de las situaciones que se suceden durante los partidos, lo cual se ve reflejado en su rendimiento físico. De manera resumida, encontramos que los equipos corren más cuando juegan contra equipos de menor nivel (MB5) en Primera División, mientras que en Segunda División los equipos corrieron más al enfrentarse a equipos más fuertes (MB1). Las diferencias técnico-tácticas en cada una de las divisiones o durante los partidos podrían explicar estas diferencias. Por ejemplo, enfrentarse a equipos más débiles en Primera División podría suponer un mayor tiempo ganando durante los partidos y los equipos preferían disminuir la posesión del balón, lo cual se traduce en un mayor número de acciones defensivas y, por tanto, mayores distancias recorridas (Lago-Peñas, 2009; Lago-Peñas y Dellal, 2010). Por el contrario, los equipos de Segunda División tuvieron que realizar un mayor esfuerzo al enfrentarse a equipos de mayor nivel y tratar de competirles porque pudieron estar el mayor tiempo de estos partidos perdiendo (Castellano et al., 2011; Rampinini et al., 2007).

Por otro lado, las distancias recorridas con balón fueron mayores al jugar contra equipos fuertes (MB1) en Primera y Segunda División. Jugar contra equipos fuertes puede implicar un mayor tiempo perdiendo y, en consecuencia, los equipos aumentan la posesión de balón para tratar de “controlar” el partido y buscar a la defensa rival (Lago-Peñas, 2009; Lago-Peñas y Dellal, 2010). Por el contrario, las distancias recorridas sin balón fueron mayores al jugar contra equipos débiles (MB5) en Primera División, y al contrario en Segunda División. Como se ha comentado anteriormente, el hecho de jugar contra equipos débiles puede implicar un mayor tiempo ganando y, por tanto, los equipos prefieren estar ordenados en defensa y jugar al contraataque o juego directo utilizando pases largo y menos control de la posesión.

Sin embargo, no debemos olvidarnos de que la emisión de una tarjeta roja también puede modificar las demandas físicas del partido. En general, los equipos que juegan con ventaja numérica (11 frente a 10 jugadores) corren menos y los equipos con inferioridad numérica (10 frente a 11 jugadores) corren más. No obstante, es necesario tener en cuenta la influencia del minuto de la tarjeta roja, ya que influye negativamente en los equipos con desventaja numérica, y positivamente en los equipos con un jugador más. Es decir, a medida que el minuto de la tarjeta roja aumenta, los equipos en inferioridad corren bastante menos, mientras que los equipos con un futbolista extra incrementan las distancias recorridas en el tiempo. Además, el efecto de la localización del partido indica que los equipos que juegan en casa y tienen una ventaja numérica corren mucho menos que los equipos que juegan fuera de casa con uno menos. Esta ventaja puede implicar una comodidad psicológica reduciendo el rendimiento físico de los jugadores (Herlambang et al., 2019; Marcora y Staiano, 2010).

Por otro lado, el análisis de los equipos con superioridad numérica muestra variaciones en el rendimiento físico en función de la evolución del marcador. Así, cuando

los equipos reciben una tarjeta roja y mejoran el marcador, los equipos con superioridad numérica corren significativamente menos, posiblemente debido a la percepción de que el partido está ganado y suponiendo un efecto negativo en su rendimiento (Ponce-Bordón, García-Calvo, López-Gajardo, et al., 2022). Por el contrario, los equipos con inferioridad tratan de mantener el marcador controlando el partido con muchas interrupciones, lo que implica un menor tiempo efectivo de juego (Altmann et al., 2023). Por lo tanto, se podría establecer que el rendimiento físico es dependiente del contexto de cada uno de los partidos, obteniéndose un rendimiento físico diferente en función de las diferentes situaciones que tienen los equipos durante los partidos.

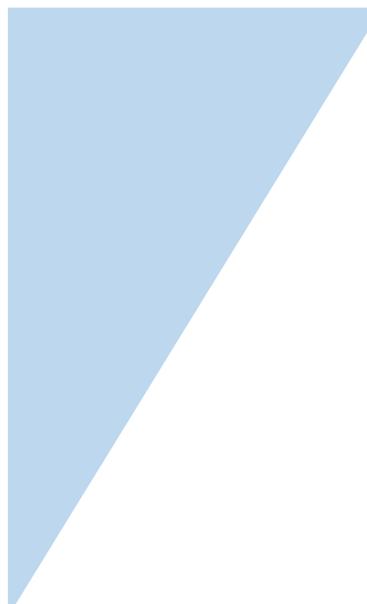
Por último, esta tesis doctoral también tenía el objetivo de explorar los efectos que tienen ciertas variables sobre el rendimiento físico de los equipos de fútbol profesional a lo largo de la temporada los cuales hacen que se corra de manera diferente a lo largo de esta. En general, se ha encontrado que existe variabilidad en el rendimiento físico de los diferentes equipos a lo largo de la temporada debido, en parte, a multitud de variables que influyen sobre su rendimiento y comportamiento durante los partidos (Castellano et al., 2011; Rabbani et al., 2024; Trewin et al., 2017). A pesar de esta variabilidad, se puede observar una evolución progresiva del rendimiento físico durante la temporada para todos los equipos, alcanzando mayores valores de distancias recorridas durante la mitad de la temporada, tal y como ha mostrado la literatura (Chmura et al., 2019; Smpokos et al., 2018a, 2018b) y evidenciando el mejor momento físico de los equipos, debido en gran parte, a las adaptaciones fisiológicas sufridas (Campos-Vázquez et al., 2017; Meckel et al., 2018). Además, el rendimiento alcanzado por los equipos podría explicar la variabilidad existente, mostrando que los mejores equipos recorren más distancias a alta intensidad y realizan un mayor número de esprines que el resto de los equipos a principios de temporada, lo cual justifica la importancia de estar en forma al inicio de la temporada

para ganar un mayor número de puntos por partido (Lago y Casáis, 2010; Lago-Peñas y Sampaio, 2015). Por el contrario, los equipos que tuvieron un rendimiento bajo durante la temporada recorrieron mayores distancias y realizaron un mayor número de esprints a final de temporada, debido en parte a la necesidad de conseguir sus objetivos al final o evitar situaciones comprometidas con la clasificación (García-Unanue et al., 2018).

Sin embargo, los equipos no siempre consiguen el rendimiento esperado y se producen situaciones traumáticas en el vestuario, como es el cambio del entrenador. Es posible que dicho cambio tan drástico pueda influir en el rendimiento físico de los equipos siendo uno de los factores que afecte a la variabilidad comentada anteriormente. En este sentido, se ha observado que, tras la destitución de un entrenador, la TD recorrida por los equipos fue significativamente mayor durante los cuatro siguientes partidos con el nuevo entrenador. Este aumento del rendimiento físico a corto plazo puede ser debido a una mayor motivación del equipo, donde los jugadores suplentes intentan demostrar su importancia para el equipo, aumentando la competencia por los puestos (Radzimiński, Padrón-Cabo, et al., 2022). O a una peor sincronización táctica colectiva, debido al cambio del estilo de juego por parte del nuevo entrenador (Folgado et al., 2018).

Además, durante la etapa posterior a la destitución del entrenador, los equipos corrieron distancias significativamente mayores. Una posible explicación podría ser que los jugadores no se esforzaron al máximo con el anterior entrenador y el nuevo técnico supuso un estímulo positivo para el rendimiento físico (Gómez et al., 2021) o, que estos equipos podrían haber mejorado su clasificación y ocupar posiciones más favorecidas. En este sentido, la literatura ha establecido relaciones positivas entre las distancias recorridas a alta intensidad y la clasificación final (Longo et al., 2019; Yang et al., 2018). Sin embargo, no hay que olvidar que estos equipos cambiaron de entrenador tras estar en situaciones comprometidas, lo cual puede que tuvieran que hacer mayores esfuerzos

durante sus partidos para tratar de ganarlos y evitar posiciones cerca del descenso o fuera de sus objetivos, mostrando un mayor rendimiento físico por parte de estos equipos (García-Unanue et al., 2018).



Resumen

Introducción

Capítulo 1: Marco teórico

Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos

Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada

Capítulo 6: Discusión

**Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro**

Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones

Referencias bibliográficas

Artículos originales

## CAPÍTULO 7: FORTALEZAS, LIMITACIONES Y PROSPECTIVAS DE FUTURO

### FORTALEZAS

A lo largo de la presente tesis doctoral, se ha presentado de manera pormenorizada la evolución que ha sufrido el rendimiento físico en el fútbol profesional durante los últimos años. Además, se ha mostrado información sobre cómo determinadas variables relacionadas con el contexto pueden influir en el rendimiento físico durante diferentes temporadas, durante los partidos o a lo largo de la temporada. En este sentido, consideramos que la información que se ha expuesto en este documento puede resultar de interés y aplicación para los entrenadores y preparadores físicos de fútbol.

En primer lugar, hay que destacar que el Estudio 1 abarca desde las primeras temporadas en las que se analizó el rendimiento físico en el fútbol profesional con sistemas de vídeo seguimiento semiautomatizado, hasta las temporadas más recientes o actuales. De este modo, se presenta un amplio examen del rendimiento físico analizado mediante tecnología de *video tracking* en las ligas europeas de fútbol profesional. Además, se puso de relieve las lagunas y los principales problemas de investigación existentes sobre el rendimiento físico mediante el *video tracking* y se identificaron directrices para las futuras investigaciones y trabajos relacionados con esta temática.

En segundo lugar, considerando los diferentes problemas identificados en el trabajo de revisión y tras comprobar que no existe un consenso en el establecimiento de los umbrales de velocidad para el análisis del rendimiento físico en jugadores de fútbol masculino profesional, todos los estudios incluidos en la presente tesis doctoral están realizados con el mismo sistema de *video tracking* TRACAB (ChyronHego VID, Nueva York, NY) gestionado desde la aplicación Mediacoach (LaLiga, Madrid, España), y con los mismos umbrales de velocidad: 0.0 – 7.0 k·mh<sup>-1</sup>; 7.1 – 14.0 k·mh<sup>-1</sup>; 14.1 – 21.0 k·mh<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>; 21.1 – 24.0 k·mh<sup>-1</sup>; > 24 k·mh<sup>-1</sup>. Esto permite una comparación de los resultados lo más homogénea y fiable posible.

En tercer lugar, tras conocer los resultados obtenidos en el trabajo de revisión, se comprobó que existe variabilidad en las demandas físicas de los diferentes países. Para reducir dicha variabilidad, todos los estudios presentados en la presente tesis doctoral están realizados en el mismo país (España), en competiciones profesionales (Primera y Segunda División), durante varias temporadas y con una gran muestra analizada (1.552 jugadores y 188 equipos), lo cual ha supuesto un gran número de observaciones incluidas (51.821 observaciones individuales y 5.916 observaciones de equipo) y un total de 7.672 partidos oficiales analizados. Además, es necesario destacar que los estudios incluidos llevaron a cabo un análisis del rendimiento físico desde el punto de vista individual (análisis del rendimiento físico de los jugadores) y colectivo (análisis del rendimiento físico de los equipos).

En cuarto lugar, para ofrecer una mayor representatividad de cómo oscila el rendimiento físico en las ligas de fútbol profesional español, se realizó un análisis de la influencia de diferentes variables contextuales en diferentes momentos. Por ejemplo, se analizó la influencia de un aspecto reglamentario, como es la implementación del VAR, entre diferentes temporadas; por otro lado, se analizó cómo diferentes factores que intervienen durante los partidos de la temporada pueden modificar el rendimiento físico en las diferentes fases del partido; o qué factores hacen que los equipos corran de manera diferente a lo largo de la temporada, estableciendo fases o bloques de partidos.

Por último, el análisis realizado en los diferentes estudios se podría considerar innovador, ya que permite controlar la variabilidad existente en los diferentes equipos de fútbol y en los diferentes jugadores dentro de cada equipo. Es decir, para el análisis de los datos se llevaron a cabo Modelos Lineales Mixtos (MLM), los cuales han demostrado

su capacidad para analizar datos con estructuras anidadas y jerárquicas y medidas longitudinales. Por ejemplo, las variables de rendimiento físico están anidadas en jugadores (es decir, cada jugador tiene un registro diferente para cada partido en el que ha participado, y cada partido tiene observaciones de varios jugadores). A su vez, los jugadores están anidados también en diferentes equipos cada temporada. Teniendo en cuenta esta organización de los datos, los MLM permitieron controlar la variabilidad entre jugadores o equipos.

## LIMITACIONES Y PROSPECTIVAS DE FUTURO

A pesar de que se aportan nuevos conocimientos a la comunidad científica y se proporciona información relevante sobre el análisis del rendimiento físico en el fútbol profesional, la presente tesis doctoral cuenta con una serie de limitaciones que deben tenerse en cuenta para la interpretación de los datos y para el diseño de futuros estudios. En primer lugar, los resultados obtenidos de la revisión sistemática no permitieron realizar un metaanálisis con las variables analizadas para aportar una mayor evidencia científica. Por una parte, debido a que sólo se incluyó una variable de estudio (TD o HSR) no se pudo examinar la relación de las variables dependientes con un grupo de comparación. Por otro lado, debido a que todos los estudios incluidos tenían un diseño transversal, no existía un grupo de comparación y, por lo tanto, no se pudo calcular el tamaño del efecto de las variables incluidas en dicho trabajo.

En segundo lugar, los estudios incluidos en la revisión sistemática informaron de que no hay un consenso sobre el uso de los umbrales de velocidad en los diferentes sistemas de seguimiento. Por ello, de acuerdo con los umbrales oficiales de referencia en competiciones oficiales de organizaciones rectoras del fútbol como la Unión de Asociaciones Europeas de Fútbol (UEFA) y la FIFA (2018), se sugirió la adopción de los siguientes umbrales para jugadores de fútbol profesional adultos:  $0.0\text{--}6.9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $>7.0\text{--}$

14.9 km·h<sup>-1</sup>, >15–19.9 km·h<sup>-1</sup>, >20–24.9 km·h<sup>-1</sup> y >25 km·h<sup>-1</sup>; con >20 km·h<sup>-1</sup> como umbral de HSR y >25 km·h<sup>-1</sup> como umbral de Sprint. Además, los diferentes estudios incluidos en la tesis doctoral han utilizado el mismo sistema de seguimiento con los mismos umbrales de velocidad para facilitar la comparación entre resultados.

En tercer lugar, para minimizar el efecto de las variables contextuales, en el trabajo de revisión sistemática se excluyeron una gran cantidad de estudios que incluían menos de 10 partidos analizados, partidos con menos de 10 jugadores, jugadores que no completaban la duración total del partido o estudios con un solo equipo analizado. Por tanto, sería necesario establecer una serie de criterios para facilitar futuras investigaciones sobre análisis del rendimiento físico de una manera más homogénea y representativa posible. Además, durante esta tesis doctoral sólo se incluyen variables relacionadas con la distancia total recorrida, debido a que son las variables más analizadas en la investigación del fútbol. Sin embargo, la literatura científica ha demostrado que otras variables físicas como las aceleraciones o desaceleraciones, el *player load* o la distancia de alta carga metabólica forman parte de la carga externa realizada por los jugadores, por lo que su análisis debería estandarizarse para obtener un conocimiento más específico y completo de la competición (Clemente et al., 2020; García-Calvo, Ponce-Bordón, Pons, et al., 2022).

En cuarto lugar, durante la presente tesis doctoral se ha comparado en varias ocasiones el rendimiento físico de la Primera y Segunda División española. Sin embargo, en ninguno de los estudios se incluye el tiempo efectivo de juego, es decir, las comparaciones se han realizado considerando el tiempo total de juego. En este sentido, una reciente investigación ha demostrado que cuando se considera el tiempo efectivo de juego no existen diferencias en el rendimiento físico entre Primera y Segunda División (Lago-Peñas et al., 2024). Por tanto, los futuros estudios que analicen el rendimiento

físico de ambas ligas deberían considerar el tiempo efectivo de juego para conocer el rendimiento físico de los jugadores de una manera más precisa.

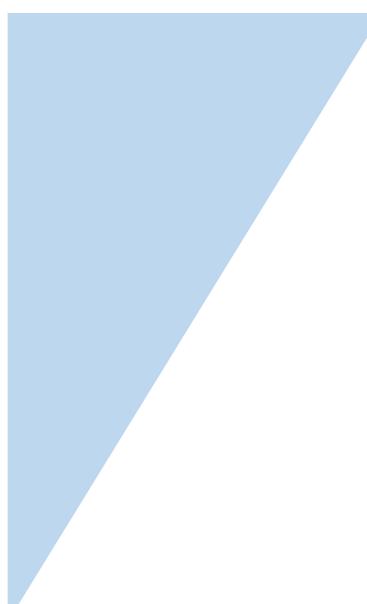
En quinto lugar, a pesar de que en esta tesis doctoral se han analizado diferentes variables contextuales, en ninguno de los estudios se ha analizado el estilo de juego de los equipos. Varias investigaciones han demostrado que el estilo de juego podría influir en el rendimiento físico de los equipos (Yi et al., 2019), por lo que futuras investigaciones deberían considerar esta variable como posible factor influyente. Además, en los estudios que han analizado el rendimiento físico a nivel individual han analizado la comparación entre cinco posiciones de jugadores las cuales han sido las más analizadas previamente (Lorenzo-Martínez et al., 2020); sin embargo, es posible la existencia de más posiciones de jugadores de las que se han analizado anteriormente, ya que la posición de juego podría depender del estilo de juego de los equipos, por lo que sería interesante realizar una comparación entre más posiciones de jugadores.

En sexto lugar, sólo se han incluido estudios realizados en las ligas españolas de fútbol profesional, lo que impide la comparación con diferentes ligas de fútbol de diferentes países. Además, pocos son los estudios que han incluido datos de diferentes ligas o países (Dellal et al., 2011). Por tanto, para futuras investigaciones sería interesante comparar el rendimiento físico de diferentes ligas de fútbol profesional y así obtener una visión más global del rendimiento físico. Dado el conocimiento más exhaustivo de los diferentes sistemas de seguimiento, gracias a los estudios de intercambiabilidad de los datos de *video tracking*, se podrían comparar ligas de fútbol con más exactitud considerando las diferencias entre los datos.

En séptimo lugar, los estudios incluidos que han analizado las distancias recorridas con o sin posesión del balón sólo analizaron las distancias recorridas por los jugadores con la posesión del balón durante el tiempo total de juego y no se realizaron en

base al tiempo real que habían estado en posesión de balón. Es decir, no se han tenido en cuenta los porcentajes de posesión de balón de los equipos. En este sentido, los datos pueden estar distorsionados, ya que en realidad dependen del tiempo de posesión y no de lo que dura el partido. Por tanto, futuras investigaciones que analicen las distancias recorridas con posesión del balón deberían considerar el porcentaje de posesión que tuvieron los equipos durante los partidos.

En octavo y último lugar, en la totalidad de los estudios incluidos se analizan variables derivadas del rendimiento físico de los equipos obtenidas por los sistemas de seguimiento y no se incluyen en el análisis ningún otro tipo de variables psicosociales o variables derivadas de los equipos de fútbol participantes, como la gestión de la carga de entrenamiento o la planificación de los entrenamientos. Aunque se entiende la dificultad que supone la adquisición de ese tipo de datos, proporcionaría información relevante que permitiría justificar algunos resultados. Además, la triangulación de los datos de rendimiento físico con este tipo de datos permitiría una ciencia más fiable.



Resumen

Introducción

Capítulo 1: Marco teórico

Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional

Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos

Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada

Capítulo 6: Discusión

Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro

**Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones**

Referencias bibliográficas

Artículos originales

## CAPÍTULO 8: APLICACIONES PRÁCTICAS Y CONCLUSIONES

### APLICACIONES PRÁCTICAS

A lo largo de la presente tesis doctoral se ha mostrado información que destaca la influencia de ciertas variables contextuales sobre el análisis del rendimiento físico en el fútbol profesional. Toda esta información proporciona una serie de aplicaciones prácticas que pueden ser de interés para entrenadores y preparadores físicos de fútbol.

En primer lugar, y teniendo en cuenta las directrices mostradas en el trabajo de revisión, a los científicos se les recomienda seguir investigando sobre el rendimiento físico considerando dichas directrices para estandarizar los criterios usados en dicho trabajo y permitir un conocimiento más fiable sobre las demandas físicas de la competición de los diferentes países.

Por otro lado, dado que no existe un consenso sobre los umbrales de velocidad en jugadores de fútbol masculinos adultos, los *practitioners* deberían establecer como umbrales de velocidad los adoptados por la FIFA y la UEFA (FIFA, 2018), sugeridos a partir de la revisión incluida en la presente tesis y en otra revisión similar anterior (Gualtieri et al., 2023), así como los utilizados en los estudios que conforman la tesis. Además, teniendo en cuenta la evolución del rendimiento físico a lo largo de los años, los jugadores de fútbol actuales deberían estar preparados para realizar un gran número de acciones de HSR y esprines. Por lo tanto, para garantizar una exposición adecuada de HSR a los jugadores de fútbol durante las sesiones de entrenamiento, los preparadores físicos podrían utilizar una combinación de tareas adaptadas y ejercicios basados en la realización de esprins con el fin de reproducir las exigencias físicas de la competición y optimizar el rendimiento de los jugadores (Gualtieri et al., 2023). A su vez, estos

estímulos constituyen un método para la prevención de posibles lesiones de la musculatura isquiotibial, la cual está muy implicada en este tipo de acciones (Raya-González et al., 2023).

Los resultados relacionados sobre la influencia de las variables contextuales y la oscilación del rendimiento físico proporcionan información muy útil para los preparadores físicos para gestionar la carga de entrenamiento durante las sesiones semanales en función del rendimiento físico mostrado tanto en el partido anterior como siguiente. Así, pueden proporcionar diferentes estrategias de recuperación después de los partidos MB1 o MB5, si estuvieron mucho tiempo ganando, o si estuvieron con un jugador menos fuera de casa. O podrían planificar sesiones de entrenamiento de mayor o menor carga física en base a diferentes métricas (TD, HSR, etc.) teniendo en cuenta la influencia de estas variables durante los partidos.

Además, la literatura ha demostrado que los goles suponen uno de los momentos más críticos de los acontecimientos que se suceden en un partido, por lo que la evolución del marcador debe tenerse en cuenta durante las sesiones de entrenamiento para optimizar los aspectos físicos del rendimiento futbolístico. Por tanto, es necesario conocer cómo influyen estas situaciones en la capacidad del jugador para afrontar los acontecimientos críticos de un partido (Higham et al., 2005). Los entrenadores podrían implementar tareas de entrenamiento con marcador móvil y diferentes objetivos para comprobar la respuesta de los jugadores ante este tipo de situaciones.

A su vez, las tarjetas rojas también suponen un momento crítico en el desarrollo del partido (Bar-Eli et al., 2006). En este sentido, los entrenadores podrían tomar mejores decisiones sobre sustituciones, ajustes tácticos en el propio juego y sobre el posicionamiento de los jugadores para optimizar las posibilidades de éxito de los equipos a pesar de la inferioridad numérica o ir por debajo en el marcador. Además, la información

obtenida en este análisis tiene implicaciones prácticas para la planificación general de las sesiones de entrenamiento y las estrategias de los partidos. De este modo, los entrenadores pueden incorporar objetivos de preparación física y planes tácticos específicos durante sus entrenamientos para preparar a los equipos para los retos que plantea la inferioridad numérica, asegurándose de que los jugadores estén bien condicionados y mentalmente preparados para enfrentarse a dichos escenarios con eficacia. Tareas de entrenamiento en las que se incorporen o añadan jugadores para generar una superioridad o inferioridad numérica según el equipo en cuestión podrían ser buenos ejemplos para preparar a los jugadores ante este tipo de situaciones.

Con respecto a la evolución del rendimiento físico a lo largo de la temporada, en la presente tesis doctoral se ha incluido información relevante para entrenadores y preparadores físicos a la hora de ajustar la carga de entrenamiento durante la pretemporada y temporada. Por tanto, los preparadores físicos deberían considerar que la pérdida de rendimiento a nivel físico que se presenta a principios de la pretemporada debe minimizarse para comenzar la temporada en condiciones óptimas (Suarez-Arrones et al., 2019). En este sentido, programas de entrenamiento para el momento fuera de temporada donde se incluyan acciones de alta intensidad (i.e., esprints, saltos, aceleraciones y desaceleraciones) y fuerza pueden ser buenas opciones para minimizar esa pérdida de rendimiento físico (Clemente et al., 2021). Además, teniendo en cuenta que las distancias recorridas a lo largo de la temporada son diferentes en los diferentes equipos en las fases en las que se dividió la temporada, los preparadores físicos podrían utilizar información específica para programar la carga de entrenamiento de una forma más estratégica basada en datos.

Con el objetivo de optimizar el rendimiento físico de los jugadores, otra de las aplicaciones que se extraen de la presente tesis doctoral es la aplicación de estrategias

específicas para la distribución de la carga externa en las futuras sesiones de entrenamiento después de decisiones organizativas extremas, como puede ser el cambio de entrenador. Después de un cambio de entrenador, la tasa de lesiones y las demandas físicas de los jugadores experimentan un aumento (Dönmez et al., 2020), por lo que el nuevo personal técnico debería gestionar de manera adecuada la carga de entrenamiento durante las transiciones de nuevos entrenadores para disminuir el riesgo de lesión. En consecuencia, los nuevos entrenadores deberían dar más importancia al entrenamiento táctico y al estilo de juego para los próximos partidos que al entrenamiento y desarrollo de las capacidades físicas de los jugadores.

Por último, la forma de valorar el rendimiento de los equipos basada en el juicio de los entrenadores teniendo en cuenta otros aspectos aparte de la clasificación final, como el presupuesto de los clubes y las características de los jugadores representa una forma alternativa (diferente de la evaluación tradicional, como la clasificación final) de evaluar el rendimiento del equipo, la cual podría ser considerada para futuros estudios. Además, los resultados obtenidos en el análisis del cambio de entrenador pueden ser de utilidad para directivos y presidentes de diferentes clubes a la hora de tomar la decisión de fichar a un nuevo entrenador a mitad de temporada. Los resultados mostraron qué consecuencias tiene a corto y largo plazo el despido de un entrenador sobre el rendimiento del equipo y las exigencias físicas del partido.

En definitiva, cabe destacar que todas estas aportaciones prácticas que se han extraído durante la presente tesis doctoral suponen multitud de recursos para los entrenadores y preparadores físicos, las cuales se pueden resumir en usar los datos de la competición para su organización y almacenamiento en bases de datos para su posterior análisis e implementación de estrategias de entrenamiento (Oliva-Lozano y Rago, 2020). Este almacenamiento masivo de datos permite el desarrollo de departamentos de

rendimiento físico en clubes de fútbol, cuya función principal es conocer, de manera exhaustiva: el rendimiento físico de los jugadores, tanto durante los entrenamientos como en la competición mediante un perfil individualizado de cada microciclo de competición; la adaptación a la competición mediante la monitorización y comparación del rendimiento físico en diferentes momentos de la competición, tanto a nivel individual como a nivel colectivo; la evolución del jugador en la competición tras periodos de inactividad física como lesiones o sanciones disciplinarias y su comparación con semanas previas; la planificación semanal de la carga de entrenamiento basada en datos de competición y el análisis de la carga externa acumulada en períodos más largos; o la posible reducción del riesgo de lesión mediante análisis que nos permitan conocer qué han hecho los jugadores antes lesionarse. Todos estos recursos y aplicaciones prácticas nos ayudan a conseguir una de las principales funciones de los cuerpos técnicos, que no es otra que la de la optimización del rendimiento del jugador.

## CONCLUSIONES

Después de describir teóricamente la evolución del rendimiento físico en los últimos años y analizar la influencia de ciertas variables contextuales sobre dicho rendimiento en cada uno de los artículos incluidos en la presente tesis doctoral, se pueden obtener diferentes conclusiones. La primera conclusión que se extrae es que la evolución del rendimiento físico en el fútbol moderno está caracterizada por un aumento de la HSR y una disminución de la TD recorrida por los futbolistas profesionales durante los últimos 20 años. Estos resultados deben tenerse en cuenta para aplicar estrategias de entrenamiento que mejoren la capacidad de los jugadores para realizar esfuerzos de mayor intensidad durante los partidos.

La segunda conclusión que se puede obtener es que se ha encontrado una amplia gama de umbrales de velocidad para registrar la HSR, por lo que sería necesario un acuerdo entre empresas o investigadores para permitir una mejor comparación entre los estudios de diferentes contextos. En esta tesis doctoral, los autores han sugerido un intento de consenso en las definiciones de los umbrales de velocidad, teniendo en cuenta la literatura analizada y la tecnología de seguimiento más utilizada. Además, todos los estudios incluidos han utilizado el mismo sistema de seguimiento con los mismos umbrales de velocidad para facilitar la comparación y permitir una mejor fiabilidad de los resultados.

La tercera conclusión que se puede extraer y una de las más importantes, es que esta tesis doctoral se suma al creciente número de investigaciones que indican que las demandas físicas de los partidos dependen de variables relacionadas con el contexto. Concretamente, los resultados más interesantes sugieren que la calidad del adversario, la evolución del marcador y las tarjetas rojas influyen en las exigencias físicas y técnico-tácticas de los equipos modificando su comportamiento táctico y físico durante los

partidos. En este sentido, parece que los equipos de la parte inferior de la clasificación recorren más TDWOP durante los partidos, en los cuales estos equipos realizan más actividades defensivas y los equipos de la parte alta de la clasificación controlan el balón e imponen su estilo de juego. De la misma forma, cuando van ganando, los equipos recorren más TDWOP, ya que llevan a cabo un estilo de juego más indirecto, defendiendo cerca de su propia área y llevando a cabo contrataques. Por el contrario, cuando van perdiendo, los equipos recorren más TDWP ya que intentan controlar el juego para intentar empatar o ganar el partido.

La cuarta conclusión que se puede obtener es que las tarjetas rojas tienen un impacto significativo en el rendimiento físico en el fútbol profesional. En este sentido, los equipos en inferioridad numérica (es decir, 11 frente a 10 jugadores) recorren menos TD y realizan menos esprints durante los partidos. Además, de manera inesperada, los equipos locales con un jugador extra disminuyen su rendimiento físico, a diferencia del concepto de ventaja local. El minuto de las tarjetas rojas también tiene un efecto negativo en los equipos con desventaja numérica, y un efecto positivo en los equipos con un futbolista extra.

La quinta conclusión que se puede extraer de esta tesis doctoral es que los estudios que han analizado el rendimiento físico por posiciones de juego informaron de una amplia variedad de perfiles físicos, lo que permite un acondicionamiento específico para cada posición de juego. Además, el comportamiento de cada uno de ellos es diferente dentro de las fases del juego. Concretamente, los atacantes corren más cuando van ganando, debido a que realizan desmarques para ofrecer situaciones de gol o presionar a la defensa rival. Y, por el contrario, los defensas corren más cuando van perdiendo, ya que tienen que realizar un mayor esfuerzo para evitar encajar más goles, y teniendo una mayor participación a la hora de poner el balón en juego. Además, los centrales y mediocentros

mostraron un menor rendimiento físico con un jugador extra, posiblemente debido a que los equipos contrarios adoptaron una postura defensiva.

La sexta conclusión que se obtiene es que el rendimiento físico oscila a lo largo de la temporada, encontrándose menores distancias recorridas en todas las intensidades a principios y finales de la temporada y mayores distancias recorridas durante la mitad de la temporada. Además, esta oscilación es diferente en cada uno de los equipos y uno de los factores que puede explicar esta variabilidad es el rendimiento del equipo. Así, los equipos con mejor rendimiento recorrieron mayores distancias a alta intensidad al principio de la temporada, mientras que los equipos con peor rendimiento recorrieron mayores distancias al final de la temporada.

La séptima conclusión que se extrae es que existen diversos factores que hacen que los equipos corran de manera diferente a lo largo de la temporada. En este caso, el cambio de entrenador supone un impacto significativo en el porvenir de los equipos. Concretamente, los resultados demostraron que la destitución del entrenador tiene un impacto positivo en el rendimiento del equipo a corto plazo. En nuestro estudio, el número de puntos conseguidos por partido durante los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador fue significativamente mayor. Además, un cambio de entrenador a mitad de temporada podría aumentar las exigencias físicas del partido, no sólo a corto plazo, sino también a lo largo de la temporada. Así pues, estos resultados sugieren que la contratación de un entrenador adecuado para el equipo podría afectar positivamente al rendimiento del equipo en el fútbol profesional a lo largo de la temporada.

En definitiva, gracias a la continua evolución que reflejan las últimas investigaciones publicadas durante los últimos años y los hallazgos y conclusiones extraídas de las investigaciones incluidas en la presente tesis doctoral, se ha conseguido

un avance importante y trascendental en el estudio del rendimiento físico en el fútbol profesional.



## FINAL CONCLUSIONS

After theoretically describing the evolution of match running performance in recent years and analyze the influence of certain contextual-related variables on physical performance in each of the articles included in this doctoral thesis, different conclusions can be given. The first conclusion is that the evolution of match running performance in modern soccer is characterized by an increase in HSR and a decrease in TD covered by professional soccer players over the last 20 years. These results should be considered in order to implement training strategies to improve the ability of players to perform high intensity efforts during matches.

The second conclusion is that a wide range of speed thresholds for recording HSR has been found, so an agreement between companies or researchers would be necessary to allow a better comparison between studies from different contexts. In this doctoral thesis, the authors have suggested an attempt to reach a consensus on the definitions of speed thresholds, taking into account the literature analyzed and the most commonly used monitoring technology. In addition, all included studies have used the same tracking system with the same speed thresholds to facilitate comparison and allow for better reliability of the results.

The third conclusion, and one of the most important, is that this doctoral thesis adds to the growing body of research indicating that the match physical demands depend on contextual-related variables. Specifically, the most interesting results suggest that the opponent quality, the evolution of the scoreline and red cards influence on the physical and technical-tactical demands of soccer teams by modifying their tactical behavior during matches. In this vein, it seems that the bottom-ranked teams covered more TDWOP during matches, in which these teams perform more defensive activities and top-ranked teams control the ball trying to impose their playing style. Likewise, when

winning, teams covered more TDWOP, since they practice a more indirect playing style, defending close to their own area and carrying out counterattacks. Conversely, when losing, teams covered more TDWP as they try to control the game to try to tie or win the matches.

The fourth conclusion is that red cards have a significant impact on physical performance in professional soccer. In this sense, teams with a numerical disadvantage (i.e., 10 versus 11 players) covered less TD and perform fewer number of sprints during matches. In addition, unexpectedly, home teams with an extra player decrease their match running performance, contrarily to the home advantage. The red card minute has also a negative effect on teams with a numerical disadvantage, and a positive effect on teams with an extra player.

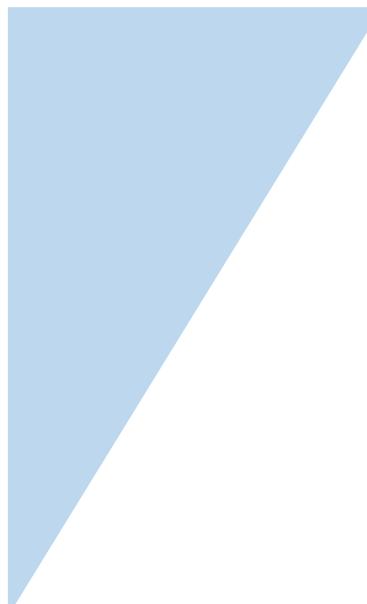
The fifth conclusion from this doctoral thesis is that the studies that have analyzed physical performance by playing positions reported a wide variety of physical profiles, which allows specific conditioning for each playing position. Moreover, the behavior of them is different within the phases of the game. Specifically, attackers run more when they are winning, because they make runs to provide goal-scoring situations or to make pressure on the opposing defense. Defenders, on the other hand, run more when they are losing, as they have to make a greater effort to avoid more goals and are more involved in putting the ball into play. In addition, center-backs and midfielders showed less physical performance with an extra player, possibly due to the opposing teams adopting a defensive posture.

The sixth conclusion is that match running performance vary throughout the season, with shorter distances covered at all intensities at the early and end-season and greater distances covered during the mid-season. Moreover, this oscillation is different in the soccer teams and one of the factors that may explain this variability is the team's

performance. Thus, the best teams covered greater distances at high intensity at the early-season, while the worst teams covered greater distances at the end-season.

The seventh conclusion is that there are a number of factors that cause teams to run differently throughout the season. In this case, the coach dismissal has a significant impact on the future of the teams. Specifically, the results showed that the coach replacement has a positive impact on the team's short-term performance. In our study, the number of points awarded per match during the next four games under the new coach was significantly higher. In addition, a mid-season coaching change might increase the match physical demands of the game, not only in the short term, but also over the course of the season. Thus, these results suggest that hiring the right coach for the team could positively affect the team's performance in professional soccer over the season.

Finally, thanks to the continuous evolution reflected in the latest research published in recent years and the findings and conclusions given from the research included in this doctoral thesis, an important and transcendental advance has been made in the study of match running performance in professional soccer.



**Resumen**

**Introducción**

**Capítulo 1: Marco teórico**

**Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos**

**Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada**

**Capítulo 6: Discusión**

**Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro**

**Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones**

**Referencias bibliográficas**

**Artículos originales**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports medicine*, 33, 517-538. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>
- Ade, J., Fitzpatrick, J., y Bradley, P. S. (2016). High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2205–2214. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1217343>
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716–723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Ali, A., y Farrally, M. (1991a). A computer-video aided time motion analysis technique for match analysis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(1), 82–88.
- Ali, A., y Farrally, M. (1991b). Recording soccer players' heart rates during matches. *Journal of Sports Sciences*, 9(2), 183–189. <https://doi.org/10.1080/02640419108729879>
- Allen, T., Taberner, M., Zhilkin, M., y Rhodes, D. (2023). Running more than before? The evolution of running load demands in the English Premier League. *International Journal of Sports Science y Coaching*, 19(2), 779–787. <https://doi.org/10.1177/17479541231164507>
- Almulla, J., Takiddin, A., y Househ, M. (2020). The use of technology in tracking soccer players' health performance: A scoping review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), 184–194. <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01156-4>

Altmann, S., Forcher, L., Ruf, L., Beavan, A., Groß, T., Lussi, P., Woll, A., y Härtel, S.

(2021). Match-related physical performance in professional soccer: Position or player specific? *PLOS ONE*, *16*(9), e0256695.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256695>

Altmann, S., Forcher, L., Woll, A., y Härtel, S. (2023). Effective playing time affects physical match performance in soccer: An analysis according to playing position.

*Biology of Sport*, *40*(4), 967–973. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2023.123320>

Andrzejewski, M., Chmura, J., y Pluta, B. (2014). Analysis of motor and technical

activities of professional soccer players of the UEFA Europa league. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *14*(2), 504–523.

<https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868739>

Andrzejewski, M., Konefał, M., Chmura, P., Kowalczyk, E., y Chmura, J. (2016).

Match outcome and distances covered at various speeds in match play by elite German soccer players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *16*(3), 817–828. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868930>

Andrzejewski, M., Pluta, B., Konefał, M., Chmura, P., y Chmura, J. (2016). Analysis of

the motor activities of professional Polish soccer players. *Polish Journal of Sport and Tourism*, *23*(4), 196–201. <https://doi.org/10.1515/pjst-2016-0026>

Aquino, R., Carling, C., Palucci Vieira, L. H., Martins, G., Jabor, G., Machado, J.,

Santiago, P., Garganta, J., y Puggina, E. (2020). Influence of situational variables, team formation, and playing position on match running performance and social network analysis in Brazilian professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(3), 808–817.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002725>

- Aquino, R., Machado, J. C., Manuel Clemente, F., Praça, G. M., Gonçalves, L. G. C., Melli-Neto, B., Ferrari, J. V. S., Vieira, L. H. P., Puggina, E. F., y Carling, C. (2019). Comparisons of ball possession, match running performance, player prominence and team network properties according to match outcome and playing formation during the 2018 FIFA World Cup. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(6), 1026–1037.  
<https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1689753>
- Aquino, R., Martins, G., Vieira, L. H. P., y Menezes, R. P. (2017). Influence of match location, quality of opponents, and match status on movement patterns in brazilian professional football players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(8), 2155–2161. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001674>
- Arrondel, L., Duhautois, R., y Zimmer, C. (2020). Within-season dismissals of football managers: Evidence from the French Ligue 1. *HALSHS*, 11, 1–23.
- Asian-Clemente, J. A., Requena, B., Jukic, I., Naylor, J., Santalla-Hernández, A., y Carling, C. (2019). Is physical performance a differentiating element between more or less successful football teams? *Sports*, 7(10), 216.  
<https://doi.org/10.3390/sports7100216>
- Augusto, D., Brito, J., Aquino, R., Figueiredo, P., Eiras, F., Tannure, M., Veiga, B., y Vasconcellos, F. (2021). Contextual variables affect running performance in professional soccer players: A brief report. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.778813>
- Badiella, L., Puig, P., Lago-Peñas, C., y Casals, M. (2023). Influence of Red and Yellow cards on team performance in elite soccer. *Annals of Operations Research*, 325(1), 149–165. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04733-0>

- Balduck, A. L., Buelens, M., y Philippaerts, R. (2010). Short-term effects of midseason coach turnover on team performance in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(3), 379–383. <https://doi.org/10.1080/02701367.2010.10599686>
- Balduck, A. L., Prinzie, A., y Buelens, M. (2010). The effectiveness of coach turnover and the effect on home team advantage, team quality and team ranking. *Journal of Applied Statistics*, 37(4), 679–689. <https://doi.org/10.1080/02664760902824731>
- Bandyopadhyay, K. (2017). *Legacies of great men in world soccer*. Routledge.
- Bangsbo, J., Mohr, M., y Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674. <https://doi.org/10.1080/02640410500482529>
- Bar-Eli, M., Tenenbaum, G., y Geister, S. (2006). Consequences of players' dismissal in professional soccer: A crisis-related analysis of group-size effects. *Journal of Sports Sciences*, 24(10), 1083–1094. <https://doi.org/10.1080/02640410500432599>
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., y Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1095–1100. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>
- Barrera, J., Sarmiento, H., Clemente, F. M., Field, A., y Figueiredo, A. J. (2021). The effect of contextual variables on match performance across different playing positions in professional Portuguese soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5175–5187. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105175>
- Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C., De la Cruz-Sánchez, E., Reche-Royo, X., Ibáñez, S., y Pino Ortega, J. (2019). Accuracy and inter-unit reliability of ultra-

- wide-band tracking system in indoor exercise. *Applied Sciences*, 9(5), 939.  
<https://doi.org/10.3390/app9050939>
- Bates, D., Machler, M., Bolker, B., y Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48.
- Bradley, P., Carling, C., Gomez Diaz, A., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., Boddy, M., Krstrup, P., y Mohr, M. (2013). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Human Movement Science*, 32(4), 808–821.  
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.06.002>
- Bradley, P., di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., y Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 24(9), 2343–2351.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb1b3>
- Bradley, P., Lago-Peñas, C., y Rey, E. (2014). Evaluation of the match performances of substitution players in elite soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 415–424. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0304>
- Bradley, P., Lago-Peñas, C., Rey, E., y Gómez-Díaz, A. (2013). The effect of high and low percentage ball possession on physical and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1261–1270.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2013.786185>
- Bradley, P., Lago-Peñas, C., Rey, E., y Sampaio, J. (2014). The influence of situational variables on ball possession in the English Premier League. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1867–1873. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.887850>
- Bradley, P., Archer, D. T., Hogg, B., Schuth, G., Bush, M., Carling, C., y Barnes, C. (2016). Tier-specific evolution of match performance characteristics in the English

Premier League: It's getting tougher at the top. *Journal of Sports Sciences*, 34(10), 980–987. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1082614>

Bradley, P., Carling, C., Archer, D., Roberts, J., Dodds, A., Di Mascio, M., Paul, D., Gomez Diaz, A., Peart, D., y Krustup, P. (2011). The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 821–830. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.561868>

Bradley, P., Dellal, A., Mohr, M., Castellano, J., y Wilkie, A. (2014). Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Human Movement Science*, 33, 159–171. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.07.024>

Bradley, P., y Noakes, T. D. (2013). Match running performance fluctuations in elite soccer: Indicative of fatigue, pacing or situational influences? *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1627–1638. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.796062>

Bradley, P., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., y Krustup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>

Braz, T. V., Spigolon, L. M. P., Vieira, N. A., y Borin, J. P. (2010). Modelo competitivo da distância percorrida por futebolistas na Uefa Euro 2008. *Revista Brasileira de Ciências Do Esporte (Impresso)*, 31(3), 177–191. <https://doi.org/10.1590/S0101-32892010000300012>

Brito de Souza, D. (2021). *How to be successful in professional football: Analysis of physical demands and match statistics of professional football teams competing in laliga*. Doctoral Dissertation. Camilo José Cela University.

- Brito de Souza, D., López-Del Campo, R., Blanco-Pita, H., Resta, R., y Del Coso, J. (2020). Association of match running performance with and without ball possession to football performance. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(3), 483–494. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1762279>
- Buchheit, M., Allen, A., Poon, T. K., Modonutti, M., Gregson, W., y Di Salvo, V. (2014). Integrating different tracking systems in football: Multiple camera semi-automatic system, local position measurement and GPS technologies. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1844–1857. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.942687>
- Campos-Vázquez, M. Á., Toscano-Bendala, F. J., Mora-Ferrera, J. C., y Suarez-Arrones, L. (2017). Relationship between internal load indicators and changes on intermittent performance after the preseason in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(6), 1477–1485. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001613>
- Carling, C., y Bloomfield, J. (2010). The effect of an early dismissal on player work-rate in a professional soccer match. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 126–128. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.09.004>
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., y Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: Contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Medicine*, 38(10), 839–862. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838100-00004>
- Castagna, C., Varley, M., Póvoas, S. C. A., y D’Ottavio, S. (2017). Evaluation of the match external load in soccer: Methods comparison. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 490–495. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0160>

- Castellano, J., Alvarez-Pastor, D., y Bradley, P. S. (2014). Evaluation of research using computerised tracking systems (Amisco® and Prozone®) to analyse physical performance in elite soccer: A systematic review. *Sports Medicine*, 44(5), 701–712. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0144-3>
- Castellano, J., y Blanco-Villaseñor, A. (2015). Análisis de la variabilidad del desplazamiento de futbolistas de élite durante una temporada competitiva a partir de un modelo lineal mixto generalizado. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 15(1), 161–168. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000805>
- Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A., y Álvarez, D. (2011). Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 32(6), 415–421. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271771>
- Castellano, J., y Casamichana, D. (2015). What are the differences between first and second divisions of Spanish football teams? *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 135–146. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868782>
- Castellano, J., y Casamichana, D. (2016). Mismos jugadores con diferentes entrenadores, ¿se puede jugar de manera diferente para optimizar el rendimiento en el fútbol profesional? *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias Del Deporte*, 5(2), 133–140. <https://doi.org/10.6018/264771>
- Castellano, J., y Echeazarra, I. (2019). Network-based centrality measures and physical demands in football regarding player position: Is there a connection? A preliminary study. *Journal of Sports Sciences*, 37(23), 2631–2638. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1589919>
- Castillo, D., Raya-González, J., Weston, M., y Yanci, J. (2021). Distribution of external load during acquisition training sessions and match play of a professional soccer

- team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(12), 3453–3458.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003363>
- Chambers, R., Gabbett, T. J., Cole, M. H., y Beard, A. (2015). The use of wearable microsensors to quantify sport-specific movements. *Sports Medicine*, 45(7), 1065–1081. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0332-9>
- Chmura, P., Konefał, M., Chmura, J., Kowalczyk, E., Zając, T., Rokita, A., y Andrzejewski, M. (2018). Match outcome and running performance in different intensity ranges among elite soccer players. *Biology of Sport*, 35(2), 197–203. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2018.74196>
- Chmura, P., Konefał, M., Wong, D. P., Figueiredo, A. J., Kowalczyk, E., Rokita, A., Chmura, J., y Andrzejewski, M. (2019). Players' physical performance decreased after two-thirds of the season: Results of 3 consecutive seasons in the German first bundesliga. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(11), 1–9. <https://doi.org/10.3390/ijerph16112044>
- Chmura, P., Liu, H., Andrzejewski, M., Chmura, J., Kowalczyk, E., Rokita, A., y Konefał, 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>
- Clemente, F. M., Silva, R., Castillo, D., Los Arcos, A., Mendes, B., y Afonso, J. (2020). Weekly load variations of distance-based variables in professional soccer players: A full-season study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph17093300>

- Clemente, F. M., Silva, R., Ramirez-Campillo, R., Afonso, J., Mendes, B., y Chen, Y.-S. (2020). Accelerometry-based variables in professional soccer players: Comparisons between periods of the season and playing positions. *Biology of Sport*, 37(4), 389–403. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.96852>
- Clemente, F. M., Ramirez-Campillo, R., & Sarmiento, H. (2021). Detrimental effects of the off-season in soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 51, 795-814. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01407-4>
- Cleveland, W. S. (1979). Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. *Journal of the American Statistical Association*, 74(368), 829–836.
- Cohen, J. (1968). Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychological Bulletin*, 70(4), 213–220. <https://doi.org/10.1037/h0026256>
- Costa-Oliveira, M. A., Dambroz, F., Santos, R., y Moniz, F. (2021). VAR implementation and soccer team performance: A comparison between the 2014 and 2018 World Cups. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(6), 3208–3213.
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., y West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025–1042. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>
- Curtis, R., Benjamin, C., Huggins, R., y Casa D. J. (2019). *Elite soccer players: Maximizing performance and safety*. Routledge.
- da Mota, G. R., Thiengo, C. R., Gimenes, S. V., y Bradley, P. S. (2016). The effects of ball possession status on physical and technical indicators during the 2014 FIFA World Cup Finals. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 493–500. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1114660>

- Dellal, A., Chamari, K., Wong, D. P., Ahmaidi, S., Keller, D., Barros, R., Bisciotti, G. N., y Carling, C. (2011). Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. *European Journal of Sport Science*, 11(1), 51–59. <https://doi.org/10.1080/17461391.2010.481334>
- Dellal, A., Wong, D. P., Moalla, W., y Chamari, K. (2010). Physical and technical activity of soccer players in the French first league- with special reference to their playing position. *International SportMed Journal*, 11(2), 278–290. <https://hdl.handle.net/10520/EJC48393>
- Dijkhuis, T. B., Kempe, M., y Lemmink, K. A. P. M. (2021). Early prediction of physical performance in elite soccer matches—A machine learning approach to support substitutions. *Entropy*, 23(8), 952–967. <https://doi.org/10.3390/e23080952>
- Di-Salvo, V., Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., y Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1489–1494. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.521166>
- Di-Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., y Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 222–227. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924294>
- Di-Salvo, V., Collins, A., McNeill, B., y Cardinale, M. (2006). Validation of Prozone®: A new video-based performance analysis system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1), 108–119. <https://doi.org/10.1080/24748668.2006.11868359>
- Di-Salvo, V., Pigozzi, F., González-Haro, C., Laughlin, M. S., y De Witt, J. K. (2013). Match performance comparison in top English soccer leagues. *International*

*Journal of Sports Medicine*, 34(6), 526–532. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327660>

Domínguez, E. (2016). Evolución de la preparación física en el fútbol español.

*FútbolPF: Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 16, 36–60.

Dönmez, G., Kudaş, S., Yörübulut, M., Yıldırım, M., Babayeva, N., y Torgutalp, Ş. Ş.

(2020). Evaluation of muscle injuries in professional football players: Does coach replacement affect the injury rate? *Clinical Journal of Sport Medicine*, 30(5), 478–483. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000640>

Drust, B., Atkinson, G., y Reilly, T. (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Medicine*, 37(9), 783–805.

<https://doi.org/10.2165/00007256-200737090-00003>

Ekstrand, J., Waldén, M., y Hägglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: A 13-year longitudinal

analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 731–737. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095359>

Ellens, S., Hodges, D., McCullagh, S., Malone, J. J., y Varley, M. C. (2022).

Interchangeability of player movement variables from different athlete tracking systems in professional soccer. *Science and Medicine in Football*, 6(1), 1–6.

<https://doi.org/10.1080/24733938.2021.1879393>

Errekaogorri, I., Castellano, J., Echeazarra, I., y Lago-Peñas, C. (2020). The effects of the

Video Assistant Referee system (VAR) on the playing time, technical-tactical and physical performance in elite soccer. *International Journal of Performance*

*Analysis in Sport*, 20(5), 1–10. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1788350>

Errekaogorri, I., Castellano, J., Echeazarra, I., López-Del Campo, R., y Resta, R. (2022).

A longitudinal analysis of technical-tactical and physical performance of the teams

- in the Spanish LaLiga Santander: An eight-season study. *Biology of Sport*, 39(2), 389–396. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.105331>
- Faude, O., Koch, T., y Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625–631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>
- Felipe, J. L., y Alonso-Callejo, A. (2023). La integración de los datos en el fútbol de élite. Un nuevo paradigma de investigación. *Cuadernos económicos de ICE*, 106, 55–66. <https://doi.org/10.32796/cice.2023.106.7695>
- Felipe, J. L., Garcia-Unanue, J., Gallardo, L., y Sanchez-Sanchez, J. (2021). Tracking systems used to monitor the performance and activity profile in elite team sports. *Sensors*, 21(24), 8251. <https://doi.org/10.3390/s21248251>
- Felipe, J. L., Garcia-Unanue, J., Viejo-Romero, D., Navandar, A., y Sánchez-Sánchez, J. (2019). Validation of a video-based performance analysis system (Mediacoach®) to analyze the physical demands during matches in LaLiga. *Sensors (Switzerland)*, 19(19), 4–13. <https://doi.org/10.3390/s19194113>
- Fernandez-Navarro, J., Fradua, L., Zubillaga, A., y McRobert, A. P. (2018). Influence of contextual variables on styles of play in soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(3), 423–436. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1479925>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (SAGE Editorial, Ed.; 4th Edition).
- FIFA. (2018). *FIFA World Cup Russia report (2018)*. <https://www.Fifa.Com/Tournaments/Mens/Worldcup/2018russia/News/Fifa-Technical-Study-Group-Publishes-2018-Fifa-World-Cup-Russia-Report>.

- FIFA. (2019). Laws of the game: Video Assistant Referee (VAR) protocol. *Fédération Internationale de Football Association (FIFA): Paris, France*, 134–142.
- Folgado, H., Duarte, R., Fernandes, O., y Sampaio, J. (2014). Competing with lower-level opponents decreases intra-team movement synchronization and time-motion demands during pre-season soccer matches. *PLoS ONE*, *9*(5), e97145.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097145>
- Folgado, H., Duarte, R., Marques, P., y Sampaio, J. (2015). The effects of congested fixtures period on tactical and physical performance in elite football. *Journal of Sports Sciences*, *33*(12), 1238–1247.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1022576>
- Folgado, H., Gonçalves, B., y Sampaio, J. (2018). Positional synchronization affects physical and physiological responses to preseason in professional football (soccer). *Research in Sports Medicine*, *26*(1), 51–63.  
<https://doi.org/10.1080/15438627.2017.1393754>
- Forcher, L., Forcher, L., Wäsche, H., Jekauc, D., Woll, A., Gross, T., y Altmann, S. (2023). Is ball-possession style more physically demanding than counter-attacking? The influence of playing style on match performance in professional soccer. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1197039. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1197039>
- García-Calvo, T., Fernandez-Navarro, J., Díaz-García, J., López-Del Campo, R., Martínez Fernández, F., y Memmert, D. (2022). The impact of COVID-19 lockdown on soccer positional and physical demands in the Spanish LaLiga. *Science and Medicine in Football*, 1–7.  
<https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2055784>
- García-Calvo, T., Huertas, F., Ponce-Bordón, J. C., López del Campo, R., Resta, R., y Ballester, R. (2023). Does player age influence match physical performance? A

- longitudinal four-season analysis in Spanish Soccer LaLiga. *Biology of Sport*, 40(4), 1097–1106. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.124844>
- García-Calvo, T., Ponce-Bordón, J. C., Leo, F. M., López-Del Campo, R., Nevado-Garrosa, F., y Pulido, J. J. (2022). How does ball possession affect the physical demands in Spanish LaLiga? A multilevel approach. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/02701367.2022.2072798>
- García-Calvo, T., Ponce-Bordón, J. C., Pons, E., López del Campo, R., Resta, R., y Raya-González, J. (2022). High metabolic load distance in professional soccer according to competitive level and playing positions. *PeerJ*, 10, e13318–e13328. <https://doi.org/10.7717/peerj.13318>
- García-Unanue, J., Pérez-Gómez, J., Giménez, J. V., Felipe, J. L., Gómez-Pomares, S., Gallardo, L., y Sánchez-Sánchez, J. (2018). Influence of contextual variables and the pressure to keep category on physical match performance in soccer players. *PLoS ONE*, 13(9), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204256>
- Gómez, M. A., Lago-Peñas, C., Gómez, M.-T., Jimenez, S., y S. Leicht, A. (2021). Impact of elite soccer coaching change on team performance according to coach- and club-related variables. *Biology of Sport*, 38(4), 603–608. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.101600>
- Gomez-Piqueras, P., Gonzalez-Villora, S., Castellano, J., y Teoldo, I. (2019). Relation between the physical demands and success in professional soccer players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.14198/jhse.2019.141.01>
- Gómez-Ruano, M. A., Pollard, R., y Lago-Peñas, C. (2022). *Home advantage in sport: Causes and the effect on performance*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003081456>

- González-Rodenas, J., Moreno-Pérez, V., López-Del Campo, R., Resta, R., y Coso, J. (2024). Technical and tactical evolution of the offensive team sequences in LaLiga between 2008 and 2021. Is Spanish football now a more associative game? *Biology of Sport*, *41*(2), 105–113. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.131818>
- Gualtieri, A., Rampinini, E., Dello Iacono, A., y Beato, M. (2023). High-speed running and sprinting in professional adult soccer: Current thresholds definition, match demands and training strategies. A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, *5*, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1116293>
- Guerrero-Calderón, B., Owen, A., Morcillo, J. A., y Castillo-Rodríguez, A. (2021). How does the mid-season coach change affect physical performance on top soccer players? *Physiology and Behavior*, *232*, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113328>
- Guimarães, R. dos S., García-Calvo, T., Raya-González, J., Ponce-Bordón, J. C., Fatela, P., y Lobo-Triviño, D. (2024). Effects of contextual variables on match load in a professional soccer team attending to the different season periods. *Sensors*, *24*(2), 679. <https://doi.org/10.3390/s24020679>
- Hands, D. E., y Janse de Jonge, X. (2020). Current time-motion analyses of professional football matches in top-level domestic leagues: A systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *20*(5), 747–765. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1780872>
- Heck, R. H., y Thomas, S. L. (2015). *An introduction to multilevel modeling techniques: MLM and SEM approaches using Mplus* (Routledge, Ed.).
- Heck, R. H., Thomas, S. L., y Tabata, L. N. (2014). *Multilevel and Longitudinal Modeling with IBM SPSS* (2nd ed.). Routledge (Taylor y Francis Group).

- Herlambang, M. B., Taatgen, N. A., y Cnossen, F. (2019). The role of motivation as a factor in mental fatigue. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *61*(7), 1171–1185.  
<https://doi.org/10.1177/0018720819828569>
- Hernandez-Martín, A., Sanchez-Sanchez, J., Felipe, J. L., Manzano-Carrasco, S., Majano, C., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2020). Physical demands of u10 players in a 7-a-side soccer tournament depending on the playing position and level of opponents in consecutive matches using Global Positioning Systems (GPS). *Sensors*, *20*(23), 6968. <https://doi.org/10.3390/s20236968>
- Higham, A., Harwood, C., y Cale, A. (2005). *Momentum in soccer: Controlling the game* (A. Kelly, Ed.). Coachwise Ltd.
- Hoffmann, M. D., y Loughhead, T. M. (2019). Preliminary development of a questionnaire to assess peer athlete mentoring functions: The Athlete Mentoring Questionnaire (AMQ). *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, *23*(1), 10–25. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2018.1479708>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterman, A. M., y Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, *41*(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Hox, J., Moerbeek, M., y Van de Shoot, R. (2017). *Multilevel analysis: Techniques and applications* (Routledge, Ed.).
- Hughes, M., y Franks, I. (2005). Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. *Journal of Sports Sciences*, *23*(5), 509–514.  
<https://doi.org/10.1080/02640410410001716779>
- Jerome, B. W. C., Stoeckl, M., Mackriell, B., Seidl, T., Dawson, C. W., Fong, D. T. P., y Folland, J. P. (2023). The influence of ball in/out of play and possession in elite

soccer: Towards a more valid measure of physical intensity during competitive match-play. *European Journal of Sport Science*, 23(9), 1892–1902.

<https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2203120>

Johnston, R. J., Watsford, M. L., Pine, M. J., Spurrs, R. W., Murphy, A., y Pruyn, E. C. (2012). Movement demands and match performance in professional Australian football. *International Journal of Sports Medicine*, 33(2), 89–93.

<https://doi.org/10.1055/s-0031-1287798>

Joo, C. H. (2018). The effects of short term detraining and retraining on physical fitness in elite soccer players. *PLoS ONE*, 13(5), 1–15.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196212>

Kalapotharakos, V., Gkaros, A., Vassliades, E., y Manthou, E. (2020). Influence of contextual factors on match running performance in elite soccer team. *Journal of Physical Education and Sport*, 2020(6), 3267–3272.

<https://doi.org/10.7752/jpes.2020.s6443>

Kattuman, P., Loch, C., y Kurchian, C. (2019). Management succession and success in a professional soccer team. *PLoS ONE*, 14(3), 1–20.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212634>

Klemp, M., Memmert, D., y Rein, R. (2022). The influence of running performance on scoring the first goal in a soccer match. *International Journal of Sports Science y Coaching*, 17(3), 558–567. <https://doi.org/10.1177/17479541211035382>

Konefał, M., Chmura, P., Zając, T., Chmura, J., Kowalczyk, E., y Andrzejewski, M. (2019). Evolution of technical activity in various playing positions, in relation to match outcomes in professional soccer. *Biology of Sport*, 36(2), 181–189.

<https://doi.org/10.5114/biolSport.2019.83958>

- Koning, R. H. (2003). An econometric evaluation of the effect of firing a coach on team performance. *Applied Economics*, 35(5), 555–564.  
<https://doi.org/10.1080/0003684022000015946>
- Lago, C., y Casáis, L. (2010). La influencia de los resultados iniciales en la clasificación final de los equipos en el fútbol de alto nivel. *Revista de Psicología Del Deporte*, 19(2), 175–185.
- Lago-Peñas, C. (2007). Aplicación de la regresión lineal en el estudio del impacto del cambio de entrenador sobre el rendimiento en el fútbol. *European Journal of Human Movement*, 19, 145–163.
- Lago-Peñas, C. (2009). The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *Journal of Sports Sciences*, 27(13), 1463–1469.  
<https://doi.org/10.1080/02640410903131681>
- Lago-Peñas, C. (2011). Coach mid-season replacement and team performance in professional soccer. *Journal of Human Kinetics*, 28(1), 115–122.  
<https://doi.org/10.2478/v10078-011-0028-7>
- Lago-Peñas, C., Casáis, L., Domínguez, E., Lago, J., y Rey, E. (2009). Influencia de las variables contextuales en el rendimiento físico en el fútbol de alto nivel. *European Journal of Human Movement*, 23, 107–121.
- Lago-Peñas, C., Casais, L., Dominguez, E., y Sampaio, J. (2010). The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 103–109.  
<https://doi.org/10.1080/17461390903273994>

- Lago-Peñas, C., y Dellal, A. (2010). Ball possession strategies in elite soccer according to the evolution of the match-score: The influence of situational variables. *Journal of Human Kinetics*, 25(1), 93–100. <https://doi.org/10.2478/v10078-010-0036-z>
- Lago-Peñas, C. L., Dellal, A., Owen, A. L., y Gómez-Ruano, M. Á. (2015). The influence of the extra-time period on physical performance in elite soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(3), 830–839. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868834>
- Lago-Peñas, C., García-Calvo, T., López del Campo, R., Resta, R., y Ponce-Bordón, J. C. (2024). Match running performance is similar in lower and higher competitive standards of Spanish professional soccer accounting for effective playing time. *Biology of Sport*, 41(3), 39–46. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2024.132993>
- Lago-Peñas, C., Gómez-Ruano, M., y Yang, G. (2017). Styles of play in professional soccer: An approach of the Chinese Soccer Super League. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(6), 1073–1084. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1431857>
- Lago-Peñas, C., Kalén, A., y Lorenzo-Martínez, M. (2020). Do elite soccer players cover longer distance when losing? Differences between attackers and defenders. *International Journal of Sports Science y Coaching*, 22, 1–12. <https://doi.org/10.1177/1747954120982270>
- Lago-Peñas, C., Lorenzo-Martinez, M., López-Del Campo, R., Resta, R., y Rey, E. (2022). Evolution of physical and technical parameters in the Spanish LaLiga 2012-2019. *Science and Medicine in Football*, 1–6. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2049980>
- Lago-Peñas, C., Rey, E., Lago-Ballesteros, J., Casais, L., y Domínguez, E. (2009). Analysis of work-rate in soccer according to playing positions. *International*

*Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(2), 218–227.

<https://doi.org/10.1080/24748668.2009.11868478>

Lago-Peñas, C., y Sampaio, J. (2015). Just how important is a good season start?

Overall team performance and financial budget of elite soccer clubs. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1214–1218.

<https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986184>

Lago-Peñas, C., y Sanromán-Álvarez, P. (2020). La influencia de la posesión del balón en el rendimiento físico en el fútbol profesional. Una revisión sistemática. *Jump*, 2, 68–80. <https://doi.org/10.17561/jump.n2.7>

Linke, D., Link, D., y Lames, M. (2020). Football-specific validity of TRACAB's optical video tracking systems. *PLoS ONE*, 15(3), 1–17.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230179>

Linke, D., Link, D., Weber, H., y Lames, M. (2018). Decline in match running performance in football is affected by an increase in game interruptions. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17, 662–667.

Lobo-Triviño, D., Ponce-Bordón, J. C., Llanos-Muñoz, R., López del Campo, R., y López-Gajardo, M. A. (2023). Does the final ranking influence the physical performance of professional soccer teams? *Cultura, Ciencia y Deporte*, 18(57), 153–171. <https://doi.org/10.12800/ccd.v18i57.2018>

Longo, U. G., Sofi, F., Candela, V., Dinu, M., Cimmino, M., Massaroni, C., Schena, E., y Denaro, V. (2019). Performance activities and match outcomes of professional soccer teams during the 2016/2017 Serie A season. *Medicina*, 55(8), 469–478. <https://doi.org/10.3390/medicina55080469>

Lorenzo-Martinez, M., Kalén, A., Rey, E., López-Del Campo, R., Resta, R., y Lago-Peñas, C. (2020). Do elite soccer players cover less distance when their team spent

more time in possession of the ball? *Science and Medicine in Football*, 00(00), 1–7. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1853211>

Lorenzo-Martínez, M., Padrón-Cabo, A., Rey, E., y Memmert, D. (2021). Analysis of physical and technical performance of substitute players in professional soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 92(4), 599–606. <https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1755414>

Low, B., Coutinho, D., Gonçalves, B., Rein, R., Memmert, D., y Sampaio, J. (2020). A systematic review of collective tactical behaviours in football using positional data. In *Sports Medicine*, 50(2), 343–385. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01194-7>

Mackenzie, R., y Cushion, C. (2013). Performance analysis in football: A critical review and implications for future research. *Journal of Sports Sciences*, 31(6), 639–676. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.746720>

Makar, P., Silva, A. F., Oliveira, R., Janusiak, M., Parus, P., Smoter, M., y Clemente, F. M. (2023). Assessing the agreement between a global navigation satellite system and an optical-tracking system for measuring total, high-speed running, and sprint distances in official soccer matches. *Science Progress*, 106(3). <https://doi.org/10.1177/00368504231187501>

Mallo, J., Frutos, P. G., Juárez, D., y Navarro, E. (2012). Effect of positioning on the accuracy of decision making of association football top-class referees and assistant referees during competitive matches. *Journal of Sports Sciences*, 30(13), 1437–1445. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.711485>

Mao, L., Peng, Z., Liu, H., y Gómez, M. A. (2016). Identifying keys to win in the Chinese professional soccer league. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 935–947. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868940>

- Marcora, S. M., y Staiano, W. (2010). The limit to exercise tolerance in humans: Mind over muscle? *European Journal of Applied Physiology*, 109(4), 763–770.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-010-1418-6>
- Martínez, J. L., Pérez, E., y Perarnau, O. (2004). Análisis de la competición. In F. Drobnic, J. M. González de Suso, y J. L. Martínez (Eds.), *Fútbol. Bases científicas para un óptimo rendimiento*. (pp. 13–20). Ergon edición.
- Mathie, M. J., Coster, A. C. F., Lovell, N. H., y Celler, B. G. (2004). Accelerometry: Providing an integrated, practical method for long-term, ambulatory monitoring of human movement. *Physiological Measurement*, 25(2), R1–R20.  
<https://doi.org/10.1088/0967-3334/25/2/R01>
- McHugh, M. (2012). Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochemia Medica*, 22(3), 276–282.
- Meckel, Y., Doron, O., Eliakim, E., y Eliakim, A. (2018). Seasonal variations in physical fitness and performance indices of elite soccer players. *Sports*, 6(1), 14.  
<https://doi.org/10.3390/sports6010014>
- Moalla, W., Fessi, M. S., Makni, E., Dellal, A., Filetti, C., Di-Salvo, V., y Chamari, K. (2018). Association of physical and technical activities with partial match status in a soccer professional team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1708–1714. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002033>
- Mohr, M., Krstrup, P., y Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519–528. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
- Moreno-Perez, V., Paredes, V., Pastor, D., Garrosa, F., Vielcazat, S., Coso, J., y Mendez-Villanueva, A. (2021). Under-exposure to official matches is associated

with muscle injury incidence in professional footballers. *Biology of Sport*, 38(4), 563–571. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.100360>

Morgans, R., Adams, D., Mullen, R., McLellan, C., y Williams, M. D. (2014). Technical and physical performance over an English Championship League season. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(5), 1033–1042. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.5.1033>

Morgans, R., Adams, D., Mullen, R., y Williams, M. D. (2014). Changes in physical performance variables in an English Championship League team across the competitive season: The effect of possession. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 493–503. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868738>

Murray, A., y Varley, M. (2019). Technology in Soccer. In R. Curtis, C. Benjamin, R. Huggins, y D. Casa (Eds.), *Elite soccer players: Maximizing performance and safety* (pp. 37–53). Routledge.

Nakagawa, S., y Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(2), 133–142. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>

Nassis, G. P., Massey, A., Jacobsen, P., Brito, J., Randers, M. B., Castagna, C., Mohr, M., y Krstrup, P. (2020). Elite football of 2030 will not be the same as that of 2020: Preparing players, coaches, and support staff for the evolution. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 30(6), 962–964. <https://doi.org/10.1111/sms.13681>

Noon, M. R., James, R. S., Clarke, N. D., Akubat, I., y Thake, C. D. (2015). Perceptions of well-being and physical performance in English elite youth footballers across a

- season. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2106–2115.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1081393>
- Oliva-Lozano, J. M., Fortes, V., Krstrup, P., y Muyor, J. M. (2020). Acceleration and sprint profiles of professional male football players in relation to playing position. *PLOS ONE*, 15(8), e0236959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236959>
- Oliva-Lozano, J. M., & Rago, V. (2020). *El Sport Scientist y la monitorización de la carga con EPTS en deportes de equipo*. Editorial Universidad de Almería.
- Oliva-Lozano, J. M., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Fortes, V., y Pino-Ortega, J. (2021). Impact of contextual variables on the representative external load profile of Spanish professional soccer match-play: A full season study. *European Journal of Sport Science*, 21(4), 497–506.  
<https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1751305>
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., y Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: A new match analysis approach. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 42(1), 170–178.  
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd>
- Padrón-Cabo, A., Rey, E., Vidal, B., y García-Nuñez, J. (2018). Work-rate analysis of substitute players in professional soccer: Analysis of seasonal variations. *Journal of Human Kinetics*, 65(1), 165–174. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0025>
- Paola, M., y Scoppa, V. (2008). The effects of managerial turnover: Evidence from coach dismissals in Italian soccer teams. *Journal of Sports Economics*, 13(2), 152–168. <https://doi.org/10.1177/1527002511402155>
- Paraskevas, G., Smilios, I., y Hadjicharalambous, M. (2020). Effect of opposition quality and match location on the positional demands of the 4-2-3-1 formation in

elite soccer. *Journal of Exercise Science y Fitness*, 18(1), 40–45.

<https://doi.org/10.1016/j.jesf.2019.11.001>

Penel, H. P., y Traversian, P. (1998). Fútbol y ciencia: Partidos asistidos por ordenador.

*Ciencia y Vida*, 48–52.

Ponce-Bordón, J. C., Díaz-García, J., López-Gajardo, M. A., Lobo-Triviño, D., López

del Campo, R., Resta, R., y García-Calvo, T. (2021). The influence of time winning and time losing on position-specific match physical demands in the top one Spanish soccer league. *Sensors*, 21(20), 6843.

<https://doi.org/10.3390/s21206843>

Ponce-Bordón, J. C., García-Calvo, T., Candela-Guardiola, J. M., Serpiello, F. R., del

Campo, R. L., Resta, R., y Pulido, J. J. (2022). The relationship between running distance and coaches' perception of team performance in professional soccer player during multiple seasons. *Scientific Reports*, 12(1), 1454.

<https://doi.org/10.1038/s41598-022-05519-x>

Ponce-Bordón, J. C., García-Calvo, T., López-Gajardo, M. A., Díaz-García, J., y

González-Ponce, I. (2022). How does the manipulation of time pressure during soccer tasks influence physical load and mental fatigue? *Psychology of Sport and Exercise*, 63, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102253>

Ponce-Bordón, J. C., Lobo-Triviño, D., López del Campo, R., Llanos-Muñoz, R., y

López-Gajardo, M. A. (2024). Influencia del resultado final sobre el rendimiento físico en función de la posición de los jugadores en la Primera División española. *Kronos*, 22(4), 1–12.

Ponce-Bordón, J. C., Lobo-Triviño, D., Rubio-Morales, A., López del Campo, R.,

Resta, R., y López-Gajardo, M. A. (2022). The effect of the Video Assistant Referee system implementation on match physical demands in the Spanish LaLiga.

- International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5125–5133. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095125>
- Ponce-Bordón, J. C., López-Gajardo, M. A., Fernández-Navarro, J., López del Campo, R., Resta, R., y García-Calvo, T. (2023). The effect of coach dismissal on team performance and match physical demands in Spanish professional soccer leagues. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/24748668.2023.2278370>
- Ponce-Bordón, J. C., López-Gajardo, M. A., Lobo-Triviño, D., Pulido, J. J., y García-Calvo, T (2024). Longitudinal match running performance analysis of soccer in professional European leagues: A systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. <https://doi.org/10.1080/24748668.2024.2343579>
- Ponce-Bordón, J. C., Nobari, H., Lobo-Triviño, D., García-Calvo, T., Vicente-Giménez, J., López del Campo, R., Resta, R., y Fernández-Navarro, J. (2022). Match movement profiles differences in Spanish soccer competitive leagues according to opposition's team ranking: A comparison study. *Applied Sciences*, 12(24), 12635. <https://doi.org/10.3390/app122412635>
- Pons, E., García-Calvo, T., Cos, F., Resta, R., Blanco, H., López del Campo, R., y Díaz-García, J. (2021). Integrating video tracking and GPS to quantify accelerations and decelerations in elite soccer. *Scientific Reports*, 11(1), 18531. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97903-2>
- Pons, E., García-Calvo, T., Resta, R., Blanco, H., López del Campo, R., Díaz García, J., y Pulido, J. J. (2019). A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology during official soccer matches: Agreement between systems. *Plos One*, 14(8), e0220729. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220729>

- Pons, E., Ponce-Bordón, J. C., Díaz-García, J., Del Campo, R. L., Resta, R., Peirau, X., y García-Calvo, T. (2021). A longitudinal exploration of match running performance during a football match in the Spanish LaLiga: A four-season study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031133>
- Rabbani, A., Ermidis, G., Clemente, F. M., y Twist, C. (2024). Variability of external load measures during soccer match play: Influence of player fitness or pacing? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 19(4), 340–346. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0243>
- Radzimiński, Ł., Lorenzo-Martinez, M., Konefał, M., Chmura, P., Andrzejewski, M., Jastrzębski, Z., y Padrón-Cabo, A. (2022). Changes of physical match performance after the COVID-19 lockdown in professional soccer players according to their playing position. *Biology of Sport*, 39(4), 1087–1094. <https://doi.org/10.5114/biolport.2022.114281>
- Radzimiński, Ł., Padrón-Cabo, A., Modric, T., Andrzejewski, M., Versic, S., Chmura, P., Sekulic, D., y Konefał, M. (2022). The effect of mid-season coach turnover on running match performance and match outcome in professional soccer players. *Scientific Reports*, 12(1), 10680. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14996-z>
- Rampinini, E., Coutts, A., Castagna, C., Sassi, R., y Impellizzeri, F. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 1018–1024. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965158>
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., y Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.002>

- Rampinini, E., Martin, M., Bosio, A., Donghi, F., Carlomagno, D., Riggio, M., y Coutts, A. J. (2021). Impact of COVID-19 lockdown on professional soccer players' match physical activities. *Science and Medicine in Football*, 5(1), 1–9.  
<https://doi.org/10.1080/24733938.2021.1995033>
- Raudenbush, S. W., y Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods (2ed)* (S. Publication, Ed.).
- Raya-González, J., García-Calvo, T., Rojas-Valverde, D., del Campo, R. L., Resta, R., & Diaz-García, J. (2023). Understanding the impact of hamstring injuries on match performance in Spanish professional soccer players: Two full seasons follow-up. *Kinesiology*, 55(2), 375-382.
- Raya-González, J., García-Calvo, T., Rubio-Morales, A., López del Campo, R., Resta, R., y Ponce-Bordón, J. C. (2022). Influence of the COVID-19 lockdown on Spanish professional soccer teams' external demands according to their on-field ranking. *Biology of Sport*, 39(4), 1081–1086.  
<https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.113294>
- Raya-González, J., Pulido, J. J., Beato, M., Ponce-Bordón, J. C., López del Campo, R., Resta, R., y García-Calvo, T. (2022). Analysis of the effect of injuries on match performance variables in professional soccer players: A retrospective, experimental longitudinal design. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 31–42.  
<https://doi.org/10.1186/s40798-022-00427-w>
- Redwood-Brown, A., O'Donoghue, P., Robinson, G., y Neilson, P. (2012). The effect of score-line on work-rate in English FA Premier League soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12(2), 258–271.  
<https://doi.org/10.1080/24748668.2012.11868598>

- Rein, R., y Memmert, D. (2016). Big data and tactical analysis in elite soccer: Future challenges and opportunities for sports science. *SpringerPlus*, 5, 1-13.  
<https://doi.org/10.1186/s40064-016-3108-2>
- Rey, E., Costa, P., Corredoira, F., y Sal, A. (2019). Effects of age on physical match performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 351-359. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1680985>
- Rey, E., Kalén, A., Lorenzo-Martínez, M., López-Del Campo, R., Nevado-Garrosa, F., y Lago-Peñas, C. (2020). Elite soccer players do not cover less distance in the second half of the matches when game interruptions are considered. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1–6.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003935>
- Rico-González, M., Los Arcos, A., Rojas-Valverde, D., Clemente, F. M., y Pino-Ortega, J. (2020). A survey to assess the quality of the data obtained by radio-frequency technologies and microelectromechanical systems to measure external workload and collective behavior variables in team sports. *Sensors*, 20(8), 2271.  
<https://doi.org/10.3390/s20082271>
- Rivilla-garcía, J., Calvo, L. C., Jiménez-Rubio, S., Paredes-Hernández, V., Muñoz, A., Tillaar, R. Van Den, y Navandar, A. (2019). Characteristics of very high intensity runs of soccer players in relation to their playing position and playing half in the 2013-14 Spanish LaLiga season. *Journal of Human Kinetics*, 66(1), 213–222.  
<https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0058>
- Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Gutiérrez-Vargas, R., y Pino-Ortega, J. (2019). From big data mining to technical sport reports: The case of inertial measurement units. *BMJ Open Sport y Exercise Medicine*, 5(1), e000565.  
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000565>

- R-Studio Team. (2020). *RStudio: Integrated Development for R* (RStudio, Ed.).
- Sæterbakken, A., Haug, V., Fransson, D., Grendstad, H. N., Gundersen, H. S., Moe, V. F., Ylvisaker, E., Shaw, M., Riiser, A., y Andersen, V. (2019). Match running performance on three different competitive standards in Norwegian soccer. *Sports Medicine International Open*, 3(3), 82–88. <https://doi.org/10.1055/a-0943-3682>
- Sal de Rellán-Guerra, A., Rey, E., Kalén, A., y Lago-Peñas, C. (2019). Age-related physical and technical match performance changes in elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 29(9), 1421–1427. <https://doi.org/10.1111/sms.13463>
- Sarmiento, H., Clemente, F. M., Araújo, D., Davids, K., McRobert, A., y Figueiredo, A. (2018). What performance analysts need to know about research trends in association football (2012–2016): A systematic review. *Sports Medicine*, 48(4), 799–836. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0836-6>
- Scott, M. T. U., Scott, T. J., y Kelly, V. G. (2016). The validity and reliability of Global Positioning Systems in team sport. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1470–1490. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001221>
- Serrano, C., Felipe, J. L., Garcia-Unanue, J., Ibañez, E., Hernando, E., Gallardo, L., & Sanchez-Sanchez, J. (2020). Local Positioning System analysis of physical demands during official matches in the spanish futsal league. *Sensors*, 20(17), 4860. <https://doi.org/10.3390/s20174860>
- Shafizadeh, M., Taylor, M., y Peñas, C. L. (2013). Performance consistency of international soccer teams in Euro 2012: A time series analysis. *Journal of Human Kinetics*, 38, 213–226. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0061>

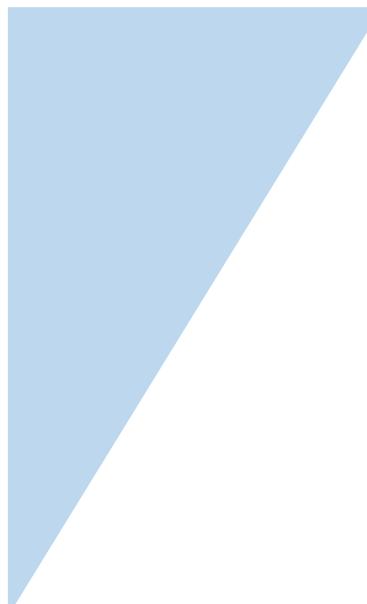
- Shaher A. I. Shalfawi, y Leif Inge Tjelta. (2016). A critical evaluation of the aerobic capacity demands of elite male soccer players. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 28(2), 200–212. <https://doi.org/10.24985/ijass.2016.28.2.200>
- Silva, J. R., Brito, J., Akenhead, R., y Nassis, G. P. (2016). The transition period in soccer: A window of opportunity. *Sports Medicine*, 46(3), 305–313. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0419-3>
- Smith, M. R., Thompson, C., Marcora, S. M., Skorski, S., Meyer, T., y Coutts, A. J. (2018). Mental fatigue and soccer: current knowledge and future directions. *Sports Medicine*, 48(7), 1525–1532. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0908-2>
- Smpokos, E., Mourikis, C., y Linardakis, M. (2018a). Seasonal changes of physical (motor) activities in professional Greek football players. *Trends in Sport Sciences*, 25(2), 99–107. <https://doi.org/10.23829/TSS.2018.25.2-6>
- Smpokos, E., Mourikis, C., y Linardakis, M. (2018b). Seasonal physical performance of a professional team's football players in a national league and European matches. *Journal of Human Sport and Exercise*, 13(4), 720–730. <https://doi.org/10.14198/jhse.2018.134.01>
- Sousa, H., Clemente, F., Gouveia, É., Field, A., y Sarmiento, H. B. (2024). Effects of changing the head coach on soccer team's performance: A systematic review. *Biology of Sport*, 41(2), 83–94. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2024.131816>
- Suarez-Arrones, L., Lara-Lopez, P., Maldonado, R., Torreno, N., De Hoyo, M., Nakamura, F. Y., Di-Salvo, V., y Mendez-Villanueva, A. (2019). The effects of detraining and retraining periods on fat-mass and fat-free mass in elite male soccer players. *PeerJ*, 7, e7466. <https://doi.org/10.7717/peerj.7466>
- Taberner, M., Allen, T., O'Keefe, J., Richter, C., Cohen, D., Harper, D., y Buchheit, M. (2023). Interchangeability of optical tracking technologies: Potential

- overestimation of the sprint running load demands in the English Premier League. *Science and Medicine in Football*, 7(4), 374–383.  
<https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2107699>
- Taberner, M., O’Keefe, J., Flower, D., Phillips, J., Close, G., Cohen, D. D., Richter, C., y Carling, C. (2020). Interchangeability of position tracking technologies; can we merge the data? *Science and Medicine in Football*, 4(1), 76–81.  
<https://doi.org/10.1080/24733938.2019.1634279>
- Taylor, J. B., Mellalieu, S. D., James, N., y 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>
- Team, J. A. S. P. (2018). *JASP* (Version 0.9. 0.1). Computer Software.
- Torres-Ronda, L., Beanland, E., Whitehead, S., Sweeting, A., y Clubb, J. (2022). Tracking systems in team sports: A narrative review of applications of the data and sport specific analysis. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 15.  
<https://doi.org/10.1186/s40798-022-00408-z>
- Trewin, J., Meylan, C., Varley, M. C., y Cronin, J. (2017). The influence of situational and environmental factors on match-running in soccer: A systematic review. *Science and Medicine in Football*, 1(2), 183–194.  
<https://doi.org/10.1080/24733938.2017.1329589>
- Ugalde-Ramírez, A. (2020). Physical activities according to playing positions, match outcome, and halves during the 2018 Soccer World Cup. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(06), 3635–3641.

- Van Gool, D., Van Gerven, D., y Boutmans, J. (2013). The physiological load imposed on soccer players during real match-play. In *Science and Football* (pp. 51–59). Routledge Revivals.
- Venzke, J., Weber, H., Schlipfing, M., Salmen, J., y Platen, P. (2023). Metabolic power and energy expenditure in the German Bundesliga. *Frontiers in Physiology, 14*, 1142324. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1142324>
- Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G., y Hautier, C. (2010). Activity profile in elite Italian soccer team. *International Journal of Sports Medicine, 31*(05), 304–310. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248320>
- von Elm, E., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., y Vandembroucke, J. P. (2014). The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: Guidelines for reporting observational studies. *International Journal of Surgery, 12*(12), 1495–1499. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2014.07.013>
- Wallace, J. L., y Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966–2010: Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport, 17*(2), 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.016>
- Wehbe, G., Hartwig, T., y Duncan, C. (2014). Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 28*(3), 834–842. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a35dd1>
- West, B. T., Welch, K. B., & Galecki, A. T. (2022). *Linear Mixed Models: A practical guide using statistical software*. Chapman and Hall/CRC. 3<sup>rd</sup> Edition. New York. <https://doi.org/10.1201/9781003181064>

- Yang, G., Leicht, A. S., Lago, C., y Gómez, M. Á. (2018). Key team physical and technical performance indicators indicative of team quality in the soccer Chinese super league. *Research in Sports Medicine*, 26(2), 158–167.  
<https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1431539>
- Yi, Q., Gómez, M. A., Wang, L., Huang, G., Zhang, H., y Liu, H. (2019). Technical and physical match performance of teams in the 2018 FIFA World Cup: Effects of two different playing styles. *Journal of Sports Sciences*, 37(22), 2569–2577.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1648120>





**Resumen**

**Introducción**

**Capítulo 1: Marco teórico**

**Capítulo 2: Evolución del rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 3: Influencia de aspectos reglamentarios sobre el rendimiento físico en el fútbol profesional**

**Capítulo 4: La influencia de variables contextuales durante los partidos**

**Capítulo 5: Influencia de variables contextuales durante la temporada**

**Capítulo 6: Discusión**

**Capítulo 7: Fortalezas, limitaciones y perspectivas de futuro**

**Capítulo 8: Aplicaciones prácticas y conclusiones**

**Referencias bibliográficas**

**Artículos originales**



## Longitudinal match running performance analysis of soccer in professional European leagues: A systematic review

J. C. Ponce-Bordón, M. A. López-Gajardo, D. Lobo-Triviño, J. J. Pulido & T. García-Calvo

**To cite this article:** J. C. Ponce-Bordón, M. A. López-Gajardo, D. Lobo-Triviño, J. J. Pulido & T. García-Calvo (25 Apr 2024): Longitudinal match running performance analysis of soccer in professional European leagues: A systematic review, International Journal of Performance Analysis in Sport, DOI: [10.1080/24748668.2024.2343579](https://doi.org/10.1080/24748668.2024.2343579)

**To link to this article:** <https://doi.org/10.1080/24748668.2024.2343579>

 [View supplementary material](#) 

 [Published online: 25 Apr 2024.](#)

 [Submit your article to this journal](#) 

 [View related articles](#) 

 [View Crossmark data](#) 



# Longitudinal match running performance analysis of soccer in professional European leagues: A systematic review

J. C. Ponce-Bordón <sup>a</sup>, M. A. López-Gajardo <sup>b</sup>, D. Lobo-Triviño <sup>a</sup>, J. J. Pulido <sup>c</sup>  
and T. García-Calvo <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, Cáceres, Spain; <sup>b</sup>Faculty of Health and Sport Sciences, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain; <sup>c</sup>Faculty of Education and Psychology, University of Extremadura, Cáceres, Spain

## ABSTRACT

This systematic review aimed to poll the current literature on match running performance in soccer matches in the European leagues with a longitudinal perspective. An electronic database search (Web of Science, Scopus, SportDiscus, and PubMed) was conducted (until 30 January 2024). Potential studies were searched by using different combinations of groups of keywords and criteria: including being about professional soccer in European leagues, measuring match running performance, and using tracking technology to measure players' performance. A total of 3,756 papers were reviewed and after two screening phases, a total of 41 papers were selected. This review showed that total distance (TD) covered by soccer players in full matches ranged from  $11,393 \pm 1,016$  m in the earliest season to  $10,698 \pm 844$  m in the most recent season. Also, a decrease in the second halves of matches was found in TD. A wide range of speed thresholds was found to record the high-speed running (HSR) and a light trend towards an increase was reported by HSR. In addition, match analysis outcomes per playing positions reported a wide variety of physical profiles. The authors suggest the need to understand the evolution of match running performance to optimise soccer players performance.

## ARTICLE HISTORY

Received 17 November 2023  
Accepted 11 April 2024

## KEYWORDS

Football; team sports; technology; time-motion analysis; video tracking

There is a growing body of literature that recognises the importance of tracking technology to monitor the external load on soccer competitions (Torres-Ronda et al., 2022). Research have shown that soccer matches have an intermittent movement profile with lower intensity activity and shorter bursts of higher intensity activity, interspersed with irregular periods of rest (Bangsbo et al., 2006). Specifically, it is well known that soccer players cover between 10 and 12 kilometres per match on average (Hands & Janse de Jonge, 2020). However, the contextual-related variables can influence on the external load of soccer players during stages of matches and therefore limit the comparability of studies (Castellano et al., 2011). Moreover, research have reported that match physical demands have significantly evolved during the last years (Barnes et al., 2014). Particularly, previous studies have shown a decrease throughout the years in total

**CONTACT** M. A. López-Gajardo  [miguelangel.lopez@unizar.es](mailto:miguelangel.lopez@unizar.es)  Faculty of Health and Sport Sciences, University of Zaragoza, C/ Avenida de la Universidad, s/n, Zaragoza 10003, Spain

 Supplemental data for this article can be accessed online at <https://doi.org/10.1080/24748668.2024.2343579>

© 2024 Cardiff Metropolitan University

distance (TD) and an increase in distance covered and efforts performed at high intensity (Errekagorri et al., 2022; Pons et al., 2021). Thus, it would be interesting to know these variations to be careful when practitioners prepare soccer teams for the requirements of the upcoming matches and to maintain the fitness and health of players (Almulla et al., 2020).

Tracking technology systems are deeply integrated into professional soccer (Carling et al., 2008; Murray & Varley, 2019). To record the external load of soccer teams and players' physical activity profiles during official matches, there is video tracking technology that provides detailed information from the multiple capture systems settled around the stadiums (Castagna et al., 2017). The main semi-automatic systems are the French-based AMISCO<sup>®</sup> (Nice, France), which was initially used during the 2002/03 season in the Spanish professional soccer league (Martínez et al., 2004); the UK-based Prozone<sup>®</sup> (Leeds, UK), which was subsequently integrated in English Premier League (EPL; DiSalvo et al., 2006); and New York-based TRACAB<sup>®</sup> (New York, EEUU), which have recently integrated in the Spanish professional soccer league and German Bundesliga (Linke et al., 2020). This technology has been validated by several studies on different European soccer leagues (Ellens et al., 2022; Pons et al., 2019) and provide useful information about the physical, technical, and tactical demands of teams and players during official matches and championships (Buchheit et al., 2014).

A considerable amount of literature has been published on soccer match physical demands. However, to our knowledge, a major limitation of research about match running performance has been the comparison between professional soccer leagues. For instance, Dellal et al. (2011) compared the match running performance in professional soccer players across two major European championships: Spanish LaLiga and EPL, and they found that EPL players generally covered greater distances in sprinting. Dellal et al. (2011) study is one of few which compare the physical performance between different soccer leagues. Nevertheless, different speed thresholds have been used in other previous studies based on AMISCO<sup>®</sup> or TRACAB<sup>®</sup> tracking technology. These issues may involve a direct effect on the physical performance of soccer players during matches and limit the comparability of studies. Therefore, the aim of this systematic review was to identify and analyse the based match running performance literature in soccer matches in the professional European leagues with a longitudinal perspective.

## 1. Method

This systematic review was conducted and reported in accordance with the PRISMA (Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-Analyses) statement (<https://www.prisma-statement.org/>), and also pre-registered in PROSPERO (identification number: CRD42022346735).

### 1.1. Eligibility criteria and literature search

A literature search was conducted to identify suitable research in the most representative electronic databases (Web of Science, Scopus, SportDiscus, and PubMed) and published in scientific journals until the 30 January 2024. Potential studies were searched following keywords as search terms: (i) "football" OR "soccer"; (ii) "match"; (iii) "match physical

demands” OR “match running performance” OR “physical performance” OR “external load” (see Supplemental Table 1). In addition, reference lists of identified articles were checked for relevant studies, and any articles that were known to the authors were also included. Thus, the different combinations without restricting terms helped to include in this preliminary stage a high number of references minimising the risk of missing relevant studies.

## **2.2. Study selection**

There were several main stages to the selection process, which were based on the list of publications retrieved from the databases and the additional documents included by authors (see the flow of search results in [Figure 1](#)). All these stages were carried out by two researchers by duplicate (JCPB and DLT). In addition, during the process, discrepancies were discussed with a third reviewer (MALG) until 100% consensus was reached. First, these two authors completed the search and compared their results to ensure that the same number of articles had been found. Second, duplicate articles identified in the first step were excluded before screening. Third, both authors independently checked the title and abstracts for eligibility verifying the following inclusion criteria: (a) soccer was analysed; (b) included a sample of matches; (c) studies analysed the match running performance or external load. Fourthly, articles were excluded according to the following exclusion criteria: (i) non-existence of full text; (ii) original article not written in English; (iii) books and thesis dissertation (i.e. grey literature); (iv) the study was a review or meta-analyses; and (v) qualitative research. Finally, another more comprehensive selection process was introduced, in which manuscripts were omitted from the review if they meet any of the following criteria: (i) pre-season games; (ii) congested fixture; (iii) non full matches or time windows (i.e. worst case scenarios); (iv) national teams; (v) international and domestic cup games; (vi) no display metrics; (vii) collective metrics (i.e. sum of all players); (viii) influence of variables (i.e. ball possession); (ix) only one position analysed; (x) goalkeepers were included in the analysis; (xi) only one team analysed; (xii) female soccer teams; (xiii) youth soccer teams; (xiv) non-European leagues; (xv) less than 10 games; and (xvi) non-professional teams. The last two criteria were considered to minimise the effect of contextual variables, such as match location or quality of opposition, so this review focused only on studies who reported more than 10 matches per season and more than one soccer team. In addition, issues such as the methods of monitoring the external load with tracking technology were address, aimed to provide a clear overview of external load of professional European soccer leagues during the past decades. Last, Kappa statistic ( $\kappa$ ) was employed to check the reliability of agreement (Cohen, 1968).

## **2.3. Data extraction and summary measures**

The data were extracted by one reviewer (JCPB), comprising broadly of the following: study characteristics and the match analysis outcome measures. Study characteristics included such variables as the country and league in which the study was conducted; the seasons that were analysed, and hence the number of matches and players included, as well as the number of observations recorded. Tracking technology and supplier were also obtained.



**Table 1.** Study characteristics and match analysis outcomes for total distance and relative total distance, for full matches and each half ( $M \pm SD$ ).

Season	Authors	Country	Matches	Players	Observations	Company	Full match	1st half	2nd half
<i>Total distance (in metres)</i>									
2002/2003–2003/2004	Di-Salvo et al. (2007)**	Spain and England	30	300	NS	AMISCO <sup>1</sup>	11,393 ± 1,016	5,709 ± 485	5,684 ± 663
2004/2005	Rampinini et al. (2009)	Italy	416	186	363	SICS <sup>2</sup>	11,828*	5,966	5,862
2005/2006	Bradley et al. (2009)	England	28	370	NS	Prozone <sup>3</sup>	10,714 ± 991	5,422 ± 561	5,292 ± 508
2005/2006	Lago-Peñas et al. (2009)	Spain	18	127	NS	AMISCO <sup>1</sup>	10,943 ± 935	5,503 ± 538	5,440 ± 522
2005/2006	Dellal et al. (2010)	France	Full season	NS	5,938	AMISCO <sup>1</sup>	11,214 ± 906*		
2005/2006	Castellano et al. (2011)	Spain	Full season	NS	434	AMISCO <sup>1</sup>	11,334 ± 450*		
NS	Bradley et al. (2010)	European Leagues	14	100	NS	Prozone <sup>4</sup>	10,859 ± 980	5,482 ± 522	5,376 ± 510
2006/2007	Bradley et al. (2011)	England	20	153	NS	Prozone <sup>4</sup>	10,698 ± 1,030*	5,392 ± 524	5,307 ± 564
2006/2007	Dellal et al. (2011)**	England	600	NS	4,704	AMISCO <sup>5</sup>	11,095 ± 794*		
NS	Bradley and Noakes (2013)	Spain	Full season	190	1,896	Prozone <sup>3</sup>	10,893 ± 882*	5,422 ± 514	5,300 ± 524
2006/2007–2009/2010	Di-Salvo et al. (2013)	England	89	1,241	26,449	Prozone <sup>3</sup>	10,746 ± 964		
2006/2007	Barnes et al. (2014)#	England	Full season	1,036	14,700	Prozone <sup>3</sup>	10,679 ± 956		
2007/2008	Osgnach et al. (2010)	Italy	56	399	NS	SICS <sup>2</sup>	10,950 ± 1,044		
2010/2011–2013/2014	Andrzejewski, Konefat, et al. (2016)	Poland	81	1,178	NS	AMISCO <sup>1</sup>	11,295 ± 652*		
2011/2012–2016/2017	Klemp et al. (2022)	Germany	279	NS	NS	VISTRACK <sup>6</sup>	10,501 ± 419		
2012/2013	Barnes et al. (2014)#	England	Full season	1,036	14,700	Prozone <sup>3</sup>	10,881 ± 885		
2012/2013–2014/2015	Sal de Rellán-Guerra et al. (2019)	Germany	918	18	14,546	VISTRACK <sup>6</sup>	10,756 ± 919*		
2013/2014	Castagna et al. (2017)**	Germany, England, and Spain	60	1,200	NS	Prozone <sup>3</sup>	10,672 ± 347		
2013/2014	Rivilla-García et al. (2019)	Spain	380	230	NS	TRACAB <sup>7</sup>	9,268 ± 960	4,729 ± 566	4,537 ± 480
2013/2014	Asian-Clemente et al. (2019)	Spain	Full season	NS	9,641	TRACAB <sup>7</sup>	10,410 ± 888*		
2013/2014–2015/2016	Moreno-Perez et al. (2021)	Spain	Full season	144	NS	TRACAB <sup>7</sup>	9,295 ± 1,266		
2014/2015	Andrzejewski, Pluta, et al. (2016)	Germany	306	350	4,393	VISTRACK <sup>6</sup>	10,970 ± 620*		
2014/2015–2016/2017	Chmura et al. (2018)	Germany	918	556	13,039	VISTRACK <sup>6</sup>	10,820 ± 220*		
2014/2015–2018/2019	Chmura et al. (2021)	Germany	1,530	779	21,971	VISTRACK <sup>6</sup>	10,920 ± 700*		

(Continued)

Table 1. (Continued).

Season	Authors	Country	Matches	Players	Observations	Company	Full match	1st half	2nd half
2015/2016–2018/2019	García-Calvo, Huertas, et al. (2023b) <sup>^</sup>	Spain	1,985	1,037	36,883	TRACAB <sup>7</sup>	10,352 ± 925*		
2016/2017	Venzke et al. (2023)	Germany	96	380	1,345	SICS <sup>2</sup>	10,531 ± 950	5,260 ± 296	5,127 ± 361
2016/2017–2019/2020	Jerome et al. (2023) <sup>^</sup>	Major European League		1,083		SportsVU <sup>8</sup>	10,960 ± 371		
2017/2018	Rey et al. (2019)	Spain	Full season	419	10,739	TRACAB <sup>7</sup>	10,210 ± 950*		
2018/2019	Lago-Peñas et al. (2020)	Spain	297	412	4,249	TRACAB <sup>7</sup>	10,385 ± 715*		
2018/2019	Dijkhuis et al. (2021)	Netherlands	302	480	4,935	SportsVU <sup>8</sup>	10,181 ± 224*		
2018/2019	Altmann et al. (2023)	Germany	267	474	3,731	TRACAB <sup>7</sup>	10,940 ± 880		
2019/2020	Altmann et al. (2021)	Germany	163	25	1,964	TRACAB <sup>7</sup>	10,870 ± 930		
2019/2020	Radziński et al. (2022)	Poland		209	3,137	TRACAB <sup>7</sup>	10,698 ± 844		
<i>Relative total distance (in metres per minute)</i>									
2006/2007–2008/2009	Bradley and Noakes (2013)	England	Full season	169	NS	Prozone <sup>3</sup>	112.9 ± 1.4	115.3 ± 1.5	110.6 ± 1.5
2012/2013	Bradley et al. (2014)	England	Full season	NS	810	Prozone <sup>3</sup>	112.3 ± 10.3	119.8 ± 12.6	105.9 ± 16.2
2014/2015	Padrón-Cabo et al. (2018)	Spain	Full season	943	NS	TRACAB <sup>7</sup>	106.3 ± 10.4		
2015/2016–2018/2019	Ponce-Bordón et al. (2021)	Spain	Full season	1,037	36,883	TRACAB <sup>7</sup>	112.9		
2015/2016–2018/2019	García-Calvo, Huertas, et al. (2023b) <sup>^</sup>	Spain	1,985	1,037	36,883	TRACAB <sup>7</sup>	112.5 ± .62*		
2016/2017–2019/2020	Jerome et al. (2023) <sup>^</sup>	Major European League		1,083		SportsVU <sup>8</sup>	114 ± 4		
2018/2019	Rey et al. (2020)	Spain	Full season	412	4,249	TRACAB <sup>7</sup>	108.2 ± 10.15*	112.2 ± 10.5	104.2 ± 9.8
2018/2019	Lorenzo-Martínez et al. (2021)	Germany	Full season	431	6,631	TRACAB <sup>7</sup>	118.5 ± 9.26		
2018/2019–2019/2020	Raya-González et al. (2022a)	Spain	828	161	NS	TRACAB <sup>7</sup>	110 ± 1.04*		
2019/2020	Raya-González et al. (2022b)	Spain	760	925	23,527	TRACAB <sup>7</sup>	110 ± .41*		
2019/2020	García-Calvo et al. (2022)	Spain	760	457	8,347	TRACAB <sup>7</sup>	110.3 ± .38		

NS = non-specified; \* = values calculate manually from original study; \*\* = same study with different countries; # = same study with different seasons; ^ = same study with both type of values; <sup>1</sup> = AMISCO Pro<sup>®</sup>, (version 1.0.2, Nice, France); <sup>2</sup> = SICS (Digital Stadium, Bassano del Grappa, Italy); <sup>3</sup> = Prozone (Prozone Sports Ltd<sup>®</sup>, Leeds, UK); <sup>4</sup> = ProZone Version 3.0 (ProZone Sports Ltd., Leeds, UK); <sup>5</sup> = AMISCO Pro<sup>®</sup> (Sport-Universal, Nice, France); <sup>6</sup> = VISTRACK, by Impire Corp., Germany; <sup>7</sup> = TRACAB (ChyronHego VID, New York, NY); <sup>8</sup> = SportsVU (SportsVU, STATS LLC, Chicago, IL, U.S.A.).

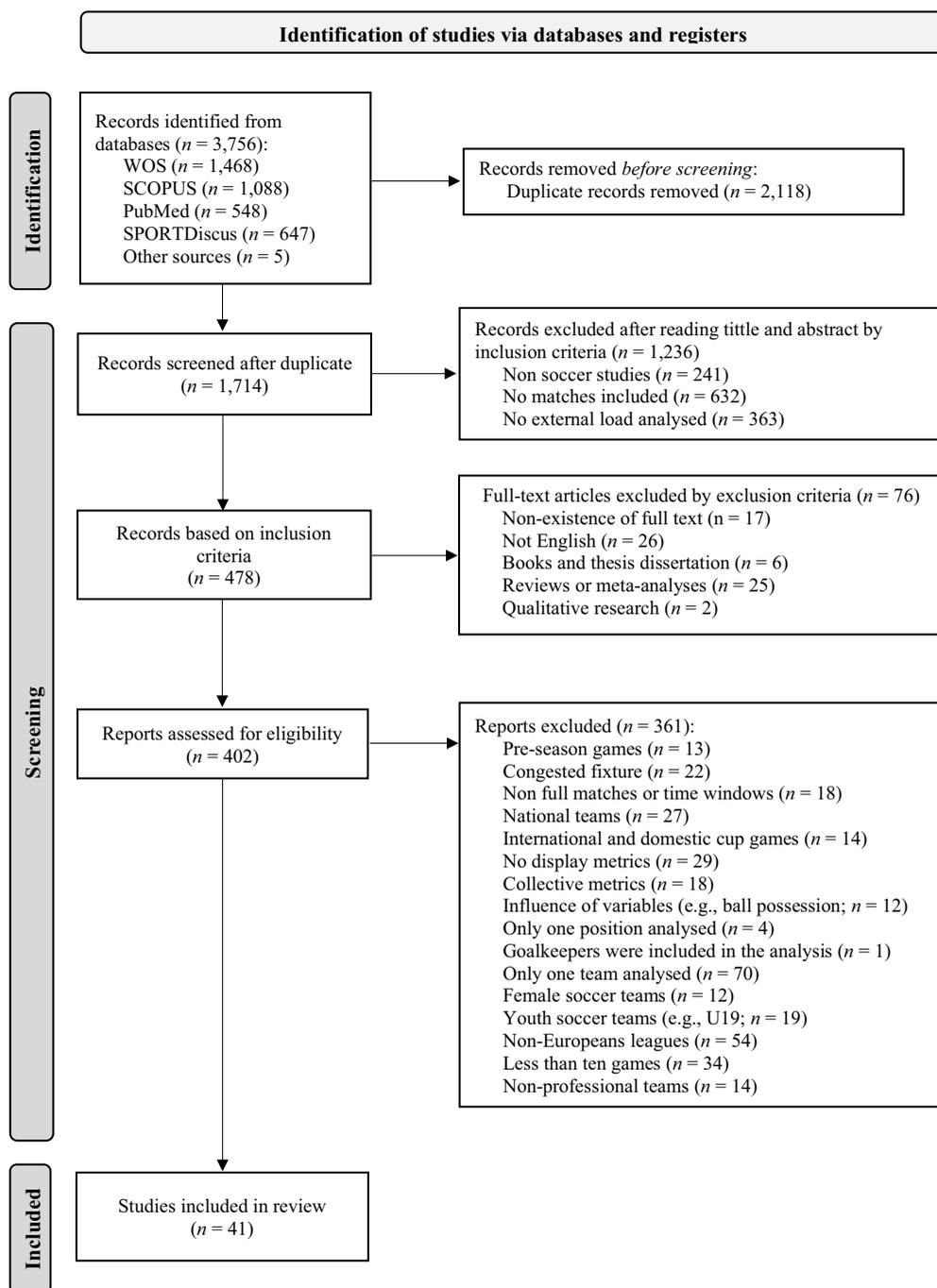


Figure 1. Preferred reporting items for systematic reviews (PRISMA) flow diagram.

Match analysis outcome measures extracted included the TD covered and high speed running distance (HSR) assessed in different thresholds (e.g.  $17.1\text{--}21\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $19.8\text{--}25.1\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  or  $>25.2\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) as reported over the full match duration, as well as in each half where available. Summary data are presented as the mean for TD and HSR for those studies

in the same league that reported on these variables. Furthermore, summary data per playing position are presented for TD and HSR. This summary data allows for a comparison between match running performance of various European leagues over years.

#### **2.4. Methodological quality assessment**

The quality assessment of each study was examined adapting and creating an specific instrument based on the Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE; von Elm et al., 2014) guide and the Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) statement, as well as following other check-list previously used in the research topic (e.g. Castellano et al., 2014). The criteria referred to both the methodology and content of the documents and where they were published. Concretely, this tool measured the following aspects: (a) indexed journal inclusion, (b) sample or participants, (c) data collection, (d) validity and reliability of technology, and (e) data exposure. Eight of these were scored on a binary scale rated as 1 (*meets criteria*) and 0 (*does not meet criteria*), while the other contained three levels (0 = *Not stated*; 1 = *Mentioned*; 2 = *Measured*), in which the maximum score possible equated to 10. The overall quality of each publication was defined as the sum of the nine criterion scores (see Supplemental Table 2). These included articles were assessed by two authors (JCPD and DLT) and any discrepancies between the two authors were resolved by consensus with a third review author (MALG). To ensure there was an acceptable level of inter-rater agreement, Cohen's kappa coefficient ( $k$ ) was calculated.

### **3. Results**

#### **3.1. Search results and study selection**

The PRISMA protocol, as shown in [Figure 1](#), was used to determine the strategy for study selection for the present systematic review. The total combined result of the database search and screening references lists identified 3,756 articles. Before screening, 2,118 records were excluded by duplicates. Following title and abstract inspection, 1,236 articles were deemed irrelevant by inclusion criteria, leaving 478 eligible articles for full-text screening. Then, 76 articles were excluded by exclusion criteria, leaving 402 for eligibility. Finally, following the full-text screening, 41 articles were included in the systematic review (see [Figure 1](#)). The kappa index was calculated to check the results of the inter-observer reliability analysis, showing strong initial agreement between the two authors (.86; Cohen, 1968; McHugh, 2012).

#### **3.2. Quality of studies**

Studies that met the inclusion criteria for the review are presented (see Supplemental Table 3), alongside their quality assessment ratings. There was good agreement between authors for the quality of studies ( $kappa = .88$ ;  $p < .001$ ). The mean methodological quality score for the 41 articles was 7.33 from a possible 10. The identified deficiencies in the 41 studies concerned a few quality criteria. Concerning to criterion four and five, several studies failed to clearly specify the number and the duration of recordings (i.e.



**Table 2.** Match analysis outcomes for high-speed running distance, for full matches and each half ( $M \pm SD$ ).

Season	Authors	Country	Thresholds velocity		
			HSR	VHSR	Sprint
Total distance (in metres)					
2002/2003–2003/2004	Di-Salvo et al. (2007)	Spain and England	605 ± 114*	19.1–23 km·h <sup>-1</sup>	337 ± 94*
2004/2005	Rampinini et al. (2009)	Italy	3,947*	>14 km·h <sup>-1</sup>	>19 km·h <sup>-1</sup>
2005/2006	Bradley et al. (2009)	England	662 ± 113*	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>	>19.8 km·h <sup>-1</sup>
2005/2006	Lago-Peñas et al. (2009)	Spain	540 ± 151*	19.1–23 km·h <sup>-1</sup>	307 ± 129*
2005/2006	Dellal et al. (2010)	France	296 ± 63*	21–24 km·h <sup>-1</sup>	236 ± 73
2005/2006	Castellano et al. (2011)	Spain	808 ± 135*	17.1–21 km·h <sup>-1</sup>	223 ± 73*
NS	Bradley et al. (2010)	European Leagues	660 ± 154	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>	251 ± 84
2006/2007	Bradley et al. (2011)	England	293 ± 62	21–24 km·h <sup>-1</sup>	253 ± 74*
2006/2007	Dellal et al. (2011)**	England	277 ± 60	21–24 km·h <sup>-1</sup>	229 ± 71*
NS	Bradley et al. (2013)	Spain	681 ± 215	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>	248 ± 119
2006/2007–2009/2010	Di-Salvo et al. (2013)	England	693 ± 214	19.9–25.2 km·h <sup>-1</sup>	258 ± 122
2006/2007	Barnes et al. (2014)#	England	890 ± 299	>19.8 km·h <sup>-1</sup>	232 ± 114
2007/2008	Osgnach et al. (2010)	Italy	546 ± 178	19–22 km·h <sup>-1</sup>	531 ± 214
2010/2011–2013/2014	Andrzejewski, Konefat, et al. (2016)	Poland	317 ± 97*	21–24 km·h <sup>-1</sup>	273 ± 110*
2011/2012–2016/2017	Klemp et al. (2022)	Germany	2,582 ± 319*	>14.4 km·h <sup>-1</sup>	357 ± 246*
2012/2013	Barnes et al. (2014)#	England	1,151 ± 337	>19.8 km·h <sup>-1</sup>	350 ± 139
2013/2014	Castagna et al. (2017)	Germany, England, and Spain	482 ± 67	18.9–21.9 km·h <sup>-1</sup>	>21.9 km·h <sup>-1</sup>
2013/2014	Rivilla-García et al. (2019)	Spain	448 ± 156	>21 km·h <sup>-1</sup>	>24 km·h <sup>-1</sup>
2013/2014	Asian-Clemente et al. (2019)	Spain	472 ± 204*	>21 km·h <sup>-1</sup>	227 ± 132*
2013/2014–2015/2016	Moreno-Perez et al. (2021)	Spain	485 ± 92*	>24 km·h <sup>-1</sup>	>24 km·h <sup>-1</sup>
2014/2015	Andrzejewski, Pluta, et al. (2016)	Germany	2,420 ± 430*		>4 m·s <sup>-1</sup>

(Continued)

Table 2. (Continued).

Season	Authors	Country	Thresholds velocity		
			HSR	VHSR	Sprint
2014/2015–2016/ 2017	Chmura et al. (2018)	Germany	900 ± 190*	17–20.9 km·h <sup>-1</sup> 350 ± 90*	21–23.9 km·h <sup>-1</sup> 280 ± 180*
2015/2016–2018/ 2019	García-Calvo, Fernandez-Navarro, et al. (2023a) ^	Spain	285 ± 102*	21–24 km·h <sup>-1</sup> 278 ± 146*	>24 km·h <sup>-1</sup>
2016/2017	Venzke et al. (2023)	Germany	1,638 ± 458	>15 km·h <sup>-1</sup>	>7.0 m·s <sup>-1</sup>
2016/2017–2019/ 2020	Jerome et al. (2023)^	Major European League	706 ± 78	5.47–7.0 m·s <sup>-1</sup>	
2017/2018	Rey et al. (2019)	Spain	508 ± 211*	>21 km·h <sup>-1</sup>	250 ± 141*
2018/2019	Lago-Peñas et al. (2020)	Spain	605 ± 186*	>21 km·h <sup>-1</sup>	302 ± 132*
2018/2019	Dijkhuis et al. (2021)	Netherlands	558 ± 37*	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>	302 ± 132*
2018/2019	Altmann et al. (2023)	Germany	1,350 ± 370	17–23.9 km·h <sup>-1</sup>	280 ± 140
2019/2020	Altmann et al. (2021)	Germany	1,340 ± 560	17–23.9 km·h <sup>-1</sup>	270 ± 140
2019/2020	Radziwiński et al. (2022)	Poland	700 ± 210	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>	162 ± 102
<i>Relative total distance (in metres per minute)</i>					
2006/2007–2008/ 2009	Bradley and Noakes (2013)	England	28.1 ± 1.0	>14.4 km·h <sup>-1</sup>	2.61 ± 0.15
2012/2013	Bradley et al. (2014)	England	7.8 ± 3.0*	19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>	2.85 ± 1.85*
2014/2015	Padrón-Cabo et al. (2018)	Spain	2.5 ± 1.0	21–24 km·h <sup>-1</sup>	2.5 ± 1.4
2015/2016–2018/ 2019	Ponce-Bordón et al. (2021)	Spain	6.78 ± 1.1*	>21 km·h <sup>-1</sup>	>24 km·h <sup>-1</sup>
2015/2016–2018/ 2019	García-Calvo, Fernandez-Navarro, et al. (2023a) ^	Spain	3.41 ± .06*	21–24 km·h <sup>-1</sup>	>24 km·h <sup>-1</sup>
2016/2017–2019/ 2020	Jerome et al. (2023)^		7.4 ± 8	5.47–7.0 m·s <sup>-1</sup>	2.0 ± .2
2018/2019	Rey et al. (2020)	Spain	2.95 ± 1.2*	21.1–24 km·h <sup>-1</sup>	2.9 ± 1.75*
2018/2019–2019/ 2020	Raya-González et al.	Spain	6.79 ± .19*	18–21 km·h <sup>-1</sup>	2.83 ± .16*
2019/2020	Raya-González et al.	Spain	4.01 ± .04*	21.1–24 km·h <sup>-1</sup>	>24 km·h <sup>-1</sup>
2019/2020	García-Calvo et al. (2022)	Spain	15.98 ± .09	>18 km·h <sup>-1</sup>	>24 km·h <sup>-1</sup>

NS = non-specified; HSR = high-speed running; VHSR = very high-speed running; Sprint = Sprint distance; \* = values calculate manually from original study; \*\* = same study with different countries; # = same study with different seasons; ^ = same study with both type of values.

first or second half, or the whole match). A distinction between playing positions (criteria six) was not analysed in 15 studies. Other studies lacked information in relation to quality criterion seven. Specifically, three studies made no reference to any research on the validity or reliability of the recording system they used. Finally, there were deficiencies in relation to quality criterion eight, which referred to the inclusion of contextual variables such as match status, match location, type of competition, or quality of the opponent. Most studies reported on a single league, but three studies reported the comparison between two or three leagues.

### **3.3. General description of the studies**

Table 1 presents the characteristics of all included studies concerning the season (s) in which the study was conducted, country, the number of matches included, the sample size of soccer players and the resulting number of recorded observations. The examined seasons ranged from 2002/2003 as the earliest season, to 2019/2020 as the most recent. The number of matches analysed ranged from 14 to 1,985, while the player sample size ranged from 18 to 1,241 soccer players. The number of observations also varied, ranging from 363 to 36,883. Only three studies reported data from different leagues (i.e. two or three countries analysed) and the remainder studies only reported data from a single country. In terms of the use of tracking technology, all studies used the video tracking technology, with TRACAB as the most reported.

### **3.4. Match running performance analysis**

The match running performance analysis over full matches, as well as each half, is also presented in Table 1. The TD in full matches ranged from  $11,393 \pm 1,016$  m (Di-Salvo et al., 2007) in the earliest season to  $10,698 \pm 844$  m (Radzimiński et al., 2022) in the most recent season. TD in each half was reported by only 10 studies, ranging from  $5,709 \pm 485$  m in 2002/2003 season (Di-Salvo et al., 2007) to  $5,275 \pm 223$  m in 2018/2019 season (Dijkhuis et al., 2021) in the first half and  $5,684 \pm 663$  m in 2002/2003 season (Di-Salvo et al., 2007) to  $4,906 \pm 225$  m in 2018/2019 season (Dijkhuis et al., 2021) in the second half.

Table 2 reported the match running performance over full matches considering several thresholds for TD and TD/min. For the HSR threshold, values ranged from  $605 \pm 114$  m in 2002/03 season (Di-Salvo et al., 2007) to  $700 \pm 210$  m in 2019/20 season (Radzimiński et al., 2022). For the VHRS threshold, values ranged from  $271 \pm 58$  m in 2005/06 season (Castellano et al., 2011) to  $302.5 \pm 112$  m in 2018/2019 season (Lago-Peñas et al., 2020). Finally, for the Sprint threshold, values ranged from  $255 \pm 64$  m in 2005/2006 season (Bradley et al., 2009) to  $270 \pm 140$  m in 2019/2020 season (Altmann et al., 2021).

Match running performance analysis per playing position was reported for TD (Table 3) and HSR (Table 4). The playing positions reported were central defenders (CD), wide defender (WD), central midfielder (CM), wide midfielder (WM) and forward (FW). A total of 26 studies reported on position-specific TD, of which 20 reported on TD covered in metres and six reported on TD covered in metres per minute (i.e. relatives' values). The TD was reported for CD, WD, CM, WM, and FW by most studies, except for

Table 3. Match analysis outcomes for total distance and relative total distance per playing position ( $M \pm SD$ ).

Season	Authors	Country	Player positions				
			CD	WD	CM	WM	FW
<i>Total distance (in metres)</i>							
2002/2003–2003/2004	Di-Salvo et al. (2007)	Spain and England	10,627 ± 893	11,410 ± 708	12,027 ± 625	11,990 ± 776	11,254 ± 894
2005/2006	Bradley et al. (2009)	England	9,885 ± 555	10,710 ± 589	11,450 ± 608	11,535 ± 933	10,314 ± 1,175
2005/2006	Lago-Peñas et al. (2009)	Spain	10,070 ± 534	11,056 ± 619	11,541 ± 594	11,659 ± 935	10,626 ± 1,242
2005/2006	Dellal et al. (2010)	France	10,425 ± 808	10,655 ± 860	11,613 ± 942*	12,029 ± 977	10,942 ± 978
NS	Bradley et al. (2010)	European Leagues	10,057 ± 582	10,763 ± 627	11,411 ± 486	11,491 ± 996	10,504 ± 1,090
2006/2007	Bradley et al. (2011)	England	10,216 ± 827*		11,565 ± 666*		10,374 ± 904*
2006/2007	Dellal et al. (2011)**	England	10,617 ± 857	10,775 ± 645	11,667 ± 758*	11,040 ± 757	10,802 ± 991
NS		Spain	10,496 ± 772	10,649 ± 786	11,125 ± 1,038*	11,240 ± 761	10,717 ± 901
2006/2007–2009/2010	Bradley et al. (2013)	England	9,816 ± 567	10,730 ± 623	11,445 ± 647	11,612 ± 803	10,320 ± 968
2010/2011–2013/2014	Di-Salvo et al. (2013)	England	9,901 ± 619	10,639 ± 609	11,487 ± 727	11,496 ± 821	10,451 ± 944
2012/2013–2014/2015	Andrzejewski, Konefał, et al. (2016)	Poland	10,503 ± 528	11,432 ± 558	11,894 ± 765	11,751 ± 686	10,897 ± 724
2014/2015	Sal de Rellán-Guerra et al. (2019)	Germany	10,100 ± 623*	10,747 ± 625*	11,378 ± 866*	10,892 ± 989*	10,574 ± 902*
2014/2015–2018/2019	Andrzejewski, Pluta, et al. (2016)	Germany	10,170 ± 580*	10,820 ± 560*	11,620 ± 670*	11,340 ± 630*	10,920 ± 680*
2014/2015–2016/2017	Chmura et al. (2021)	Germany	10,100 ± 600	10,800 ± 600	11,600 ± 700	11,300 ± 800	10,800 ± 900
2016/2017	Chmura et al. (2018)	Germany	10,010 ± 220*	10,700 ± 200*	11,510 ± 170*	11,130 ± 230*	10,680 ± 190*
2017/2018	Venzke et al. (2023)	Germany	9,755 ± 615	10,389 ± 566	11,445 ± 638	10,807 ± 772	10,319 ± 1,018
2018/2019	Rey et al. (2019)	Spain	9,631 ± 677*	10,145 ± 653*	10,901 ± 835*	10,341 ± 1,077	9,962 ± 769*
2018/2019	Lago-Peñas et al. (2020)	Spain	9,610 ± 561*	10,338 ± 586*	11,025 ± 683*	10,889 ± 895*	10,062 ± 913*
2018/2019	Altmann et al. (2023)	Germany	10,240 ± 640	10,900 ± 660	11,600 ± 680	11,340 ± 740	10,860 ± 830
2019/2020	Altmann et al. (2021)	Germany	10,210 ± 640	10,750 ± 560	11,660 ± 920	11,070 ± 730	10,860 ± 800
2019/2020	Radziwiński et al. (2022)	Poland	9,930 ± 569	10,695 ± 621	11,299 ± 726	11,145 ± 675	10,700 ± 699
<i>Relative total distance (in metres per minute)</i>							
2006/2007–2008/2009	Bradley and Noakes (2013)	England	102.6 ± 1.6	114.5 ± 1.8	120.6 ± 1.6	125.4 ± 2.2	104.6 ± 2.7
2012/2013	Bradley et al. (2014)	England	102.8 ± 5.8	112.1 ± 6.6	120.0 ± 6.9	121.5 ± 8.4	108.2 ± 10.5
2014/2015	Padrón-Cabo et al. (2018)	Spain	98.3 ± 6.5	105.7 ± 7.0	114.2 ± 8.1	110.6 ± 10.7	105.1 ± 13.8
2015/2016–2018/2019	Ponce-Bordón et al. (2021)	Spain	107.30 ± 6.0	109.90 ± 5.0	116.10 ± 1.5	115.90 ± 2.0	115.60 ± 3.1
2018/2019	Lorenzo-Martínez et al. (2021)	Germany	109.27 ± 6.89	117.03 ± 6.70	124.46 ± 7.39	120.56 ± 6.95	120.10 ± 8.57
2018/2019	Rey et al. (2020)	Spain	100.8 ± 6.9*	108.5 ± 7.3*	115.8 ± 8.3*	114.4 ± 10.3*	105.5 ± 10.2*

CD = Central Defenders; WD = Wide Defenders; CM = Central Midfielders; WM = Wide Midfielders; FW = Forwards; \* = values calculate manually from original study; \*\* = same study with different countries; NS = Non-Specified.



**Table 4.** Match analysis outcomes for high-speed running distance per playing position ( $M \pm SD$ ).

Season	Author	Country	Threshold velocity	Player positions				
				CD	WD	CM	WM	FW
<i>Total distance (in metres)</i>								
2002/2003–2003/2004	Di-Salvo et al., (2007)	Spain and England	>23 km·h <sup>-1</sup>	215 ± 100	402 ± 165	248 ± 116	446 ± 161	404 ± 140
2005/2006	Bradley et al., (2009)	Spain	>25.1 km·h <sup>-1</sup>	152 ± 50	287 ± 98	204 ± 89	346 ± 115	264 ± 87
2005/2006	Lago-Peñas et al., (2009)	Spain	>23 km·h <sup>-1</sup>	184 ± 100	304 ± 124	219 ± 122	490 ± 172	340 ± 129
2005/2006	Dellal et al., (2010)	France	>24 km·h <sup>-1</sup>	199 ± 65	241 ± 70	228 ± 74*	235 ± 85	290 ± 75
NS	Bradley et al., (2010)	European Leagues	>19.8 km·h <sup>-1</sup>	638 ± 154	1,046 ± 196	941 ± 235	1,273 ± 257	996 ± 268
2006/2007	Bradley et al., (2011)	England	>19.8 km·h <sup>-1</sup>	787 ± 292*		1,069 ± 273*		992 ± 231*
2006/2007	Dellal et al., (2011)**	England	>24 km·h <sup>-1</sup>	208 ± 69	263 ± 70	256 ± 71*	259 ± 85	278 ± 78
		Spain	>24 km·h <sup>-1</sup>	193 ± 64	248 ± 77	213 ± 71*	250 ± 72	260 ± 73
NS	Bradley et al., (2013)	England	>25.1 km·h <sup>-1</sup>	153 ± 64	288 ± 109	217 ± 93	331 ± 114	312 ± 121
2010/2011–2013/2014	Bradley et al., (2013)	England	>25.2 km·h <sup>-1</sup>	168 ± 72	285 ± 113	241 ± 106	353 ± 124	297 ± 115
2014/2015	Andrzejewski, Konefal et al., (2016)	Poland	>24 km·h <sup>-1</sup>	174 ± 77	324 ± 125	189 ± 90	370 ± 133	308 ± 126
2014/2015–2016/2017	Andrzejewski, Pluta et al., (2016)	Germany	>4 m·s <sup>-1</sup>	1,850 ± 370*	2,560 ± 420*	2,900 ± 500*	2,940 ± 420*	2,670 ± 460*
2016/2017	Chmura et al., (2018)	Germany	>24 km·h <sup>-1</sup>	160 ± 80*	310 ± 110*	210 ± 100*	370 ± 130*	330 ± 130*
2017/2018	Venzke et al., (2023)	Germany	>15.5 km·h <sup>-1</sup>	1,189 ± 279	1,687 ± 332	1,845 ± 402	1,981 ± 327	1,728 ± 380
2018/2019	Rey et al., (2019)	Spain	>24 km·h <sup>-1</sup>	187 ± 90*	324 ± 142*	183 ± 111*	352 ± 155*	316 ± 121*
2018/2019	Lago-Peñas et al., (2020)	Spain	>24 km·h <sup>-1</sup>	199.5 ± 86*	368.5 ± 138*	205 ± 105*	388 ± 162*	349 ± 148*
2018/2019	Altmann et al., (2023)	Germany	>24 km·h <sup>-1</sup>	190 ± 90	360 ± 130	220 ± 100	400 ± 150	340 ± 120
2019/2020	Altmann et al., (2021)	Germany	>24 km·h <sup>-1</sup>	190 ± 80	360 ± 140	240 ± 130	420 ± 140	340 ± 130
2019/2020	Radziwiński et al., (2022)	Poland	>25.2 km·h <sup>-1</sup>	109 ± 68	222 ± 99	120 ± 72	239 ± 118	184 ± 89
<i>Relative total distance (in metres per minute)</i>								
2006/2007–2008/2009	Bradley & Noakes (2013)	England	>25 km·h <sup>-1</sup>	1.54 ± .12	3.02 ± .30	2.39 ± .21	3.50 ± .23	3.44 ± .42
2012/2013	Bradley et al., (2014)	England	>25.1 km·h <sup>-1</sup>	1.6 ± .7	2.9 ± 1.1	2.3 ± .9	3.5 ± 1.2	3.2 ± 1.2
2014/2015	Padrón-Cabo et al., (2018)	Spain	>24 km·h <sup>-1</sup>	1.7 ± .9	3.5 ± 1.3	1.8 ± 1.0	3.4 ± 1.3	3.4 ± 1.4
2015/2016–2018/2019	Ponce-Bordón et al., (2021)	Spain	>21 km·h <sup>-1</sup>	5.74 ± 1.1	6.68 ± .8	6.68 ± .9	7.24 ± .7	7.57 ± .6
2018/2019	Rey et al., (2020)	Spain	>24 km·h <sup>-1</sup>	2.1 ± 1.1*	3.8 ± 1.7*	2.1 ± 1.3*	4.1 ± 1.9*	3.7 ± 1.8*

CD = Central Defenders; WD = Wide Defenders; CM = Central Midfielders; WM = Wide Midfielders; FW = Forwards; \* = values calculate manually from original study; \*\* = same study with different countries; NS = Non-Specified.

Bradley et al. (2011), who did not include WD and WM and for Modric et al. (2020), who did not include WM. From the earliest to the most recent season, the values for CD ranged from  $10,627 \pm 893$  m (Di-Salvo et al., 2007) to  $9,930 \pm 569$  m (Radzimiński et al., 2022); for WD ranged from  $11,410 \pm 708$  m (Di-Salvo et al., 2007) to  $10,695 \pm 621$  m (Radzimiński et al., 2022); for CM ranged from  $12,027 \pm 625$  m (Di-Salvo et al., 2007) to  $11,299 \pm 726$  m (Radzimiński et al., 2022); for WM ranged from  $11,990 \pm 776$  m (Di-Salvo et al., 2007) to  $11,145 \pm 675$  m (Radzimiński et al., 2022); for FW ranged from  $11,254 \pm 894$  m (Di-Salvo et al., 2007) to  $10,700 \pm 699$  m (Radzimiński et al., 2022).

Summary measures for TD and relative TD (i.e. metres per minute) by years range (considering years range of World Cup tournaments) and leagues are reported in Tables 5 and 6. TD was ranged from  $11,005 \pm 917$  m during 2002/03–2009/10 seasons to  $10,615 \pm 718$  m during 2018/2019–2019/2020 seasons. The average TD was lowest in the Dutch Eredivise ( $10,181 \pm 224$  m; one source using video tracking) with respect to the greatest average TD in the Italian Serie A ( $11,389$  m; two sources using video tracking). In addition, the number of total players and observations were included for each country to be aware about the weight of studies included to calculate the mean values.

#### 4. Discussion

The current review has attempted to provide a summary and a critical analysis of match running performance of professional European soccer leagues with a longitudinal perspective. In total, 41 studies reporting on match running performance of professional soccer teams were included. The main findings were: (i) TD covered by soccer players lightly decreased over the years; (ii) a decrease in TD covered in the second half of matches was also reported; (iii) HSR showed a light trend towards an increase along seasons; (iv) playing positions reported a wide variety of physical profiles, allowing for conditioning specific to playing position; (v) a wide range of speed thresholds was found to record the HSR. The present study is, to the best of our knowledge, the first systematic review to identify and collect the studies that have analysed professional European leagues to describe the physical profile of soccer teams with a longitudinal perspective.

The first objective of this review was to provide a summary of match running performance of professional European soccer leagues. Overall, a trend towards a progressive decrease in TD covered by soccer players along seasons was observed (see Figure 2). These findings are in line with the previous research about physical performance on soccer, which have demonstrated that TD has decreased over the last

**Table 5.** Match analysis outcome for total distance and relative total distance by years range.

Seasons	Sources ( <i>n</i> )	Outcomes	<i>M</i> ± <i>SD</i>
2002/2003–2009/2010	14	Total distance (m)	$11,005 \pm 917$
		Relative total distance (m-min.)	$112.9 \pm 1.4$
2010/2011–2013/2014	8	Total distance (m)	$10,384 \pm 792$
		Relative total distance (m-min.)	$112.3 \pm 10.3$
2014/2015–2017/2018	9	Total distance (m)	$10,680 \pm 677$
		Relative total distance (m-min.)	$111.4 \pm 5.01$
2018/2019–2019/2020	10	Total distance (m)	$10,615 \pm 718$
		Relative total distance (m-min.)	$111.4 \pm 4.25$

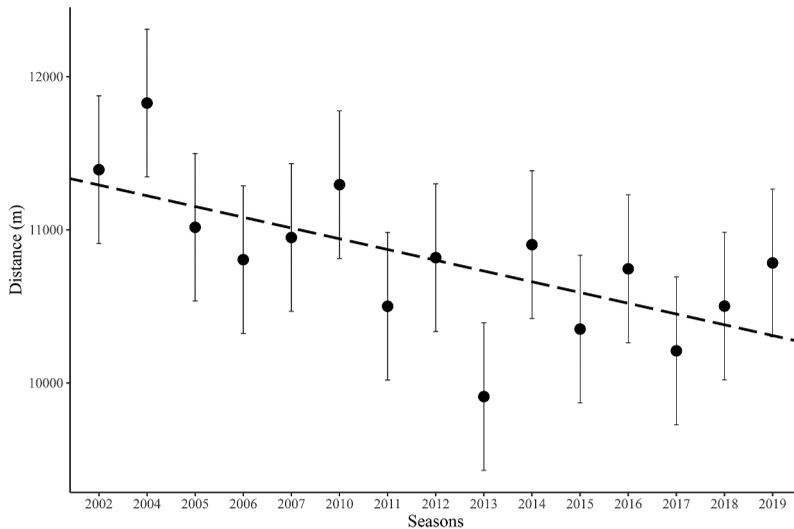
m = metres; m-min. = metres per minute.



**Table 6. Summary measures by league for total distance and relative total distance, for full matches ( $M \pm SD$ ).**

Country	League	Number of Sources	Total of players	Total observations	Years range	Average TD	TD by years range
<i>Total distance (in metres)</i>							
Spain	LaLiga	11	2,669	63,849	2002/2003–2018/2019	10,468 ± 849	11,393 ± 1,016–10,385 ± 715
England	English Premier League	9	5,526	46,800	2002/2003–2013/2014	10,844 ± 885	11,393 ± 1,016–10,672 ± 347
Germany	Bundesliga	9	3,782	60,989	2011/2012–2019/2020	10,776 ± 665	10,501 ± 419–10,870 ± 930
Italy	Serie A	2	585	363	2004/2005–2007/2008	11,389	11,828–10,950 ± 1,044
France	Ligue 1	1	NS	5,938	2005/2006	-	11,214 ± 906
Poland	Ekstraklasa	2	1,387	3,137	2010/2011–2019/2020	10,997 ± 748	11,295 ± 652–10,698 ± 844
Netherlands	Dutch Eredivisie	1	480	4,935	2018/2019	-	10,181 ± 224
<i>Relative total distance (in metres per minute)</i>							
Spain	LaLiga	7	4,972	109,889	2014/2015–2019/2020	110 ± 3.8	106.3 ± 10.4–110.3 ± 3.8
England	English Premier League	2	169	810	2006/2007–2012/2013	112.6 ± 5.85	112.9 ± 1.4–112.3 ± 10.3
Germany	Bundesliga	1	431	6,631	2018/2019	-	118.51 ± 9.26

TD = Total distance.



**Figure 2.** Evolution of total distance (TD; in meters) along years in European professional soccer leagues.

years (Errekaigorri et al., 2022; Lago-Peñas et al., 2022; Pons et al., 2021). A possible explanation for this might be the gradual change of the soccer playing styles used by teams, because, in recent years, there has been a gradual increase in teams that prioritised ball possession, confirming that in ball control plays with few transitions players cover less total running distances (García-Calvo et al., 2022; Morgans et al., 2014). Other reasons could be related to the increase in the average duration of stoppages in modern soccer (Wallace & Norton, 2014) or the introduction of Video Assistant Referee (VAR), leading a decrease in effective game time (Errekaigorri et al., 2020), and consequently a decrease in TD (Ponce-Bordón, Lobo-Triviño, et al., 2022). In this vein, a research has specifically reported that TD is one of the most influenced physical metrics by effective playing time, involving a decrease on their values as effective playing time is reduced on professional soccer matches (Altmann et al., 2023).

The TD decrease during second halves of matches compared to first halves is another trend that can be observed. There are several possible explanations for these findings. A possible explanation for this might be by the performance of many high-intensity efforts in the first half and the resulting fatigue, which may be induced by many physiological factors and cause the reduction of TD (Rampinini et al., 2009). However, these results could be also related to the game interruptions. Recent literature has indicated that stoppages during a game have a significant impact on a player's performance, reducing match running performance (Linke et al., 2018). In this regard, a study has reported professional soccer players do not decrease their running distance performance in the second half of the matches when game interruptions are considered, so this decrease in physical capacity during second halves could be explained by too many stoppages (Rey et al., 2020). Therefore, these studies have indicated that the effective playing time should be considered when examining the match running performance of professional soccer players (Lago-Peñas et al., 2023).

HSR is another variable reported by the present review. Although there is no consensus between speed thresholds, there is a light trend towards an increase the HSR across included seasons. These results corroborate the findings of a great deal of the previous literature in soccer, where it has been demonstrated that HSR has increased in the last years (Gualtieri et al., 2023; Lago-Peñas et al., 2022; Pons et al., 2021). There are several possible explanations for these findings. Firstly, there has been a gradual increase in ball possession-oriented teams (Barnes et al., 2014; González-Rodenas et al., 2023; Konefał et al., 2019), characterised to perform higher HSR and higher number of repeated sprints during matches than direct-play teams with the aim of breaking the defensive balance and then creating scoring opportunities (Forcher et al., 2023; Yi et al., 2019). Secondly, the stoppages in modern soccer could allow greater player recovery providing higher game intensity (Wallace & Norton, 2014). Concretely, matches with shorter effective playing time have many breaks, allowing the players to recover and then perform more sprints compared to matches with longer effective playing time and fewer breaks to recover (Altmann et al., 2023). Thus, this review provides clear evidence that physical performance evolution in modern soccer could be characterised by more frequent and dense periods of high-intensity efforts (Nassis et al., 2020). In addition, the current and future training perspective has increased the prescription of HSR, not only on the number of high-intensity bouts but also on the density too (ie, number of high-intensity efforts within 1–2 minutes) according to the soccer demands to reach optimal player performance to repeat and recover high-intensity actions (Nassis et al., 2020).

On the other hand, the wide reported differences on HSR can be explained due to the influence of contextual variables on match running performance, like the differences between leagues (Dellal et al., 2011), the main playing style of the country (Yi et al., 2019), or the match location (Oliva-Lozano et al., 2020). However, the main reason could be due to the difference between definitions of speed thresholds informed by the suppliers of video tracking technology and the evolution of the different versions of the recording systems over years. In this vein, research have analysed the interchangeability of player movement variables from different athlete tracking systems in professional soccer over years showing differences between them (Taberner et al., 2020, 2023). In addition, some studies have reported that tracking systems with higher sampling frequency (e.g. 25-Hz vs 10-Hz) revealed significantly higher values for most locomotor measures (Ellens et al., 2022; Makar et al., 2023). For instance, the two different versions of TRACAB, Gen4 used since 2013 in over 200 stadia, including the German Bundesliga, English Premier League, Spanish LaLiga, Dutch Eredivisie or Danish Superliga, and Gen5, installed since 2019 in German Bundesliga and Spanish LaLiga have been compared, reporting that Gen5 has marginally better accuracy for position measurements than Gen4 (Linke et al., 2020). For that reason, the version of the video tracking technology could also influence in the wide reported differences.

Position-specific match physical demands were also analysed in this research. The current literature has reported that physical performance on soccer depends on playing position (Di-Salvo et al., 2007; Lago-Peñas et al., 2009). In this line, a light trend towards a decrease in both TD and TD/min. in all positions was identified. Identifying position-specific profiles provides useful knowledge to the practitioners, allowing for conditioning specific to playing position (Ade et al., 2016). Finally, a decrease of

number of studies which analyse match running performance along years was observed (from 14 to 10 sources; see Table 5). A possible explanation for this might be that recent studies have considered the sum of physical performance of all players of the soccer teams, reporting collective metrics (e.g. 108 km; Lago-Peñas et al., 2023; Ponce-Bordón, García-Calvo et al., 2022). Another one reason could be the growing interactive analysis of physical performance related to tactical-technical variables, where the sport scientists try to understand how different variables may influence on physical performance of soccer players (Aquino et al., 2019, 2020; Castellano & Echeazarra, 2019).

#### **4.1. Limitations and future directions**

The present review methodology was carefully considered given the aim to identify the current literature on match running performance in soccer. However, the generalisability of these results is subject to certain limitations. The main limitation of this systematic review was not possible to include a meta-analysis of the study variables. First, the fact of including only one study variable (TD or HSR) did not allow us to examine the relationship of the dependent variables with a comparison group. Second, due to all included studies were cross-sectional designed there is no comparison group and therefore the effect size of the included variables cannot be calculated.

On the other hand, the present review highlighted the differences between current tracking technology methods. For example, the different companies, the collect data system version, or the speed thresholds. Concerning the speed thresholds, the studies reported that there is no agreement on the use of speed thresholds in the different tracking technologies, in either the number of these thresholds applied or indeed what velocities define the thresholds (Sweeting et al., 2017). The reviewed studies showed different numbers of thresholds and different definitions of the speed thresholds. These differences imply a limitation in the research about soccer, as researchers or practitioners have problems to decide what is the best option to use, which makes difficult the comparison between studies, leagues, or the management of external load in practical contexts. For that reason, according to the official reference thresholds in official competitions of soccer governing organisations such as the Union of European Football Associations (UEFA) and the FIFA (2018), the authors suggest that the adoption of the following thresholds would be valid for professional male adult players:  $0.0\text{--}6.9\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $>7.0\text{--}14.9\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $>15\text{--}19.9\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $>20\text{--}24.9\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $>25\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; with  $>20\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  HSR threshold and  $>25\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  Sprint threshold. This definition is reported in the present review across different tracking technology methods, and it is also proposed in Gualtieri et al. (2023). The evolution that the version of the recording systems have undergone over years should be also considered, since research has reported differences between them showing higher accurate data collection for tracking systems with higher sampling frequency (Linke et al., 2020).

In addition, studies which analysed matches with less than 10 players per side, players not completing the full match duration, or studies with only one analysed team, for example, were excluded of this review. An agreement considering these criteria would be necessary to facility further research on soccer, the collecting data on soccer games or, even, the use of the knowledge provided for technical staff. Related to this issue, Table 6

has included the number of total players and observations to be aware about the weight of the different studies included to calculate the average values of match running performance for each country. In this sense, the weight of a study with 5,000 records or with only 500 is different, so these guidelines could help future investigations to be more representative and homogeneous.

In this review, we have only considered the TD and HSR due to are the most reported variables on soccer research. However, literature has shown that other physical variables (i.e. accelerations, decelerations, player load, high metabolic load distance) or different metrics (i.e. rolling averages, most demanding passages, or time series approaches) are part of the external load of football matches and should be standardised to gain more specific knowledge of the competition. Finally, along years, soccer rules have changed (i.e. the number of substitutions, increase of stoppages, the decrease of effective time, the introduction of Video Assistant Referee System), so many studies have suffered the consequences of these modifications in soccer demands. For that reason, we must consider these differences with caution and be aware of the difficulty to compare the values between studies from different years.

## 5. Conclusion

This systematic review aimed to summarise and critically analyse the current literature on match running performance in soccer matches in the professional European leagues and order the data considering a longitudinal perspective. Overall, a decrease of TD covered by soccer players was found along years, as well as a decrease in the second half of matches was also found in TD. On the contrary, HSR showed a light trend towards an increase along seasons. This review shows clear evidence of physical performance evolution in modern soccer, characterised by an increase of HSR and less TD covered by soccer players. These results must be considered to apply training strategies to improve player capacity to perform more high-intensity efforts during matches. In addition, match analysis outcomes per playing positions reported a wide variety of physical profiles, allowing for conditioning specific to playing position.

Finally, a wide range of speed thresholds was found to record the HSR. These tracking systems provide the collection of soccer teams external load data, but an agreement between companies or researchers would be necessary to enable better comparison between the studies of differing contexts. In this review, the authors suggest an attempt at consensus in the definitions of speed thresholds, considering the literature analysed and the most widely tracking technology used. Moreover, given the increasing amount of data, practitioners need to be critical in considering the validity and accuracy of data reported by each system.

## 6. Practical applications

One of the main strengths of this review is ranging from the earliest season where match physical demands were analysed with video tracking systems to the most recent seasons. So, a wide examination of match running performance profiles analysed by tracking technology is reported in professional European soccer leagues. In addition, the review has highlighted gaps and issues with existing physical performance research using video

tracking and identified guidelines to inform further research. These guidelines in the research on soccer would allow standardise the criteria to analyse the team performance (i.e. matches played, number of players or teams included, a sample size of recordings, etc.) during soccer games to enable easier useful knowledge for the future. Moreover, since there is no consensus on speed thresholds in adult male soccer players, practitioners could set as entry speed thresholds adopted by FIFA and UEFA (FIFA, 2018) or which have been included in the range suggested from this review and another previous similar review (Gualtieri et al., 2023). To conclude, considering the evolution of match running performance related to the HSR over years, the currently soccer players should be ready to perform a large number of HSR actions and sprinting. Therefore, to ensure adequate HSR exposure to soccer players during training sessions, practitioners could use a combination of adapted sided-games and sprint-based drills (Gualtieri et al., 2023).

### Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

### Funding

This work was supported by the European Regional Development Fund (ERDF), the Government of Extremadura (Department of Economy and Infrastructure) and Fernando Valhondo Calaff Foundation.

### ORCID

J. C. Ponce-Bordón  <http://orcid.org/0000-0002-5641-6748>  
M. A. López-Gajardo  <http://orcid.org/0000-0001-8364-7632>  
D. Lobo-Triviño  <http://orcid.org/0000-0001-6559-2375>  
J. J. Pulido  <http://orcid.org/0000-0003-2416-4141>  
T. García-Calvo  <http://orcid.org/0000-0002-2550-418X>

### References

- Ade, J., Fitzpatrick, J., & Bradley, P. S. (2016). High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2205–2214. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1217343>
- Almulla, J., Takiddin, A., & Househ, M. (2020). The use of technology in tracking soccer players' health performance: A scoping review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), 184–194. <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01156-4>
- Altmann, S., Forcher, L., Ruf, L., Beavan, A., Groß, T., Lussi, P., Woll, A., Härtel, S., & Mirkov, D. (2021). Match-related physical performance in professional soccer: Position or player specific? *Public Library of Science ONE*, 16(9), e0256695. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256695>
- Altmann, S., Forcher, L., Woll, A., & Härtel, S. (2023). Effective playing time affects physical match performance in soccer: An analysis according to playing position. *Biology of Sport*, 40(4), 967–973. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2023.123320>
- Andrzejewski, M., Konefał, M., Chmura, P., Kowalczyk, E., & Chmura, J. (2016a). Match outcome and distances covered at various speeds in match play by elite German soccer players.

- International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 817–828. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868930>
- Andrzejewski, M., Pluta, B., Konefał, M., Chmura, P., & Chmura, J. (2016b). Analysis of the motor activities of professional Polish soccer players. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 23(4), 196–201. <https://doi.org/10.1515/pjst-2016-0026>
- Aquino, R., Carling, C., Palucci Vieira, L. H., Martins, G., Jabor, G., Machado, J., Santiago, P., Garganta, J., & Puggina, E. (2020). Influence of situational variables, team formation, and playing position on match running performance and social network analysis in Brazilian professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(3), 808–817. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002725>
- Aquino, R., Machado, J. C., Manuel Clemente, F., Praça, G. M., Gonçalves, L. G. C., Melli-Neto, B., Ferrari, J. V. S., Vieira, L. H. P., Puggina, E. F., & Carling, C. (2019). Comparisons of ball possession, match running performance, player prominence and team network properties according to match outcome and playing formation during the 2018 FIFA World Cup. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(6), 1026–1037. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1689753>
- Asian-Clemente, J. A., Requena, B., Jukic, I., Nayler, J., Santalla-Hernández, A., & Carling, C. (2019). Is physical performance a differentiating element between more or less successful football teams? *Sports*, 7(10), 216. <https://doi.org/10.3390/sports7100216>
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krustup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674. <https://doi.org/10.1080/02640410500482529>
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1095–1100. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>
- Bradley, P. S., Carling, C., Archer, D., Roberts, J., Dodds, A., DiMascio, M., Paul, D., Gomez Diaz, A., Peart, D., & Krustup, P. (2011). The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 821–830. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.561868>
- Bradley, P., Carling, C., Gomez Diaz, A., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., Boddy, M., Krustup, P., & Mohr, M. (2013a). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Human Movement Science*, 32(4), 808–821. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.06.002>
- Bradley, P., diMascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2343–2351. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb1b3>
- Bradley, P., Lago- Peñeñas, C., & Rey, E. (2014). Evaluation of the match performances of substitution players in elite soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 415–424. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0304>
- Bradley, P. S., & Noakes, T. D. (2013b). Match running performance fluctuations in elite soccer: Indicative of fatigue, pacing or situational influences? *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1627–1638. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.796062>
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krustup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>
- Buchheit, M., Allen, A., Poon, T. K., Modonutti, M., Gregson, W., & DiSalvo, V. (2014). Integrating different tracking systems in football: Multiple camera semi-automatic system, local position measurement and GPS technologies. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1844–1857. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.942687>
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: Contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Medicine*, 38(10), 839–862. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838100-00004>

- Castagna, C., Varley, M., Póvoas, S. C. A., & D'Ottavio, S. (2017). Evaluation of the match external load in soccer: Methods comparison. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 490–495. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0160>
- Castellano, J., Alvarez-Pastor, D., & Bradley, P. S. (2014). Evaluation of research using computerised tracking systems (Amisco® and Prozone®) to analyse physical performance in elite soccer: A systematic review. *Sports Medicine*, 44(5), 701–712. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0144-3>
- Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A., & Álvarez, D. (2011). Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 32(6), 415–421. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271771>
- Castellano, J., & Echezarra, I. (2019). Network-based centrality measures and physical demands in football regarding player position: Is there a connection? A preliminary study. *Journal of Sports Sciences*, 37(23), 2631–2638. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1589919>
- Chmura, P., Konefał, M., Chmura, J., Kowalczyk, E., Zajac, T., Rokita, A., & Andrzejewski, M. (2018). Match outcome and running performance in different intensity ranges among elite soccer players. *Biology of Sport*, 35(2), 197–203. <https://doi.org/10.5114/biolport.2018.74196>
- Chmura, P., Liu, H., Andrzejewski, M., Chmura, J., Kowalczyk, E., Rokita, A., Konefał, M., & Jan, Y. K. (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. *Public Library of Science ONE*, 16(3), e0247771. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247771>
- Cohen, J. (1968). Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychological Bulletin*, 70(4), 213–220. <https://doi.org/10.1037/h0026256>
- Dellal, A., Chamari, K., Wong, D. P., Ahmaidi, S., Keller, D., Barros, R., Bisciotti, G. N., & Carling, C. (2011). Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. *European Journal of Sport Science*, 11(1), 51–59. <https://doi.org/10.1080/17461391.2010.481334>
- Dellal, A., Wong, D. P., Moalla, W., & Chamari, K. (2010). Physical and technical activity of soccer players in the French first league- with special reference to their playing position. *International SportMed Journal*, 11(2), 278–290.
- Dijkhuis, T. B., Kempe, M., & Lemmink, K. A. P. M. (2021). Early prediction of physical performance in elite soccer matches—A machine learning approach to support substitutions. *Entropy*, 23(8), 952–967. <https://doi.org/10.3390/e23080952>
- Di-Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 222–227. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924294>
- Di-Salvo, V., Collins, A., McNeill, B., & Cardinale, M. (2006). Validation of Prozone®: A new video-based performance analysis system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1), 108–119. <https://doi.org/10.1080/24748668.2006.11868359>
- Di-Salvo, V., Pigozzi, F., González-Haro, C., Laughlin, M. S., & De Witt, J. K. (2013). Match performance comparison in top English soccer leagues. *International Journal of Sports Medicine*, 34(6), 526–532. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327660>
- Ellens, S., Hodges, D., McCullagh, S., Malone, J. J., & Varley, M. C. (2022). Interchangeability of player movement variables from different athlete tracking systems in professional soccer. *Science and Medicine in Football*, 6(1), 1–6. <https://doi.org/10.1080/24733938.2021.1879393>
- Errekaogorri, I., Castellano, J., Echezarra, I., & Lago- PeñPeñAs, C. (2020). The effects of the Video Assistant Referee system (VAR) on the playing time, technical-tactical and physical performance in elite soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(5), 1–10. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1788350>
- Errekaogorri, I., Castellano, J., Echezarra, I., López-Del Campo, R., & Resta, R. (2022). A longitudinal analysis of technical-tactical and physical performance of the teams in the Spanish LaLiga Santander: An eight-season study. *Biology of Sport*, 39(2), 389–396. <https://doi.org/10.5114/biolport.2022.105331>
- FIFA. (2018). *FIFA World Cup Russia report (2018)*. <https://www.fifacom.com/tournaments/mens/worldcup/2018russia/news/fifa-technical-study-group-publishes-2018-fifa-world-cup-russia-report>

- Forcher, L., Forcher, L., Wäsche, H., Jekauc, D., Woll, A., Gross, T., & Altmann, S. (2023). Is ball-possession style more physically demanding than counterattacking? The influence of playing style on match performance in professional soccer. *Frontiers in Psychology, 14*, 1197039. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1197039>
- García-Calvo, T., Fernandez-Navarro, J., Díaz-García, J., López-Del Campo, R., Martínez Fernández, F., & Memmert, D. (2023a). The impact of COVID-19 lockdown on soccer positional and physical demands in the Spanish La Liga. *Science and Medicine in Football, 7*(2), 124–130. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2055784>
- García-Calvo, T., Huertas, F., Ponce-Bordón, J. C., Del Campo, R. L., Resta, R., & Ballester, R. (2023b). Does player age influence match physical performance? A longitudinal four-season analysis in Spanish soccer LaLiga. *Biology of Sport, 40*(4), 1097–1106. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.124844>
- García-Calvo, T., Ponce-Bordón, J. C., Leo, F. M., López-Del Campo, R., Nevado-Garrosa, F., & Pulido, J. J. (2022). How does ball possession affect the physical demands in Spanish LaLiga? A multilevel approach. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 94*(4), 931–939. <https://doi.org/10.1080/02701367.2022.2072798>
- González-Rodenas, J., Moreno-Pérez, V., López-Del Campo, R., Resta, R., & Coso, J. (2023). Technical and tactical evolution of the offensive team sequences in LaLiga between 2008 and 2021. Is Spanish football now a more associative game? *Biology of Sport, 41*(2), 105–113. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.131818>
- Gualtieri, A., Rampinini, E., Dello Iacono, A., & Beato, M. (2023). High-speed running and sprinting in professional adult soccer: Current thresholds definition, match demands and training strategies. A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living, 5*, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1116293>
- Hands, D. E., & Janse de Jonge, X. (2020). Current time-motion analyses of professional football matches in top-level domestic leagues: A systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport, 20*(5), 747–765. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1780872>
- Jerome, B. W., Stoeckl, M., Mackriell, B., Seidl, T., Dawson, C. W., Fong, D. T., & Folland, J. P. (2023). The influence of ball in/out of play and possession in elite soccer: Towards a more valid measure of physical intensity during competitive match-play. *European Journal of Sport Science, 23*(9), 1–11. <https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2203120>
- Klemp, M., Memmert, D., & Rein, R. (2022). The influence of running performance on scoring the first goal in a soccer match. *International Journal of Sports Science & Coaching, 17*(3), 558–567. <https://doi.org/10.1177/17479541211035382>
- Konefał, M., Chmura, P., Zajac, T., Chmura, J., Kowalczyk, E., & Andrzejewski, M. (2019). Evolution of technical activity in various playing positions, in relation to match outcomes in professional soccer. *Biology of Sport, 36*(2), 181–189. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.83958>
- Lago-Peñas, C., García-Calvo, T., Del Campo, R. L., Resta, R., & Ponce-Bordón, J. C. (2023). Match running performance is similar in lower and higher competitive standards of Spanish professional soccer accounting for effective playing time. *Biology of Sport, 41*(3), 39–46. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.132993>
- Lago-Peñas, C., Kalén, A., Lorenzo-Martínez, M., López-Del Campo, R., Resta, R., & Rey, E. (2020). Do elite soccer players cover longer distance when losing? Differences between attackers and defenders. *International Journal of Sports Science & Coaching, 22*(3), 840–847. <https://doi.org/10.1177/1747954120982270>
- Lago-Peñas, C., Lorenzo-Martínez, M., López-Del Campo, R., Resta, R., & Rey, E. (2022). Evolution of physical and technical parameters in the Spanish LaLiga 2012–2019. *Science and Medicine in Football, 7*(1), 41–46. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2049980>
- Lago-Peñas, C., Rey, E., Lago-Ballesteros, J., Casais, L., & Domínguez, E. (2009). Analysis of work-rate in soccer according to playing positions. *International Journal of Performance Analysis in Sport, 9*(2), 218–227. <https://doi.org/10.1080/24748668.2009.11868478>

- Linke, D., Link, D., Lames, M., & Kerhervé, H. A. (2020). Football-specific validity of TRACAB's optical video tracking systems. *Public Library of Science ONE*, 15(3), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230179>
- Linke, D., Link, D., Weber, H., & Lames, M. (2018). Decline in match running performance in football is affected by an increase in game interruptions. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(4), 662–667.
- Lorenzo-Martínez, M., Padrón-Cabo, A., Rey, E., & Memmert, D. (2021). Analysis of physical and technical performance of substitute players in professional soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 92(4), 599–606. <https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1755414>
- Makar, P., Silva, A. F., Oliveira, R., Janusiak, M., Parus, P., Smoter, M., & Clemente, F. M. (2023). Assessing the agreement between a global navigation satellite system and an optical-tracking system for measuring total, high-speed running, and sprint distances in official soccer matches. *Science Progress*, 106(3), 00368504231187501. <https://doi.org/10.1177/00368504231187501>
- Martínez, J. L., Pérez, E., & Perarnau, Ó. (2004). Análisis de la competición. In *Fútbol. Bases científicas para un óptimo rendimiento* (Ergon ed., pp. 13–20).
- McHugh, M. (2012). Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochemia Medica*, 22(3), 276–282. <https://doi.org/10.11613/BM.2012.031>
- Modric, T., Versic, S., & Sekulic, D. (2020). Position specific running performances in professional football (soccer): Influence of different tactical formations. *Sports*, 8(12), 161–171. <https://doi.org/10.3390/sports8120161>
- Moreno-Perez, V., Paredes, V., Pastor, D., Garrosa, F., Vielcazat, S., Coso, J., & Mendez-Villanueva, A. (2021). Under-exposure to official matches is associated with muscle injury incidence in professional footballers. *Biology of Sport*, 38(4), 563–571. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2021.100360>
- Morgans, R., Adams, D., Mullen, R., McLellan, C., & Williams, M. D. (2014). Technical and physical performance over an English Championship League season. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(5), 1033–1042. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.5.1033>
- Murray, A., & Varley, M. (2019). Technology in Soccer. In R. Curtis, C. Benjamin, R. Huggins, & D. Casa (Eds.), *Elite soccer players: Maximizing performance and safety* (pp. 37–53). Routledge.
- Nassis, G. P., Massey, A., Jacobsen, P., Brito, J., Randers, M. B., Castagna, C., Mohr, M., & Krustup, P. (2020). Elite football of 2030 will not be the same as that of 2020: Preparing players, coaches, and support staff for the evolution. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(6), 962–964. <https://doi.org/10.1111/sms.13681>
- Oliva-Lozano, J. M., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Fortes, V., & Pino-Ortega, J. (2020). Worst case scenario match analysis and contextual variables in professional soccer players: A longitudinal study. *Biology of Sport*, 37(4), 429–436. <https://doi.org/10.5114/BIOSPORT.2020.97067>
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & DiPrampiero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: A new match analysis approach. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(1), 170–178. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd>
- Padrón-Cabo, A., Rey, E., Vidal, B., & García-Nuñez, J. (2018). Work-rate analysis of substitute players in professional soccer: Analysis of seasonal variations. *Journal of Human Kinetics*, 65(1), 165–174. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0025>
- Ponce-Bordón, J. C., Díaz-García, J., López-Gajardo, M. A., Lobo-Triviño, D., López Del Campo, R., Resta, R., & García-Calvo, T. (2021). The influence of time winning and time losing on position-specific match physical demands in the top one Spanish soccer league. *Sensors*, 21(20), 6843. <https://doi.org/10.3390/s21206843>
- Ponce-Bordón, J. C., García-Calvo, T., Candela-Guardiola, J. M., Serpiello, F. R., Del Campo, R. L., Resta, R., & Pulido, J. J. (2022). The relationship between running distance and coaches' perception of team performance in professional soccer player during multiple seasons. *Scientific Reports*, 12(1), 1454. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05519-x>
- Ponce-Bordón, J. C., Lobo-Triviño, D., Rubio-Morales, A., López Del Campo, R., Resta, R., & López-Gajardo, M. A. (2022). The effect of the video Assistant Referee system implementation

- on match physical demands in the Spanish LaLiga. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5125–5133. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095125>
- Pons, E., García-Calvo, T., Resta, R., Blanco, H., López Del Campo, R., Díaz García, J., Pulido, J. J., & Sunderland, C. (2019). A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology during official soccer matches: Agreement between systems. *PLoS ONE*, 14(8), e0220729. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220729>
- Pons, E., Ponce-Bordón, J. C., Díaz-García, J., Del Campo, R. L., Resta, R., Peirau, X., & García-Calvo, T. (2021). A longitudinal exploration of match running performance during a football match in the Spanish la liga: A four-season study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031133>
- Radzimiński, L., Lorenzo-Martinez, M., Konefał, M., Chmura, P., Andrzejewski, M., Jastrzębski, Z., & Padrón-Cabo, A. (2022). Changes of physical match performance after the COVID-19 lockdown in professional soccer players according to their playing position. *Biology of Sport*, 39(4), 1087–1094. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.114281>
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian serie a league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.002>
- Raya-González, J., García-Calvo, T., Rubio-Morales, A., Del Campo, R. L., Resta, R., & Ponce-Bordón, J. C. (2022a). Influence of the COVID-19 lockdown on Spanish professional soccer teams' external demands according to their on-field ranking. *Biology of Sport*, 39(4), 1081–1086. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.113294>
- Raya-González, J., Pulido, J. J., Beato, M., Ponce-Bordón, J. C., López Del Campo, R., Resta, R., & García-Calvo, T. (2022b). Analysis of the effect of injuries on match performance variables in professional soccer players: A retrospective, experimental longitudinal design. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 31–42. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00427-w>
- Rey, E., Costa, P., Corredoira, F., & Sal, A. (2019). Effects of foam rolling as a recovery tool in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2194–2201. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1680985>
- Rey, E., Kalén, A., Lorenzo-Martinez, M., López-Del Campo, R., Nevado-Garrosa, F., & Lago-Peñeñas, C. (2020). Elite soccer players do not cover less distance in the second half of the matches when game interruptions are considered. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(4), 709–713. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003935>
- Rivilla-García, J., Calvo, L. C., Jiménez-Rubio, S., Paredes-Hernández, V., Muñoz, A., Tillaar, R. V. D., & Navandar, A. (2019). Characteristics of very high intensity runs of soccer players in relation to their playing position and playing half in the 2013–14 Spanish LaLiga season. *Journal of Human Kinetics*, 66(1), 213–222. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0058>
- Sal de Rellán-Guerra, A., Rey, E., Kalén, A., & Lago-Peñeñas, C. (2019). Age-related physical and technical match performance changes in elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(9), 1421–1427. <https://doi.org/10.1111/sms.13463>
- Sweeting, A. J., Cormack, S. J., Morgan, S., & Aughey, R. J. (2017). When is a sprint a sprint? A review of the analysis of team-sport athlete activity profile. *Frontiers in Physiology*, 8, 432–440. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00432>
- Taberner, M., Allen, T., O'Keefe, J., Richter, C., Cohen, D., Harper, D., & Buchheit, M. (2023). Interchangeability of optical tracking technologies: Potential overestimation of the sprint running load demands in the English Premier League. *Science and Medicine in Football*, 7(4), 374–383. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2107699>
- Taberner, M., O'Keefe, J., Flower, D., Phillips, J., Close, G., Cohen, D. D., & Carling, C. (2020). Interchangeability of position tracking technologies; can we merge the data? *Science and Medicine in Football*, 4(1), 76–81. <https://doi.org/10.1080/24733938.2019.1634279>
- Torres-Ronda, L., Beanland, E., Whitehead, S., Sweeting, A., & Clubb, J. (2022). Tracking systems in team sports: A narrative review of applications of the data and sport specific analysis. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00408-z>

- Venzke, J., Weber, H., Schlipfing, M., Salmen, J., & Platen, P. (2023). Metabolic power and energy expenditure in the German Bundesliga. *Frontiers in Physiology, 14*, 1142324. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1142324>
- von Elm, E., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., & Vandenbroucke, J. P. (2014). The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: Guidelines for reporting observational studies. *International Journal of Surgery, 12* (12), 1495–1499. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2014.07.013>
- Wallace, J. L., & Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966–2010: Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport, 17*(2), 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.016>
- Yi, Q., Gómez, M. A., Wang, L., Huang, G., Zhang, H., & Liu, H. (2019). Technical and physical match performance of teams in the 2018 FIFA World Cup: Effects of two different playing styles. *Journal of Sports Sciences, 37*(22), 2569–2577. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1648120>

1 **Title:** Longitudinal match running performance analysis of soccer in professional  
2 European Leagues: A systematic review

3

4 **Authors:** Ponce-Bordón, J.C.<sup>1</sup>, López-Gajardo, M.A.<sup>2</sup>, Lobo-Triviño, D.<sup>3</sup>, Pulido, J. J.<sup>4</sup>,  
5 and García-Calvo, T.<sup>5</sup>

6

7 **Affiliations:**

8 1. Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura (Spain)

9 2. Faculty of Teaching Training, University of Extremadura (Spain)

10 3. Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura (Spain)

11 4. Faculty of Education and Psychology, University of Extremadura (Spain)

12 5. Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura (Spain)

13

14 **Corresponding author:**

15 Miguel Á. López-Gajardo, PhD.

16 Faculty of Teaching Training, University of Extremadura (Spain), Avenida de la

17 Universidad, s/n, 10003, Cáceres, Spain.

18 Email: [malopezgajardo@unex.es](mailto:malopezgajardo@unex.es)

19 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8364-7632>

20

21

22

23

24

25

1 **Supplemental Table 1**

2 An Example of Search in the Web of Science Database

---

**Search 1.** Web of Science Database

---

“TS=(“match physical demands” OR “match running performance” OR “physical performance” OR “external load” OR “physical demands”) AND TS=(“football” OR “soccer”) AND TS=(“match”).”

---

**Search 2.** Scopus Database

---

“TITLE-ABS-KEY(“match physical demands” OR “match running performance” OR “physical performance” OR “external load” OR “physical demands”) AND TITLE-ABS-KEY(“football” OR “soccer”) AND TITLE-ABS-KEY(“match”).”

---

**Search 3.** SPORTDiscus Database

---

“(“match physical demands” OR “match running performance” OR “physical performance” OR “external load” OR “physical demands”) AND (“football” OR “soccer”) AND (“match”).”

---

**Search 4.** PubMed Database

---

“(“match physical demands”[Title/Abstract] OR “match running performance”[Title/Abstract] OR “physical performance”[Title/Abstract] OR “external load”[Title/Abstract] OR “physical demands”[Title/Abstract]) AND (“football”[Title/Abstract] OR “soccer”[Title/Abstract]) AND “match”[Title/Abstract].”

---

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

1 **Supplemental Table 2**

2 Quality assessment

---

Criteria			
Q1	The study is published in a peer-reviewed journal	No = 0	Yes = 1
Q2	The study is published in an indexed journal	No = 0	Yes = 1
Q3	The study objective(s) is/are clearly set out	No = 0	Yes = 1
Q4	Either the number of recordings is specified, or the distribution of players/recordings used is known	No = 0	Yes = 1
Q5	The duration of player recordings (an entire half, a complete match, etc.) is clearly indicated	No = 0	Yes = 1
Q6	A distinction is made according to player positions	No = 0	Yes = 1
Q7	The reliability/validity of the instrument is not stated, is mentioned, or is measured	Not stated = 0	Mentioned = 1    Measured = 2
Q8	Certain contextual variables (e.g., match status, match location, type of competition or quality of the opponent) are considered	No = 0	Yes = 1
Q9	The results are clearly presented with statistical analysis	No = 0	Yes = 1

---

3

4

5

6

7

8

9

## 1 Supplemental Table 3

### 2 Quality Assessment of Included Studies

Author(s)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Total score
Di Salvo et al. (2007)	1	1	1	0	1	1	0	0	1	6
Bradley et al. (2009)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7
Lago-Peñas et al. (2009)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7
Rampinini et al. (2009)	1	1	1	1	0	0	1	1	1	7
Bradley et al. (2010)	1	1	1	0	0	0	1	0	1	5
Osgnach et al. (2010)	1	1	1	0	0	0	1	0	1	5
Dellal et al. (2010)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	7
Castellano et al. (2011)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Bradley et al. (2011)	1	1	1	0	0	1	1	1	1	7
Dellal et al. (2011)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	7
Bradley et al. (2013)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Di Salvo et al. (2013)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Bradley et al. (2013)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Barnes et al. (2014)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7
Bradley et al. (2014)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7
Andrzejewski et al. (2016)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Andrzejewski et al. (2016)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7
Castagna et al. (2017)	1	1	1	0	0	0	1	0	1	5
Chmura et al. (2018)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Padrón-Cabo et al. (2018)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Sal de Rellán-Guerra et al. (2019)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Rivilla-García et al. (2019)	1	1	1	0	1	1	0	0	1	6
Rey et al. (2019)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Asian et al. (2019)	1	1	1	1	1	0	0	1	1	7
Lago-Peñas et al. (2020)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Rey et al. (2020)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Klemp et al. (2021)	1	1	1	0	1	0	1	1	1	7
Lorenzo-Martínez et al. (2021)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Chmura et al. (2021)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	8
Altmann et al. (2021)	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7
Moreno-Pérez et al. (2021)	1	1	1	0	0	0	1	0	1	5

Ponce-Bordón et al. (2021)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Dijkhuis et al. (2021)	1	1	1	0	1	0	1	0	1	6
Raya-González et al. (2022a)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7
Raya-González et al. (2022b)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
García-Calvo et al. (2022)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Radzimiński et al. (2022)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Jerome et al. (2023)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7
Venzke et al. (2023)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
Altmann et al. (2023)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
García-Calvo et al. (2023)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7
All studies	41	41	41	26	32	26	38	16	41	7.33

- 1 Note. 1 = Yes; 0 = No; Q1: The study is published in a peer-reviewed journal; Q2: The study is published in an indexed journal; Q3: The study objective(s) is/are clearly set  
2 out; Q4: Either the number of recordings is specified, or the distribution of players/recordings used is known; Q5: The duration of player recordings (an entire half, a complete  
3 match, etc.) is clearly indicated; Q6: A distinction is made according to player positions; Q7: The reliability/validity of the instrument is not stated, is mentioned, or is  
4 measured; Q8: Certain contextual variables (e.g., match status, match location, type of competition or quality of the opponent) are considered; Q9: The results are clearly  
5 presented with statistical analysis.

1 Análisis longitudinal del rendimiento en carrera de partidos de fútbol en ligas europeas  
2 profesionales: Una revisión sistemática

3 Ponce-Bordón, J.C.<sup>1</sup>, López-Gajardo, M.A.<sup>2</sup>, Lobo-Triviño, D.<sup>3</sup>, Pulido, J. J.<sup>4</sup>, and  
4 García-Calvo, T.<sup>5</sup>

5 <sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

6 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5641-6748>

7 <sup>2</sup>Facultad de Formación del Profesorado, Universidad de Extremadura (España)

8 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8364-7632>

9 <sup>3</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

10 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6559-2375>

11 <sup>4</sup>Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura (España)

12 Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-2416-4141>

13 <sup>5</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

14 Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2550-418X>

15

16 Financiación:

17 Este trabajo ha contado con el apoyo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
18 (FEDER), la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e Infraestructuras) y la  
19 Fundación Fernando Valhondo Calaff.

20

21 Nota de los autores:

22 Autor de correspondencia: Miguel A. López-Gajardo. Facultad de Formación del  
23 Profesorado. Universidad de Extremadura. C/ Avenida de la Universidad, s/n, C.P.:  
24 10003, Cáceres, España. Teléfono: +34 927257050 Fax: +34 927257051.

25 Correo electrónico: [malopezgajardo@unex.es](mailto:malopezgajardo@unex.es)

26

## Resumen

27 Esta revisión sistemática tuvo como objetivo sondear la literatura actual sobre el  
28 rendimiento de carrera en partidos de fútbol en las ligas europeas con una perspectiva  
29 longitudinal. Se realizó una búsqueda en bases de datos electrónicas (Web of Science,  
30 Scopus, SportDiscus y PubMed) (hasta el 30 de enero de 2024). Se buscaron estudios  
31 potenciales utilizando diferentes combinaciones de grupos de palabras clave y criterios:  
32 que trataran sobre fútbol profesional en ligas europeas, que midieran el rendimiento en  
33 carrera de los partidos y que utilizaran tecnología de seguimiento para medir el  
34 rendimiento de los jugadores. Se revisó un total de 3.756 artículos y, tras dos fases de  
35 cribado, se seleccionó un total de 41 artículos. Esta revisión mostró que la distancia  
36 total (en inglés TD = Total Distance) recorrida por los jugadores de fútbol en partidos  
37 completos oscilaba entre  $11.393 \pm 1.016$  m en la primera temporada y  $10.698 \pm 844$  m  
38 en la temporada más reciente. También se observó una disminución de la TD en los  
39 segundos tiempos de los partidos. Se encontró una amplia gama de umbrales de  
40 velocidad para registrar la carrera de alta velocidad (en inglés HSR = High Speed  
41 Running) y se informó de una ligera tendencia al aumento de la HSR. Además, los  
42 resultados del análisis de los partidos por posiciones de juego informaron de una amplia  
43 variedad de perfiles físicos. Los autores sugieren la necesidad de comprender la  
44 evolución del rendimiento de la carrera en partido para optimizar el rendimiento de los  
45 futbolistas.

46 Palabras clave: fútbol, deportes de equipo, tecnología, análisis tiempo-  
47 movimiento, seguimiento por vídeo.

48

49

50

51 Análisis longitudinal del rendimiento en carrera de partidos de fútbol en ligas europeas  
52 profesionales: Una revisión sistemática

53 Cada vez son más las publicaciones que reconocen la importancia de la  
54 tecnología de seguimiento para controlar la carga externa en las competiciones de fútbol  
55 (Torres-Ronda et al., 2022). Las investigaciones han demostrado que los partidos de  
56 fútbol tienen un perfil de movimiento intermitente con actividad de menor intensidad y  
57 ráfagas más cortas de actividad de mayor intensidad, intercaladas con periodos  
58 irregulares de descanso (Bangsbo et al., 2006). En concreto, es bien sabido que los  
59 jugadores de fútbol recorren entre 10 y 12 kilómetros por partido de media (Hands &  
60 Janse de Jonge, 2020). Sin embargo, las variables relacionadas con el contexto pueden  
61 influir en la carga externa de los futbolistas durante las fases de los partidos y, por lo  
62 tanto, limitar la comparabilidad de los estudios (Castellano et al., 2011). Además, las  
63 investigaciones han informado de que las exigencias físicas de los partidos han  
64 evolucionado significativamente durante los últimos años (Barnes et al., 2014). En  
65 particular, estudios previos han mostrado una disminución a lo largo de los años de la  
66 distancia total (TD) y un aumento de la distancia recorrida y de los esfuerzos realizados  
67 a alta intensidad (Errekagorri et al., 2022; Pons et al., 2021). Por ello, sería interesante  
68 conocer estas variaciones para ser cuidadosos a la hora de preparar a los equipos de  
69 fútbol para las exigencias de los próximos partidos y para mantener la forma física y la  
70 salud de los jugadores (Almulla et al., 2020).

71 Los sistemas tecnológicos de seguimiento están profundamente integrados en el  
72 fútbol profesional (Carling et al., 2008; Murray & Varley, 2019). Para registrar la carga  
73 externa de los equipos de fútbol y los perfiles de actividad física de los jugadores  
74 durante los partidos oficiales, existe tecnología de seguimiento por vídeo que  
75 proporciona información detallada a partir de los múltiples sistemas de registro

76 establecidos alrededor de los estadios (Castagna et al., 2017). Los principales sistemas  
77 semiautomáticos son el francés AMISCO® (Niza, Francia), que se utilizó inicialmente  
78 durante la temporada 2002/03 en la liga española de fútbol profesional (Martínez et al.,  
79 2004); el británico Prozone® (Leeds, Reino Unido), que se integró posteriormente en la  
80 English Premier League (EPL; Di-Salvo et al., 2006); y el neoyorquino TRACAB®  
81 (Nueva York, EEUU), que se han integrado recientemente en la liga española de fútbol  
82 profesional y en la Bundesliga alemana (Linke et al., 2020). Esta tecnología ha sido  
83 validada por varios estudios en diferentes ligas de fútbol europeas (Ellens et al., 2022;  
84 Pons et al., 2019) y proporciona información útil sobre las exigencias físicas, técnicas y  
85 tácticas de los equipos y jugadores durante partidos oficiales y campeonatos (Buchheit  
86 et al., 2014).

87         Se ha publicado una cantidad considerable de literatura sobre las demandas  
88 físicas de los partidos de fútbol. Sin embargo, hasta donde sabemos, una limitación  
89 importante de la investigación sobre el rendimiento en carrera en partidos ha sido la  
90 comparación entre ligas profesionales de fútbol. Por ejemplo, Dellal et al. (2011)  
91 compararon el rendimiento en carrera en partidos de futbolistas profesionales de dos  
92 grandes campeonatos europeos: LaLiga española y la EPL, y encontraron que los  
93 jugadores de la EPL generalmente cubrían mayores distancias en sprint. El estudio de  
94 Dellal et al. (2011) es uno de los pocos que comparan el rendimiento físico entre  
95 diferentes ligas de fútbol. No obstante, en otros estudios anteriores basados en la  
96 tecnología de seguimiento AMISCO® o TRACAB® se han utilizado diferentes umbrales  
97 de velocidad. Estas cuestiones pueden implicar un efecto directo en el rendimiento  
98 físico de los futbolistas durante los partidos y limitar la comparabilidad de los estudios.  
99 Por lo tanto, el objetivo de esta revisión sistemática fue identificar y analizar la

100 literatura basada en el rendimiento de carrera en partidos de fútbol en las ligas  
101 profesionales europeas con una perspectiva longitudinal.

## 102 **Método**

103 Esta revisión sistemática se realizó e informó de acuerdo con la declaración  
104 PRISMA (Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-Analyses)  
105 (<https://www.prisma-statement.org/>), y también se pre-registró en PROSPERO (número  
106 de identificación: CRD42022346735).

## 107 **Criterios de elegibilidad y búsqueda bibliográfica**

108 Se realizó una búsqueda bibliográfica para identificar investigaciones adecuadas  
109 en las bases de datos electrónicas más representativas (Web of Science, Scopus,  
110 SportDiscus y PubMed) y publicadas en revistas científicas hasta el 30 de enero de  
111 2024. Los estudios potenciales se buscaron siguiendo las palabras clave como términos  
112 de búsqueda: i) "football" OR "soccer"; ii) "match"; iii) "match physical demands" OR  
113 "match running performance" OR "physical performance" OR "external load" (ver  
114 Tabla Suplementaria 1). Además, se comprobaron las listas de referencias de los  
115 artículos identificados en busca de estudios relevantes, y también se incluyeron todos  
116 los artículos conocidos por los autores. Así, las diferentes combinaciones sin términos  
117 restrictivos ayudaron a incluir en esta fase preliminar un elevado número de referencias  
118 minimizando el riesgo de omitir estudios relevantes.

## 119 **Selección de los estudios**

120 El proceso de selección constó de varias etapas principales, que se basaron en la  
121 lista de publicaciones recuperadas de las bases de datos y en los documentos adicionales  
122 incluidos por los autores (véase el diagrama de flujo de la búsqueda en la Figura 1).  
123 Todas estas etapas fueron realizadas por dos investigadores por duplicado (JCPB y  
124 DLT). Además, durante el proceso, las discrepancias se discutieron con un tercer revisor

125 (MALG) hasta alcanzar un consenso del 100%. En primer lugar, estos dos autores  
126 completaron la búsqueda y compararon sus resultados para asegurarse de que se había  
127 encontrado el mismo número de artículos. En segundo lugar, se excluyeron los artículos  
128 duplicados identificados en el primer paso antes del cribado. En tercer lugar, ambos  
129 autores comprobaron de forma independiente la elegibilidad del título y los resúmenes  
130 verificando los siguientes criterios de inclusión: (a) se analizaba el fútbol; (b) incluía  
131 una muestra de partidos; (c) los estudios analizaban el rendimiento en carrera del  
132 partido o la carga externa. En cuarto lugar, se excluyeron los artículos de acuerdo con  
133 los siguientes criterios de exclusión: i) inexistencia de texto completo; ii) artículo  
134 original no escrito en inglés; iii) libros y tesis doctorales (es decir, literatura gris); iv) el  
135 estudio era una revisión o metaanálisis; y v) investigación cualitativa. Por último, se  
136 introdujo otro proceso de selección más exhaustivo, en el que se omitieron de la  
137 revisión los manuscritos que cumplían alguno de los siguientes criterios: i) partidos de  
138 pretemporada; ii) partidos congestionados; iii) partidos o ventanas de tiempo no  
139 completos (es decir, los peores escenarios); iv) selecciones nacionales; v) partidos de  
140 copa internacionales y nacionales; vi) sin métricas de visualización; vii) métricas  
141 colectivas (es decir, suma de todos los jugadores); viii) influencia de variables (por  
142 ejemplo, posesión del balón); ix) sólo una posición analizada; x) los porteros se  
143 incluyeron en el análisis; xi) sólo un equipo analizado; xii) equipos de fútbol femenino;  
144 xiii) equipos de fútbol juvenil; xiv) ligas no europeas; xv) menos de diez partidos; y xvi)  
145 equipos no profesionales. Los dos últimos criterios se consideraron para minimizar el  
146 efecto de las variables contextuales, como la ubicación del partido o la calidad de la  
147 oposición, por lo que esta revisión se centró sólo en los estudios que informaron de más  
148 de diez partidos por temporada y más de un equipo de fútbol. Además, se abordaron  
149 cuestiones como los métodos de monitorización de la carga externa con tecnología de

150 seguimiento, con el objetivo de proporcionar una visión clara de la carga externa de las  
151 ligas europeas de fútbol profesional durante las últimas décadas. Por último, se empleó  
152 el estadístico Kappa ( $\kappa$ ) para comprobar la fiabilidad de la concordancia (Cohen, 1968).

### 153 **Extracción de datos y resumen de resultados**

154 Los datos fueron extraídos por un revisor (JCPB), y comprendían a grandes  
155 rasgos lo siguiente: las características del estudio y las medidas de resultado del análisis  
156 de los partidos. Las características del estudio incluían variables como el país y la liga  
157 en la que se realizó el estudio; las temporadas que se analizaron y, por tanto, el número  
158 de partidos y jugadores incluidos, así como el número de observaciones registradas.  
159 También se obtuvo la tecnología de seguimiento y el proveedor. Las medidas de  
160 resultado extraídas para el análisis de los partidos incluyeron la TD recorrida y la  
161 distancia de carrera a alta velocidad (HSR) evaluada en diferentes umbrales (por  
162 ejemplo, 17,1-21 km·h<sup>-1</sup>, 19,8-25,1 km·h<sup>-1</sup> o >25,2 km·h<sup>-1</sup>) según lo informado durante  
163 toda la duración del partido, así como en cada tiempo cuando estaba disponible. Los  
164 datos resumidos se presentan como la media de TD y HSR para aquellos estudios de la  
165 misma liga que informaron sobre estas variables. Además, se presentan datos resumidos  
166 por posición de juego para TD y HSR. Estos datos resumidos permiten comparar el  
167 rendimiento en carrera de los partidos de varias ligas europeas a lo largo de los años.

### 168 **Evaluación de la calidad metodológica**

169 La evaluación de la calidad de cada estudio se examinó adaptando y creando un  
170 instrumento específico basado en la guía Strengthening the Reporting of Observational  
171 Studies in Epidemiology (STROBE; von Elm et al., 2014) y la declaración Consolidated  
172 Standards of Reporting Trials (CONSORT), además de seguir otras listas de  
173 comprobación utilizadas previamente en el tema de investigación (por ejemplo,  
174 Castellano et al., 2014). Los criterios se referían tanto a la metodología como al

175 contenido de los documentos y al lugar de publicación de los mismos. Concretamente,  
176 esta herramienta medía los siguientes aspectos: (a) inclusión en revistas indexadas, (b)  
177 muestra o participantes, (c) recogida de datos, (d) validez y fiabilidad de la tecnología, y  
178 (e) exposición de los datos. Ocho de ellos se puntuaron en una escala binaria de 1  
179 (*cumple los criterios*) y 0 (*no cumple los criterios*), mientras que el otro contenía tres  
180 niveles (0 = *No declarado*; 1 = *Mencionado*; 2 = *Medido*), en los que la puntuación  
181 máxima posible equivalía a diez. La calidad global de cada publicación se definió como  
182 la suma de las puntuaciones de los nueve criterios (véase la Tabla suplementaria 2). Los  
183 artículos incluidos fueron evaluados por dos autores (JCPD y DLT) y cualquier  
184 discrepancia entre los dos autores se resolvió por consenso con un tercer revisor  
185 (MALG). Para garantizar un nivel aceptable de concordancia entre los evaluadores, se  
186 calculó el coeficiente kappa de Cohen (k).

## 187 **Resultados**

### 188 **Resultados de la búsqueda y selección de los estudios**

189 El protocolo PRISMA, como se muestra en la Figura 1, se utilizó para  
190 determinar la estrategia de selección de estudios para la presente revisión sistemática. El  
191 resultado total combinado de la búsqueda en la base de datos y el cribado de las listas de  
192 referencias identificó 3.756 artículos. Antes del cribado, se excluyeron 2.118 registros  
193 por duplicados. Tras la inspección del título y el resumen, 1.236 artículos se  
194 consideraron irrelevantes según los criterios de inclusión, lo que dejó 478 artículos  
195 elegibles para el cribado del texto completo. A continuación, se excluyeron 76 artículos  
196 por criterios de exclusión, quedando 402 para la elegibilidad. Por último, tras el cribado  
197 del texto completo, se incluyeron 42 artículos en la revisión sistemática (véase la figura  
198 1). Se calculó el índice de kappa para comprobar los resultados del análisis de fiabilidad

199 inter-observador, mostrando una fuerte concordancia inicial entre los dos autores (0,86;  
200 Cohen, 1968; McHugh, 2012).

201 \*\*\*\*Por favor, ver Figura 1 en artículo original\*\*\*\*

## 202 **Calidad de los estudios**

203 Los estudios que cumplieron los criterios de inclusión para la revisión fueron  
204 presentados (véase la Tabla suplementaria 3), junto con sus calificaciones de evaluación  
205 de la calidad. Hubo una buena concordancia entre los autores en cuanto a la calidad de  
206 los estudios ( $kappa = 88,4; p < .001$ ). La puntuación media de la calidad metodológica  
207 de los 41 artículos fue de 7,33 sobre diez posibles. Las deficiencias identificadas en los  
208 41 estudios afectaban a unos pocos criterios de calidad. Con respecto a los criterios  
209 cuatro y cinco, varios estudios no especificaban claramente el número y la duración de  
210 las grabaciones (es decir, primera o segunda parte, o todo el partido). En 15 estudios no  
211 se analizó la distinción entre posiciones de juego (criterio seis). Otros estudios carecían  
212 de información en relación con el criterio de calidad siete. En concreto, tres estudios no  
213 hacían referencia a ninguna investigación sobre la validez o fiabilidad del sistema de  
214 grabación que utilizaban. Por último, hubo deficiencias en relación con el criterio de  
215 calidad ocho, que se refería a la inclusión de variables contextuales como el estado del  
216 partido, el lugar del partido, el tipo de competición o la calidad del adversario. La  
217 mayoría de los estudios informaron sobre una única liga, pero tres estudios informaron  
218 sobre la comparación entre dos o tres ligas.

## 219 **Descripción general de los estudios**

220 La Tabla 1 presenta las características de todos los estudios incluidos en relación  
221 con la(s) temporada(s) en la(s) que se realizó el estudio, el país, el número de partidos  
222 incluidos, el tamaño de la muestra de jugadores de fútbol y el número resultante de  
223 observaciones registradas. Las temporadas examinadas oscilaron entre 2002/03 como la

224 temporada más temprana, y 2019/20 como la más reciente. El número de partidos  
225 analizados osciló entre 14 y 1.985, mientras que el tamaño de la muestra de jugadores  
226 osciló entre 18 y 1.241 futbolistas. El número de observaciones también varió,  
227 oscilando entre 363 y 36.883. Sólo tres estudios informaron de datos de diferentes ligas  
228 (es decir, dos o tres países analizados) y el resto de los estudios sólo informaron de  
229 datos de un único país. En cuanto al uso de la tecnología de seguimiento, todos los  
230 estudios utilizaron la tecnología de seguimiento por vídeo, siendo TRACAB la más  
231 reportada.

232 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 1 en artículo original\*\*\*\*

### 233 **Análisis del rendimiento en carrera de los partidos**

234 El análisis del rendimiento en carrera en partidos completos, así como en cada  
235 tiempo, también se presenta en la Tabla 1. La TD recorrida en partidos completos osciló  
236 entre  $11.393 \pm 1.016$  m (Di-Salvo et al., 2007) en la primera temporada y  $10.698 \pm 844$   
237 m (Radzimiński et al., 2022) en la temporada más reciente. La TD recorrida en cada  
238 mitad fue reportada por solo diez estudios, que van desde  $5,709 \pm 485$  m en la  
239 temporada 2002/03 (Di-Salvo et al., 2007) a  $5,275 \pm 223$  m en la temporada 2018/19  
240 (Dijkhuis et al., 2021) en la primera mitad y  $5,684 \pm 663$  m en la temporada 2002/03  
241 (Di-Salvo et al., 2007) a  $4,906 \pm 225$  m en la temporada 2018/19 (Dijkhuis et al., 2021)  
242 en la segunda mitad.

243 La Tabla 2 muestra el rendimiento de carrera en partidos completos  
244 considerando varios umbrales para TD y TD/min. Para el umbral HSR, los valores  
245 oscilaron entre  $605 \pm 114$  m en la temporada 2002/03 (Di-Salvo et al., 2007) y  $700 \pm$   
246  $210$  m en la temporada 2019/20 (Radzimiński et al., 2022). Para el umbral VHSR, los  
247 valores oscilaron entre  $271 \pm 58$  m en la temporada 2005/06 (Castellano et al., 2011) y  
248  $302,5 \pm 112$  m en la temporada 2018/19 (Lago-Peñas et al., 2020). Por último, para el

249 umbral Sprint, los valores oscilaron entre  $255 \pm 64$  m en la temporada 2005/06 (Bradley  
250 et al., 2009) y  $270 \pm 140$  m en la temporada 2019/20 (Altmann et al., 2021).

251 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 2 en artículo original\*\*\*\*

252 Se realizó un análisis del rendimiento en carrera por posición de juego para la  
253 TD recorrida (Tabla 3) y HSR (Tabla 4). Las posiciones de juego analizadas fueron las  
254 de central (en inglés CD = Central Defender), lateral (en inglés WD = Wide Defender),  
255 mediocentro (en inglés CM = Central Midfielder), medio lateral (en inglés WM = Wide  
256 Midfielder) y delantero (en inglés FW = Forward). Un total de 26 estudios informaron  
257 sobre la TD específica de la posición, de los cuales 20 informaron sobre la TD recorrida  
258 en metros y seis informaron sobre la TD recorrida en metros por minuto (es decir,  
259 valores relativos). La mayoría de los estudios informaron de la TD para CD, WD, CM,  
260 WM y FW, excepto Bradley et al. (2011), que no incluyeron WD y WM, y Modric et al.  
261 (2020), que no incluyeron WM. Desde la temporada más temprana a la más reciente, los  
262 valores para CD oscilaron entre  $10.627 \pm 893$  m (Di-Salvo et al., 2007) y  $9.930 \pm 569$  m  
263 (Radzimiński et al., 2022); para WD oscilaron entre  $11.410 \pm 708$  m (Di-Salvo et al.,  
264 2007) y  $10.695 \pm 621$  m (Radzimiński et al., 2022); para CM oscilaron entre  $12.027 \pm$   
265  $625$  m (Di-Salvo et al, 2007) a  $11\ 299 \pm 726$  m (Radzimiński et al., 2022); para WM  
266 osciló entre  $11\ 990 \pm 776$  m (Di-Salvo et al., 2007) y  $11\ 145 \pm 675$  m (Radzimiński et  
267 al., 2022); para FW osciló entre  $11\ 254 \pm 894$  m (Di-Salvo et al., 2007) y  $10\ 700 \pm 699$   
268 m (Radzimiński et al., 2022).

269 \*\*\*\*Por favor, ver Tablas 3 y 4 en artículo original\*\*\*\*

270 El resumen de los datos de TD y TD relativa (es decir, metros por minuto) por  
271 intervalo de años (teniendo en cuenta el intervalo de años de los torneos de la Copa del  
272 Mundo) y ligas se presentan en la Tabla 5 y la Tabla 6. La TD recorrida osciló entre  
273  $11.005 \pm 917$  m durante las temporadas 2002/03-2009/10 y  $10.615 \pm 718$  m durante las

274 temporadas 2018/19-2019/20. La TD media fue más baja en la Eredivise holandesa  
275 (10.181 ± 224 m; una fuente que utilizó el seguimiento por vídeo) con respecto a la  
276 mayor TD media en la Serie A italiana (11.389 m; dos fuentes que utilizaron el  
277 seguimiento por vídeo).

278 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 5 en artículo original\*\*\*\*

## 279 **Discusión**

280 La presente revisión ha intentado proporcionar un resumen y un análisis crítico  
281 del rendimiento en carrera de los partidos de las ligas europeas de fútbol profesional con  
282 una perspectiva longitudinal. En total, se incluyeron 41 estudios que informaban sobre  
283 el rendimiento en carrera de los partidos de los equipos de fútbol profesional. Las  
284 principales conclusiones fueron las siguientes: i) la TD recorrida por los futbolistas  
285 disminuyó ligeramente a lo largo de los años; ii) también se informó de una  
286 disminución de la TD recorrida en la segunda mitad de los partidos; iii) la HSR mostró  
287 una ligera tendencia al aumento a lo largo de las temporadas; iv) las posiciones de juego  
288 informaron de una amplia variedad de perfiles físicos, lo que permite un  
289 acondicionamiento específico para la posición de juego; v) se encontró una amplia gama  
290 de umbrales de velocidad para registrar la HSR. El presente estudio es, hasta donde  
291 sabemos, la primera revisión sistemática que identifica y recopila los estudios que han  
292 analizado las ligas profesionales europeas para describir el perfil físico de los equipos  
293 de fútbol con una perspectiva longitudinal.

294 El primer objetivo de esta revisión era ofrecer un resumen del rendimiento en  
295 carrera de los partidos de las ligas europeas de fútbol profesional. En general, se  
296 observó una tendencia progresiva a la disminución de la TD recorrida por los futbolistas  
297 a lo largo de las temporadas (véase la figura 2). Estos resultados están en consonancia  
298 con las investigaciones previas sobre el rendimiento físico en el fútbol, que han

299 demostrado que la TD ha disminuido en los últimos años (Errekagorri et al., 2022;  
300 Lago-Peñas et al., 2022; Pons et al., 2021). Una posible explicación a este hecho podría  
301 ser el paulatino cambio de los estilos de juego futbolísticos utilizados por los equipos,  
302 ya que, en los últimos años, se ha producido un paulatino aumento de los equipos que  
303 priorizan la posesión del balón, confirmándose que en las jugadas de control de balón  
304 con pocas transiciones los jugadores recorren menos distancias totales de carrera  
305 (García-Calvo et al., 2022; Morgans et al., 2014). Otras razones podrían estar  
306 relacionadas con el aumento de la duración media de los parones en el fútbol moderno  
307 (Wallace & Norton, 2014) o la introducción del Video Assistant Referee (VAR), que  
308 conlleva una disminución del tiempo efectivo de juego (Errekagorri et al., 2020), y en  
309 consecuencia una disminución de la TD (Ponce-Bordón, Lobo-Triviño, et al., 2022). En  
310 esta línea, una investigación ha reportado específicamente que la TD es una de las  
311 métricas físicas más influenciadas por el tiempo efectivo de juego, implicando una  
312 disminución en sus valores a medida que se reduce el tiempo efectivo de juego en  
313 partidos de fútbol profesional (Altmann et al., 2023).

314 Otra tendencia que se observa es la disminución de la TD durante las segundas  
315 partes de los partidos en comparación con las primeras. Hay varias explicaciones  
316 posibles para estos resultados. Una posible explicación podría ser la realización de  
317 muchos esfuerzos de alta intensidad en la primera mitad y la fatiga resultante, que puede  
318 ser inducida por muchos factores fisiológicos y causar la reducción de la TD (Rampinini  
319 et al., 2009). Sin embargo, estos resultados también podrían estar relacionados con las  
320 interrupciones del juego. La literatura reciente ha indicado que las interrupciones  
321 durante un partido tienen un impacto significativo en el rendimiento del jugador,  
322 reduciendo el rendimiento en carrera del partido (Linke et al., 2018). En este sentido, un  
323 estudio ha informado que los jugadores profesionales de fútbol no disminuyen su

324 rendimiento en distancia de carrera en la segunda mitad de los partidos cuando se  
325 consideran las interrupciones del juego, por lo que esta disminución de la capacidad  
326 física durante las segundas mitades podría explicarse por el exceso de paradas (Rey et  
327 al., 2020). Por lo tanto, estos estudios han indicado que el tiempo efectivo de juego  
328 debería tenerse en cuenta cuando se examina el rendimiento de carrera en partido de los  
329 futbolistas profesionales (Lago et al., 2023).

330 \*\*\*\*Por favor, ver Figura 2 en artículo original\*\*\*\*

331 La HSR es otra variable de la que se informa en la presente revisión. Aunque no  
332 hay consenso entre los umbrales de velocidad, existe una ligera tendencia hacia un  
333 aumento de la HSR a lo largo de las temporadas incluidas. Estos resultados corroboran  
334 los hallazgos de gran parte de la literatura previa en fútbol, donde se ha demostrado que  
335 la HSR ha aumentado en los últimos años (Gualtieri et al., 2023; Lago-Peñas et al.,  
336 2022; Pons et al., 2021). Hay varias explicaciones posibles para estos resultados. En  
337 primer lugar, se ha producido un aumento progresivo de los equipos orientados a la  
338 posesión del balón (González-Ródenas et al., 2023; Barnes et al., 2014; Konefal et al.,  
339 2019), caracterizados por realizar mayor HSR y mayor número de sprints repetidos  
340 durante los partidos que los equipos de juego directo con el objetivo de romper el  
341 equilibrio defensivo y posteriormente crear oportunidades de gol (Yi et al., 2019;  
342 Forcher et al., 2023). En segundo lugar, los parones en el fútbol moderno podrían  
343 permitir una mayor recuperación de los jugadores proporcionando una mayor intensidad  
344 de juego (Wallace y Norton, 2014). Concretamente, los partidos con un tiempo de juego  
345 efectivo más corto tienen muchas pausas, lo que permite a los jugadores recuperarse y, a  
346 continuación, realizar más sprints en comparación con los partidos con un tiempo de  
347 juego efectivo más largo y menos pausas para recuperarse (Altmann et al., 2023). Por lo  
348 tanto, esta revisión proporciona pruebas claras de que la evolución del rendimiento

349 físico en el fútbol moderno podría caracterizarse por períodos más frecuentes y densos  
350 de esfuerzos de alta intensidad (Nassis et al., 2020). Además, la perspectiva de  
351 entrenamiento actual y futura ha aumentado la prescripción de HSR, no sólo en el  
352 número de sesiones de alta intensidad, sino también en la densidad (es decir, el número  
353 de esfuerzos de alta intensidad en 1-2 minutos) de acuerdo con las demandas del fútbol  
354 para alcanzar un rendimiento óptimo del jugador para repetir y recuperar acciones de  
355 alta intensidad (Nassis et al., 2020).

356 Por otra parte, las grandes diferencias registradas en la HSR pueden explicarse  
357 por la influencia de variables contextuales en el rendimiento en carrera de los partidos,  
358 como las diferencias entre ligas (Dellal et al., 2011), el principal estilo de juego del país  
359 (Yi et al., 2019) o la ubicación del partido (Oliva-Lozano et al., 2020). Sin embargo, la  
360 razón principal podría deberse a la diferencia entre las definiciones de los umbrales de  
361 velocidad informadas por los proveedores de tecnología de seguimiento por vídeo y la  
362 evolución de las diferentes versiones de los sistemas de grabación a lo largo de los años.  
363 En esta línea, algunas investigaciones han analizado la intercambiabilidad de las  
364 variables de movimiento de los jugadores a partir de diferentes sistemas de seguimiento  
365 de atletas en el fútbol profesional a lo largo de los años mostrando diferencias entre  
366 ellos (Taberner et al., 2019, 2022). Además, algunos estudios han informado de que los  
367 sistemas de seguimiento con mayor frecuencia de muestreo (por ejemplo, 25-Hz frente a  
368 10-Hz) revelaron valores significativamente más altos para la mayoría de las medidas  
369 locomotoras (Ellens et al., 2022; Makar et al., 2023). Por ejemplo, se han comparado las  
370 dos versiones diferentes de TRACAB, Gen4 utilizada desde 2013 en más de 200  
371 estadios, incluyendo la Bundesliga alemana, la Premier League inglesa, LaLiga  
372 española, la Eredivisie holandesa o la Superliga danesa, y Gen5, instalada desde 2019  
373 en la Bundesliga alemana y LaLiga española, informando que Gen5 tiene una precisión

374 marginalmente mejor para las medidas de posición que Gen4 (Linke et al., 2020). Por  
375 ese motivo, la versión de la tecnología de seguimiento por vídeo también podría influir  
376 en las grandes diferencias notificadas.

377       En esta investigación también se analizaron las demandas físicas específicas de  
378 la posición en el partido. La literatura actual ha reportado que el rendimiento físico en el  
379 fútbol depende de la posición de juego (Di-Salvo et al., 2007; Lago-Peñas et al., 2009).  
380 En esta línea, se identificó una ligera tendencia a la disminución tanto de la TD como de  
381 la TD/min. en todas las posiciones. La identificación de perfiles específicos para cada  
382 posición proporciona un conocimiento útil a los profesionales, permitiendo un  
383 acondicionamiento específico para la posición de juego (Ade et al., 2016). Por último,  
384 se observó una disminución del número de estudios que analizan el rendimiento de  
385 carrera en partido a lo largo de los años (de 14 a 10 fuentes; ver Tabla 5). Una posible  
386 explicación podría ser que los estudios recientes han considerado la suma del  
387 rendimiento físico de todos los jugadores de los equipos de fútbol, reportando métricas  
388 colectivas (por ejemplo, 108 km; Lago-Peñas et al., 2023; Ponce-Bordón, García-Calvo,  
389 et al., 2022). Otra de las razones podría ser el creciente análisis interactivo del  
390 rendimiento físico relacionado con variables táctico-técnicas, donde los científicos del  
391 deporte tratan de entender cómo diferentes variables pueden influir en el rendimiento  
392 físico de los futbolistas (Aquino et al., 2019, 2020; Castellano & Echeazarra, 2019).

### 393 **Limitaciones y futuras direcciones**

394       La metodología de la presente revisión fue cuidadosamente considerada dado el  
395 objetivo de identificar la literatura actual sobre el rendimiento de la carrera en partidos  
396 de fútbol. Sin embargo, la generalización de estos resultados está sujeta a ciertas  
397 limitaciones. La principal limitación de esta revisión sistemática fue la imposibilidad de  
398 incluir un metaanálisis de las variables de estudio. En primer lugar, el hecho de incluir

399 sólo una variable de estudio (TD o HSR) no permitió examinar la relación de las  
400 variables dependientes con un grupo de comparación. En segundo lugar, debido a que  
401 todos los estudios incluidos tenían un diseño transversal, no existe un grupo de  
402 comparación y, por lo tanto, no se puede calcular el tamaño del efecto de las variables  
403 incluidas.

404 Por otra parte, la presente revisión puso de relieve las diferencias entre los  
405 métodos actuales de tecnología de seguimiento. Por ejemplo, las diferentes empresas, la  
406 versión del sistema de recogida de datos o los umbrales de velocidad. Con respecto a los  
407 umbrales de velocidad, los estudios informaron de que no hay acuerdo sobre el uso de  
408 umbrales de velocidad en las diferentes tecnologías de seguimiento, ni en el número de  
409 estos umbrales aplicados ni, de hecho, en qué velocidades definen los umbrales  
410 (Sweeting et al., 2017). Los estudios revisados mostraron diferentes números de  
411 umbrales y diferentes definiciones de los umbrales de velocidad. Estas diferencias  
412 suponen una limitación en la investigación sobre el fútbol, ya que los investigadores o  
413 los profesionales tienen problemas para decidir cuál es la mejor opción a utilizar, lo que  
414 dificulta la comparación entre estudios, ligas o la gestión de la carga externa en  
415 contextos prácticos. Por ello, de acuerdo con los umbrales oficiales de referencia en  
416 competiciones oficiales de organizaciones rectoras del fútbol como la Unión de  
417 Asociaciones Europeas de Fútbol (UEFA) y la FIFA (2018), los autores sugieren que la  
418 adopción de los siguientes umbrales sería válida para jugadores adultos profesionales  
419 masculinos:  $0.0-6.9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $>7.0-14.9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $>15-19.9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $>20-24.9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  y  $>25$   
420  $\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; con  $>20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  como umbral de HSR y  $>25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  como umbral de Sprint. Esta  
421 definición se recoge en la presente revisión en diferentes métodos de tecnología de  
422 seguimiento, y también se propone en Gualtieri et al. (2023). También debe tenerse en  
423 cuenta la evolución que la versión de los sistemas de registro ha experimentado a lo



449 profesionales europeas y ordenar los datos considerando una perspectiva longitudinal.  
450 En general, se encontró una disminución de la TD recorrida por los futbolistas a lo largo  
451 de los años, así como una disminución en la segunda mitad de los partidos también se  
452 encontró en la TD. Por el contrario, la HSR mostró una ligera tendencia al aumento a lo  
453 largo de las temporadas. Esta revisión muestra claras evidencias de la evolución del  
454 rendimiento físico en el fútbol moderno, caracterizado por un aumento de la HSR y una  
455 menor TD recorrida por los futbolistas. Estos resultados deben tenerse en cuenta para  
456 aplicar estrategias de entrenamiento que mejoren la capacidad de los jugadores para  
457 realizar esfuerzos de mayor intensidad durante los partidos. Además, los resultados del  
458 análisis de los partidos por posiciones de juego informaron de una amplia variedad de  
459 perfiles físicos, lo que permite un acondicionamiento específico para la posición de  
460 juego.

461 Por último, se encontró una amplia gama de umbrales de velocidad para registrar  
462 la HSR. Estos sistemas de seguimiento proporcionan la recogida de datos de carga  
463 externa de los equipos de fútbol, pero sería necesario un acuerdo entre empresas o  
464 investigadores para permitir una mejor comparación entre los estudios de diferentes  
465 contextos. En esta revisión, los autores sugieren un intento de consenso en las  
466 definiciones de los umbrales de velocidad, teniendo en cuenta la literatura analizada y la  
467 tecnología de seguimiento más utilizada. Además, dada la creciente cantidad de datos,  
468 los profesionales deben ser críticos a la hora de considerar la validez y exactitud de los  
469 datos comunicados por cada sistema.

#### 470 **Aplicaciones prácticas**

471 Uno de los principales puntos fuertes de esta revisión es que abarca desde las  
472 primeras temporadas en las que se analizaron las demandas físicas de los partidos con  
473 sistemas de seguimiento por vídeo hasta las temporadas más recientes. De este modo, se

474 presenta un amplio examen de los perfiles de rendimiento en carrera analizados  
475 mediante tecnología de seguimiento en las ligas europeas de fútbol profesional.  
476 Además, la revisión ha puesto de relieve las lagunas y los problemas de la investigación  
477 existente sobre el rendimiento físico mediante el seguimiento por vídeo y ha  
478 identificado directrices para informar futuras investigaciones. Estas directrices en la  
479 investigación sobre el fútbol permitirían estandarizar los criterios para analizar el  
480 rendimiento del equipo (es decir, partidos jugados, número de jugadores o equipos  
481 incluidos, un tamaño de muestra de grabaciones, etc.) durante los partidos de fútbol para  
482 permitir un conocimiento útil más fácil para el futuro. Además, dado que no existe un  
483 consenso sobre los umbrales de velocidad en jugadores de fútbol masculinos adultos,  
484 los profesionales podrían establecer como umbrales de velocidad de entrada los  
485 adoptados por la FIFA y la UEFA (FIFA, 2018) o los que se han incluido en el rango  
486 sugerido a partir de esta revisión y otra revisión similar anterior (Gualtieri et al., 2023).  
487 En conclusión, teniendo en cuenta la evolución del rendimiento en carrera de partido  
488 relacionado con la HSR a lo largo de los años, los jugadores de fútbol actuales deberían  
489 estar preparados para realizar un gran número de acciones de HSR y sprint. Por lo tanto,  
490 para garantizar una exposición adecuada de HSR a los jugadores de fútbol durante las  
491 sesiones de entrenamiento, los profesionales podrían utilizar una combinación de juegos  
492 adaptados y ejercicios basados en sprints (Gualtieri et al., 2023).

493

494

495

496

497

498

499

## **Declaraciones**

### **500 Agradecimientos**

501 Este trabajo ha contado con el apoyo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
502 (FEDER), la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e Infraestructuras) y la  
503 Fundación Fernando Valhondo Calaff.

### **504 Declaración de intenciones**

505 Los autores informan de que no tienen intereses contrapuestos que declarar.

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

## Referencias

525

\*\*\*\*Ver referencias en artículo original\*\*\*\*



Article

# The Effect of the Video Assistant Referee System Implementation on Match Physical Demands in the Spanish LaLiga

José C. Ponce-Bordón <sup>1</sup>, David Lobo-Triviño <sup>1</sup>, Ana Rubio-Morales <sup>1</sup> , Roberto López del Campo <sup>2</sup>, Ricardo Resta <sup>2</sup> and Miguel A. López-Gajardo <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, Boulevard of the University s/n, 10003 Cáceres, Spain; joponceb@unex.es (J.C.P.-B.); davidlobo123@gmail.com (D.L.-T.); anarubmor94@gmail.com (A.R.-M.)

<sup>2</sup> LaLiga Sport Research Section, 28043 Madrid, Spain; rlopez@laliga.es (R.L.d.C.); rresta@laliga.es (R.R.)

\* Correspondence: malopezgajardo@unex.es

**Abstract:** The present study aimed to analyze the influence of the Video Assistant Referee (VAR) on match physical demands in the top Spanish professional football league. Match physical demand data from all the matches for two seasons (2017/2018 and 2018/2019) in the First Spanish Division ( $n = 1454$ ) were recorded using an optical tracking system (ChyronHego<sup>®</sup>). Total distance, relative total distance covered per minute, distance covered between 14–21 km·h<sup>-1</sup>, distance covered between 21–24 km·h<sup>-1</sup>, and distance covered at more than 24 km·h<sup>-1</sup> were analyzed; also, the number of sprints between 21–24 km·h<sup>-1</sup> and more than 24 km·h<sup>-1</sup> were taken into consideration. The times the VAR intervened in matches were also taken into account. Results showed that total distance and relative total distance significantly decreased in seasons with VAR compared to seasons without VAR. Finally, distance covered between 21–24 km·h<sup>-1</sup>, distance covered at more than 24 km·h<sup>-1</sup>, and the number of high-intensity efforts between 21–24 km·h<sup>-1</sup> and more than 24 km·h<sup>-1</sup> increased in seasons with VAR compared to seasons without VAR, but the differences were nonsignificant. Thus, these findings help practitioners to better understand the effects of the VAR system on professional football physical performance and to identify strategies to reproduce competition demands.

**Keywords:** decision making; match analysis; physical performance; professional soccer; video-replay technology



**Citation:** Ponce-Bordón, J.C.; Lobo-Triviño, D.; Rubio-Morales, A.; López del Campo, R.; Resta, R.; López-Gajardo, M.A. The Effect of the Video Assistant Referee System Implementation on Match Physical Demands in the Spanish LaLiga. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 5125. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095125>

Academic Editors: Filipe Manuel Clemente, Adilson Marques, Hugo Miguel Borges Sarmiento and Tomás García-Calvo

Received: 8 March 2022

Accepted: 21 April 2022

Published: 22 April 2022

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Research has shown that referees must make more than 130 observable decisions during football matches [1]. The increasing development and progress of technology in football supports and helps referees make better, unbiased decisions [2]. One of the technological advances is the Video Assistant Referee (VAR) system. The presence of the VAR system is increasing in elite football worldwide in order to minimize referees' erroneous decisions and thus reduce subjective error when an action is unclear or needs to be rechecked [3]. After being officially introduced in the 2018 World Cup, major leagues started using the VAR as of the 2018/2019 season [4]. Therefore, the introduction of the VAR system may affect professional football, so research has recently analyzed its influence on team performance and play in elite football.

Some studies have analyzed the effect of the VAR on different football statistics. Specifically, Lago-Peñas et al. [5] examined the influence of the VAR system in 1024 matches of two professional European leagues (Italian Serie A and German Bundesliga) across the 2016/2017 season (without the VAR system) and the 2017/2018 season (with the VAR system). They reported a decrease in the number of offsides, fouls, and yellow cards after the implementation of the VAR. There was also an increase in the number of minutes added to the total playing time in the first half and the full game (i.e., extra time in playing

total time). In the same vein, Han et al. [6] analyzed the Chinese Super League (CSL) during the 2017/2018 and 2018/2019 seasons to compare the influence of the VAR system implementation. These authors found a significant increase in the total playing time of both the first and second half, as well as for the whole match; and the number of offsides and fouls dropped significantly. Gurler et al. [7] showed that, in the Turkey Super League, average match time (seconds) and the ball in playing time (seconds) per game increased after the use of the VAR. Similarly, Lago-Peñas et al. [8] reported a significant increase in the number of minutes added to the playing time in the full match after the implementation of the VAR. However, the possible disruption to the flow and pace of the match due to the stopping and starting, which can be especially disruptive, has been criticized [9].

Although some research has been carried out on the influence of the VAR system implementation on football, these studies have not analyzed the influence of the VAR system on match physical demands. Only two studies analyzed the impact of VAR technology on physical performance. Firstly, a total of 375 matches of Spanish LaLiga during the 2018/2019 season were examined according to the number of VAR interventions per match, finding a slight decrease in the total distance (TD) covered [10]. However, these authors concluded that the intensity and rhythm of play were somewhat higher in matches where the VAR intervened. The disruptions of the match caused by VAR influence the effective playing time [9]. This has not yet been analyzed but players can use them to recover and perform more high-intensity efforts [11]. Secondly, Costa-Oliveira et al. [12] analyzed the average distance covered by the teams, the number of individual and total sprints per team of 116 football matches (57 matches of the 2014 and 59 matches of the 2018 FIFA World Cups). The results showed a significant increase in average distance covered and a significant decrease in the number of individual and total sprints during the tournament in which the VAR was employed. But the authors suggested prudence because these results could be related to other factors, such as match status or opponent quality. Therefore, the significant differences found between the two tournaments (i.e., 2014 and 2018 FIFA World Cups) should not be exclusively or directly attributed to the VAR system implementation, and any attempts to generalize findings or extrapolate inferences requires caution.

The studies presented thus far reveal opposite results and scarce evidence to establish clear conclusions about the influence of the VAR system on match physical demands. The external load has evolved over the last years, increasing the number of high-intensity actions [13]. Moreover, players can use the VAR disruptions to recover and perform more high intensity running actions [11]. However, whether the VAR system implementation strongly affects match physical demands, specifically high-intensity efforts in the First Spanish Division, is still uncertain. Therefore, this study aimed to analyze the influence of the VAR system implementation on match physical demands in the top Spanish football league across the 2017/2018 season (without the VAR system) and the 2018/2019 seasons (with the VAR system). Based upon prior studies [10], it was hypothesized that (i) total distance covered by teams would decrease in seasons with the VAR system implementation and (ii) distances covered at high-intensity and sprinting actions would increase in seasons with the VAR system implementation.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Participants

The sample included observations of all the matches played over two seasons (from 2017/2018 to 2018/2019) in the First Spanish Division (LaLiga Santander;  $n = 1454$ ). Two observations were made per match, and one per team. Goalkeeper activity was included. Specifically, a total of 1454 out of 1520 potential records were included in the study. A total of 66 observations were excluded due to technical problems in the data collecting system or adverse weather conditions during the match. As the VAR was introduced in top European leagues at the start of the 2017/2018 season, VAR interventions were only considered in all the matches of the 2018/2019 season in the First Spanish Division. Data were provided to the authors by LaLiga<sup>TM</sup>, which had informed all participants through its proto-

cols. All data were anonymized according to the Declaration of Helsinki to ensure players' and teams' confidentiality, and the protocol was fully approved by the Ethics Committee of the University of Extremadura; Vice-Rectorate of Research, Transfer, and Innovation-Delegation of the Bioethics and Biosafety Commission (Protocol number: 239/2019).

## 2.2. Design and Procedure

Match physical demand data were collected by an optical tracking system, ChyronHego® (TRACAB, New York, NY, USA). This multi-camera tracking system assesses the distance covered in meters by teams and the number of high-intensity sprints (LaLiga™, Madrid, Spain). It consists of eight super 4K-High Dynamic Range cameras based on a positioning system (Tracab—ChyronHego video-tracking system). This system records and analyzes X, Y, and Z positions for each player from several angles, thus providing real-time three-dimensional tracking (tracking data are recorded at 25 Hz). This instrument is also based on the correction of the semi-automatic video-tracking system (the manual part of the process). The validity and reliability of the Tracab® video-tracking system have also been recently tested for physical performance, reporting average measurement errors of 2% for physical performance variables [14]. In addition, recent studies have tested the agreement between the Mediacoach® system and GPS devices [15]. Specifically, the magnitude of the intraclass correlation coefficients (ICC) was higher than 90 [15].

## 2.3. Study Variables

Following previous studies [16,17], match physical demands by teams were recorded by Mediacoach® in different speed ranges: total distance covered by football teams in meters (i.e., TD), relative total distance covered by football teams per minute (TD/min.), distance covered between 14–21 km·h<sup>-1</sup> (Medium-intensity running distance = MIRD), distance covered between 21–24 km·h<sup>-1</sup> (High-intensity running distance = HIRD), and distance covered at more than 24 km·h<sup>-1</sup> (Very high-intensity running distance = VHIRD). Additionally, the number of high-intensity efforts performed was also divided into two speed ranges: number of very high-intensity running efforts between 21–24 km·h<sup>-1</sup> (Sp21); and number of sprints at speeds above 24 km·h<sup>-1</sup> (Sp24). All of these variables constitute the total sum of the physical performance of the players who participated in each match (i.e., all the players who completed entire matches, all the players who were replaced, and the substitute players).

## 2.4. Statistical Analysis

Data were analyzed using the statistical program SPSS 25.0 (Armonk, NY, USA: [18]). Descriptive statistics for each variable in the First Spanish Division during two seasons (2017/2018 and 2018/2019) are presented as means and standard deviations. The Levene test was applied to check the equality of variances, and the Kolmogorov Smirnov test was used to establish data normality [19]. Firstly, a two-way analysis of variance (ANOVA) was used to explore the main differences in the professional football league for external load variables (i.e., variables related to distances covered and the number of sprints) across both seasons with and without the VAR. A post hoc comparison between the seasons, using Bonferroni posthoc analyses, was carried out. Thus, ANOVA [20] revealed the differences between seasons with and without VAR in match physical demands, where the football season was the factor. Finally, the standardized differences, or effect size (ES, 90% confidence limit), for the selected variables were calculated. We used threshold values for Cohen's ES statistics of trivial (<0.2), small (0.2–0.6), moderate (0.6–1.2), large (1.2–2.0), and very large (>2.0; [21]). Statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

### 3. Results

Table 1 shows an overview of the mean match physical demands comparison of the First Spanish Division between the two league seasons (i.e., with and without the VAR). The data show that, in this competition, TD and TD/min. significantly decreased ( $p < 0.05$ ), in seasons with the VAR compared to seasons without the VAR. Non-differences were found between the two seasons in MIRD covered by teams. Furthermore, non differences were found in the distance covered at high-intensity, such as HIRD and VHIRD, and the number of high-intensity sprints, like Sp21 and Sp24, in seasons with the VAR system implemented compared to seasons without the VAR.

**Table 1.** Match physical demands comparison between seasons with and without the VAR in LaLiga Santander.

	Season 2017/2018			Season 2018/2019			<i>p</i>	$\Delta$ Cohen
	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% CI	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% CI		
<b>TD (m)</b>	<b>109,321</b>	4189	109,013, 109,629	108,596	4497	108,289, 108,902	**	0.17
<b>TD/min. (m/min.)</b>	1505	74	1500, 1510	1477	73	1472, 1482	***	0.38
<b>MIRD 14–21 km·h<sup>-1</sup> (m)</b>	22,709	2322	22,557, 22,861	22,471	2216	22,320, 22,622		0.10
<b>HIRD 21–24 km·h<sup>-1</sup> (m)</b>	3013	384	2986, 3041	3056	396	3028, 3084		0.11
<b>VHIRD &gt; 24 km·h<sup>-1</sup> (m)</b>	2930	486	2894, 2965	2960	500	2925, 2995		0.06
<b>No. Sp 21–24 km·h<sup>-1</sup></b>	264	30	262, 267	268	32	266, 270		0.13
<b>No. Sp &gt; 24 km·h<sup>-1</sup></b>	161	22	160, 163	162	23	160, 164		0.04

Note. SD = Standard Deviation, m = meters, No. = Number, TD = Total distance, MIRD = Medium-intensity running distance, HIRD = High-intensity running distance, VHIRD = Very high-intensity running distance, Sp 21–24 = Sprints between 21–24 km·h<sup>-1</sup>, Sp > 24 = Sprints at speeds above 24 km·h<sup>-1</sup>, \*\*  $p < 0.01$ . \*\*\*  $p < 0.001$ .

### 4. Discussion

The VAR system was implemented in football games in 2018 to support referees' decision-making processes and to avoid possible match-changing incidents. Research has suggested that referees often make decisions that could directly influence the final score [22]. However, scarce evidence has been reported about the influence of the VAR system on match physical demands [10,12]. Therefore, this research aimed to assess the influence of the VAR system implementation on match physical demands in LaLiga Santander. The main findings of the study were as follows: (i) TD and TD/min. significantly decreased in seasons with the VAR compared to seasons without the VAR in the First Spanish Division; and (ii) a positive trend was reported in distances covered at high intensity and the number of high-intensity efforts in the 2018/2019 season (with the VAR system implementation).

Regarding TD covered by teams, we expected that it would decrease in seasons with the VAR system implementation (Hypothesis 1). The most striking result to emerge from the data is that TD and TD/min were significantly reduced in seasons with the VAR compared to seasons without the VAR. Thus, the VAR system implementation has involved a decrease in the TD covered by soccer players. Similarly, Errekagorri et al. [10] also observed a slight decrease in the TD covered by the First Spanish Division teams when the VAR system intervened. There are several possible explanations for this result. First, the effective playing time may have decreased when the VAR intervened and, consequently, the teams covered less TD [23]. Secondly, this result could be due to the natural evolution of match physical demands over the years, as research has reported that TD covered by teams of the First Spanish Division decreased significantly in recent years [13]. Third, the playing style used by the teams of LaLiga could influence these results, because in recent years there has been a gradual increase in teams with high ball possession levels, confirming that in ball control plays with few transitions, players covered less total running distances [24,25].

On the contrary, when World Cup matches were analyzed, the TD covered by teams was greater in championships when the VAR system intervened compared to championships without VAR interventions [12]. However, prudence is necessary when interpreting these data, as these results may be related to other factors, such as match status or the quality of the opposition, or even the playing style used by teams [26].

According to our second hypothesis, we expected an increase in the distances covered at high intensity and the number of high-intensity running efforts (Hypothesis 2). The results showed that distances covered at high-intensity, such as HIRD and VHIRD, and the number of high-intensity efforts, like Sp21 and Sp24, increased in seasons with the VAR compared to seasons without the VAR, although the differences were nonsignificant. Thus, the VAR system implementation produced a positive trend in the distances covered at high intensity by soccer players. This result may be explained by the fact that the VAR interventions could cause a decrease in effective playing time (i.e., there were more playing disruptions), which allows players to cover less TD and rest more often in order to perform more high-intensity efforts [10,11]. Similarly, recent research has shown that distances covered at high intensity and high-intensity efforts have increased in the last years in the First Spanish Division [13]. The increase in distances at high-intensity could also be an indicator of the evolution of football, where football players are now trained to perform more high-intensity actions [27]. It may also be a consequence of the playing styles used by teams of LaLiga, where it has previously been shown that there has been a gradual increase in teams with possession-play and that teams with possession-play performed more high-intensity sprints [25]. On the other hand, Costa-Oliveira et al. [12] reported a reduction in the number of individual and total sprints in the 2018 FIFA World Cup, where the VAR was implemented, compared to the previous edition (without the VAR system). There is some controversy in the findings of the current research, so our study aims to be more representative due to the included sample and to go further to understand the influence of the VAR on match physical demands.

#### *4.1. Limitations and Future Perspectives*

This study has some limitations that should be acknowledged with a view to future research. First, we should perform a longitudinal comparison over the years of football competition (i.e., more seasons), before and after the VAR system implementation, to obtain more representative and consistent data. Moreover, we did not analyze other physical variables such as accelerations and decelerations [28] and high metabolic load distance (HMLD; [29]), which are part of the external load of football matches and should be analyzed to gain more specific knowledge of the competition. Furthermore, a comparison between the First and Second Divisions regarding the influence of the VAR system on match physical demands could also be introduced. Moreover, an extrapolation of such a study to other European leagues could be included, so we could observe differences in the VAR system implementation between different football leagues. Finally, due to the VAR, there is more time in the minutes of the discount because a VAR decision can hold up the match for several minutes (i.e., the real “active” time—ball in action—during the matches decreases), so it would be interesting to analyze how the decrease of effective time caused by the VAR affects match physical demands.

#### *4.2. Practical Applications*

Some practical applications can be extracted from the results obtained. First, the VAR system implementation has gently changed the match physical demands across the seasons. In particular, the TD covered has significantly decreased and distances covered at high-intensity have shown a positive trend. These results provide very useful knowledge to strength and conditioning coaches to apply specific strategies for the distribution of external load in training sessions to reproduce competition demands and optimize players’ physical performance. For instance, strategies to prevent hamstring injuries such as eccentric strengthening and sprint training should be included during the season and, especially, in

the pre-season and off-season [30]. These stimuli constitute a method for injury prevention and could reduce the injury rate of football players and allow them to perform a higher number of high-intensity efforts in soccer matches.

## 5. Conclusions

The present research represents an attempt to determine how match physical demands have evolved in professional football teams after the VAR system implementation. Overall, the findings of the present study showed that the VAR introduction in football has produced a significant decrease in TD and TD/min., and a positive trend was reported in distances covered at high-intensity and the number of high-intensity efforts in the 2018/2019 season. That is, football players covered less distance with the VAR. These findings suggest that the VAR system affects the game in elite football. The training strategies should provide stimuli for football players to perform greater high-intensity efforts in matches.

**Author Contributions:** Conceptualization, J.C.P.-B.; methodology, J.C.P.-B., D.L.-T. and A.R.-M.; formal analysis, J.C.P.-B.; investigation, J.C.P.-B., D.L.-T., A.R.-M., R.L.d.C., R.R. and M.A.L.-G.; resources, R.L.d.C. and R.R.; writing—original draft preparation, J.C.P.-B., D.L.-T. and M.A.L.-G.; writing—review and editing, J.C.P.-B. and M.A.L.-G.; funding acquisition, R.L.d.C. and R.R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research was funded by the European Regional Development Fund (ERDF, GR18102), the Government of Extremadura (Department of Economy and Infrastructure) and LaLiga Research and Analysis Sections.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board of the University of Extremadura; Vice-Rectorate of Research, Transfer and Innovation-Delegation of the Bioethics and Biosafety Commission (Protocol number: 239/2019).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** Restrictions apply to the availability of these data. Data was obtained from LaLiga and are available with the permission of corresponding author.

**Conflicts of Interest:** The authors declare that they have no conflict of interest. Also, the funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

## References

1. Helsen, W.; Gilis, B.; Weston, M. Errors in judging “offside” in association football: Test of the optical error versus the perceptual flash-lag hypothesis. *J. Sports Sci.* **2006**, *24*, 521–528. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Spitz, J.; Wagemans, J.; Memmert, D.; Williams, A.M.; Helsen, W.F. Video Assistant Referees (VAR): The Impact of Technology on Decision Making in Association Football Referees. *J. Sports Sci.* **2021**, *39*, 147–153. [[CrossRef](#)]
3. Kolbinger, O.; Lames, M. Scientific Approaches to Technological Officiating Aids in Game Sports. *Curr. Issues Sport Sci.* **2017**, *2*, 001. [[CrossRef](#)]
4. Fédération Internationale de Football Association. *Laws of the Game: Video Assistant Referee (VAR) Protocol*; Fédération Internationale de Football Association (FIFA): Paris, France, 2019; pp. 134–142.
5. Carlos, L.-P.; Ezequiel, R.; Anton, K. How Does Video Assistant Referee (VAR) Modify the Game in Elite Soccer? *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2019**, *19*, 646–653. [[CrossRef](#)]
6. Han, B.; Chen, Q.; Lago-Peñas, C.; Wang, C.; Liu, T. The Influence of the Video Assistant Referee on the Chinese Super League. *Int. J. Sports Sci. Coach.* **2020**, *15*, 662–668. [[CrossRef](#)]
7. Gürler, C.; Polat, V. Video Assistant Referee’s Effect on Football: Turkish Super League Case. *Rev. Bras. Futsal Futeb.* **2021**, *13*, 118–124.
8. Lago-Peñas, C.; Gómez, M.A.; Pollard, R. The effect of the Video Assistant Referee on referee’s decisions in the Spanish LaLiga. *Int. J. Sports Sci. Coach.* **2021**, *16*, 824–829. [[CrossRef](#)]
9. Dyer, B. The controversy of sports technology: A systematic review. *SpringerPlus* **2015**, *4*, 524. [[CrossRef](#)]
10. Errekaigorri, I.; Castellano, J.; Echeazarra, I.; Lago-Peñas, C. The Effects of the Video Assistant Referee System (VAR) on the Playing Time, Technical-Tactical and Physical Performance in Elite Soccer. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2020**, *20*, 808–817. [[CrossRef](#)]
11. Bradley, P.S.; Sheldon, W.; Wooster, B.; Olsen, P.; Boanas, P.; Krustup, P. High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J. Sports Sci.* **2009**, *27*, 159–168. [[CrossRef](#)]

12. Costa-Oliveira, M.A.; Dambroz, F.; Santos, R.; Moniz, F. VAR Implementation and Soccer Team Performance: A Comparison between the 2014 and 2018 World Cups. *J. Phys. Educ. Sport* **2021**, *21*, 3208–3213.
13. Pons, E.; Ponce-Bordón, J.C.; Díaz-García, J.; del Campo, R.L.; Resta, R.; Peirau, X.; García-Calvo, T. A Longitudinal Exploration of Match Running Performance during a Football Match in the Spanish La Liga: A Four-Season Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 1133. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Pons, E.; García-Calvo, T.; Cos, F.; Resta, R.; Blanco, H.; López del Campo, R.; Díaz-García, J. Integrating Video Tracking and GPS to Quantify Accelerations and Decelerations in Elite Soccer. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 18531. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Pons, E.; García-Calvo, T.; Resta, R.; Blanco, H.; López del Campo, R.; Díaz García, J.; Pulido, J.J. A Comparison of a GPS Device and a Multi-Camera Video Technology during Official Soccer Matches: Agreement between Systems. *PLoS ONE* **2019**, *14*, e0220729. [[CrossRef](#)]
16. Ponce-Bordón, J.C.; García-Calvo, T.; Candela-Guardiola, J.M.; Serpiello, F.R.; del Campo, R.L.; Resta, R.; Pulido, J.J. The Relationship between Running Distance and Coaches' Perception of Team Performance in Professional Soccer Player during Multiple Seasons. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 1454. [[CrossRef](#)]
17. Ponce-Bordón, J.C.; Díaz-García, J.; López-Gajardo, M.A.; Lobo-Triviño, D.; López del Campo, R.; Resta, R.; García-Calvo, T. The Influence of Time Winning and Time Losing on Position-Specific Match Physical Demands in the Top One Spanish Soccer League. *Sensors* **2021**, *21*, 6843. [[CrossRef](#)]
18. IBM. *IBM SPSS Statistics for Windows*, Version 25.0; IBM: Armonk, NY, USA, 2017.
19. Nordstokke, D.; Zumbo, B. A New Nonparametric Levene Test for Equal Variances. *Psicológica* **2010**, *31*, 401–430.
20. Cuevas, A.; Febrero, M.; Fraiman, R. An Anova Test for Functional Data. *Comput. Stat. Data Anal.* **2004**, *47*, 111–122. [[CrossRef](#)]
21. Hopkins, W.G.; Marshall, S.W.; Batterham, A.M.; Hanin, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2009**, *41*, 3–13. [[CrossRef](#)]
22. Mallo, J.; Frutos, P.G.; Juárez, D.; Navarro, E. Effect of Positioning on the Accuracy of Decision Making of Association Football Top-Class Referees and Assistant Referees during Competitive Matches. *J. Sports Sci.* **2012**, *30*, 1437–1445. [[CrossRef](#)]
23. Peñas, C.L.; Dellal, A.; Owen, A.L.; Gómez-Ruano, M.Á. The Influence of the Extra-Time Period on Physical Performance in Elite Soccer. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2015**, *15*, 830–839. [[CrossRef](#)]
24. Morgans, R.; Adams, D.; Mullen, R.; McLellan, C.; Williams, M.D. Technical and Physical Performance over an English Championship League Season. *Int. J. Sports Sci. Coach.* **2014**, *9*, 1033–1042. [[CrossRef](#)]
25. Yi, Q.; Gómez, M.A.; Wang, L.; Huang, G.; Zhang, H.; Liu, H. Technical and Physical Match Performance of Teams in the 2018 FIFA World Cup: Effects of Two Different Playing Styles. *J. Sports Sci.* **2019**, *37*, 2569–2577. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Da Mota, G.R.; Thiengo, C.R.; Gimenes, S.V.; Bradley, P.S. The Effects of Ball Possession Status on Physical and Technical Indicators during the 2014 FIFA World Cup Finals. *J. Sports Sci.* **2016**, *34*, 493–500. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Ekstrand, J.; Waldén, M.; Hägglund, M. Hamstring Injuries Have Increased by 4% Annually in Men's Professional Football, since 2001: A 13-Year Longitudinal Analysis of the UEFA Elite Club Injury Study. *Br. J. Sports Med.* **2016**, *50*, 731–737. [[CrossRef](#)]
28. Dalen, T.; Jorgen, I.; Gertjan, E.; Havard, H.; Ulrik, W. Player Load, Acceleration and Deceleration during Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer. *J. Strength Cond. Res.* **2016**, *30*, 351–359. [[CrossRef](#)]
29. Casamichana, D.; Castellano, J.; Diaz, A.G.; Gabbett, T.J.; Martin-Garcia, A. The Most Demanding Passages of Play in Football Competition: A Comparison between Halves. *Biol. Sport* **2019**, *36*, 233–240. [[CrossRef](#)]
30. Rudisill, S.; Varady, N.; Kucharik, M.; Eberlin, C.; Martin, S. Evidence-based hamstring injury prevention and risk factor management: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Sport Med.* **2022**, *in press*. [[CrossRef](#)]

1 El efecto de la implantación del sistema asistente de video arbitraje en las exigencias  
2 físicas de los partidos de LaLiga española

3  
4 Ponce-Bordón, J.C.<sup>1</sup>, Lobo-Triviño, D.<sup>2</sup>, Rubio-Morales, A.<sup>3</sup>, López del Campo, R.<sup>4</sup>,  
5 Resta, R.<sup>5</sup>, López-Gajardo, M.A.<sup>6</sup>

6  
7 <sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

8 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5641-6748>

9 <sup>2</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

10 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6559-2375>

11 <sup>3</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

12 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8364-7632>

13 <sup>4</sup>Sección de Investigación Deportiva de LaLiga, Madrid (España)

14 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9286-6113>

15 <sup>5</sup>Sección de Investigación Deportiva de LaLiga, Madrid (España)

16 <sup>6</sup>Facultad de Formación del Profesorado, Universidad de Extremadura (España)

17 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8364-7632>

18  
19 Nota de los autores:

20 Autor de correspondencia: Miguel A. López-Gajardo. Facultad de Formación del  
21 Profesorado. Universidad de Extremadura. C/ Avenida de la Universidad, s/n, C.P.:  
22 10003, Cáceres, España. Teléfono: +34 927257050 Fax: +34 927257051.

23 Correo electrónico: [malopezgajardo@unex.es](mailto:malopezgajardo@unex.es)

24

25

26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50

## Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la influencia del Árbitro Asistente de Vídeo (en inglés VAR = Video Assisstant Referee) en las demandas físicas de los partidos en la Primera División española de fútbol profesional. Se registraron datos de demandas físicas de todos los partidos de dos temporadas (2017/18 y 2018/19) en la Primera División española ( $n = 1.454$ ) utilizando un sistema de seguimiento óptico (ChyronHego®). Se analizó la distancia total, la distancia total relativa recorrida por minuto, la distancia recorrida entre 14-21 km·h<sup>-1</sup>, la distancia recorrida entre 21-24 km·h<sup>-1</sup> y la distancia recorrida a más de 24 km·h<sup>-1</sup>; también se tuvo en cuenta el número de esprints entre 21-24 km·h<sup>-1</sup> y a más de 24 km·h<sup>-1</sup>. También se tuvieron en cuenta las veces que intervino el VAR en los partidos. Los resultados mostraron que la distancia total y la distancia total relativa disminuyeron significativamente en las temporadas con VAR en comparación con las temporadas sin VAR. Por último, la distancia recorrida entre 21-24 km·h<sup>-1</sup>, la distancia recorrida a más de 24 km·h<sup>-1</sup> y el número de esfuerzos de alta intensidad entre 21-24 km·h<sup>-1</sup> y a más de 24 km·h<sup>-1</sup> aumentaron en las temporadas con VAR en comparación con las temporadas sin VAR, pero las diferencias no fueron significativas. Así pues, estos resultados ayudan a los profesionales a comprender mejor los efectos del sistema VAR en el rendimiento físico del fútbol profesional y a identificar estrategias para reproducir las exigencias de la competición.

*Palabras clave:* toma de decisiones; análisis de partidos; rendimiento físico; fútbol profesional; tecnología de reproducción de vídeo.

51

## Introducción

52 Las investigaciones han demostrado que los árbitros deben tomar más de 130  
53 decisiones observables durante los partidos [1]. El creciente desarrollo y progreso de la  
54 tecnología en el fútbol apoya y ayuda a los árbitros a tomar decisiones mejores e  
55 imparciales [2]. Uno de los avances tecnológicos es el sistema de Video Assistant  
56 Referee (VAR). La presencia del sistema VAR está aumentando en el fútbol de élite de  
57 todo el mundo para minimizar las decisiones erróneas de los árbitros y reducir así el  
58 error subjetivo cuando una acción no está clara o necesita ser revisada de nuevo [3].  
59 Tras su introducción oficial en el Mundial de 2018, las principales ligas comenzaron a  
60 utilizar el VAR a partir de la temporada 2018/2019 [4]. Por lo tanto, la introducción del  
61 sistema VAR puede afectar al fútbol profesional, por lo que la investigación ha  
62 analizado recientemente su influencia en el rendimiento y en el juego de los equipos en  
63 el fútbol de élite.

64 Algunos estudios han analizado el efecto del VAR en diferentes estadísticas  
65 futbolísticas. En concreto, Lago-Peñas et al. [5] examinaron la influencia del sistema  
66 VAR en 1.024 partidos de dos ligas profesionales europeas (la Serie A italiana y la  
67 Bundesliga alemana) a lo largo de la temporada 2016/17 (sin el sistema VAR) y la  
68 temporada 2017/18 (con el sistema VAR). Informaron de un descenso en el número de  
69 fueras de juego, faltas y tarjetas amarillas tras la implantación del VAR. También se  
70 produjo un aumento del número de minutos añadidos al tiempo total de juego en la  
71 primera parte y en el partido completo (es decir, tiempo extra en el tiempo total de  
72 juego). En la misma línea, Han et al. [6] analizaron la Super liga China (en inglés CSL  
73 = Chinese Super League) durante las temporadas 2017/18 y 2018/19 para comparar la  
74 influencia de la implementación del sistema VAR. Estos autores constataron un  
75 aumento significativo del tiempo total de juego tanto de la primera como de la segunda

76 parte, así como de todo el partido; y el número de fueros de juego y faltas se redujo  
77 significativamente. Gurler et al. [7] demostraron que, en la Superliga de Turquía, el  
78 tiempo medio de partido (segundos) y el balón en tiempo de juego (segundos) por  
79 partido aumentaron tras el uso del VAR. Del mismo modo, Lago-Peñas et al. [8]  
80 informaron de un aumento significativo del número de minutos añadidos al tiempo de  
81 juego en el partido completo tras la implantación del VAR. Sin embargo, se ha criticado  
82 la posible alteración del flujo y el ritmo del partido debido a las paradas y arranques,  
83 que podrían ser especialmente perjudiciales en los partidos disputados [9].

84 Aunque se han realizado algunas investigaciones sobre la influencia de la  
85 implantación del sistema VAR en el fútbol, estos estudios no han analizado la influencia  
86 del sistema VAR en las exigencias físicas del partido. Sólo dos estudios analizaron el  
87 impacto de la tecnología VAR en el rendimiento físico. En primer lugar, se examinaron  
88 un total de 375 partidos de LaLiga española durante la temporada 2018/19 en función  
89 del número de intervenciones del VAR por partido, encontrando un ligero descenso en  
90 la distancia total (en inglés TD = Total Distance) recorrida [10]. Sin embargo, estos  
91 autores concluyeron que la intensidad y el ritmo de juego fueron algo mayores en los  
92 partidos en los que intervino el VAR. Las interrupciones del partido provocadas por el  
93 VAR influyen en el tiempo de juego efectivo [9]. Esto aún no se ha analizado, pero los  
94 jugadores pueden aprovecharlas para recuperarse y realizar esfuerzos de mayor  
95 intensidad [11]. En segundo lugar, Costa-Oliveira et al. [12] analizaron la distancia  
96 media recorrida por los equipos, el número de sprints individuales y totales por equipo  
97 de 116 partidos de fútbol (57 partidos de la Copa Mundial de la FIFA 2014 y 59  
98 partidos de la Copa Mundial de la FIFA 2018). Los resultados mostraron un aumento  
99 significativo de la distancia media recorrida y una disminución significativa del número  
100 de sprints individuales y totales durante el torneo en el que se empleó el VAR. Pero los



125 La muestra incluyó observaciones de todos los partidos disputados durante dos  
126 temporadas (de 2017/18 a 2018/19) en la Primera División española (LaLiga Santander;  
127  $n = 1.454$ ). Se realizaron dos observaciones por partido y una por equipo. Se incluyó la  
128 actividad de los porteros. En concreto, se incluyeron en el estudio un total de 1.454 de  
129 los 1.520 registros potenciales. Se excluyeron 66 observaciones debido a problemas  
130 técnicos en el sistema de recogida de datos o a condiciones meteorológicas adversas  
131 durante el partido. Dado que el VAR se introdujo en las principales ligas europeas al  
132 comienzo de la temporada 2017/18, las intervenciones del VAR solo se tuvieron en  
133 cuenta en todos los partidos de la temporada 2018/19 en la Primera División española.  
134 Los datos fueron proporcionados a los autores por LaLiga<sup>TM</sup>, que había informado a  
135 todos los participantes a través de sus protocolos. Todos los datos fueron anonimizados  
136 de acuerdo con la Declaración de Helsinki para garantizar la confidencialidad de los  
137 jugadores y los equipos, y el protocolo fue aprobado en su totalidad por el Comité de  
138 Ética de la Universidad de Extremadura; Vicerrectorado de Investigación, Transferencia  
139 e Innovación - Delegación de la Comisión de Bioética y Bioseguridad (Número de  
140 protocolo: 239/2019).

#### 141 **Diseño y procedimiento**

142 Los datos de las demandas físicas de los partidos se recogieron mediante un  
143 sistema de seguimiento óptico, ChyronHego<sup>®</sup> (TRACAB, Nueva York, Estados  
144 Unidos). Este sistema de seguimiento multicámara evalúa la distancia recorrida en  
145 metros por los equipos y el número de sprints de alta intensidad (LaLiga<sup>TM</sup>, Madrid,  
146 España). Consta de 8 súper cámaras 4K-High Dynamic Range basadas en un sistema de  
147 posicionamiento (sistema de seguimiento de vídeo Tracab-ChyronHego). Este sistema  
148 graba y analiza las posiciones X, Y y Z de cada jugador desde varios ángulos,  
149 proporcionando así un seguimiento tridimensional en tiempo real (los datos de

150 seguimiento se graban a 25 Hz). Este instrumento también se basa en la corrección del  
151 sistema semiautomático de seguimiento por vídeo (la parte manual del proceso). La  
152 validez y fiabilidad del sistema de video-tracking Tracab<sup>®</sup> también han sido probadas  
153 recientemente para el rendimiento físico, reportando errores medios de medición del 2%  
154 para las variables de rendimiento físico [14]. Además, en estudios recientes se ha  
155 comprobado la concordancia entre el sistema Mediacoach<sup>®</sup> y los dispositivos GPS [15].  
156 En concreto, la magnitud de los coeficientes de correlación intraclase (CCI) fue superior  
157 a .90 [15].

### 158 **Variables del estudio**

159 Siguiendo estudios previos [16,17], las demandas físicas de los partidos por  
160 parte de los equipos fueron registradas por Mediacoach<sup>®</sup> en diferentes rangos de  
161 velocidad: distancia total recorrida por los equipos de fútbol en metros (en inglés TD =  
162 Total Distance), distancia total relativa recorrida por los equipos de fútbol por minuto  
163 (TD/min.), distancia recorrida entre 14-21 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia de carrera de  
164 media intensidad, en inglés MIRD = Medium Intensity Running Distance), distancia  
165 recorrida entre 21-24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia de carrera de alta intensidad, en inglés  
166 HIRD = High Intensity Running Distance), y distancia recorrida a más de 24 km·h<sup>-1</sup> (es  
167 decir, distancia de carrera de muy alta intensidad, en inglés VHIRD = Very High  
168 Intensity Running Distance). Además, el número de esfuerzos de alta intensidad  
169 realizados también se dividió en dos rangos de velocidad: número de esfuerzos de  
170 carrera de muy alta intensidad entre 21-24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp21); y número de sprints  
171 a velocidades superiores a 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp24). Todas estas variables constituyen  
172 la suma total del rendimiento físico de los jugadores que participaron en cada partido (es  
173 decir, todos los jugadores que completaron partidos enteros, todos los jugadores que  
174 fueron sustituidos y los jugadores suplentes).

## 175 **Análisis estadístico**

176 Los datos se analizaron mediante el programa estadístico SPSS 25.0 (Armonk,  
177 NY: [18]). Los estadísticos descriptivos para cada variable en la Primera División  
178 española durante dos temporadas (2017/18 y 2018/19) se presentan como medias y  
179 desviaciones estándar. Se realizó el test de Levene para comprobar la igualdad de  
180 varianzas, y el test de Kolmogorov Smirnov para establecer la normalidad de los datos  
181 [19]. En primer lugar, se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías para  
182 explorar las principales diferencias en la liga de fútbol profesional para las variables de  
183 carga externa (es decir, variables relacionadas con las distancias recorridas y el número  
184 de sprints) en ambas temporadas con y sin el VAR. Se llevó a cabo una comparación  
185 post hoc entre las temporadas, utilizando análisis post hoc de Bonferroni. Así, el  
186 ANOVA [20] reveló las diferencias entre las temporadas con y sin VAR en las  
187 demandas físicas de los partidos, donde la temporada de fútbol fue el factor. Por último,  
188 se calcularon las diferencias estandarizadas, o tamaño del efecto (ES, límite de  
189 confianza del 90%), para las variables seleccionadas. Se utilizaron valores umbral para  
190 los estadísticos ES de Cohen de trivial ( $< 0,2$ ), pequeño ( $0,2 - 0,6$ ), moderado ( $0,6 -$   
191  $1,2$ ), grande ( $1,2 - 2,0$ ) y muy grande ( $> 2,0$ ; [21]). La significación estadística se fijó en  
192  $p < 0,05$ .

## 193 **Resultados**

194 La Tabla 1 muestra un resumen de la comparación de las demandas físicas  
195 medias de los partidos de la Primera División española entre las dos temporadas de liga  
196 (es decir, con y sin el VAR). Los datos muestran que, en esta competición, la TD y la  
197 TD/min. disminuyeron significativamente ( $p < .05$ ), en las temporadas con el VAR en  
198 comparación con las temporadas sin el VAR. No se encontraron diferencias entre las  
199 dos temporadas en MIRD cubierto por los equipos. Además, no se encontraron

200 diferencias en la distancia recorrida a alta intensidad, como HIRD y VHIRD, y el  
201 número de sprints de alta intensidad, como Sp21 y Sp24, en las temporadas con la  
202 implementación del sistema VAR en comparación con las temporadas sin el VAR.

203 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 1 en artículo original\*\*\*\*

## 204 **Discusión**

205 El sistema VAR se implantó en los partidos de fútbol en 2018 para apoyar el  
206 proceso de toma de decisiones de los árbitros y evitar posibles incidentes que cambiasen  
207 el partido. La investigación ha sugerido que los árbitros a menudo toman decisiones que  
208 podrían influir directamente en el resultado final [22]. Sin embargo, se ha informado de  
209 escasas pruebas sobre la influencia del sistema VAR en las demandas físicas del partido  
210 [10,12]. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación era evaluar la influencia de la  
211 implementación del sistema VAR en las demandas físicas de los partidos de LaLiga  
212 Santander. Los principales hallazgos del estudio fueron los siguientes: i) la TD y la  
213 TD/min. disminuyeron significativamente en las temporadas con el VAR en  
214 comparación con las temporadas sin el VAR en la Primera División española; ii) se  
215 registró una tendencia positiva en las distancias recorridas a alta intensidad y el número  
216 de esfuerzos de alta intensidad en la temporada 2018/2019 (con la implementación del  
217 sistema VAR).

218 En cuanto a la TD recorrida por los equipos, esperábamos que disminuyera en  
219 las temporadas con implantación del sistema VAR (Hipótesis 1). El resultado más  
220 llamativo que se desprende de los datos es que el TD y el TD/min se redujeron  
221 significativamente en las temporadas con el VAR en comparación con las temporadas  
222 sin el VAR. Así pues, la implantación del sistema VAR ha implicado una disminución  
223 de la TD recorrida por los futbolistas. De forma similar, Errekagorri et al. [10] también  
224 observaron una ligera disminución de la TD cubierta por los equipos de la Primera

225 División española cuando intervino el sistema VAR. Existen varias explicaciones  
226 posibles para este resultado. En primer lugar, el tiempo de juego efectivo puede haber  
227 disminuido cuando intervino el VAR y, en consecuencia, los equipos cubrieron menos  
228 TD [23]. En segundo lugar, este resultado podría deberse a la evolución natural de las  
229 exigencias físicas de los partidos a lo largo de los años, ya que la investigación ha  
230 informado de que el TD cubierto por los equipos de la Primera División española  
231 disminuyó significativamente en los últimos años [13]. En tercer lugar, el estilo de  
232 juego utilizado por los equipos de LaLiga podría influir en estos resultados, ya que en  
233 los últimos años se ha producido un aumento gradual de los equipos con altos niveles de  
234 posesión de balón, lo que confirma que, en las jugadas de control de balón con pocas  
235 transiciones, los jugadores cubren menos distancias totales de carrera [24,25]. Por el  
236 contrario, cuando se analizaron partidos de la Copa del Mundo, la DT recorrida por los  
237 equipos fue mayor en los campeonatos en los que intervino el sistema VAR en  
238 comparación con los campeonatos sin intervención del VAR [12]. Sin embargo, es  
239 necesario ser prudentes a la hora de interpretar estos datos, ya que estos resultados  
240 pueden estar relacionados con otros factores, como el estado del partido o la calidad del  
241 rival, o incluso el estilo de juego utilizado por los equipos [26].

242 Según nuestra segunda hipótesis, esperábamos un aumento de las distancias  
243 recorridas a alta intensidad y del número de esfuerzos de carrera de alta intensidad  
244 (Hipótesis 2). Los resultados mostraron que las distancias recorridas a alta intensidad,  
245 como HIRD y VHIRD, y el número de esfuerzos de alta intensidad, como Sp21 y Sp24,  
246 aumentaron en las temporadas con el VAR en comparación con las temporadas sin el  
247 VAR, aunque las diferencias no fueron significativas. Así, la implementación del  
248 sistema VAR produjo una tendencia positiva en las distancias recorridas a alta  
249 intensidad por los futbolistas. Este resultado puede explicarse por el hecho de que las

250 intervenciones del VAR podrían causar una disminución del tiempo efectivo de juego  
251 (es decir, hubo más interrupciones del juego), lo que permite a los jugadores cubrir  
252 menos TD y descansar más tiempo para realizar más esfuerzos de alta intensidad [10,  
253 11]. Del mismo modo, investigaciones recientes han demostrado que las distancias  
254 recorridas a alta intensidad y los esfuerzos de alta intensidad han aumentado en los  
255 últimos años en la Primera División española [13]. El aumento de las distancias a alta  
256 intensidad también podría ser un indicador de la evolución del fútbol, en el que los  
257 futbolistas se entrenan ahora para realizar más acciones de alta intensidad [27]. También  
258 podría ser una consecuencia de los estilos de juego utilizados por los equipos de LaLiga,  
259 donde previamente se ha demostrado que ha habido un aumento gradual de los equipos  
260 con juego de posesión y que los equipos con juego de posesión realizaban más esprints  
261 de alta intensidad [25]. Por otro lado, Costa-Oliveira et al. [12] informaron de una  
262 reducción en el número de esprints individuales y totales en la Copa Mundial de la  
263 FIFA 2018, donde se implementó el VAR, en comparación con la edición anterior (sin  
264 el sistema VAR). Existe cierta controversia entre los hallazgos de las investigaciones  
265 actuales, por lo que nuestro estudio pretende ser más representativo debido a la muestra  
266 incluida y profundizar en la comprensión de la influencia del VAR en las demandas  
267 físicas de los partidos.

## 268 **Limitaciones y Prospectivas de futuro**

269 Este estudio tiene algunas limitaciones que deben reconocerse de cara a futuras  
270 investigaciones. En primer lugar, deberíamos realizar una comparación longitudinal a lo  
271 largo de los años de competición futbolística (es decir, más temporadas), antes y  
272 después de la implantación del sistema VAR, para obtener datos más representativos y  
273 coherentes. Además, no analizamos otras variables físicas como las aceleraciones y  
274 desaceleraciones [28] y la distancia de alta carga metabólica (en inglés HMLD = High

275 Metabolic Load Distance; [29]), que forman parte de la carga externa de los partidos de  
276 fútbol y deberían analizarse para obtener un conocimiento más específico de la  
277 competición. Además, también podría introducirse una comparación entre la Primera y  
278 la Segunda División en cuanto a la influencia del sistema VAR en las exigencias físicas  
279 de los partidos. Además, podría incluirse una extrapolación de dicho estudio a otras  
280 ligas europeas, de manera que pudiéramos observar diferencias en la implantación del  
281 sistema VAR entre las distintas ligas de fútbol. Por último, debido al VAR, hay más  
282 tiempo en los minutos de descuento porque una decisión del VAR puede detener el  
283 partido durante varios minutos (es decir, disminuye el tiempo real "activo" -balón en  
284 acción- durante los partidos), por lo que sería interesante analizar cómo afecta la  
285 disminución del tiempo efectivo provocada por el VAR a las demandas físicas del  
286 partido.

### 287 **Aplicaciones prácticas**

288 De los resultados obtenidos pueden extraerse algunas aplicaciones prácticas. En  
289 primer lugar, la implantación del sistema VAR ha modificado ligeramente las  
290 exigencias físicas de los partidos a lo largo de las temporadas. Especialmente, la TD  
291 recorrida ha disminuido significativamente y las distancias recorridas a alta intensidad  
292 han mostrado una tendencia positiva. Estos resultados proporcionan conocimientos muy  
293 útiles a los preparadores físicos para aplicar estrategias específicas para la distribución  
294 de la carga externa en las sesiones de entrenamiento con el fin de reproducir las  
295 exigencias de la competición y optimizar el rendimiento físico de los jugadores. Por  
296 ejemplo, las estrategias para prevenir las lesiones de isquiotibiales, como el  
297 fortalecimiento excéntrico y el entrenamiento de esprints, deben incluirse durante la  
298 temporada y, especialmente, en la pretemporada y período fuera de temporada [30].  
299 Estos estímulos constituyen un método de prevención de lesiones y podrían reducir la

300 tasa de lesiones de los futbolistas y permitirles realizar un mayor número de esfuerzos  
301 de alta intensidad en los partidos de fútbol.

## 302 **Conclusiones**

303 La presente investigación representa un intento de determinar cómo han  
304 evolucionado las exigencias físicas de los partidos en los equipos de fútbol profesional  
305 tras la implantación del sistema VAR. En general, los hallazgos del presente estudio  
306 mostraron que la introducción del VAR en el fútbol ha producido una disminución  
307 significativa en TD y TD/min., y se informó de una tendencia positiva en las distancias  
308 recorridas a alta intensidad y el número de esfuerzos de alta intensidad en la temporada  
309 2018/2019. Es decir, los futbolistas cubrieron menos distancia con el VAR. Estos  
310 hallazgos sugieren que el sistema VAR afecta al juego en el fútbol de élite. Las  
311 estrategias de entrenamiento deben proporcionar estímulos para que los futbolistas  
312 realicen mayores esfuerzos de alta intensidad en los partidos.

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325 **Contribuciones de los autores:** Conceptualización, J.C.P-B.; metodología, J.C.P-B.,  
326 D.L.-T. y A.R.-M.; análisis formal, J.C.P-B.; investigación, J.C.P-B., D.L.-T., A.R.-M.,  
327 R.L.d.C., R.R. y M.A.L.-G.; recursos, R.L.d.C. y R.R.; redacción-proyecto original,  
328 J.C.P-B., D.L.-T. y M.A.L.-G.; redacción-revisión y edición, J.C.P-B. y M.A.L.-G.;  
329 obtención de fondos, R.L.d.C. y R.R. Todos los autores han leído y aceptado la versión  
330 publicada del manuscrito.

331 **Financiación:** Esta investigación ha sido financiada por el Fondo Europeo de  
332 Desarrollo Regional (FEDER), la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e  
333 Infraestructuras) y las Secciones de Investigación y Análisis de LaLiga.

334 **Declaración de la Junta de Revisión Institucional:** El estudio se realizó según las  
335 directrices de la Declaración de Helsinki, y fue aprobado por el Comité de Revisión  
336 Institucional de la Universidad de Extremadura; Vicerrectorado de Investigación,  
337 Transferencia e Innovación-Delegación de la Comisión de Bioética y Bioseguridad  
338 (Protocolo número: 239/2019).

339 **Declaración de consentimiento informado:** Se obtuvo el consentimiento informado de  
340 todos los sujetos implicados en el estudio.

341 **Declaración de disponibilidad de datos:** Se aplican restricciones a la disponibilidad de  
342 estos datos. Los datos se obtuvieron de LaLiga y están disponibles con el permiso del  
343 autor correspondiente.

344 **Conflictos de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.  
345 Además, los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio; en la  
346 recogida, análisis o interpretación de los datos; en la redacción del manuscrito, o en la  
347 decisión de publicar los resultados.

348

349

350

## Referencias

351

\*\*\*\*Ver referencias en artículo original\*\*\*\*

## Article

# Match Movement Profiles Differences in Spanish Soccer Competitive Leagues According to Opposition's Team Ranking: A Comparison Study

José C. Ponce-Bordón <sup>1,\*</sup>, Hadi Nobari <sup>1,2</sup>, David Lobo-Triviño <sup>1</sup>, Tomás García-Calvo <sup>1</sup>,  
Jesús Vicente-Giménez <sup>3</sup>, Roberto López del Campo <sup>4</sup>, Ricardo Resta <sup>4</sup> and Javier Fernández-Navarro <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, 10003 Cáceres, Spain

<sup>2</sup> Department of Motor Performance, Faculty of Physical Education and Mountain Sports, Transilvania University of Braşov, 500036 Braşov, Romania

<sup>3</sup> Department of Physical Education and Sports, Faculty of Sport Sciences, University of Granada, 18071 Granada, Spain

<sup>4</sup> LaLiga Sport Research Section, 28043 Madrid, Spain

<sup>5</sup> School of Science and Technology, Nottingham Trent University, Nottingham NG1 4FQ, UK

\* Correspondence: joponceb@unex.es



**Citation:** Ponce-Bordón, J.C.; Nobari, H.; Lobo-Triviño, D.; García-Calvo, T.; Vicente-Giménez, J.; López del Campo, R.; Resta, R.; Fernández-Navarro, J. Match Movement Profiles Differences in Spanish Soccer Competitive Leagues According to Opposition's Team Ranking: A Comparison Study. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 12635. <https://doi.org/10.3390/app122412635>

Academic Editor: Mark King

Received: 27 October 2022

Accepted: 6 December 2022

Published: 9 December 2022

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** (1) Background: This study analyzed the differences in match movement profiles according to opponent quality (i.e., match balance) in the professional Spanish soccer leagues over four consecutive seasons (from 2015/2016 to 2018/2019); (2) Methods: The ChyronHego<sup>®</sup> system was used to record competition movement data from all matches played in the First (Liga Santander;  $n = 1520$ ) and Second Spanish Division (Liga Smartbank;  $n = 1848$ ). The total distance (TD) and high-intensity running distance ( $TD > 21 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) covered with and without ball possession (TDWP and TDWOP, respectively) were analyzed using a Linear Mixed Model, considering the opponent quality contextual variable; (3) Results: Results showed that teams covered a significantly greater TD when played against the lowest quality teams in L1 ( $p < 0.05$ ), while in L2 teams covered a significantly greater TD when played against the highest quality teams ( $p < 0.05$ ). Teams covered a significantly greater TDWP and  $TDWP > 21 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  when playing against the highest quality teams in both L1 and L2 ( $p < 0.05$ ). On the contrary, playing against the lowest quality teams in L1 versus the highest quality teams in L2 implied more TDWOP and  $TDWOP > 21 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $p < 0.05$ ); (4) Conclusions: The present study indicates that match movement profiles depend on contextually related variables.

**Keywords:** match physical demands; match analysis; performance analysis; professional soccer; Spanish leagues; ranking

## 1. Introduction

The final ranking in soccer leagues is based on the points per soccer match accumulated throughout the competitive season [1]. Hence, the team that scores the most points at the end of the tournament is the winner. To our knowledge, to achieve success in the final ranking, teams must overcome different types of matches influenced by contextual-related variables, such as opponent quality (i.e., strong or weak [2]). Research has reported that the opponent's quality significantly influences team performance and match physical demands during soccer competitions [3–5]. Furthermore, match balance (i.e., the difference in the final ranking between two opponent teams) could be a factor in understanding the interaction between teams' performance and match physical demands [6,7].

To date, team sports organizations (i.e., soccer, American football, basketball, or rugby) have invested in video-tracking systems with the aim of quantifying training and competition characteristics [8]. Concretely, in soccer, the use of video-tracking system

technology has become an essential tool for practitioners and performance analysts to collect and interpret data about teams' time–motion analysis during soccer competitions [9]. Moreover, these tools improve the training process and help to better understand the gap between theory and practice during matches and training sessions [10–12]. Specifically, the use of key performance indicators is deeply implanted in professional soccer [13,14]. These indicators can compare and predict future teams' behaviors or players' movement patterns according to contextually related variables [15,16]. Furthermore, they enable the approach applied to analyze the match physical demands and team success (i.e., they may discriminate between games where a soccer team won, drew, and lost [17]).

In this vein, it has been suggested that team performance analysis needs to interpret soccer teams' results as dynamic and unpredictable since the physical performance of soccer players swings across the season [18]. In addition, the external load must consider contextual-related variables [19]. For instance, research about opponent quality has revealed that when the opponent's quality is better, more distance can be covered at a low intensity [20]. Meanwhile, several studies have analyzed some professional soccer leagues and they have reported that the amount of high-intensity running distance (HIRD) covered during games was greater against the highest quality teams than the lowest quality teams [4,21–23]. Recently, Nobari et al. [24] discovered that the level of the opponent affects the external load that soccer players experience during matches in the Asian league. They noted that in games against top-level teams, decelerations in all zones were the greatest. Another study evaluated the match running performance of soccer players in the Brazilian National Second League considering the quality of opposition teams (e.g., bottom- and top-ranked). It found that the top-ranked teams' matches against bottom opponents required significant amounts of high acceleration and sprinting actions [25]. On the contrary, Paraskevas et al. [26] have shown that playing versus a weak opponent was related to a higher total distance (TD) and HIRD covered during home matches.

Regarding differences between standard leagues on match movement profiles, research has shown no relationship between better physical performance and greater success in soccer competitions between teams from different countries or leagues [27], between teams from the same country but other divisions [28], or between teams belonging to the same division [29]. Furthermore, there is no relationship between physical variables such as the TD covered by teams in the top two Spanish soccer leagues and the points earned over the competitive season [30].

Currently, physical demands variation regarding opponent quality considering match context has been accurately assessed in soccer matches [5,26]. However, more research about the relationship between match physical demands and opponent quality is necessary to identify how the performance fluctuations affect physical performance in a homogenous group but with different rankings which competes within the same soccer league or between different soccer leagues. Therefore, this study aimed to examine the differences in movement profiles according to opponent quality (i.e., match balance) between the First (LaLiga™ Santander) and Second (LaLiga™ Smartbank) Division of Spanish professional soccer leagues over four consecutive seasons (from 2015/2016 to 2018/2019). Based on previous studies, we have had two hypotheses: (i) Match running performance can differ between teams based on opponent quality. Concretely, the TD would be greater when the quality of the opponent was better [20]; similarly, the  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  would be higher against high-quality teams [4,21]. Additionally, (ii) match movement profiles, considering the opponent quality contextual variable, can influence distances covered with and without ball possession.

## 2. Materials and Methods

The sample included all games played by soccer teams that participated in the First (L1) and Second (L2) Spanish soccer leagues over four consecutive seasons (2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, and 2018/2019). Goalkeepers and players who played for less than 15 min during the matches were excluded because the average values obtained from

these players were greater than the team average [31]. Thus, 5916 out of 6736 potential records were included in the study, belonging to 3368 matches played by L1 (Liga Santander;  $n = 1520$ ) and by L2 (Liga Smartbank;  $n = 1848$ ). Due to technical issues with the data recording system or unfavorable weather conditions during the match, 820 (12.17%) observations were discarded. The study was approved by the University of Extremadura (code number: 153/2017), and data were provided to the authors by LaLiga™.

### 2.1. Procedure and Variables

An optical tracking system collected match physical demands data (ChyronHego®; TRACAB, New York, NY, USA). Eight super 4K High Dynamic Range cameras are used in this multicamera tracking system to follow and track the soccer players on the pitch. The cameras capture video from various angles and offer real-time tracking with 25 Hz data. According to an analysis of the video-tracking system's validity and reliability, the TD covered showed average measurement errors of 2% [32]. Additionally, a few studies have examined the agreement between GPS devices and the Mediacoach® system [33]. Specifically, the intraclass correlation coefficient (ICC) magnitude was  $<0.90$ .

The match physical demands variables analyzed were categorized according to the ball possession as follows [34,35]: with possession (WP) and without possession (WOP). Two variables were studied for each of these categories: total distance (m) covered by players (i.e., TD) and total distance covered at more than  $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (i.e.,  $\text{TD} > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ).

To examine if opponent quality influenced match running performance, the difference in the final ranking of the analyzed team and the opponent was included in the analysis (i.e., match balance =  $\text{TA} - \text{TB}$ ), where TA is the final ranking of the analyzed team, and TB is the final ranking of the opponent team [21]. For example, if team A ranked 6th and team B ranked 14th, the opponent quality would be  $-8$ ; likewise, in that same match considering the opponent team, opponent quality would be  $+8$ .

The value range was set between  $-19$  and  $+19$  in L1 and  $-21$  and  $+21$  in L2. So, the less the value, the easier the match was for the analyzed team; likewise, the greater the value, the harder the match was.

Finally, due to the match variability, opponent quality was divided into five different groups according to match balance values: match balance 1 (MB1; matches where the match balance value was  $+10$ ); match balance 2 (MB2; matches where the match balance value was between  $+4$  and  $+9$ ); match balance 3 (MB3; matches where the match balance was between  $+3$  and  $-3$ ); match balance 4 (MB4; matches where the match balance value was between  $-4$  and  $-9$ ); match balance 5 (MB5; matches where the match balance value was  $-10$ ).

### 2.2. Statistical Analysis

All statistical analyses were conducted using R-studio [36]. Considering the characteristics of the sample, organized hierarchically, nested in groups, and with a longitudinal structure, we considered that the best procedure to analyze the data was through Linear Mixed Models (LMMs). A LMM was applied to analyze the differences in match running performance variables concerning opponent quality using the lme4 package [37].

Firstly, a two-level hierarchy was modeled for the analysis. The match running performance variables (i.e., TD and  $\text{TD} > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) were included as dependent variables in the models, and opponent quality and the leagues (L1 and L2) were the independent variables included as fixed effects. The variable team was considered as the random effect in the analysis. For each model, a general multilevel modeling strategy was performed [38]. This procedure involves including fixed and random effects in steps, progressing from the simplest to the most complex model. The model comparison was made using the Akaike information criterion (AIC; [39]) and Chi-square likelihood ratio tests [40]. A lower value of the AIC and the Chi-square loglikelihood test indicated whether the model was better than the previous one and if the changes were significant. The maximum likelihood

(ML) estimation was employed to compare the models. Finally, we reported marginal and conditional R2 metrics [41] for each LMM to provide some measure of effect sizes.

### 3. Results

Tables 1 and 2 show the intercepts and standard errors of match movement profiles (i.e., TD and TD > 21 km·h<sup>-1</sup>) with and without ball possession, considering the leagues and the five levels of opponent quality.

**Table 1.** Movement profiles based on quality of the opponent in LaLiga Santander.

	L1					Between-Groups Differences				
	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5
TD (m)	108,807	109,020	108,858	109,348	109,534	d,e	e	d,e	a,b	a,b
TDWP (m)	41,580	40,163	39,061	38,486	37,057	b,c,d,e	a,c,d,e	a,b,e	a,b,e	a,b,c,d
TDWOP (m)	38,759	40,755	42,271	44,418	47,681	b,c,d,e	a,c,d,e	a,b,d,e	a,b,c,e	a,b,c,d
TD < 21 km·h <sup>-1</sup> (m)	5918	5956	5861	5956	5914		c	b,d	c	
TDWP < 21 km·h <sup>-1</sup> (m)	2882	2790	2625	2578	2433	b,c,d,e	a,c,d,e	a,b,e	a,b,e	a,b,c,d
TDWOP < 21 km·h <sup>-1</sup> (m)	2901	3035	3105	3252	3360	b,c,d,e	a,c,d,e	a,b,d,e	a,b,c,e	a,b,c,d

*Note.* L1 = LaLiga Santander; MB1 = Match balance 1; MB2 = Match balance 2; MB3 = Match balance 3; MB4 = Match balance 4; MB5 = Match balance 5; TD = total distance; TDWP = total distance with ball possession; TDWOP = total distance without ball possession; a = significant differences compared to Group 1; b = significant differences compared to Group 2; c = significant differences compared to Group 3; d = significant differences compared to Group 4; e = significant differences compared to Group 5.

**Table 2.** Movement profiles based on quality of the opponent in LaLiga Smartbank.

	L2					Between-Groups Differences				
	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5
TD (m)	108,538	107,673	107,606	107,606	107,995	b,c,d	a	a	a	
TDWP (m)	37,692	37,248	37,340	37,146	37,457					
TDWOP (m)	40,990	40,235	40,381	40,255	40,436	b	a			
TD < 21 km·h <sup>-1</sup> (m)	5622	5505	5529	5436	5490	b,c,d,e	a	a,d	a,c	a
TDWP < 21 km·h <sup>-1</sup> (m)	2605	2505	2470	2394	2370	b,c,d,e	a,d,e	a,d,e	a,b,c	a,b,c
TDWOP < 21 km·h <sup>-1</sup> (m)	2869	2852	2902	2900	2979	e	e	e	e	a,b,c,d

*Note.* L1 = LaLiga Santander; MB1 = Match balance 1; MB2 = Match balance 2; MB3 = Match balance 3; MB4 = Match balance 4; MB5 = Match balance 5; TD = total distance; TDWP = total distance with ball possession; TDWOP = total distance without ball possession; a = significant differences compared to Group 1; b = significant differences compared to Group 2; c = significant differences compared to Group 3; d = significant differences compared to Group 4; e = significant differences compared to Group 5.

Regarding the TD, greater values were obtained during MB5 in L1 (109,534 m), showing significant differences with respect to MB1 and MB2 ( $p < 0.05$ ). Conversely, the TD was greater during MB1 in L2 (108,538 m), showing significant differences to MB2, MB3, and MB4 ( $p < 0.05$ ). Concerning the TD with and without ball possession, the TDWP was greater during MB1 in L1 (41,580 m), showing significant differences with respect to MB2, MB3, MB4, and MB5 ( $p < 0.05$ ). Similarly, the TDWP was greater during MB1 in L2 (37,692 m). In contrast, the TDWOP was greater during MB5 in L1 (47,681 m), showing significant differences with respect to MB1, MB2, MB3, and MB4 ( $p < 0.05$ ). Meanwhile, in L2, the TDWOP was greater during MB1 (40,990 m), showing significant differences with respect to MB2.

Regarding the TD > 21 km·h<sup>-1</sup>, greater values were obtained during MB2 and MB4 in L1 (5956 m), showing significant differences with respect to MB3 ( $p < 0.05$ ). Conversely, the TD > 21 km·h<sup>-1</sup> was higher during MB1 in L2 (5622 m), showing significant differences with respect to MB2, MB3, MB4, and MB5 ( $p < 0.05$ ). Concerning the TD > 21 km·h<sup>-1</sup> with and without ball possession, the TDWP > 21 km·h<sup>-1</sup> was greater during MB1 in L1 (2882 m), showing significant differences with respect to MB2, MB3, MB4, and MB5

( $p < 0.05$ ). Similarly, the TDWP  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  was greater during MB1 in L2 (2605 m), showing significant differences with respect to MB2, MB3, MB4, and MB5 ( $p < 0.05$ ). In contrast, the TDWOP  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  was greater during MB5 in L1 (3360 m), showing significant differences with respect to MB1, MB2, MB3, and MB4 ( $p < 0.05$ ). In L2, the TDWOP  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  was greater during MB5 (2979 m), showing significant differences with respect to MB1, MB2, MB3, and MB4 ( $p < 0.05$ ).

Differences between leagues (L1 vs. L2) on match running performance are presented in Figures 1 and 2. Firstly, the TD was significantly greater in L1 with respect to L2 in MB2 ( $p < 0.001$ ), MB3 ( $p < 0.01$ ), M4 ( $p < 0.001$ ), and MB5 ( $p < 0.001$ ). Concerning the TD with and without ball possession, the TDWP was significantly greater in L1 with respect to L2 in MB1 ( $p < 0.001$ ), MB2 ( $p < 0.001$ ), MB3 ( $p < 0.001$ ), and MB4 ( $p < 0.01$ ). Conversely, the TDWOP was significantly greater in L2 with respect to L1 in MB1 ( $p < 0.001$ ), while significantly greater values were obtained in L1 with respect to L2 in MB3 ( $p < 0.001$ ), MB4 ( $p < 0.001$ ), and MB5 ( $p < 0.001$ ).

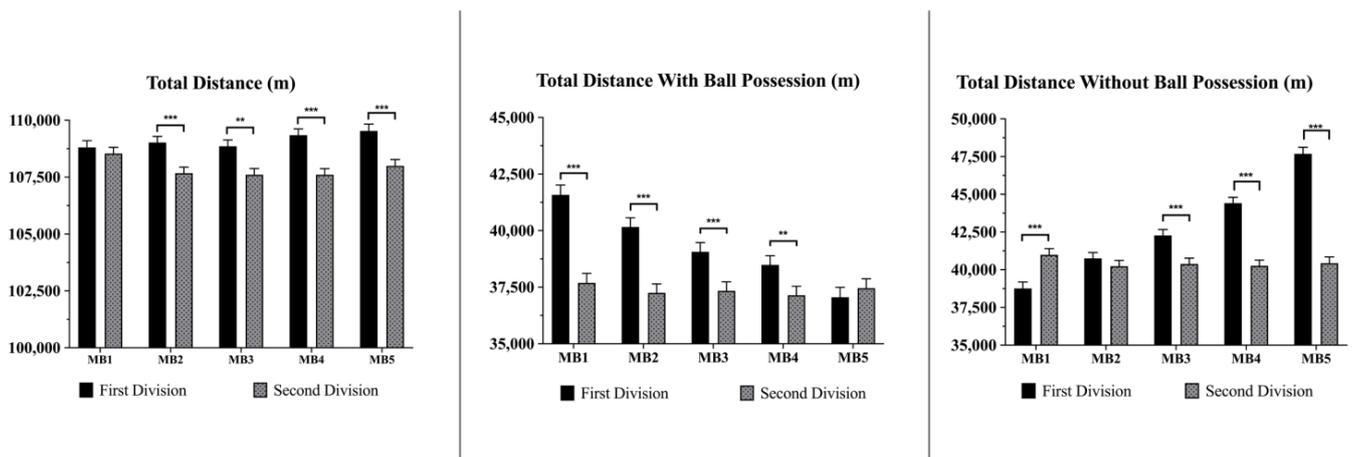


Figure 1. The total distance (in meters) with and without ball possession. \*\*  $p < 0.01$ . \*\*\*  $p < 0.001$ .

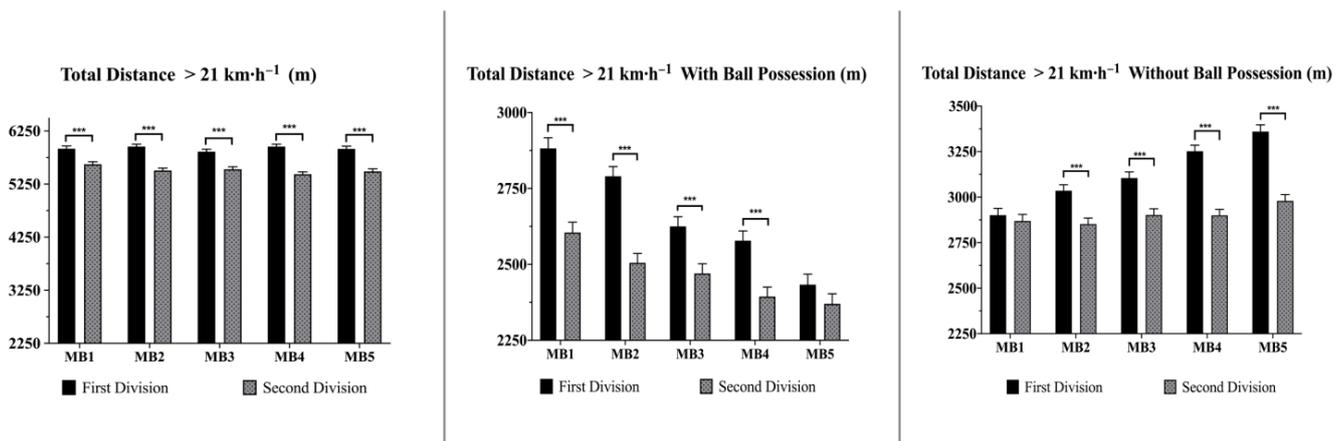


Figure 2. The total distance covered at  $< 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (in meters) with and without ball possession. \*\*  $p < 0.01$ . \*\*\*  $p < 0.001$ .

Secondly, the TD  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  was significantly higher in L1 with respect to L2 in MB1 ( $p < 0.001$ ), MB2 ( $p < 0.001$ ), MB3 ( $p < 0.001$ ), MB4 ( $p < 0.001$ ), and MB5 ( $p < 0.001$ ). Concerning the TD  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  with and without ball possession, the TDWP  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  was significantly higher in L1 with respect to L2 in MB1 ( $p < 0.001$ ), MB2 ( $p < 0.001$ ), MB3 ( $p < 0.001$ ), and MB4 ( $p < 0.001$ ). Similarly, the TDWOP  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  was significantly

higher in L1 with respect to L2 in MB2 ( $p < 0.001$ ), MB3 ( $p < 0.001$ ), MB4 ( $p < 0.001$ ), and MB5 ( $p < 0.001$ ).

#### 4. Discussion

The present study aimed to examine the differences in match movement profiles according to the opposition's team ranking (i.e., match balance) in the professional Spanish soccer leagues over four consecutive seasons (from 2015/2016 to 2018/2019). The novel findings of the current study were that teams covered significantly greater TD when played against the lowest quality teams (MB5) in L1, while in L2 teams covered a significantly greater TD when played against the highest quality teams (MB1). Concerning match movement profiles with and without ball possession, teams covered a greater TDWP and  $TDWP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  when playing against the highest quality teams (MB1) in both L1 and L2. On the contrary, playing against the lowest quality teams (MB5) in L1 versus the highest quality teams (MB1) in L2 implied more TDWOP and  $TDWOP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Firstly, concerning the TD covered by soccer teams, we hypothesized that the TD would be greater when the quality of the opponent was better (Hypothesis 1). The most striking result from the data is that the TD was significantly greater when teams played against the lowest quality teams (MB5) in L1. Similar results have been found by Paraskevas et al. [26], where competing versus a "weak" opponent was related with more TD and  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  covered during home games compared with away games. A possible explanation for this might be that top-ranked teams could be winning these unbalanced matches against the lowest quality teams, and during the matches they would use greater defensive activities because they preferred to decrease ball possession [3]. Another possible cause of this may be due to the need of these teams to win the matches to rise in the final ranking or to accomplish the goals at the end-season. Therefore, they try to reach their maximum physical performance to win soccer matches [4]. Even the higher TD covered by top-ranked teams could be explained because their players had better physical fitness levels, allowing them to reach greater physical performance. Meanwhile, teams from L2 covered a significantly greater TD when playing against the highest quality teams (MB1). Similar results were also obtained for  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  during MB1. Therefore, Hypothesis 1 was only confirmed in L2 matches. These results may be explained by the fact that bottom-ranking teams have generally covered more TD during the season, as previous studies have reported [29,34,35], or may even be due to weak soccer teams needing to put in more effort during the season to win their matches [21]. Another reason could be that these soccer teams lost their matches several times and they needed to reach their maximum physical capacity to draw or win the match [4].

Concerning the TD with and without ball possession, we hypothesized that a quality opponent would significantly influence match movement profiles (Hypothesis 2). The results reported that the TDWP and  $TDWP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  were significantly greater when teams played against the highest quality teams (MB1), both in L1 and L2. A possible explanation for this might be that playing against top-ranked teams could imply adverse results and, consequently, losing teams usually increase their percentage of possession to "control" the game by dictating play, while weakness in the opposition defense is sought [3]. In this line, Ponce-Bordón et al. [42] reported that the TDWP increased for each minute that teams were losing in the First Spanish Division. Meanwhile, the TDWOP and  $TDWOP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  were significantly higher when teams played against the lowest quality teams (MB5) in L1. On the other hand, playing against bottom-ranked teams could imply positive results, and when teams were ahead or drawing they chose to play counter-attacking or direct play, often using long passes, so ball possession decreased [3]. It can be suggested that the TDWOP was increased when teams were winning [18]. On the contrary, the TDWOP and  $TDWOP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  were significantly higher when teams played against the highest quality teams (MB1) in L2. Bottom-ranked teams have generally covered more TDWOP, as previous studies have reported [21,34]. This finding likely represents a higher match time performing defensive activities by the bottom-ranked teams, potentially during

imbalanced matches, where top-ranked teams control the ball and impose their playing style [35].

Finally, regarding the match movement profile comparisons between standard leagues (L1 vs. L2), the results reported that the TD and TD > 21 km·h<sup>-1</sup> were significantly greater in L1 than L2. Our findings agree with recent research, which reported that top-tiered leagues had greater physical demands during matches [28,43,44]. Concretely, Pons and Ponce-Bordón et al. [45] have reported that distances covered at high intensity and the number of high-intensity efforts were significantly greater in L1 with respect to L2. In addition, variables related to ball possession, such as the TDWP or TDWOP, were also significantly greater in L1 than L2. Taken together, these results suggest that the physical and technical performance of the soccer players of L1 could be greater than L2 due to the fact that L1 clubs significantly contribute to developing their players' match performance [46].

#### 4.1. Study Limitations and Future Prospects

This study increases the knowledge about this research topic; however, a few limitations could be identified with a view to further research. Firstly, only the TD and TD > 21 km·h<sup>-1</sup> were considered, so deeper analysis based on more physical variables should be interesting to increase knowledge about the influence of opponent quality on physical performance. Secondly, more research is required considering a few factors, such as the playing style or match status, since the physical performance could depend on different contextual-related variables. Finally, only data from the Spanish soccer matches were involved in this study, so this could limit the application of these findings to other leagues. For that reason, future studies could replicate the protocol reported in this study to find differences in the match movement profiles between different opponent quality in other European leagues.

#### 4.2. Practical Applications

These findings have implications for understanding how physical performance varies in Spanish professional soccer. Concretely, the present study increases previous research demonstrating that the difference in the final ranking of the analyzed team and the opponent influences both match physical demands and ball possession. These results provide very useful information to strength and conditioning coaches to manage the external load during weekly training sessions according to both the next and previous matches, because they can adapt the training load according to the external load of soccer matches. For example, they can also provide different recovery strategies after MB1 or MB5 matches, or technical staff could even plan harder or softer training sessions regarding the TD or HIRD covered considering the opponent quality of the next soccer match.

### 5. Conclusions

This research examined the influence of opponent quality on match movement profiles, also taking into consideration the distances covered with and without ball possession. The most interesting findings were that teams covered a significantly greater TD when played against the lowest quality teams (MB5) in L1, while in L2 teams covered a significantly greater TD when played against the highest quality teams (MB1). The evidence from this study suggests that bottom-ranked teams need to put in more effort during the season to win their matches. Furthermore, it seems that bottom-ranked teams covered more TDWOP during imbalanced matches, where these teams perform more defensive activities and top-ranked teams control the ball and impose their playing style. Finally, the present study adds to the growing body of research that indicates that match movement profiles depend on contextual-related variables.

**Author Contributions:** Conceptualization, J.C.P.-B. and T.G.-C., methodology, J.C.P.-B. and D.L.-T., formal analysis, T.G.-C.; investigation, J.C.P.-B. and H.N., resources, J.C.P.-B.; writing—original draft preparation, J.C.P.-B.; writing—review and editing, J.V.-G., D.L.-T. and H.N.; supervision, T.G.-C. and

J.F.-N.; funding acquisition, R.L.d.C. and R.R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research was funded by the European Regional Development Fund (ERDF, GR18102), the Government of Extremadura (Department of Economy and Infrastructure) and LaLiga Research and Analysis Sections.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board of the University of Extremadura; Vice-Rectorate of Research, Transfer and Innovation-Delegation of the Bioethics and Biosafety Commission (Protocol number: 239/2019).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** Restrictions apply to the availability of these data. Data were obtained from LaLiga and are available with the permission of the corresponding author.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest. Additionally, the funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.

## References

- O'Donoghue, P.; Holmes, L. *Data Analysis in Sport*, 1st ed.; Routledge: London, UK, 2014; ISBN 9781317810384.
- Fernandez-Navarro, J.; Fradua, L.; Zubillaga, A.; McRobert, A.P. Influence of contextual variables on styles of play in soccer. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2018**, *18*, 423–436. [[CrossRef](#)]
- Lago-Peñas, C. The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *J. Sports Sci.* **2009**, *27*, 1463–1469. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Castellano, J.; Blanco-Villaseñor, A.; Álvarez, D. Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *Int. J. Sports Med.* **2011**, *32*, 415–421. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- García-Unanue, J.; Pérez-Gómez, J.; Giménez, J.V.; Felipe, J.L.; Gómez-Pomares, S.; Gallardo, L.; Sánchez-Sánchez, J. Influence of contextual variables and the pressure to keep category on physical match performance in soccer players. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0204256. [[CrossRef](#)]
- Kalapotharakos, V.; Gkaros, A.; Vassliades, E.; Manthou, E. Influence of contextual factors on match running performance in elite soccer team. *J. Phys. Educ. Sport* **2020**, *20*, 3267–3272.
- Ugalde-Ramírez, A. Physical activities according to playing positions, match outcome, and halves during the 2018 Soccer World Cup. *J. Phys. Educ. Sport* **2020**, *20*, 3635–3641.
- Torres-Ronda, L.; Beanland, E.; Whitehead, S.; Sweeting, A.; Clubb, J. Tracking systems in team sports: A narrative review of applications of the data and sport specific analysis. *Sports Med.-Open* **2022**, *8*, 15. [[CrossRef](#)]
- den Hollander, S.; Jones, B.; Lambert, M.; Hendricks, S. The what and how of video analysis research in rugby union: A critical review. *Sports Med. Open* **2018**, *4*, 27. [[CrossRef](#)]
- Liu, H.; Hopkins, W.; Gómez, M.A.; Molinuevo, J.S. Inter-operator reliability of live football match statistics from OPTA Sportsdata. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2013**, *13*, 803–821. [[CrossRef](#)]
- Sarmiento, H.; Marcelino, R.; Anguera, M.T.; Campaniço, J.; Matos, N.; Leitão, J.C. Match analysis in football: A systematic review. *J. Sports Sci.* **2014**, *32*, 1831–1843. [[CrossRef](#)]
- Torres-Ronda, L.; Schelling, X. Critical process for the implementation of technology in sport organizations. *Strength Cond J.* **2017**, *39*, 54–59. [[CrossRef](#)]
- Sarmiento, H.; Anguera, M.T.; Pereira, A.; Araújo, D. Talent identification and development in male football: A systematic review. *Sports Med.* **2018**, *48*, 907–931. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Zhou, C.; Zhang, S.; Lorenzo Calvo, A.; Cui, Y. Chinese soccer association Super League, 2012–2017: Key performance indicators in balance games. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2018**, *18*, 645–656. [[CrossRef](#)]
- O'Donoghue, P. Normative profiles of sports performance. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2005**, *5*, 104–119. [[CrossRef](#)]
- Harrop, K.; Nevill, A. Performance indicators that predict success in an English Professional League One soccer team. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2014**, *14*, 907–920. [[CrossRef](#)]
- Vigne, G.; Dellal, A.; Gaudino, C.; Chamari, K.; Rogowski, I.; Alloatti, G.; del Wong, P.; Owen, A.; Hautier, C. Physical outcome in a successful Italian Serie A soccer team over three consecutive seasons. *J. Strength Cond Res.* **2013**, *27*, 1400–1406. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Ponce-Bordón, J.C.; García-Calvo, T.; Candela-Guardiola, J.M.; Serpiello, F.R.; del Campo, R.L.; Resta, R.; Pulido, J.J. The relationship between running distance and coaches' perception of team performance in professional soccer player during multiple seasons. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 1454. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Oliva Lozano, J.M.; Rago, V.; Fortes, V.; Muyor, J.M. Impact of match-related contextual variables on weekly training load in a professional soccer team: A full season study. *Biol. Sport* **2022**, *39*, 125–134. [[CrossRef](#)]

20. Lago-Peñas, C.; Casais, L.; Dominguez, E.; Sampaio, J. The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *Eur. J. Sport Sci.* **2010**, *10*, 103–109. [[CrossRef](#)]
21. Rampinini, E.; Coutts, A.; Castagna, C.; Sassi, R.; Impellizzeri, F. Variation in top level soccer match performance. *Int. J. Sports Med.* **2007**, *28*, 1018–1024. [[CrossRef](#)]
22. Aquino, R.; Martins, G.; Vieira, L.H.P.; Menezes, R.P. Influence of match location, quality of opponents, and match status on movement patterns in Brazilian professional football players. *J. Strength Cond Res.* **2017**, *31*, 2155–2161. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Folgado, H.; Duarte, R.; Fernandes, O.; Sampaio, J. Competing with lower level opponents decreases intra-team movement synchronization and time-motion demands during pre-season soccer matches. *PLoS ONE* **2014**, *9*, e97145. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Nobari, H.; Ramachandran, A.; Oliveira, R. The influence of opponent level on professional soccer players' training and match performance assessed by using wearable sensor technology. *Hum. Mov.* **2022**, *24*, 1–10. [[CrossRef](#)]
25. Aquino, R.; Gonçalves, L.G.; Galgaro, M.; Maria, T.S.; Rostaiser, E.; Pastor, A.; Nobari, H.; Garcia, G.R.; Moraes-Neto, M.V.; Nakamura, F.Y. Match running performance in Brazilian professional soccer players: Comparisons between successful and unsuccessful teams. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* **2021**, *13*, 93. [[CrossRef](#)]
26. Paraskevas, G.; Smilios, I.; Hadjicharalambous, M. Effect of opposition quality and match location on the positional demands of the 4-2-3-1 formation in elite soccer. *J. Exerc. Sci. Fit.* **2020**, *18*, 40–45. [[CrossRef](#)]
27. Mohr, M.; Krusturup, P.; Bangsbo, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J. Sports Sci.* **2003**, *21*, 519–528. [[CrossRef](#)]
28. Bradley, P.; Carling, C.; Gomez Diaz, A.; Hood, P.; Barnes, C.; Ade, J.; Boddy, M.; Krusturup, P.; Mohr, M. Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Hum. Mov. Sci.* **2013**, *32*, 808–821. [[CrossRef](#)]
29. Asian-Clemente, J.A.; Requena, B.; Jukic, I.; Nayler, J.; Santalla-Hernández, A.; Carling, C. Is physical performance a differentiating element between more or less successful football teams? *Sports* **2019**, *7*, 216. [[CrossRef](#)]
30. Castellano, J.; Casamichana, D. What are the differences between First and Second Divisions of Spanish football teams? *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2015**, *15*, 135–146. [[CrossRef](#)]
31. Rampinini, E.; Martin, M.; Bosio, A.; Donghi, F.; Carlomagno, D.; Riggio, M.; Coutts, A.J. Impact of COVID-19 lockdown on professional soccer players' match physical activities. *Sci. Med. Footb.* **2021**, *5*, 44–52. [[CrossRef](#)]
32. Pons, E.; García-Calvo, T.; Cos, F.; Resta, R.; Blanco, H.; López del Campo, R.; Díaz-García, J. Integrating video tracking and GPS to quantify accelerations and decelerations in elite soccer. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 18531. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Pons, E.; García-Calvo, T.; Resta, R.; Blanco, H.; López del Campo, R.; Díaz García, J.; Pulido, J.J. A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology during official soccer matches: Agreement between Systems. *PLoS ONE* **2019**, *14*, e0220729. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Brito de Souza, D.; López-Del Campo, R.; Blanco-Pita, H.; Resta, R.; del Coso, J. Association of match running performance with and without ball possession to football performance. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2020**, *20*, 483–494. [[CrossRef](#)]
35. Yang, G.; Leicht, A.S.; Lago, C.; Gómez, M.Á. Key team physical and technical performance indicators indicative of team quality in the soccer Chinese Super League. *Res. Sports Med.* **2018**, *26*, 158–167. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. R-Studio Team. *RStudio: Integrated Development for R*; R-Studio Team: Boston, MA, USA, 2020.
37. Bates, D.; Machler, M.; Bolker, B.; Walker, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models using lme4. *J. Stat. Softw.* **2015**, *67*, 1–48. [[CrossRef](#)]
38. Heck, R.H.; Thomas, S.L. *An Introduction to Multilevel Modeling Techniques: MLM and SEM Approaches Using Mplus*; Routledge: London, UK, 2015.
39. Akaike, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Automat. Control* **1974**, *19*, 716–723. [[CrossRef](#)]
40. Field, A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*, 4th ed.; SAGE Editorial: New York, NY, USA, 2013.
41. Nakagawa, S.; Schielzeth, H. A general and simple method for obtaining R<sup>2</sup> from Generalized Linear Mixed-Effects Models. *Methods Ecol. Evol.* **2013**, *4*, 133–142. [[CrossRef](#)]
42. Ponce-Bordón, J.C.; Díaz-García, J.; López-Gajardo, M.A.; Lobo-Triviño, D.; López del Campo, R.; Resta, R.; García-Calvo, T. The influence of time winning and time losing on position-specific match physical demands in the top one Spanish Soccer League. *Sensors* **2021**, *21*, 6843. [[CrossRef](#)]
43. Gomez-Piqueras, P.; Gonzalez-Villora, S.; Castellano, J.; Teoldo, I. Relation between the physical demands and success in professional soccer players. *J. Hum. Sport Exerc.* **2019**, *14*, 1–11. [[CrossRef](#)]
44. Sæterbakken, A.; Haug, V.; Fransson, D.; Grendstad, H.N.; Gundersen, H.S.; Moe, V.F.; Ylvisaker, E.; Shaw, M.; Riiser, A.; Andersen, V. Match running performance on three different competitive standards in Norwegian soccer. *Sports Med. Int. Open* **2019**, *3*, 82–88. [[CrossRef](#)]
45. Pons, E.; Ponce-Bordón, J.C.; Díaz-García, J.; del Campo, R.L.; Resta, R.; Peirau, X.; García-Calvo, T. A longitudinal exploration of match running performance during a football match in the Spanish La Liga: A four-season study. *Int. J. Environ Res. Public Health* **2021**, *18*, 1133. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
46. Bradley, P.S.; Archer, D.T.; Hogg, B.; Schuth, G.; Bush, M.; Carling, C.; Barnes, C. Tier-specific evolution of match performance characteristics in the English Premier League: It's getting tougher at the Top. *J. Sports Sci.* **2016**, *34*, 980–987. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

1 Diferencias en los perfiles de movimiento de los partidos en las ligas competitivas de  
2 fútbol español según la clasificación del equipo oponente: Un estudio comparativo

3 Ponce-Bordón, J.C.<sup>1</sup>, Nobari, H.<sup>2</sup>, Lobo-Triviño, D.<sup>3</sup>, García-Calvo, T.<sup>4</sup>, Vicente-

4 Giménez, J.<sup>5</sup>, López del Campo, R.<sup>6</sup>, Resta, R.<sup>7</sup>, Fernández-Navarro, J.<sup>8</sup>

5  
6 <sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

7 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5641-6748>

8 <sup>2</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España).

9 Departamento de Rendimiento Motor, Facultad de Educación Física y Deportes de

10 Montaña, Universidad de Braşov (Rumanía)

11 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7951-8977>

12 <sup>3</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

13 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6559-2375>

14 <sup>4</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

15 Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2550-418X>

16 <sup>5</sup>Departamento de Educación Física y Deportes, Facultad de Ciencias del Deporte,

17 Universidad de Granada (España)

18 Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-0794-4042>

19 <sup>6</sup>Sección de Investigación Deportiva de LaLiga, Madrid (España)

20 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9286-6113>

21 <sup>7</sup>Sección de Investigación Deportiva de LaLiga, Madrid (España)

22 <sup>8</sup>Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad de Nottingham Trent, Nottingham

23 (Reino Unido)

24 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5367-1575>

25

26

Nota de los autores:

27 Autor de correspondencia: José Carlos Ponce-Bordón. Facultad de Ciencias del Deporte.

28 Universidad de Extremadura. C/ Avenida de la Universidad, s/n, C.P.: 10003, Cáceres,

29 España. Teléfono: +34 927257050 Fax: +34 927257051.

30 Correo electrónico: [joponceb@unex.es](mailto:joponceb@unex.es)

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

## Resumen

51

52 (1) Antecedentes: Este estudio analizó las diferencias en los perfiles de movimiento del  
53 partido según la calidad del oponente (es decir, el equilibrio del partido) en las ligas  
54 profesionales de fútbol españolas durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/2016  
55 a 2018/2019); (2) Métodos: Se utilizó el sistema ChyronHego® para registrar los datos de  
56 movimiento de competición de todos los partidos disputados en la Primera (Liga  
57 Santander;  $n = 1.520$ ) y Segunda División española (Liga Smartbank;  $n = 1848$ ). La  
58 distancia total (en inglés TD = Total Distance) y la distancia de carrera de alta intensidad  
59 (en inglés TD > 21 km·h<sup>-1</sup>) recorrida con y sin posesión de balón (en inglés TDWP =  
60 Total Distance With Possession y TDWOP = Total Distance Without Possession,  
61 respectivamente) se analizaron mediante un Modelo Lineal Mixto, considerando la  
62 variable contextual de calidad del oponente; (3) Resultados: Los resultados mostraron que  
63 los equipos recorrieron una TD significativamente mayor cuando jugaron contra los  
64 equipos de menor calidad en L1 ( $p < .05$ ), mientras que en L2 los equipos recorrieron una  
65 TD significativamente mayor cuando jugaron contra los equipos de mayor calidad ( $p <$   
66  $.05$ ). Los equipos recorrieron una TDWP y TDWP > 21 km·h<sup>-1</sup> significativamente mayor  
67 cuando jugaron contra los equipos de mayor calidad tanto en L1 como en L2 ( $p < .05$ ).  
68 Por el contrario, jugar contra los equipos de menor calidad en L1 frente a los de mayor  
69 calidad en L2 implicó más TDWOP y TDWOP > 21 km·h<sup>-1</sup> ( $p < .05$ ); (4) Conclusiones:  
70 El presente estudio indica que los perfiles de movimiento en los partidos dependen de  
71 variables relacionadas con el contexto.

72

*Palabras clave:* exigencias físicas de los partidos; análisis de partidos; análisis

73

del rendimiento; fútbol profesional; ligas españolas; clasificación.

74

75

76

## Introducción

77           La clasificación final en las ligas de fútbol se basa en los puntos por partido de  
78 fútbol acumulados a lo largo de la temporada competitiva [1]. Por lo tanto, el equipo  
79 que consigue más puntos al final del torneo es el ganador. Hasta donde sabemos, para  
80 lograr el éxito en la clasificación final, los equipos deben superar distintos tipos de  
81 partidos influidos por variables relacionadas con el contexto, como la calidad del rival  
82 (es decir, fuerte o débil [2]). Las investigaciones han informado de que la calidad del  
83 rival influye significativamente en el rendimiento del equipo y en las exigencias físicas  
84 del partido durante las competiciones de fútbol [3-5]. Además, el equilibrio del partido  
85 (es decir, la diferencia en la clasificación final entre dos equipos rivales) podría ser un  
86 factor para entender la interacción entre el rendimiento de los equipos y las exigencias  
87 físicas del partido [6,7].

88           Hasta la fecha, las organizaciones de deportes de equipo (por ejemplo, fútbol,  
89 fútbol americano, baloncesto o rugby) han invertido en sistemas de seguimiento por  
90 vídeo con el objetivo de cuantificar las características del entrenamiento y la  
91 competición [8]. Concretamente, en el fútbol, el uso de la tecnología de los sistemas de  
92 seguimiento por vídeo se ha convertido en una herramienta esencial para que los  
93 profesionales y los analistas del rendimiento recojan e interpreten datos sobre el análisis  
94 de tiempo-movimiento de los equipos durante las competiciones de fútbol [9]. Además,  
95 estas herramientas mejoran el proceso de entrenamiento y ayudan a comprender mejor  
96 la brecha existente entre la teoría y la práctica durante los partidos y las sesiones de  
97 entrenamiento [10-12]. Concretamente, el uso de indicadores clave de rendimiento está  
98 muy implantado en el fútbol profesional [13,14]. Estos indicadores permiten comparar y  
99 predecir futuros comportamientos de los equipos o patrones de movimiento de los  
100 jugadores en función de variables relacionadas con el contexto [15,16]. Además,

101 permiten que el enfoque aplicado analice las demandas físicas del partido y el éxito del  
102 equipo (es decir, pueden discriminar entre partidos en los que un equipo de fútbol ganó,  
103 empató y perdió [17]).

104           En este sentido, se ha sugerido que el análisis del rendimiento del equipo  
105 necesita interpretar los resultados de los equipos de fútbol como dinámicos e  
106 impredecibles, ya que el rendimiento físico de los jugadores de fútbol oscila a lo largo  
107 de la temporada [18]. Además, la carga externa debe tener en cuenta variables  
108 relacionadas con el contexto [19]. Por ejemplo, la investigación sobre la calidad del  
109 oponente ha vuelto a revelar que cuando la calidad del oponente es mejor, se puede  
110 recorrer más distancia a baja intensidad [20]. Mientras tanto, varios estudios han  
111 analizado algunas ligas de fútbol profesional y han informado de que la cantidad de  
112 distancia de carrera de alta intensidad (en inglés HIRD = High Intensity Running  
113 Distance) recorrida durante los partidos era mayor contra los equipos de mayor calidad  
114 que contra los de menor calidad [4,21-23]. Recientemente, Nobari et al. [24]  
115 descubrieron que el nivel del oponente afecta a la carga externa que experimentan los  
116 jugadores de fútbol durante los partidos de la liga asiática. Observaron que, en los  
117 partidos contra equipos de alto nivel, las deceleraciones en todas las zonas eran las  
118 mayores. Otro estudio evaluó el rendimiento en carrera de los jugadores de fútbol en  
119 partidos de la Segunda Liga Nacional brasileña teniendo en cuenta la calidad de los  
120 equipos rivales (por ejemplo, los peor clasificados y los mejor clasificados). Encontró  
121 que los partidos de los equipos mejor clasificados contra los peores oponentes requerían  
122 cantidades significativas de acciones de aceleración y sprint [25]. Por el contrario,  
123 Paraskevas et al. [26] demostraron que jugar contra un rival débil estaba relacionado  
124 con una mayor distancia total (en inglés TD = Total Distance) y HIRD recorrida durante  
125 los partidos en casa.

126           En cuanto a las diferencias entre ligas estándar en los perfiles de movimiento en  
127 los partidos, las investigaciones no han demostrado que exista relación entre un mejor  
128 rendimiento físico y un mayor éxito en las competiciones de fútbol entre equipos de  
129 diferentes países o ligas [27], entre equipos del mismo país, pero de otras divisiones  
130 [28], o entre equipos que militan en la misma división [29]. Además, no existe relación  
131 entre variables físicas como la TD recorrida por los equipos de las dos primeras ligas  
132 españolas de fútbol y los puntos obtenidos a lo largo de la temporada competitiva [30].

133           En la actualidad, la variación de las demandas físicas en relación con la calidad  
134 del adversario teniendo en cuenta el contexto del partido se ha evaluado con precisión  
135 en partidos de fútbol [5,26]. Sin embargo, son necesarias más investigaciones sobre la  
136 relación entre las demandas físicas del partido y la calidad del oponente para identificar  
137 cómo las fluctuaciones del rendimiento afectan al rendimiento físico en un grupo  
138 homogéneo, pero con diferentes clasificaciones que compite dentro de la misma liga de  
139 fútbol o entre diferentes ligas de fútbol. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo  
140 examinar las diferencias en los perfiles de movimiento según la calidad del oponente (es  
141 decir, el equilibrio del partido) entre la Primera (LaLiga™ Santander) y la Segunda  
142 (LaLiga™ Smartbank) División de las ligas de fútbol profesional españolas durante  
143 cuatro temporadas consecutivas (de 2015/16 a 2018/19). Basándonos en estudios  
144 previos, hemos planteado dos hipótesis: (i) El rendimiento en carrera de los partidos  
145 puede diferir entre equipos en función de la calidad del rival. Concretamente, la TD  
146 sería mayor cuando la calidad del oponente fuera mejor [20]; del mismo modo, la TD >  
147 21 km·h<sup>-1</sup> sería mayor contra equipos de alta calidad [4,21]. Además, (ii) los perfiles de  
148 movimiento del partido, teniendo en cuenta la variable contextual de la calidad del  
149 adversario, pueden influir en las distancias recorridas con y sin posesión del balón.

150 **Material y métodos**

151 La muestra incluyó todos los partidos jugados por los equipos de fútbol que  
152 participaron en las ligas españolas de fútbol de Primera (L1) y Segunda (L2) División  
153 durante cuatro temporadas consecutivas (2015/16, 2016/17, 2017/18 y 2018/19). Se  
154 excluyeron los porteros y los jugadores que jugaron menos de 15 min durante los  
155 partidos porque los valores medios obtenidos de estos jugadores eran superiores a la  
156 media del equipo [31]. Así, se incluyeron en el estudio 5.916 de los 6.736 registros  
157 potenciales, pertenecientes a 3.368 partidos jugados por L1 (Liga Santander;  $n = 1520$ )  
158 y por L2 (Liga Smartbank;  $n = 1848$ ). Debido a problemas técnicos con el sistema de  
159 registro de datos o a condiciones meteorológicas desfavorables durante el partido, se  
160 descartaron 820 (12,17%) observaciones. El estudio fue aprobado por la Universidad de  
161 Extremadura (número de código: 153/2017), y los datos fueron proporcionados a los  
162 autores por LaLiga™.

### 163 **Procedimiento y variables**

164 Un sistema de seguimiento óptico recopiló los datos de las demandas físicas del  
165 partido (ChyronHego®; TRACAB, Nueva York, NY, EE. UU.). En este sistema de  
166 seguimiento multicámara se utilizan ocho súper cámaras 4K de alto rango dinámico  
167 para seguir y rastrear a los futbolistas sobre el terreno de juego. Las cámaras capturan  
168 vídeo desde varios ángulos y ofrecen seguimiento en tiempo real con datos de 25 Hz.  
169 Según un análisis de la validez y fiabilidad del sistema de seguimiento por vídeo, la TD  
170 recorrida mostró errores de medición medios del 2% [32]. Además, algunos estudios  
171 han examinado la concordancia entre los dispositivos GPS y el sistema Mediacoach®  
172 [33]. Concretamente, la magnitud del coeficiente de correlación intraclase (CCI) fue <  
173 .90.

174 Las variables de exigencia física del partido analizadas se clasificaron en función  
175 de la posesión del balón de la siguiente manera [34,35]: con posesión (en inglés WP =

176 With Possession) y sin posesión (en inglés WOP = Without Possession). Se estudiaron  
177 dos variables para cada una de estas categorías: distancia total (m) recorrida por los  
178 jugadores (en inglés TD = Total Distance) y distancia total recorrida a más de 21 km·h<sup>-1</sup>  
179 (en inglés TD > 21 km·h<sup>-1</sup>).

180 Para examinar si la calidad del oponente influía en el rendimiento en carrera del  
181 partido, se incluyó en el análisis la diferencia en la clasificación final del equipo  
182 analizado y del oponente (es decir, balance del partido = TA-TB), donde TA es la  
183 clasificación final del equipo analizado, y TB es la clasificación final del equipo  
184 oponente [21]. Por ejemplo, si el equipo A ocupa la 6<sup>a</sup> posición y el equipo B la 14<sup>a</sup>, la  
185 calidad del adversario sería -8; asimismo, en ese mismo partido considerando el equipo  
186 adversario, la calidad del adversario sería +8.

187 El intervalo de valores se estableció entre -19 y +19 en L1 y entre -21 y +21 en  
188 L2. Así, cuanto menor es el valor, más fácil fue el partido para el equipo analizado; del  
189 mismo modo, cuanto mayor es el valor, más difícil fue el partido.

190 Por último, debido a la variabilidad de los partidos, la calidad del adversario se  
191 dividió en cinco grupos diferentes según los valores del balance del partido: balance del  
192 partido 1 (MB1; partidos en los que el valor del balance del partido era +10); balance  
193 del partido 2 (MB2; partidos en los que el valor del balance del partido estaba entre +4 y  
194 +9); balance del partido 3 (MB3; partidos en los que el balance del partido estaba entre  
195 +3 y -3); balance del partido 4 (MB4; partidos en los que el valor del balance del partido  
196 estaba entre -4 y -9); balance del partido 5 (MB5; partidos en los que el valor del  
197 balance del partido era -10).

## 198 **Análisis estadístico**

199 Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando R-Studio [36]. Teniendo  
200 en cuenta las características de la muestra, organizada jerárquicamente, anidada en

201 grupos y con una estructura longitudinal, consideramos que el mejor procedimiento para  
202 analizar los datos era a través de Modelos Lineales Mixtos (MLM). Se aplicó un MLM  
203 para analizar las diferencias en las variables de rendimiento en carrera de los partidos  
204 relativas a la calidad del adversario utilizando el paquete lme4 [37].

205 En primer lugar, se estableció una jerarquía de dos niveles para el análisis. Las  
206 variables de rendimiento en carrera del partido (es decir, TD y  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) se  
207 incluyeron como variables dependientes en los modelos, y la calidad del adversario y las  
208 ligas (L1 y L2) fueron las variables independientes incluidas como efectos fijos. La  
209 variable equipo se consideró efecto aleatorio en el análisis. Para cada modelo, se llevó a  
210 cabo una estrategia general de modelado multinivel [38]. Este procedimiento consiste en  
211 incluir efectos fijos y aleatorios por pasos, avanzando desde el modelo más simple al  
212 más complejo. La comparación de modelos se realizó utilizando el criterio de  
213 información de Akaike (AIC; [39]) y las pruebas de razón de verosimilitud chi-cuadrado  
214 [40]. Un valor más bajo del AIC y de la prueba de verosimilitud chi-cuadrado indicaba  
215 si el modelo era mejor que el anterior y si los cambios eran significativos. Se empleó la  
216 estimación de máxima verosimilitud (ML) para comparar los modelos. Por último,  
217 informamos de las métricas  $R^2$  marginal y condicional [41] de cada ML para  
218 proporcionar alguna medida de los tamaños de los efectos.

## 219 **Resultados**

220 Las Tablas 1 y 2 muestran los interceptos y los errores estándar de los perfiles de  
221 movimiento del partido (es decir, TD y  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) con y sin posesión del balón,  
222 considerando las ligas y los cinco niveles de calidad del adversario.

223 \*\*\*\*Por favor, ver Tablas 1 y 2 en artículo original\*\*\*\*

224 En cuanto a la TD, se obtuvieron mayores valores durante el MB5 en L1  
225 (109.534 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB1 y MB2 ( $p < .05$ ).

226 Por el contrario, la TD recorrida fue mayor durante MB1 en L2 (108.538 m), mostrando  
227 diferencias significativas con respecto a MB2, MB3 y MB4 ( $p < .05$ ). En cuanto a la TD  
228 con y sin posesión de balón, la TDWP recorrida fue mayor durante el MB1 en L1  
229 (41.580 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2, MB3, MB4 y  
230 MB5 ( $p < .05$ ). Del mismo modo, la TDWP recorrida fue mayor durante el MB1 en L2  
231 (37.692 m). Por el contrario, la TDWOP recorrida fue mayor durante el MB5 en L1  
232 (47.681 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB1, MB2, MB3 y  
233 MB4 ( $p < .05$ ). Mientras tanto, en L2, la TDWOP recorrida fue mayor durante MB1  
234 (40.990 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2.

235         Respecto a la  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , se obtuvieron valores mayores durante MB2 y  
236 MB4 en L1 (5.956 m), mostrando diferencias significativas respecto a MB3 ( $p < .05$ ).  
237 Por el contrario, la  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  fue mayor durante MB1 en L2 (5.622 m), mostrando  
238 diferencias significativas con respecto a MB2, MB3, MB4 y MB5 ( $p < .05$ ). En cuanto a  
239 la  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  con y sin posesión de balón, la  $TDWP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  fue mayor durante  
240 MB1 en L1 (2.882 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2, MB3,  
241 MB4 y MB5 ( $p < .05$ ). Del mismo modo, la  $TDWP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  fue mayor durante MB1  
242 en L2 (2.605 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB2, MB3, MB4,  
243 y MB5 ( $p < .05$ ). Por el contrario, la  $TDWOP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  fue mayor durante el MB5 en  
244 L1 (3.360 m), mostrando diferencias significativas con respecto a MB1, MB2, MB3 y  
245 MB4 ( $p < .05$ ). En L2, la  $TDWOP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  fue mayor durante MB5 (2.979 m),  
246 mostrando diferencias significativas con respecto a MB1, MB2, MB3 y MB4 ( $p < .05$ ).

247         En las Figuras 1 y 2 se presentan las diferencias entre ligas (L1 vs. L2) en el  
248 rendimiento en carrera de los partidos. En primer lugar, la TD recorrida fue  
249 significativamente mayor en L1 con respecto a L2 en MB2 ( $p < .001$ ), MB3 ( $p < .01$ ),  
250 M4 ( $p < .001$ ), y MB5 ( $p < .001$ ). En cuanto a la TD con y sin posesión de balón, la

251 TDWP fue significativamente mayor en L1 con respecto a L2 en MB1 ( $p < .001$ ), MB2  
252 ( $p < .001$ ), MB3 ( $p < .001$ ) y MB4 ( $p < .01$ ). Por el contrario, el TDWOP recorrida fue  
253 significativamente mayor en L2 con respecto a L1 en MB1 ( $p < .001$ ), mientras que se  
254 obtuvieron valores significativamente mayores en L1 con respecto a L2 en MB3 ( $p <$   
255  $.001$ ), MB4 ( $p < .001$ ) y MB5 ( $p < .001$ ).

256 \*\*\*\*Por favor, ver Figuras 1 y 2 en artículo original\*\*\*\*

## 257 **Discusión**

258 El presente estudio tuvo como objetivo examinar las diferencias en los perfiles  
259 de movimiento del partido según la clasificación del equipo rival (es decir, el equilibrio  
260 del partido) en las ligas profesionales de fútbol españolas durante cuatro temporadas  
261 consecutivas (de 2015/2016 a 2018/2019). Los hallazgos novedosos del presente estudio  
262 fueron que los equipos recorrieron una TD significativamente mayor cuando jugaron  
263 contra los equipos de menor calidad (MB5) en L1, mientras que en L2 los equipos  
264 recorrieron una TD significativamente mayor cuando jugaron contra los equipos de  
265 mayor calidad (MB1). En cuanto a los perfiles de movimiento del partido con y sin  
266 posesión del balón, los equipos recorrieron una mayor TDWP y  $TDWP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$   
267 cuando jugaron contra los equipos de mayor calidad (MB1) tanto en L1 como en L2.  
268 Por el contrario, jugar contra los equipos de menor calidad (MB5) en L1 frente a los  
269 equipos de mayor calidad (MB1) en L2 supuso más TDWOP y  $TDWOP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

270 En primer lugar, con respecto a la TD recorrida por los equipos de fútbol,  
271 nuestra hipótesis era que la TD sería mayor cuando la calidad del rival fuera mejor  
272 (*Hipótesis 1*). El resultado más llamativo de los datos es que la TD recorrida fue  
273 significativamente mayor cuando los equipos jugaron contra los equipos de menor  
274 calidad (MB5) en L1. Resultados similares han sido encontrados por Paraskevas et al.  
275 [26], donde competir contra un oponente "débil" estaba relacionado con mayor TD y

276 TD > 21 km·h<sup>-1</sup> recorridas durante los partidos en casa en comparación con los partidos  
277 fuera. Una posible explicación para esto podría ser que los equipos mejor clasificados  
278 podrían estar ganando estos partidos desequilibrados contra los equipos de menor  
279 calidad, y durante los partidos utilizarían mayores actividades defensivas porque  
280 preferían disminuir la posesión del balón [3]. Otra posible causa puede deberse a la  
281 necesidad de estos equipos de ganar los partidos para subir en la clasificación final o  
282 para cumplir los objetivos a final de temporada. Por lo tanto, intentan alcanzar su  
283 máximo rendimiento físico para ganar partidos de fútbol [4]. Incluso la mayor TD  
284 recorrida por los equipos mejor clasificados podría explicarse porque sus jugadores  
285 tenían mejores niveles de forma física, lo que les permitía alcanzar un mayor  
286 rendimiento físico. Mientras tanto, los equipos de L2 recorrieron una TD  
287 significativamente mayor cuando jugaron contra los equipos de mayor calidad (MB1).  
288 También se obtuvieron resultados similares para TD > 21 km·h<sup>-1</sup> durante MB1. Por lo  
289 tanto, la Hipótesis 1 sólo se confirmó en los partidos de L2. Estos resultados podrían  
290 explicarse por el hecho de que los equipos de la parte inferior de la clasificación  
291 generalmente han recorrido más TD durante la temporada, como han informado  
292 estudios anteriores [29,34,35], o incluso podría deberse a que los equipos de fútbol  
293 débiles necesitan esforzarse más durante la temporada para ganar sus partidos [21]. Otra  
294 razón podría ser que estos equipos de fútbol perdieran sus partidos varias veces y  
295 necesitaran alcanzar su máxima capacidad física para empatar o ganar el partido [4].

296 Con respecto a la TD recorrida con y sin posesión del balón, nuestra hipótesis  
297 era que la calidad del adversario influiría significativamente en los perfiles de  
298 movimiento del partido (*Hipótesis 2*). Los resultados informaron de que la TDWP y la  
299 TDWP > 21 km·h<sup>-1</sup> eran significativamente mayores cuando los equipos jugaban contra  
300 los equipos de mayor calidad (MB1), tanto en L1 como en L2. Una posible explicación

301 a este hecho podría ser que jugar contra equipos de máxima categoría podría implicar  
302 resultados adversos y, en consecuencia, los equipos perdedores suelen aumentar su  
303 porcentaje de posesión para "controlar" el partido dictando el juego, mientras se busca  
304 la debilidad en la defensa rival [3]. En esta línea, Ponce-Bordón et al. [42] informaron  
305 de que la TDWP aumentaba por cada minuto que los equipos iban perdiendo en la  
306 Primera División española. Por su parte, la TDWOP y la TDWOP > 21 km·h<sup>-1</sup> fueron  
307 significativamente mayores cuando los equipos jugaron contra los equipos de menor  
308 calidad (MB5) en L1. Por otro lado, jugar contra equipos de la parte baja de la  
309 clasificación podía implicar resultados positivos, y cuando los equipos iban por delante  
310 o empataban optaban por jugar al contraataque o al juego directo, a menudo utilizando  
311 pases largos, por lo que la posesión del balón disminuía [3]. Se puede sugerir que la  
312 TDWOP aumentaba cuando los equipos iban ganando [18]. Por el contrario, la TDWOP  
313 y la TDWOP > 21 km·h<sup>-1</sup> eran significativamente mayores cuando los equipos jugaban  
314 contra los equipos de mayor calidad (MB1) en L2. Los equipos de la parte inferior de la  
315 clasificación han recorrido genéricamente más TDWOP, como han informado estudios  
316 anteriores [21,34]. Este hallazgo probablemente representa un mayor tiempo de partido  
317 realizando actividades defensivas por parte de los equipos peor clasificados,  
318 potencialmente durante partidos desequilibrados, en los que los equipos mejor  
319 clasificados controlan el balón e imponen su estilo de juego [35].

320 Por último, en cuanto a las comparaciones del perfil de movimiento del partido  
321 entre ligas estándar (L1 vs. L2), los resultados informaron de que la TD y TD > 21  
322 km·h<sup>-1</sup> fueron significativamente mayores en L1 que en L2. Nuestros hallazgos  
323 concuerdan con investigaciones recientes, que informaron que las ligas de alto nivel  
324 tenían mayores demandas físicas durante los partidos [28,43,44]. Concretamente, Pons  
325 y Ponce-Bordón et al. [45] han informado de que las distancias recorridas a alta

326 intensidad y el número de esfuerzos de alta intensidad fueron significativamente  
327 mayores en L1 con respecto a L2. Además, las variables relacionadas con la posesión  
328 del balón, como la TDWP o el TDWOP, también fueron significativamente mayores en  
329 L1 que en L2. En conjunto, estos resultados sugieren que el rendimiento físico y técnico  
330 de los futbolistas de L1 podría ser mayor que el de L2 debido a que los clubes de L1  
331 contribuyen significativamente a desarrollar el rendimiento de sus jugadores en los  
332 partidos [46].

### 333 **Limitaciones del estudio y perspectivas de futuro**

334 Este estudio aumenta el conocimiento sobre este tema de investigación; sin  
335 embargo, podrían identificarse algunas limitaciones con vistas a futuras investigaciones.  
336 En primer lugar, sólo se tuvieron en cuenta la TD y la TD > 21 km·h<sup>-1</sup>, por lo que sería  
337 interesante un análisis más profundo basado en más variables físicas para aumentar el  
338 conocimiento sobre la influencia de la calidad del adversario en el rendimiento físico.  
339 En segundo lugar, se requiere más investigación considerando algunos factores, como el  
340 estilo de juego o el estado del partido, ya que el rendimiento físico podría depender de  
341 diferentes variables relacionadas con el contexto. Por último, en este estudio sólo se  
342 incluyeron datos de partidos de fútbol españoles, por lo que esto podría limitar la  
343 aplicación de estos resultados a otras ligas. Por este motivo, futuros estudios podrían  
344 replicar el protocolo descrito en este estudio para encontrar diferencias en los perfiles de  
345 movimiento de partido entre diferentes calidades de oponente en otras ligas europeas.

### 346 **Aplicaciones prácticas**

347 Estos hallazgos tienen implicaciones para entender cómo varía el rendimiento  
348 físico en el fútbol profesional español. Concretamente, el presente estudio incrementa  
349 las investigaciones previas que demuestran que la diferencia en la clasificación final del  
350 equipo analizado y el rival influye tanto en las demandas físicas del partido como en la

351 posesión del balón. Estos resultados proporcionan información muy útil a los  
352 entrenadores de fuerza y acondicionamiento físico para gestionar la carga externa  
353 durante las sesiones de entrenamiento semanales en función tanto del partido siguiente  
354 como del anterior, ya que pueden adaptar la carga de entrenamiento en función de la  
355 carga externa de los partidos de fútbol. Por ejemplo, también pueden proporcionar  
356 diferentes estrategias de recuperación después de los partidos MB1 o MB5, o el  
357 personal técnico podría incluso planificar sesiones de entrenamiento más duras o más  
358 suaves con respecto al TD o HIRD cubierto teniendo en cuenta la calidad del oponente  
359 del siguiente partido de fútbol.

## 360 **Conclusiones**

361       Esta investigación examinó la influencia de la calidad del rival en los perfiles de  
362 movimiento del partido, teniendo en cuenta también las distancias recorridas con y sin  
363 posesión del balón. Los resultados más interesantes fueron que los equipos recorrieron  
364 una TD significativamente mayor cuando jugaron contra los equipos de menor calidad  
365 (MB5) en L1, mientras que en L2 los equipos recorrieron una TD significativamente  
366 mayor cuando jugaron contra los equipos de mayor calidad (MB1). Los datos de este  
367 estudio sugieren que los equipos de la parte inferior de la clasificación deben esforzarse  
368 más durante la temporada para ganar sus partidos. Además, parece que los equipos de la  
369 parte inferior de la clasificación recorrieron más TDWOP durante los partidos  
370 desequilibrados, en los que estos equipos realizan más actividades defensivas y los  
371 equipos de la parte alta de la clasificación controlan el balón e imponen su estilo de  
372 juego. Por último, el presente estudio se suma al creciente número de investigaciones  
373 que indican que los perfiles de movimiento en los partidos dependen de variables  
374 relacionadas con el contexto.

375

376 **Contribuciones de los autores:** Conceptualización, J.C.P.-B. y T.G.-C.; metodología,  
377 J.C.P.-B., y D.L.-T.; análisis formal, T.G.-C.; investigación, J.C.P.-B. y H.N.; recursos,  
378 J.C.P.-B.; redacción-redacción del borrador original, J.C.P.-B.; redacción-revisión y  
379 edición, J.V.-G., D.L.-T., y H.N.; supervisión, T.G.-C. y J.F.-C.; contribuciones de los  
380 autores: J.C.P.-B. B.; redacción-revisión y edición, J.V.-G., D.L.-T. y H.N.; supervisión,  
381 T.G.-C. y J.F.-N.; obtención de fondos, R.L.d.C. y R.R. Todos los autores han leído y  
382 aceptado la versión publicada del manuscrito.

383 **Financiación:** Esta investigación ha sido financiada por el Fondo Europeo de  
384 Desarrollo Regional (FEDER, GR18102), la Junta de Extremadura (Consejería de  
385 Economía e Infraestructuras) y las Secciones de Investigación y Análisis de LaLiga.

386 **Declaración de la Junta de Revisión Institucional:** El estudio se realizó según las  
387 directrices de la Declaración de Helsinki, y fue aprobado por el Comité de Revisión  
388 Institucional de la Universidad de Extremadura; Vicerrectorado de Investigación,  
389 Transferencia e Innovación-Delegación de la Comisión de Bioética y Bioseguridad  
390 (Protocolo número: 239/2019).

391 **Declaración de consentimiento informado:** Se obtuvo el consentimiento informado de  
392 todos los sujetos implicados en el estudio.

393 **Declaración de disponibilidad de datos:** Se aplican restricciones a la disponibilidad de  
394 estos datos. Los datos se obtuvieron de LaLiga y están disponibles con el permiso del  
395 autor correspondiente.

396 **Conflictos de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de intereses. Además,  
397 los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio; en la recogida,  
398 análisis o interpretación de los datos; en la redacción del manuscrito; o en la decisión de  
399 publicar los resultados.

400

401

## Referencias

402

\*\*\*\*Ver referencias en artículo original\*\*\*\*

Article

# The Influence of Time Winning and Time Losing on Position-Specific Match Physical Demands in the Top One Spanish Soccer League

José C. Ponce-Bordón <sup>1</sup>, Jesús Díaz-García <sup>1,\*</sup>, Miguel A. López-Gajardo <sup>1</sup>, David Lobo-Triviño <sup>1</sup>, Roberto López del Campo <sup>2</sup>, Ricardo Resta <sup>2</sup> and Tomás García-Calvo <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, Boulevard of the University s/n, 10003 Caceres, Spain; jponcebo@gmail.com (J.C.P.-B.); malopezgajardo@unex.es (M.A.L.-G.); davidlobo123@gmail.com (D.L.-T.); tgarcia@unex.es (T.G.-C.)

<sup>2</sup> LaLiga Sport Research Section, 28043 Madrid, Spain; rlopez@laliga.es (R.L.d.C.); rresta@laliga.es (R.R.)

\* Correspondence: jdiaz@unex.es; Tel.: +31-927-257-460

**Citation:** Ponce-Bordón, J.C.; Díaz-García, J.; López-Gajardo, M.A.; Lobo-Triviño, D.; López del Campo, R.; Resta, R.; García-Calvo, T. The Influence of Time Winning and Time Losing on Position-Specific Match Physical Demands in the Top One Spanish Soccer League. *Sensors* **2021**, *21*, 6843. <https://doi.org/10.3390/s21206843>

Academic Editor:  
Angelo Maria Sabatini

Received: 17 September 2021  
Accepted: 11 October 2021  
Published: 14 October 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** The aim of the present study was to analyze the influence of time winning and time losing on position-specific match physical demands with and without ball possession in the top Spanish professional soccer league. All matches played in the First Spanish soccer league over four consecutive seasons (from 2015/16 to 2018/19) were recorded using an optical tracking system (i.e., ChyronHego), and the data were analyzed via Mediacoach®. Total distance (TD), and TD > 21 km·h<sup>-1</sup> covered with and without ball possession were analyzed using a Linear Mixed Model, taking into account the contextual variables time winning and losing. Results showed that TD and TD > 21 km·h<sup>-1</sup> covered by central midfielders (0.01 and 0.005 m/min, respectively), wide midfielders (0.02 and 0.01 m/min, respectively), and forwards (0.03 and 0.02 m/min, respectively) significantly increased while winning ( $p < 0.05$ ). By contrast, TD and TD > 21 km·h<sup>-1</sup> covered by central defenders (0.01 and 0.008 m/min, respectively) and wide defenders (0.06 and 0.008 m/min, respectively) significantly increased while losing ( $p < 0.05$ ). In addition, for each minute that teams were winning, total distance with ball possession (TDWP) decreased, while, for each minute that teams were losing, TDWP increased. Instead, TDWP > 21 km·h<sup>-1</sup> obtained opposite results. Total distance without ball possession increased when teams were winning, and decreased when teams were losing. Therefore, the evolution of scoreline significantly influences tactical–technical and physical demands on soccer matches.

**Keywords:** contextual variables; match running performance; ball possession; positional; professional soccer

## 1. Introduction

Context-related variables are considered the most influencing variables on match physical demands in soccer [1]. Time–motion analysis research has reported a large amount of information about context-related variables such as match status, match location, and opponent level [2]. Specifically, it has been previously shown that final and partial match status (analyzed by epochs of time—i.e., 15-min periods or half-time) modify match physical demands as well as ball possession [3,4]. However, this method of analysis is probably to do with the interaction of other variables such as the evolution of the match-scoreline [5]. Regardless of final match status, the time each team was leading, drawing, or trailing during a match could be different, with matches taking place where a team has won throughout 70 min (i.e., team A scored a goal in the 20th min and team B did not score) or matches where a team has won throughout 1 min (i.e., teams were drawing over the match, and one team scored a goal in the 89th min). Moreover, it is possible that one

team that was ahead for a long time would end up losing on the final scoreline. Match physical demands are believed to depend on evolving scoreline (i.e., whether a team is winning or losing) since, when a team is losing, players try to reach their maximal physical capacity in order to draw or win the match [2]. Therefore, this limitation could be solved by taking into account the minutes that teams were ahead and behind during a match separately. According to our knowledge, the influence of time winning and time losing on position-specific match physical demands according to the evolution of the scoreline is less known.

Match status has been arguably analyzed enough to prove that it influences soccer teams' behavior [6]. In this vein, Lago-Peñas [7] reported that losing teams frequently increase their percentage of possession; meanwhile, certain winning teams preferred counterattacking or playing directly. In addition, match status clearly impacts teams playing style [5], and both variables (i.e., match status and playing style) also influence match physical demands; however, several studies about this topic have drawn the opposite conclusions. For instance, elite Spanish soccer players performed less high-intensity distance ( $19 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) when winning than when they were losing, since winning is a comfortable status, it is possible that players assume a ball contention strategy, keeping the game slower, which results in lower speeds [8]. Moreover, Castellano et al. [2] analyzed one Spanish team of LaLiga and they showed that the distances covered at high intensity by the reference team were greater when the result was adverse. Moalla et al. [3] obtained the same results in a study from the Stars League during 2013/14 and 2014/15 seasons. Conversely, during qualifying round matches of the World Cup 2010, drawing teams covered a lower average speed than the winning and losing teams [9]. In this line, variables that determine the intensity of the game (maximum speed and frequency of high-intensity activity) in a professional Brazilian football team were significantly lower when the team lost [10], meanwhile greater intensity running distances were observed in matches that the team won as opposed to losing [11]. Therefore, coaches should take into account the match status to analyze the external load implied by the match [12].

However, soccer players could have not been affected by this contextual variable in the same way due to playing style, since playing style changes associated with match status could affect different players differently in ways that are position-specific [13]. For example, in the German Bundesliga during the 2014/15 season, central defenders and full-backs covered shorter distances at high intensity in won matches than in lost matches ( $p < 0.01$ ); however, forwards covered significantly longer total distance in won matches than in drawn and lost matches ( $p < 0.05$ ) [14]. Despite these conclusions, position-specific match physical demands can also vary depending on the evolution of scoreline status. In this vein, when a team was winning, during preseason matches of the 2011/12 season Australian League soccer, the average speed was 4.17% lower than when the team was drawing ( $p < 0.05$ ) [15]. Regarding player position-specific data, in the English Premier League, Redwood-Brown et al. [16] found midfielders covered more distance at high intensity when level, defenders more when losing, and attackers more when winning. Similarly, losing status increased the total distance covered by defenders from Spanish First soccer league, while attacking players showed the opposite trend [17]. Therefore, these previous studies have suggested that, due to the player position, players perform different tactical roles, and match status and the associated playing style changes could have different influences on match running performance by positions.

The knowledge about the influence of time that teams were ahead or behind on position-specific match physical demands could have important practical applications during the competitive season to program the training load in a more strategic way based on physical data [12]. In addition, less is known about the influence of time which teams spend winning or losing on position-specific match physical demands. Therefore, the main objective of the present study was to analyze the influence of time winning and losing on position-specific match physical demands in the top Spanish soccer league across four seasons (2015/2016–2018/2019). As a secondary objective, the study also aimed to

analyze the match physical demands with and without ball possession according to time winning and time losing.

Based on previous findings obtained by the aforementioned studies, the following hypotheses were proposed. Firstly, concerning match physical demands with and without ball possession, it was expected that total distance with ball possession would be less during time winning [7]. Secondly, concerning position-specific match physical demands, it was expected that total distance would be greater in attackers during time winning and defenders during time losing, based on previous results [16,17].

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Participants

The sample comprised 36,883 individual match observations of 1037 professional soccer players who competed in the First Spanish professional soccer league (i.e., LaLiga Santander) over four consecutive seasons (from 2015/16 to 2018/19). All players who participated in matches (starters and non-starters) and played 10 min at least were included. Only goalkeepers were excluded. According to previous studies [18], players were divided into five position-specific groups: Central Defenders (CD;  $n = 6787$  observations), Wide Defenders (WD;  $n = 6530$  observations); Central Midfielders (CM;  $n = 6826$  observations); Wide Midfielders (WM;  $n = 8394$  observations); Forwards (FW;  $n = 8346$  observations). Data were provided to the authors by LaLigaTM, and the study received ethical approval from the University of Extremadura; Vice-Rectorate of Research, Transfer and Innovation-Delegation of the Bioethics and Biosafety Commission (Protocol number: 239/2019).

### 2.2. Procedure and Variables

Match physical demands data were collected by an optical tracking system (ChyronHego®; TRACAB, New York, NY, USA). This multi-camera tracking system consists of 8 different super 4K-High Dynamic Range cameras situated strategically to follow and track the 22 players on the field throughout the match. These cameras film from several angles and analyze X and Y coordinates of each player, providing real-time tracking with data recorded at 25 Hz. Mediacoach® is also based on data correction of the semi-automatic video technology (the manual part of the process) [19]. The validity and reliability of the Tracab® video tracking system has been analyzed, reporting average measurement errors of 2% for total distance covered [20–22].

The physical performance variables used for this study were categorized according to the ball possession as follows [23,24]: with possession (WP) and without possession (WOP). The following variables were studied for each of these categories: total distance (m) covered by players (i.e., TD) and total distance covered at more than 21 km·h<sup>-1</sup> (i.e., TD > 21 km·h<sup>-1</sup>).

To determine if the scoreline influenced position-specific match physical demands, the cumulative time that each team was losing or winning during a match was included in the analysis (not the final match result). For example, if team A scored a goal in the 20th min and team B equalized in the final minute, team A was classified as losing for 0 min and winning for 70 min, while team B was classified as losing for 70 min and winning for 0 min

### 2.3. Data Analysis

All statistical analyses were performed using R-studio [25]. A Linear Mixed Model (LMM) was conducted for each of the physical variables using the lme4 package [26]. This model allows for the analyzing of data with a hierarchical structure in nested units and has demonstrated its ability to cope with unbalanced and repeated-measures data [27]. For example, variables related to the distance covered in matches are nested for players (i.e., each player has a record for every match they have participated in), and players are

nested into teams. Also, cumulative times spent winning or losing are nested into matches and these matches can also be nested into teams. This represents a threefold levels structure, where teams are the topmost unit in the hierarchy.

A general multilevel-modelling strategy was applied [27], where fixed and random effects had been included in different steps from the simplest to the most complex. First, unconditional models were analyzed exclusively including dependent variables (i.e., distance variables) to check if the grouping variables at levels 2 and 3 (i.e., players and teams) significantly affected the intercept (mean) of each dependent variable. These models may be used as baselines for comparing more complex models. Later, different models were performed for each of the dependent variables, setting as fixed effects the position of the players and the time winning/losing. Following the procedure proposed by Heck & Thomas [27], models with different random effects (intercepts and slope) were created for each variable. A model comparison for each step was performed using the Akaike Information Criterion (AIC) [28] and a chi-square likelihood ratio test [29], where a lower value represented a fitter model. Final models presented in Tables 1 and 2 (with random intercept and slope effect) were chosen according to better values of AIC, log-likelihood, and significant effect of variables. Maximum Likelihood (ML) estimation for model comparison and for the final model of each physical variable was used, the best model, again, using Restricted Maximum Likelihood (REML) estimation, was refitted. Marginal and conditional  $R^2$  metrics [30] for each LMM to provide some measure of effect sizes were reported. Significance level was set at  $p < 0.05$ .

For a suitable interpretation of the results, the time winning/losing was group-mean centered, being centered to the team's mean in each season.

### 3. Results

Firstly, the Wald test and intraclass correlation coefficient (ICC) suggested statistically significant variability in the distances covered by players according to time winning and losing ( $ICC > 0.10$ ); therefore, LMM was justified for the purpose of the study. Also, AIC suggested that the twofold levels model was the one fitter for this purpose.

Secondly, Table 1 shows the differences of TD covered according to ball possession and to the scoreline evolution by player positions. Regardless of scoreline, CM covered significantly greater TD than the rest of the players ( $p < 0.05$ ). TD covered by CD and WD decreased significantly with respect to CM, WM, and FW ( $p < 0.05$ ) for each minute that teams were ahead. By contrast, for each minute that teams were trailing, TD covered by CD and WD increased significantly with respect to CM, WM, and FW ( $p < 0.05$ ).

During the match, FW covered significantly greater TDWP than CD, WD, CM, and WM ( $p < 0.05$ ). However, for each minute that teams were ahead, TDWP decreased for all positions. Significant differences were found between WD and CM with respect to FW ( $p < 0.01$ ). On the contrary, for each minute that teams were trailing, TDWP increased for all positions. Significant differences between CM and FW were observed ( $p < 0.05$ ).

On the other hand, CM covered TDWOP significantly greater than the rest of the players ( $p < 0.05$ ). However, for each minute that teams were ahead, TDWOP increased for all positions. CM and WM significantly increased TDWOP with respect to CD, WD, and FW ( $p < 0.01$ ). By contrast, for each minute that teams were trailing, TDWOP significantly decreased for all positions, except CD ( $p < 0.05$ ).

**Table 1.** Differences by ball possession of position-specific total distance covered according to the scoreline evolution.

		CD	WD	CM	WM	FW
TD (m/min)	Intercept	107.30 b, c, d, e	109.90 a, c, d, e	116.10 a, b	115.90 a, b	115.60 a, b, c
	Slope Time Winning	-0.006 c, d, e	-0.005 c, d, e	0.01 a, b, d, e	0.02 a, b, c, e	0.03 a, b, c, d
	Slope Time Lossing	0.01	0.006	-0.003	-0.02	-0.02

		c, d, e	c, d, e	a, b, d, e	a, b, c, e	a, b, c, d
TDWP (m/min)	Intercept	35.93 b, c, d, e	38.41 a, c, d, e	42.21 a, b, e	42.54 a, b, e	43.04 a, b, c, d
	Slope Time Winning	-0.03 e	-0.04 e	-0.04 e	-0.04 e	-0.03 b, c
	Slope Time Losing	0.03 d, e	0.03 d, e	0.03 d, e	0.02 a, b, c	0.02 a, b, c
TDWOP (m/min)	Intercept	42.50 b, c, d	43.80 a, c, d, e	47.39 a, b, d, e	45.36 a, b, c, e	42.16 b, c, d
	Slope Time Winning	0.01 c, d, e	0.02 d, e	0.03 a, d, e	0.04 a, b, c	0.01 a, b, c
	Slope Time Losing	0.002 d, e	-0.003 d, e	-0.003 d, e	-0.01 a, b, c	-0.02 a, b, c

Note. CD = Central defenders; WD = Wide defenders; CM = Central midfielders; WM = Wide midfielders; FW = Forwards; TD = Total distance; TDWP = Total distance with ball possession; TDWOP = Total distance without ball possession; a = significant differences compared to central defenders; b = significant differences compared to wide defenders; c = significant differences compared to central midfielders; d = significant differences compared to wide midfielders; e = significant differences compared to forwards.

Thirdly, Table 2 shows the differences by ball possession of  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  according to the scoreline evolution by player positions. Regardless of the scoreline, FW covered  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  significantly greater than the rest of the players ( $p < 0.05$ ). However, for each minute that teams were ahead, CD and WD significantly decreased  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  with respect to CM, WM, and FW ( $p < 0.05$ ). By contrast, for each minute that teams were trailing, CD and WD significantly increased  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  with respect to CM, WM, and FW ( $p < 0.05$ ).

During the match, FW covered  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  with ball possession significantly greater than CD, WD, CM, and WM ( $p < 0.05$ ). Moreover, for each minute that teams were ahead,  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  significantly increased for all positions, except WD ( $p < 0.05$ ). By contrast, for each minute that teams were trailing,  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  significantly decreased for all positions, except WD ( $p < 0.05$ ).

Finally, WD covered significantly greater  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  without ball possession than the rest of the players ( $p < 0.01$ ). For each minute that teams were ahead,  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  without ball possession covered by WM and FW increased significantly, with respect to CD, WD, and CM ( $p < 0.05$ ). Likewise, for each minute that teams were trailing, WD and CM significantly increased  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  without ball possession, with respect to CD, WD and FW ( $p < 0.05$ ).

**Table 2.** Differences by ball possession of position-specific total distance covered at more than  $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  according to the scoreline evolution.

		CD	WD	CM	WM	FW
Total distance > $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (m/min)	Intercept	5.74 b, c, d, e	6.68 a, d, e	6.68 a, d, e	7.24 a, b, c, e	7.57 a, b, c, d
	Slope Time Winning	-0.008 c, d, e	-0.005 c, d, e	0.005 a, b, d, e	0.01 a, b, c, e	0.02 a, b, c, d
	Slope Time Losing	0.008 c, d, e	0.008 c, d, e	-0.004 a, b, d, e	-0.001 a, b, c, e	-0.01 a, b, c, d
	Intercept	2.21 b, c, d, e	2.81 a, c, d, e	3.14 a, b, d, e	3.57 a, b, c, e	4.01 a, b, c, d
Total distance with ball pos- session > $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (m/min)	Slope Time Winning	0.001 c, d, e	-0.001 c, d, e	0.005 a, b, e	0.007 a, b, e	0.01 a, b, c, d
	Slope Time Losing	-0.001 a, c, d, e	0.001 a, b, d, e	-0.006 a, b, c	-0.009 a, b, c	-0.009 a, c, d, e

Total distance without ball possession > 21 km·h <sup>-1</sup> (m/min)	Intercept		3.54	3.80	3.37	3.40	3.16	
			b, c, d, e	a, c, d, e	a, b, e	a, b, e	a, b, c, d	
	Slope	Time	-0.008	-0.005	-0.001	0.002	0.004	
		Winning		b, c, d, e	a, c, d, e	a, b, d, e	a, b, c	
		Slope	Time	-0.009	0.007	0.002	-0.001	-0.002
		Losing		b, c, d, e	a, c, d, e	a, b, d, e	a, b, c, e	

Notes. CD = Central defenders; WD = Wide defenders; CM = Central midfielders; WM = Wide midfielders; FW = Forwards; a = significant differences compared to central defenders; b = significant differences compared to wide defenders; c = significant differences compared to central midfielders; d = significant differences compared to wide midfielders; e = significant differences compared to forwards.

#### 4. Discussion

The aim of the present study was to analyze the influence of time winning and losing on position-specific match physical demands in the top Spanish professional soccer league across four seasons (from 2015/2016 to 2018/2019). Subsequently, match physical demands with and without ball possession according to time winning and losing were examined. The main results showed that TDWP was less while teams were winning, while it was greater while teams were losing. In addition, TDWOP increased while teams were winning, while it decreased while teams were losing. Finally, TD and TD > 21 km·h<sup>-1</sup> covered by CM, WD, and FW were greater while teams were winning, while TD and TD > 21 km·h<sup>-1</sup> covered by CD and WD were greater while teams were losing.

Firstly, it had been hypothesized that TDWP would be less during time winning (*Hypothesis 1*). Our results showed that TDWP decreased during time winning for all player positions and increased during time losing, therefore Hypothesis 1 was confirmed. These results suggest that during time winning, teams frequently decrease their percentage of possession, which could be associated to defending closer to the goal, counterattacking, or playing directly [7]. It has also been shown that teams that were ahead performed a higher number of defensive actions which, in turn, are related to lower ball possession levels during a match [31]. By contrast, during time losing, these results suggest teams frequently increase their percentage of possession, attacking closer to the other team's goal [7]. Evidence has reported that successful teams normally have longer possession times than less successful teams [23] or that ball possession might increase in teams that are either losing or trying to tie the match [32]. Therefore, our results reported the need to take into account the evolution of the scoreline.

In contrast, TDWP >21 km·h<sup>-1</sup> increased during time winning for all player positions and decreased during time losing. A possible reason to explain this result could be the fact that teams adopt an indirect playing style to perform counterattacks [7]. Therefore, players need to execute high-intensity specific technical and tactical tasks on the pitch when they are in ball possession, such as receiving passes and crosses on the run, followed by dribbling the ball in the opponent's area to obtain a goal [33]. In fact, it has been demonstrated that high-intensity actions are important within decisive situations in professional football [34]. Furthermore, Yang et al. [24] reported that total sprint distance was significantly greater for the best-ranked teams compared to lower-ranked teams, highlighting the importance of sprinting for tactical teamwork that generates offensive actions. A systematic review conducted by Lago-Peñas & Sanromán-Álvarez [35] pointed out that successful teams covered greater high-intensity running distance in ball possession. Therefore, our results suggest that teams perform a greater number of high-intensity actions in ball possession while winning or trying to maintain the advantage; meanwhile, TDWP decreases.

During time winning, TDWOP increased for all player positions and decreased during time losing for all player positions, except CD. One potential reason for this situation could be the fact of ball possession decrease, like Lago-Peñas [7] reported, showing that winning teams preferred counterattacking or playing directly. On the other hand, research has shown that lower-ranked teams covered significantly greater TDWOP compared with

better-ranked teams, which likely represented a greater match time undertaking defensive activities by these teams [24]. Our findings disagree with those from other studies where ball possession increased when teams were ahead [36]. Similarly, TDWOP > 21 km·h<sup>-1</sup> covered by WM and FW significantly increased when teams were ahead, and TDWOP > 21 km·h<sup>-1</sup> covered by WD and CM increased when teams were behind. This fact could be explained due to that, when the team is not in possession of the ball, the forwards often perform high-intensity activities (high pressing), attempting to recover the lost ball [14,37].

Secondly, it had been hypothesized that TD would be greater in attackers while teams were ahead and in defenders when teams were losing (*Hypothesis 2*). The results showed that TD and TD > 21 km·h<sup>-1</sup> covered by CM, WM, and FW significantly increased when teams were ahead ( $p < 0.05$ ), and TD and TD > 21 km·h<sup>-1</sup> covered by CD and WD significantly increased when teams were losing ( $p < 0.05$ ). These findings are in line with previous studies that found that attackers covered more distance at high intensity when winning and defenders more when losing [16]. Lago-Peñas et al. [17] also reported that losing status increased total distance covered by defenders, while attacking players showed the opposite trend. Thus, it seems to be confirmed that CM, WM, and FW cover greater TD when winning and CD and WD when losing, therefore *Hypothesis 2* was accepted. A possible explanation may be due to attackers' work rate of the opposing team since, when the opposing team is ahead or chasing a goal, attackers maintain a high work rate, implying a defenders' high work rate [16,38]. In addition, similar results were obtained by Andrzejewski et al. [14], showing that defenders covered shorter distances at high intensity in lost matches, while forwards covered longer total distances in won matches. Another possible reason could be the playing style that the team adopted, for example, a direct style of play when teams are winning can induce higher match intensity in running from the attackers [7,11]. In particular, these findings indicate that physical demands vary according to position-specificities and the evolution of the scoreline.

#### 4.1. Study Limitations and Future Directions

The present study increases the knowledge about this research topic; however, a number of limitations could be recognized with a view to future research. First, other context-related variables such as match location or opposing team level were not considered. Ball possession percentages of teams have been also not considered, and it would be interesting to analyze this variable when teams are winning or losing with the interaction of match physical demands. Moreover, the comparison between five players' positions according to previous studies was analyzed [18]; however, the existence of more player positions is possible than have been previously analyzed, therefore it would be interesting to conduct a comparison between more player positions. In addition, further research is required, considering several factors such as the playing style, since the player position could depend on the playing style of teams. Finally, research has reported that external load variables such as accelerations and decelerations belong to match physical demands [39], in which case it would be necessary to know the full player's work rate, including these variables.

#### 4.2. Practical Applications

The findings of this study provide useful information on the variability of match physical demands for practitioners in Spanish professional soccer. In particular, the study extends previous research demonstrating that time that teams were winning or losing influences both match physical demands and ball possession. This information could help strength and conditioning coaches with personalizing recovery work after match play, according to the different physical efforts performed in matches. Finally, goals scored are the most important of all critical events, therefore the evolution of the scoreline should be taken into account during training sessions to optimize physical aspects of soccer performance. In this vein, it is necessary to know how these situations influence the player's capacity to deal with critical events in a match [40].

## 5. Conclusions

The main findings reported that the evolution of scoreline significantly influences match tactical–technical and physical demands. First, TDWP was less while teams were winning, while it was greater while teams were losing, and TDWOP evolved conversely; therefore, teams modify their playing style and tactical behavior according to the demands of matches. Secondly, attackers covered greater distances when winning, and defenders covered greater distances when losing; therefore, professional soccer players regulate their physical efforts according to the periods of the game. Finally, the influence of scoreline is reflected in changes in the teams and players' tactical–technical and physical demands as a response to the evolution of match outcome.

**Author Contributions:** Conceptualization, T.G.-C.; methodology, T.G.-C., J.C.P.-B. and J.D.-G.; formal analysis, T.G.-C.; investigation, J.C.P.-B., J.D.-G., M.A.L.-G., D.L.-T., R.L.d.C., R.R. and T.G.-C.; resources, R.L.d.C. and R.R.; writing—original draft preparation, J.C.P.-B., J.D.-G. and D.L.-T.; writing—review and editing, M.A.L.-G. and T.G.-C.; funding acquisition, R.L.d.C. and R.R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research was funded by the European Regional Development Fund (ERDF), the Government of Extremadura (Department of Economy and Infrastructure) and LaLiga Research and Analysis Sections.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board of the University of Extremadura; Vice-Rectorate of Research, Transfer and Innovation-Delegation of the Bioethics and Biosafety Commission (Protocol number: 239/2019).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** Restrictions apply to the availability of these data. Data was obtained from LaLiga and are available with the permission of corresponding author.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest. Also, the funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

## References

1. Lago-Peñas, C. The Role of Situational Variables in Analysing Physical Performance in Soccer by. *J. Hum. Kinet.* **2012**, *35*, 89–95, doi:10.2478/v10078-012-0082-9.
2. Castellano, J.; Blanco-Villaseñor, A.; Álvarez, D. Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *Int. J. Sports Med.* **2011**, *32*, 415–421, doi:10.1055/s-0031-1271771.
3. Moalla, W.; Fessi, M.S.; Makni, E.; Dellal, A.; Filetti, C.; Salvo, V.D.I.; Chamari, K. Association of physical and technical activities with partial match status in a soccer professional team. *J. Strength Cond. Res.* **2018**, *32*, 1708–1714, doi:10.1519/JSC.0000000000002033.
4. Sullivan, C.; Bilsborough, J.C.; Cianciosi, M.; Hocking, J.; Cordy, J.; Coutts, A.J. Match score affects activity profile and skill performance in professional Australian Football players. *J. Sci. Med. Sport* **2014**, *17*, 326–331, doi:10.1016/j.jsams.2013.05.001.
5. Lago-Peñas, C.; Dellal, A. Ball possession strategies in elite soccer according to the evolution of the match-score: The influence of situational variables. *J. Hum. Kinet.* **2010**, *25*, 93–100, doi:10.2478/v10078-010-0036-z.
6. Fernandez-Navarro, J.; Fradua, L.; Zubillaga, A.; McRobert, A.P. Influence of contextual variables on styles of play in soccer. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2018**, *18*, 423–436, doi:10.1080/24748668.2018.1479925.
7. Lago-Peñas, C. The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *J. Sports Sci.* **2009**, *27*, 1463–1469, doi:10.1080/02640410903131681.
8. Lago-Peñas, C.; Casais, L.; Dominguez, E.; Sampaio, J. The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *Eur. J. Sport Sci.* **2010**, *10*, 103–109, doi:10.1080/17461390903273994.
9. Casamichana, D.; Castellano, J. Situational variables and distance covered during the FIFA World Cup South Africa 2010. *Rev. Int. Med. y Ciencias la Act. Fis. y del Deport.* **2014**, *14*, 603–617.
10. Aquino, R.; Martins, G.; Vieira, L.H.P.; Menezes, R.P. Influence of match location, quality of opponents, and match status on movement patterns in brazilian professional football players. *J. Strength Cond. Res.* **2017**, *31*, 2155–2161.

11. Aquino, R.; Carling, C.; Palucci Vieira, L.H.; Martins, G.; Jabor, G.; Machado, J.; Santiago, P.; Garganta, J.; Puggina, E. Influence of situational variables, team formation, and playing position on match running performance and social network analysis in Brazilian professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2020**, *34*, 808–817, doi:10.1519/JSC.0000000000002725.
12. Oliva-Lozano, J.M.; Rojas-Valverde, D.; Gómez-Carmona, C.D.; Fortes, V.; Pino-Ortega, J. Impact of contextual variables on the representative external load profile of Spanish professional soccer match-play: A full season study. *Eur. J. Sport Sci.* **2021**, *21*, 497–506, doi:10.1080/17461391.2020.1751305.
13. Rago, V.; Brito, J.; Figueiredo, P.; Costa, J.; Barreira, D.; Krustup, P.; Rebelo, A. Methods to collect and interpret external training load using microtechnology incorporating GPS in professional football: A systematic review. *Res. Sports Med.* **2019**, *28*, 437–458, doi:10.1080/15438627.2019.1686703.
14. Andrzejewski, M.; Konefał, M.; Chmura, P.; Kowalczyk, E.; Chmura, J. Match outcome and distances covered at various speeds in match play by elite German soccer players. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2016**, *16*, 817–828, doi:10.1080/24748668.2016.11868930.
15. Wehbe, G.; Hartwig, T.; Duncan, C. Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *J. Strength Cond. Res.* **2014**, *28*, 834–842.
16. Redwood-Brown, A.; O'Donoghue, P.; Robinson, G.; Neilson, P. The effect of score-line on work-rate in English FA Premier League soccer. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2012**, *12*, 258–271, doi:10.1080/24748668.2012.11868598.
17. Lago-Peñas, C.; Kalén, A.; Lorenzo-Martínez, M. Do elite soccer players cover longer distance when losing? Differences between attackers and defenders. *Int. J. Sports Sci. Coach.* **2020**, *22*, 1–12.
18. Lorenzo-Martínez, M.; Kalén, A.; Rey, E.; López-Del Campo, R.; Resta, R.; Lago-Peñas, C. Do elite soccer players cover less distance when their team spent more time in possession of the ball? *Sci. Med. Footb.* **2020**, 1–7, doi:10.1080/24733938.2020.1853211.
19. Felipe, J.L.; Garcia-Unanue, J.; Viejo-Romero, D.; Navandar, A.; Sánchez-Sánchez, J. Validation of a video-based performance analysis system (Mediacoach®) to analyze the physical demands during matches in LaLiga. *Sensors* **2019**, *19*, 4113, doi:10.3390/s19194113.
20. Linke, D.; Link, D.; Lames, M. Football-specific validity of TRACAB's optical video tracking systems. *PLoS ONE* **2020**, *15*, e0230179, doi:10.1371/journal.pone.0230179.
21. Pons, E.; García-Calvo, T.; Resta, R.; Blanco, H.; López del Campo, R.; Díaz García, J.; Pulido, J.J. A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology during official soccer matches: Agreement between systems. *PLoS ONE* **2019**, *14*, e0220729, doi:10.1371/journal.pone.0220729.
22. Pons, E.; García-Calvo, T.; Cos, F.; Resta, R.; Blanco, H.; López del Campo, R.; Díaz-García, J. Integrating video tracking and GPS to quantify accelerations and decelerations in elite soccer. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 18531.
23. Brito de Souza, D.; López-Del Campo, R.; Blanco-Pita, H.; Resta, R.; Del Coso, J. Association of match running performance with and without ball possession to football performance. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2020**, *20*, 483–494, doi:10.1080/24748668.2020.1762279.
24. Yang, G.; Leicht, A.S.; Lago, C.; Gómez, M.Á. Key team physical and technical performance indicators indicative of team quality in the soccer Chinese super league. *Res. Sport. Med.* **2018**, *26*, 158–167, doi:10.1080/15438627.2018.1431539.
25. R-Studio Team. (Ed.) *RStudio: Integrated Development for R*; R-Studio Team: Boston, MA, USA, 2020.
26. Bates, D.; Machler, M.; Bolker, B.; Walker, S. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *J. Stat. Softw.* **2015**, *67*, 1–48.
27. Heck, R.H.; Thomas, S.L. *An Introduction to Multilevel Modeling Techniques: MLM and SEM Approaches Using Mplus*; Routledge: New York, NY, USA, 2015.
28. Akaike, H. A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Trans. Automat. Contr.* **1974**, *19*, 716–723, doi:10.1109/TAC.1974.1100705.
29. Field, A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*, 4th ed.; SAGE Editorial: London, UK, 2013.
30. Nakagawa, S.; Schielzeth, H. A general and simple method for obtaining R<sup>2</sup> from generalized linear mixed-effects models. *Methods Ecol. Evol.* **2013**, *4*, 133–142, doi:10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x.
31. Morgans, R.; Adams, D.; Mullen, R.; Williams, M.D. Changes in physical performance variables in an English Championship League team across the competitive season: The effect of possession. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2014**, *14*, 493–503, doi:10.1080/24748668.2014.11868738.
32. Bradley, P.; Lago-Peñas, C.; Rey, E.; Sampaio, J. The influence of situational variables on ball possession in the English Premier League. *J. Sports Sci.* **2014**, *32*, 1867–1873, doi:10.1080/02640414.2014.887850.
33. Andrzejewski, M.; Chmura, J.; Pluta, B. Analysis of motor and technical activities of professional soccer players of the UEFA Europa league. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2014**, *14*, 504–523, doi:10.1080/24748668.2014.11868739.
34. Faude, O.; Koch, T.; Meyer, T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J. Sports Sci.* **2012**, *30*, 625–631, doi:10.1080/02640414.2012.665940.
35. Lago-Peñas, C.; Sanromán-Álvarez, P. La influencia de la posesión del balón en el rendimiento físico en el fútbol profesional. Una revisión sistemática. *JUMP* **2020**, 68–80, doi:10.17561/jump.n2.7.
36. Casal, C.A.; Maneiro, R.; Ardá, T.; Marí, F.J.; Losada, J.L. Possession zone as a performance indicator in football. The game of the best teams. *Front. Psychol.* **2017**, *8*, 1176, doi:10.3389/fpsyg.2017.01176.
37. Dellal, A.; Wong, D.P.; Moalla, W.; Chamari, K. Physical and technical activity of soccer players in the French first league- with special reference to their playing position. *Int. Sport. J.* **2010**, *11*, 278–290.

38. Lago-Peñas, C.; Rey, E.; Lago-Ballesteros, J.; Casais, L.; Domínguez, E. Analysis of work-rate in soccer according to playing positions. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2009**, *9*, 218–227, doi:10.1080/24748668.2009.11868478.
39. Dalen, T.; Jorgen, I.; Gertjan, E.; Havard, H.; Ulrik, W. Player load, acceleration and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *J. Strength Cond. Res.* **2016**, *30*, 351–359.
40. Higham, A.; Harwood, C.; Cale, A. *Momentum in Soccer: Controlling the Game*; Kelly, A., Ed.; Coachwise Ltd: Leeds, UK, 2005.



26

## Resumen

27 El objetivo del presente estudio fue analizar la influencia del tiempo ganando y el  
28 tiempo perdiendo en las demandas físicas del partido específicas de la posición con y  
29 sin posesión de balón en la Primera División española de fútbol profesional. Todos los  
30 partidos jugados en la Primera División española de fútbol durante cuatro temporadas  
31 consecutivas (de 2015/16 a 2018/19) se registraron utilizando un sistema de  
32 seguimiento óptico (es decir, ChyronHego), y los datos se analizaron a través de  
33 Mediacoach<sup>®</sup>. La distancia total (en inglés TD = Total Distance) y la TD > 21 km·h<sup>-1</sup>  
34 recorrida con y sin posesión de balón se analizaron mediante un Modelo Lineal Mixto,  
35 teniendo en cuenta las variables contextuales tiempo ganando y perdiendo. Los  
36 resultados mostraron que la TD y la TD > 21 km·h<sup>-1</sup> recorrida por los centrocampistas  
37 centrales (.01 y .005 m/min, respectivamente), los centrocampistas laterales (.02 y .01  
38 m/min, respectivamente) y los delanteros (.03 y .02 m/min, respectivamente)  
39 aumentaban significativamente mientras se ganaba ( $p < .05$ ). Por el contrario, la TD y  
40 TD > 21 km·h<sup>-1</sup> recorrida por los defensas centrales (.01 y .008 m/min, respectivamente)  
41 y los defensas laterales (.06 y .008 m/min, respectivamente) aumentó significativamente  
42 mientras se perdía ( $p < .05$ ). Además, por cada minuto que los equipos iban ganando, la  
43 distancia total con posesión del balón (en inglés TDWP = Total Distance With  
44 Possession) disminuía, mientras que, por cada minuto que los equipos iban perdiendo, la  
45 TDWP aumentaba. En cambio, TDWP > 21 km·h<sup>-1</sup> obtuvo resultados opuestos. La  
46 distancia total sin posesión del balón aumentó cuando los equipos iban ganando, y  
47 disminuyó cuando los equipos iban perdiendo. Por lo tanto, la evolución del marcador  
48 influye significativamente en las exigencias táctico-técnicas y físicas de los partidos de  
49 fútbol.

50 *Palabras clave:* variables contextuales; rendimiento en carrera; posesión de  
51 balón; posicional; fútbol profesional.

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

## Introducción

76 Las variables relacionadas con el contexto se consideran las que más influyen  
77 en las exigencias físicas de los partidos de fútbol [1]. La investigación sobre el análisis  
78 del tiempo de movimiento ha proporcionado una gran cantidad de información sobre  
79 variables relacionadas con el contexto, como el estado del partido, la ubicación del  
80 partido y el nivel del adversario [2]. En concreto, se ha demostrado previamente que el  
81 estado final y parcial del partido (analizado por periodos de tiempo, es decir, periodos  
82 de 15 minutos o el descanso) modifica las demandas físicas del partido, así como la  
83 posesión del balón [3,4]. Sin embargo, es probable que este método de análisis tenga  
84 que ver con la interacción de otras variables, como la evolución del marcador del  
85 partido [5]. Independientemente del estado final del partido, el tiempo que cada equipo  
86 ha ido ganando, empatando o perdiendo durante un partido puede ser diferente,  
87 pudiendo darse partidos en los que un equipo ha ido ganando a lo largo de 70 min (es  
88 decir, el equipo A marcó un gol en el min 20 y el equipo B no marcó) o partidos en los  
89 que un equipo ha ido ganando a lo largo de 1 min (es decir, los equipos iban empatando  
90 a lo largo del partido y uno de ellos marcó un gol en el min 89). Además, es posible que  
91 un equipo que fue por delante durante mucho tiempo acabe perdiendo en el marcador  
92 final. Se cree que las exigencias físicas del partido dependen de la evolución del  
93 marcador (es decir, de si un equipo va ganando o perdiendo) ya que, cuando un equipo  
94 va perdiendo, los jugadores intentan alcanzar su máxima capacidad física para empatar  
95 o ganar el partido [2]. Por lo tanto, esta limitación podría resolverse teniendo en cuenta  
96 los minutos que los equipos estuvieron por delante y por detrás durante un partido por  
97 separado. Según nuestros conocimientos, la influencia del tiempo ganando y el tiempo  
98 perdiendo en las demandas físicas de partido específicas de cada posición según la  
99 evolución del marcador es menos conocida.

100 El estado del partido se ha analizado lo suficiente como para demostrar que  
101 influye en el comportamiento de los equipos de fútbol [6]. En este sentido, Lago-Peñas  
102 [7] informó de que los equipos perdedores aumentan con frecuencia su porcentaje de  
103 posesión; mientras tanto, algunos equipos ganadores prefieren el contraataque o el juego  
104 directo. Además, el estado del partido influye claramente en el estilo de juego de los  
105 equipos [5], y ambas variables (es decir, el estado del partido y el estilo de juego)  
106 también influyen en las exigencias físicas del partido; sin embargo, varios estudios  
107 sobre este tema han llegado a conclusiones opuestas. Por ejemplo, los futbolistas  
108 españoles de élite realizaron menos distancia de alta intensidad ( $19 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) cuando iban  
109 ganando que cuando iban perdiendo, ya que ganar es un estatus cómodo, es posible que  
110 los jugadores asuman una estrategia de contención del balón, manteniendo el juego más  
111 lento, lo que se traduce en velocidades más bajas [8]. Además, Castellano et al. [2]  
112 analizaron un equipo español de LaLiga y demostraron que las distancias recorridas a  
113 alta intensidad por el equipo de referencia eran mayores cuando el resultado era  
114 adverso. Moalla et al. [3] obtuvieron los mismos resultados en un estudio de la Stars  
115 League durante las temporadas 2013/14 y 2014/15. Por el contrario, durante los partidos  
116 de la fase de clasificación del Mundial 2010, los equipos empatados cubrieron una  
117 velocidad media inferior a la de los equipos ganadores y perdedores [9]. En esta línea,  
118 las variables que determinan la intensidad del juego (velocidad máxima y frecuencia de  
119 actividad de alta intensidad) en un equipo de fútbol profesional brasileño fueron  
120 significativamente menores cuando el equipo perdía [10], mientras que se observaron  
121 distancias de carrera de mayor intensidad en los partidos que el equipo ganaba frente a  
122 los que perdía [11]. Por lo tanto, los entrenadores deben tener en cuenta el estado del  
123 partido para analizar la carga externa que implica el partido [12].

124 Sin embargo, los jugadores de fútbol podrían no haberse visto afectados por  
125 esta variable contextual de la misma manera debido al estilo de juego, ya que los  
126 cambios en el estilo de juego asociados al estado del partido podrían afectar a diferentes  
127 jugadores de manera diferente en formas que son específicas de la posición [13]. Por  
128 ejemplo, en la Bundesliga alemana durante la temporada 2014/15, los defensas centrales  
129 y los laterales recorrieron distancias más cortas a alta intensidad en partidos ganados  
130 que en partidos perdidos ( $p < .01$ ); sin embargo, los delanteros recorrieron una distancia  
131 total significativamente mayor en partidos ganados que en partidos empatados y  
132 perdidos ( $p < .05$ ) [14]. A pesar de estas conclusiones, las exigencias físicas específicas  
133 de cada posición también pueden variar en función de la evolución del marcador. En  
134 esta línea, cuando un equipo iba ganando, durante los partidos de pretemporada de la  
135 temporada 2011/12 de la liga australiana de fútbol, la velocidad media era un 4,17%  
136 menor que cuando el equipo iba empatando ( $p < .05$ ) [15]. En cuanto a los datos  
137 específicos de la posición del jugador, en la Premier League inglesa, Redwood-Brown  
138 et al. [16] descubrieron que los centrocampistas recorrían más distancia a alta intensidad  
139 cuando estaban empatados, los defensas más cuando perdían y los atacantes más cuando  
140 ganaban. Del mismo modo, la condición de perdedor aumentaba la distancia total  
141 recorrida por los defensas de la Primera División española de fútbol, mientras que los  
142 jugadores atacantes mostraban la tendencia contraria [17]. Por lo tanto, estos estudios  
143 previos han sugerido que, debido a la posición del jugador, los jugadores desempeñan  
144 diferentes roles tácticos, y el estado del partido y los cambios en el estilo de juego  
145 asociados podrían tener diferentes influencias en el rendimiento de carrera de partido  
146 por posiciones.

147 El conocimiento de la influencia del tiempo que los equipos van ganando o  
148 perdiendo en las demandas físicas de partidos específicas de cada posición podría tener



174 excluyeron los porteros. De acuerdo con estudios previos [18], los jugadores se  
175 dividieron en cinco grupos específicos por posición: Centrales (en inglés, CD = Central  
176 Defenders;  $n = 6.787$  observaciones), Laterales (en inglés, WD = Wide Defenders;  $n =$   
177  $6.530$  observaciones); Mediocentros (en inglés, CM = Central Midfielders;  $n = 6.826$   
178 observaciones); Medios laterales (en inglés, WM = Wide Midfielders;  $n = 8.394$   
179 observaciones); Delanteros (en inglés, FW = Forwards;  $n = 8.346$  observaciones). Los  
180 datos fueron proporcionados a los autores por LaLiga<sup>TM</sup>, y el estudio recibió la  
181 aprobación ética de la Universidad de Extremadura; Vicerrectorado de Investigación,  
182 Transferencia e Innovación-Delegación de la Comisión de Bioética y Bioseguridad  
183 (Protocolo número: 239/2019).

#### 184 **Procedimiento y variables**

185 Los datos de las demandas físicas del partido se recogieron mediante un sistema  
186 de seguimiento óptico (ChyronHego<sup>®</sup>; TRACAB, Nueva York, NY, EE. UU.). Este  
187 sistema de seguimiento multicámara consta de 8 súper cámaras 4K de alto rango  
188 dinámico situadas estratégicamente para seguir y rastrear a los 22 jugadores en el campo  
189 durante todo el partido. Estas cámaras filman desde varios ángulos y analizan las  
190 coordenadas X e Y de cada jugador, proporcionando un seguimiento en tiempo real con  
191 datos registrados a 25 Hz. Mediacoach<sup>®</sup> también se basa en la corrección de datos de la  
192 tecnología de vídeo semiautomática (la parte manual del proceso) [19]. Se ha analizado  
193 la validez y la fiabilidad del sistema de seguimiento por vídeo, Tracab<sup>®</sup>, y se han  
194 registrado errores de medición medios del 2% en la distancia total recorrida [20-22].

195 Las variables de rendimiento físico utilizadas para este estudio se clasificaron en  
196 función de la posesión del balón de la siguiente manera [23,24]: con posesión (en inglés  
197 WP = With Possession) y sin posesión (en inglés WOP = Without Possession). Se  
198 estudiaron las siguientes variables para cada una de estas categorías: distancia total (m)

199 recorrida por los jugadores (en inglés, TD = Total Distance) y distancia total recorrida a  
200 más de 21 km·h<sup>-1</sup> (en inglés, TD > 21 km·h<sup>-1</sup>).

201 Para determinar si el marcador influía en las demandas físicas de partido  
202 específicas de cada posición, se incluyó en el análisis el tiempo acumulado que cada  
203 equipo iba perdiendo o ganando durante un partido (no el resultado final del partido).  
204 Por ejemplo, si el equipo A marcaba un gol en el minuto 20 y el equipo B empataba en  
205 el minuto final, el equipo A se clasificaba como perdedor durante 0 minutos y ganador  
206 durante 70 minutos, mientras que el equipo B se clasificaba como perdedor durante 70  
207 minutos y ganador durante 0 minutos.

## 208 **Análisis de datos**

209 Todos los análisis estadísticos se realizaron con R-Studio [25]. Se aplicó un  
210 modelo lineal mixto (MLM) para cada una de las variables físicas utilizando el paquete  
211 lme4 [26]. Este modelo permite analizar datos con una estructura jerárquica en unidades  
212 anidadas y ha demostrado su capacidad para tratar datos desequilibrados y de medidas  
213 repetidas [27]. Por ejemplo, las variables relacionadas con la distancia recorrida en los  
214 partidos se anidan en los jugadores (es decir, cada jugador tiene un registro para cada  
215 partido en el que ha participado), y los jugadores se anidan en equipos. Asimismo, los  
216 tiempos acumulados de victoria o derrota se anidan en partidos y estos partidos también  
217 pueden anidarse en equipos. Esto representa una estructura de tres niveles, en la que los  
218 equipos son la unidad superior de la jerarquía.

219 Se aplicó una estrategia general de modelización multinivel [27], en la que se  
220 incluyeron efectos fijos y aleatorios en diferentes pasos, desde el más simple al más  
221 complejo. En primer lugar, se analizaron modelos incondicionales que incluían  
222 exclusivamente variables dependientes (es decir, variables de distancias recorridas) para  
223 comprobar si las variables de agrupación en los niveles 2 y 3 (es decir, jugadores y



248 por lo tanto, el MLM estaba justificado para los objetivos del estudio. Además, el AIC  
249 sugirió que el modelo de dos niveles era el más adecuado para este propósito.

250 En segundo lugar, la Tabla 1 muestra las diferencias de TD recorrida en función  
251 de la posesión del balón y de la evolución del marcador por posiciones de los jugadores.  
252 Independientemente del marcador, los CM recorrieron significativamente más TD que  
253 el resto de los jugadores ( $p < .05$ ). La TD recorrida por los CD y WD disminuyó  
254 significativamente con respecto a CM, WM y FW ( $p < .05$ ) por cada minuto que los  
255 equipos estuvieron por delante. Por el contrario, por cada minuto que los equipos iban  
256 por detrás, la TD recorrida por los CD y WD aumentaba significativamente con respecto  
257 a CM, WM y FW ( $p < .05$ ).

258 Durante el partido, los FW recorrieron una TDWP significativamente mayor que  
259 CD, WD, CM y WM ( $p < .05$ ). Sin embargo, por cada minuto que los equipos iban por  
260 delante, la TDWP disminuía en todas las posiciones. Se encontraron diferencias  
261 significativas entre WD y CM con respecto a FW ( $p < .01$ ). Por el contrario, por cada  
262 minuto que los equipos iban por detrás, la TDWP aumentaba en todas las posiciones. Se  
263 observaron diferencias significativas entre CM y FW ( $p < .05$ ).

264 Por otro lado, los CM recorrieron una TDWOP significativamente mayor que el  
265 resto de los jugadores ( $p < .05$ ). Sin embargo, por cada minuto que los equipos iban por  
266 delante, la TDWOP aumentaba para todas las posiciones. Los CM y WM aumentaron  
267 significativamente la TDWOP con respecto a CD, WD y FW ( $p < .01$ ). Por el contrario,  
268 por cada minuto que los equipos iban por detrás, la TDWOP disminuía  
269 significativamente en todas las posiciones, excepto en CD ( $p < .05$ ).

270 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 1 en artículo original\*\*\*\*

271 En tercer lugar, la Tabla 2 muestra las diferencias por  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  con  
272 posesión de balón según la evolución del marcador por posiciones de los jugadores.

273 Independientemente de la evolución del marcador, los FW recorrieron una TD > 21  
274 km·h<sup>-1</sup> significativamente mayor que el resto de los jugadores ( $p < .05$ ). Sin embargo,  
275 por cada minuto que los equipos iban por delante, los CD y WD disminuyeron  
276 significativamente la TD > 21 km·h<sup>-1</sup> con respecto a CM, WM y FW ( $p < .05$ ). Por el  
277 contrario, por cada minuto que los equipos iban por detrás, los CD y WD aumentaron  
278 significativamente la TD > 21 km·h<sup>-1</sup> con respecto a CM, WM y FW ( $p < .05$ ).

279 Durante el partido, los FW recorrieron una TD > 21 km·h<sup>-1</sup> con posesión de  
280 balón significativamente mayor que CD, WD, CM y WM ( $p < .05$ ). Además, por cada  
281 minuto que los equipos iban por delante, la TD > 21 km·h<sup>-1</sup> aumentaba  
282 significativamente para todas las posiciones, excepto para los WD ( $p < .05$ ). Por el  
283 contrario, por cada minuto que los equipos iban por detrás, la TD > 21 km·h<sup>-1</sup> disminuía  
284 significativamente en todas las posiciones, excepto para los WD ( $p < .05$ ).

285 Por último, los WD recorrieron significativamente más TD > 21 km·h<sup>-1</sup> sin  
286 posesión de balón que el resto de los jugadores ( $p < .01$ ). Por cada minuto que los  
287 equipos iban por delante, la TD > 21 km·h<sup>-1</sup> sin posesión de balón recorrida por los WM  
288 y FW aumentaba significativamente, respecto a CD, WD y CM ( $p < .05$ ). Asimismo,  
289 por cada minuto que los equipos iban por detrás, los WD y CM aumentaron  
290 significativamente la TD > 21 km·h<sup>-1</sup> sin posesión de balón, con respecto a CD, WD y  
291 FW ( $p < .05$ ).

292 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 2 en artículo original\*\*\*\*

## 293 **Discusión**

294 El objetivo del presente estudio fue analizar la influencia del tiempo ganando y  
295 perdiendo en las demandas físicas específicas de cada posición en partidos de la  
296 máxima categoría del fútbol profesional español a lo largo de cuatro temporadas (de  
297 2015/2016 a 2018/2019). Posteriormente, se examinaron las demandas físicas de partido

298 con y sin posesión de balón en función del tiempo ganando y perdiendo. Los principales  
299 resultados mostraron que la TDWP era menor mientras los equipos ganaban, mientras  
300 que era mayor mientras los equipos perdían. Además, la TDWOP aumentaba mientras  
301 los equipos ganaban, mientras que disminuía mientras los equipos perdían. Por último,  
302 la TD y  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  recorridas por los CM, WD y FW eran mayores mientras los  
303 equipos ganaban, mientras que la TD y  $TD > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  recorridas por los CD y WD  
304 eran mayores mientras los equipos perdían.

305       En primer lugar, se había planteado la hipótesis de que la TDWP sería menor  
306 durante el tiempo ganando (*Hipótesis 1*). Nuestros resultados mostraron que la TDWP  
307 disminuía durante el tiempo ganando para todas las posiciones de los jugadores y  
308 aumentaba durante el tiempo perdiendo, por lo que se confirmó la Hipótesis 1. Estos  
309 resultados sugieren que durante el tiempo ganando, los equipos disminuyen  
310 frecuentemente su porcentaje de posesión, lo que podría estar asociado a defender más  
311 cerca de la portería, contraatacar o jugar directamente [7]. También se ha demostrado  
312 que los equipos que iban por delante realizaban un mayor número de acciones  
313 defensivas que, a su vez, están relacionadas con menores niveles de posesión del balón  
314 durante el partido [31]. Por el contrario, durante el tiempo que van perdiendo, estos  
315 resultados sugieren que los equipos suelen aumentar su porcentaje de posesión,  
316 atacando más cerca de la portería contraria [7]. Se ha demostrado que los equipos con  
317 éxito normalmente tienen tiempos de posesión más largos que los equipos con menos  
318 éxito [23] o que la posesión del balón puede aumentar en equipos que están perdiendo o  
319 intentando empatar el partido [32]. Por lo tanto, nuestros resultados informaron de la  
320 necesidad de tener en cuenta la evolución del marcador.

321       Por el contrario, la  $TDWP > 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  aumentó durante el tiempo ganando para  
322 todas las posiciones de los jugadores y disminuyó durante el tiempo perdiendo. Una

323 posible razón para explicar este resultado podría ser el hecho de que los equipos adoptan  
324 un estilo de juego indirecto para realizar contraataques [7]. Por lo tanto, los jugadores  
325 necesitan ejecutar tareas técnicas y tácticas específicas de alta intensidad sobre el  
326 terreno de juego cuando están en posesión del balón, como recibir pases y centros en  
327 carrera, seguidos de regatear con balón en el área contraria para conseguir un gol [33].  
328 De hecho, se ha demostrado que las acciones de alta intensidad son importantes en las  
329 situaciones decisivas del fútbol profesional [34]. Además, Yang et al. [24] informaron  
330 de que la distancia total en esprint era significativamente mayor para los equipos mejor  
331 clasificados en comparación con los equipos peor clasificados, lo que subraya la  
332 importancia del esprint para el trabajo táctico en equipo para generar acciones  
333 ofensivas. Una revisión sistemática realizada por Lago-Peñas & Sanromán-Álvarez [35]  
334 señaló que los equipos con éxito recorrían una mayor distancia de carrera de alta  
335 intensidad en posesión del balón. Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que los  
336 equipos realizan un mayor número de acciones de alta intensidad en posesión del balón  
337 mientras ganan o intentan mantener la ventaja; mientras tanto, la TDWP disminuye.

338 Durante el tiempo ganando, la TDWOP aumentó para todas las posiciones de los  
339 jugadores y disminuyó durante el tiempo perdiendo para todas las posiciones de los  
340 jugadores, excepto para los CD. Una razón potencial para esta situación podría ser el  
341 hecho de la disminución de la posesión del balón, como informó Lago-Peñas [7],  
342 mostrando que los equipos ganadores preferían contraatacar o jugar directamente. Por  
343 otro lado, la investigación ha demostrado que los equipos peor clasificados recorrieron  
344 significativamente más TDWOP en comparación con los equipos mejor clasificados, lo  
345 que probablemente representó un mayor tiempo de partido realizando actividades  
346 defensivas por parte de estos equipos [24]. Nuestros resultados no concuerdan con los  
347 de otros estudios en los que la posesión del balón aumentaba cuando los equipos iban

348 por delante [36]. Del mismo modo, la TDWOP > 21 km·h<sup>-1</sup> recorrida por los WM y FW  
349 aumentó significativamente cuando los equipos iban por delante, y la TDWOP > 21  
350 km·h<sup>-1</sup> recorrida por los WD y CM aumentó cuando los equipos iban por detrás. Este  
351 hecho podría explicarse debido a que, cuando el equipo no está en posesión del balón,  
352 los delanteros suelen realizar actividades de alta intensidad (pressing alto), intentando  
353 recuperar el balón perdido [14,37].

354 En segundo lugar, se había planteado la hipótesis de que la TD sería mayor en  
355 los atacantes cuando los equipos iban por delante y en los defensores cuando los  
356 equipos iban perdiendo (*Hipótesis 2*). Los resultados mostraron que la TD y la TD > 21  
357 km·h<sup>-1</sup> recorrida por los CM, WM y FW aumentaba significativamente cuando los  
358 equipos iban por delante ( $p < .05$ ), y la TD y la TD > 21 km·h<sup>-1</sup> recorrida por los CD y  
359 WD aumentaba significativamente cuando los equipos iban perdiendo ( $p < .05$ ). Estos  
360 hallazgos están en línea con estudios previos que encontraron que los atacantes  
361 recorrían más distancia a alta intensidad cuando ganaban y los defensores más cuando  
362 perdían [16]. Lago-Peñas et al. [17] también informaron de que la condición de  
363 perdedor aumentaba la distancia total recorrida por los defensores, mientras que los  
364 jugadores atacantes mostraban la tendencia opuesta. Así, parece confirmarse que los  
365 CM, WM y FW recorren mayor TD cuando ganan y CD y WD cuando pierden, por lo  
366 que se aceptó la Hipótesis 2. Una posible explicación puede deberse al ritmo de trabajo  
367 de los atacantes del equipo contrario ya que, cuando el equipo contrario va por delante o  
368 persigue un gol, los atacantes mantienen un ritmo de trabajo alto, lo que implica un  
369 ritmo de trabajo alto de los defensores [16,38]. Además, Andrzejewski et al. [14]  
370 obtuvieron resultados similares, mostrando que los defensas recorrían distancias más  
371 cortas a alta intensidad en los partidos perdidos, mientras que los delanteros recorrían  
372 distancias totales más largas en los partidos ganados. Otra posible razón podría ser el

373 estilo de juego que adoptó el equipo; por ejemplo, un estilo de juego directo cuando los  
374 equipos van ganando puede inducir una mayor intensidad en la carrera de los atacantes  
375 [7,11]. En concreto, estos resultados indican que las exigencias físicas varían en función  
376 de las especificidades de la posición y de la evolución del marcador.

### 377 **Limitaciones del estudio y futuras direcciones**

378 El presente estudio aumenta los conocimientos sobre este tema de investigación;  
379 sin embargo, cabe reconocer una serie de limitaciones de cara a futuras investigaciones.  
380 En primer lugar, no se han tenido en cuenta otras variables relacionadas con el contexto,  
381 como la localización del partido o el nivel del equipo contrario. Tampoco se han tenido  
382 en cuenta los porcentajes de posesión de balón de los equipos, y sería interesante  
383 analizar esta variable cuando los equipos van ganando o perdiendo con la interacción de  
384 las exigencias físicas del partido. Además, se analizó la comparación entre cinco  
385 posiciones de jugadores según estudios anteriores [18]; sin embargo, es posible la  
386 existencia de más posiciones de jugadores de las que se han analizado anteriormente,  
387 por lo que sería interesante realizar una comparación entre más posiciones de jugadores.  
388 Además, es necesario seguir investigando, teniendo en cuenta varios factores como el  
389 estilo de juego, ya que la posición del jugador podría depender del estilo de juego de los  
390 equipos. Por último, las investigaciones han informado de que las variables de carga  
391 externa, como las aceleraciones y las deceleraciones, pertenecen a las demandas físicas  
392 del partido [39], en cuyo caso sería necesario conocer el ritmo de trabajo completo del  
393 jugador, incluyendo estas variables.

### 394 **Aplicaciones prácticas**

395 Los resultados de este estudio proporcionan información útil sobre la  
396 variabilidad de las demandas físicas de los partidos para los profesionales del fútbol  
397 profesional español. En particular, el estudio amplía la investigación previa que

398 demuestra que el tiempo que los equipos iban ganando o perdiendo influye tanto en las  
399 demandas físicas del partido como en la posesión del balón. Esta información podría  
400 ayudar a los preparadores físicos a personalizar el trabajo de recuperación tras el  
401 partido, de acuerdo con los diferentes esfuerzos físicos realizados en los partidos. Por  
402 último, los goles marcados son el más importante de todos los acontecimientos críticos,  
403 por lo que la evolución del marcador debe tenerse en cuenta durante las sesiones de  
404 entrenamiento para optimizar los aspectos físicos del rendimiento futbolístico. En este  
405 sentido, es necesario conocer cómo influyen estas situaciones en la capacidad del  
406 jugador para afrontar los acontecimientos críticos de un partido [40].

#### 407 **Conclusiones**

408 Las principales conclusiones indican que la evolución del marcador influye  
409 significativamente en las exigencias tácticas, técnicas y físicas de los partidos. En  
410 primer lugar, la TDWP era menor cuando los equipos ganaban, mientras que era mayor  
411 cuando perdían, y la TDWOP evolucionaba a la inversa; por lo tanto, los equipos  
412 modifican su estilo de juego y su comportamiento táctico en función de las exigencias  
413 de los partidos. En segundo lugar, los atacantes recorrieron mayores distancias cuando  
414 iban ganando, y los defensas recorrieron mayores distancias cuando iban perdiendo; por  
415 tanto, los futbolistas profesionales regulan sus esfuerzos físicos en función de los  
416 periodos de juego. Por último, la influencia del marcador se refleja en cambios en las  
417 exigencias táctico-técnicas y físicas de los equipos y jugadores como respuesta a la  
418 evolución del resultado del partido.

419

420

421

422 **Contribución de los autores:** Conceptualización, T.G.-C.; metodología, T.G.-C.,  
423 J.C.P.-B. y J.D.-G.; análisis formal, T.G.-C.; investigación, J.C.P.-B., J.D.-G., M.A.L.-  
424 G., D.L.-T., R.L.d.C., R.R. y T.G.-C.; recursos, R.L.d.C. y R.R.; redacción-preparación  
425 borrador original, J.C.P.-B., J.D.-G. y D.L.-T.; redacción-revisión y edición, M.A.L.-G.  
426 y T.G.-C.; obtención de fondos, R.L.d.C. y R.R. Todos los autores han leído y aceptado  
427 la versión publicada del manuscrito.

428 **Financiación:** Esta investigación ha sido financiada por el Fondo Europeo de  
429 Desarrollo Regional (FEDER), la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e  
430 Infraestructuras) y las Secciones de Investigación y Análisis de LaLiga.

431 **Declaración de la Junta de Revisión Institucional:** El estudio se realizó según las  
432 directrices de la Declaración de Helsinki, y fue aprobado por el Comité de Revisión  
433 Institucional de la Universidad de Extremadura; Vicerrectorado de Investigación,  
434 Transferencia e Innovación-Delegación de la Comisión de Bioética y Bioseguridad  
435 (Protocolo número: 239/2019).

436 **Declaración de consentimiento informado:** Se obtuvo el consentimiento informado de  
437 todos los sujetos implicados en el estudio.

438 **Declaración de disponibilidad de datos:** Se aplican restricciones a la disponibilidad de  
439 estos datos. Los datos se obtuvieron de LaLiga y están disponibles con el permiso del  
440 autor correspondiente.

441 **Conflictos de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.  
442 Además, los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio; en la  
443 recogida, análisis o interpretación de los datos; en la redacción del manuscrito, o en la  
444 decisión de publicar los resultados.

445

446

447

## Referencias

448

\*\*\*\*Ver referencias en artículo original\*\*\*\*

1 The influence of red cards on match running performance in elite soccer

2

3 Ponce-Bordón, J. C.<sup>1</sup>, Lago-Peñas, C.<sup>2</sup>, Pulido, J. J.<sup>3</sup>, López del Campo, R.<sup>4</sup>, Resta, R.<sup>5</sup>,

4

García-Calvo, T.<sup>6</sup>

5

6 <sup>1</sup>Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, Cáceres, Spain

7

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5641-6748>

8

<sup>2</sup>Faculty of Education and Sport Sciences, University of Vigo, Pontevedra, Spain

9

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1626-2035>

10

<sup>3</sup>Faculty of Education and Psychology, University of Extremadura, Badajoz (Spain)

11

Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-2416-4141>

12

<sup>4</sup>Department of Competitions and Mediacoach, LaLiga, Madrid, Spain

13

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9286-6113>

14

<sup>5</sup>Department of Competitions and Mediacoach, LaLiga, Madrid, Spain

15

<sup>6</sup>Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, Cáceres (Spain)

16

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2550-418X>

17

18

Funding details:

19

This work was supported by the European Regional Development Fund (ERDF), the

20

Government of Extremadura (Department of Economy and Infrastructure), LaLiga

21

Research and Analysis Sections, and Fernando Valhondo Calaff Foundation.

22

Author note:

23

Corresponding author: José C. Ponce-Bordón. Faculty of Sport Sciences. University of

24

Extremadura. C/ Avenida de la Universidad, s/n, C.P.: 10003, Cáceres, Spain. Phone: +34

25

927257050 Fax: +34 927257051. E-mail: [joponceb@unex.es](mailto:joponceb@unex.es)

26

**Abstract**

27 This study aimed to examine the influence of red cards on match running performance  
28 in elite soccer. A total of 14,938 individual match observations from 515 professional  
29 soccer players who competing in the First Spanish soccer league ( $n = 760$  matches) over  
30 2021/22 season were collected. Soccer players were classified according to their playing  
31 position into five groups: Central Defenders (CD), Wide Defenders (WD); Central  
32 Midfielders (CM); Wide Midfielders (WM); Forwards (FW). Total distance (TD), high-  
33 speed running (HSR,  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), sprinting speed running distance (Sprint,  $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ )  
34 and the number of sprints performed ( $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) per minute were analyzed using a  
35 computerized tracking system. The different superiority or inferiority scenarios, the  
36 minute of the red card, the match location, and the match status were also considered.  
37 The main results showed that red cards significantly impact on match running  
38 performance, with teams at a numerical advantage (i.e., 11 vs. 10 players) covering less  
39 TD ( $p < .05$ ) and engaging in fewer sprints ( $p < .05$ ). Home teams with an extra player  
40 covered significantly less TD ( $p < .001$ ). Unexpectedly, teams with an extra player may  
41 experience diminished performance when teams at a numerical disadvantage improved  
42 the scoreline, suggesting a potential psychological impact. Finally, the minute of the red  
43 cards had a negative effect on teams with a numerical disadvantage, and a positive  
44 effect on teams with an extra soccer player. Coaches should consider tactical  
45 adjustments and recognize the psychological implications of numerical advantages for  
46 effective game management.

47 *Keywords:* football; match analysis; players' dismissal; physical demands;  
48 sending-off.

49

50

51           The influence of red cards on match running performance in elite soccer  
52           At the highest level of soccer competition, team performances are generally  
53 affected by the smallest of details that can imply considerable advantages in the quest  
54 for success. It is relatively common for referees to decide to send off soccer players at  
55 all levels and in all competitions and it is therefore likely that such events could change  
56 the outcome of matches.<sup>1</sup> Referees' decisions to issue red cards are a significant event  
57 that can influence the outcome of a game.<sup>2</sup> During the 2022/23 season, for example,  
58 there were 137 red cards given out by referees in the Spanish LaLiga  
59 (<https://www.laliga.com/>).

60           Existing literature suggests, as might be expected, that red cards cause a  
61 decrease in the performance of the penalized team while involving an increase in that of  
62 the opposing team, either in terms of the probability of winning the game or in terms of  
63 expected goals, points achieved or scoring rate.<sup>3-5</sup> However, the magnitude of the effect  
64 can vary considerably. A sending off represents a disadvantage that can trigger negative  
65 momentum, diminishing self-confidence, intensifying demoralization, and disrupting  
66 team cohesion.<sup>6,7</sup> According to Badiella et al,<sup>2</sup> if a red card is given with 30 min of  
67 remaining time, the expected impact is 0.39 goals if the guilty player is on the visiting  
68 team and 0.50 if he plays for the home team. However, the relative difference in scoring  
69 rates is also affected by the goal difference and the difference in booked players, being  
70 slightly lower for the team going ahead if it has more booked players. Lago-Peñas et al<sup>8</sup>  
71 found that playing 11 versus 10 increases the time spent in possession, number of total  
72 passes, short passes, total touches, and the percentage of successful passes compared  
73 with playing 11 versus 11. Advantaged teams also spent less time defending. This  
74 suggests a pronounced influence on team dynamics, with the advantaged team enjoying  
75 enhanced control and precision in their gameplay. Conversely, the team facing a



101 matches) over 2021/22 season. All players who participated in matches (starters and  
102 non-starters) were included, except players who competed less than 10 minutes during  
103 the matches, because it was observed that average values obtained from these players  
104 were higher than the team average.<sup>10</sup> Goalkeepers were not included in the analysis due  
105 to their specific role during the game. Soccer players were classified according to their  
106 playing position into five groups: Central Defenders (CD;  $n = 2,819$  observations),  
107 Wide Defenders (WD;  $n = 2,822$  observations); Central Midfielders (CM;  $n = 4,435$   
108 observations); Wide Midfielders (WM;  $n = 2,571$  observations); Forwards (FW;  $n =$   
109  $2,291$  observations). Data were retrieved from the Spanish Professional Soccer League  
110 (LaLiga), which allowed the use of the variables included in this investigation. In  
111 accordance with the ethical guidelines of LaLiga, this investigation does not include  
112 information that identifies soccer players (General Assembly of LaLiga, 2019). The  
113 study received the Bioethics Committee's approval from the first author's university  
114 (application number 239/2019).

## 115 **Variables**

116 **Red Cards.** To examine the influence of red cards for each game, we collected  
117 the red cards that teams have received. Thus, the different superiority or inferiority  
118 scenarios during the games ( $0$ : 11 vs. 11,  $+1$ : 11 vs. 10,  $-1$ : 10 vs. 11) were considered  
119 using a categorical variable.

120 **Competition time (*Minutes*).** To consider the influence of the red cards over  
121 game time, the clock time when a red card was received by a team was considered. To  
122 create this variable, the minute of a sending off in each match was centered to the mean  
123 of all the matches (i.e., grand-mean). This variable is regarded as continuous variable  
124 and is recorded in minutes.

125           **Match location.** Home advantage is a pervasive phenomenon in soccer.<sup>11</sup> Match  
126 location variable identifies whether a team is playing as a Home (H) or Away (A) team.

127           **Match status** (*Scoreline*). The final outcome respect to match status when teams  
128 have received a red card has been included as a quantitative variable. The aim of  
129 including this variable is to examine the differences on match physical demands when a  
130 team received a red card and the evolution of the scoreline in different scenarios. This  
131 variable has been included as a quantitative variable ( $-1$ : worsen;  $0$ : maintain;  $+1$ :  
132 improve) and team with a numerical disadvantage was always considered. Thus, a team  
133 which received a red card when they have been tying, and finally they get won after  
134 player dismissal, they improved their scoreline.

135           **Match physical demands.** The distance covered by the soccer players was  
136 analyzed by Mediacoach at different speed ranges: high-speed running (HSR,  $> 21$   
137  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) and sprinting speed running distance (Sprint,  $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). TD variable  
138 corresponds to the summation of all the distances covered by the players per minute.  
139 Likewise, the number of sprints ( $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) performed per minute was also analyzed.  
140 Absolute values of match physical demands variables were normalized to relative  
141 values per unit of time (i.e.,  $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ) to consider the possible differences in the total  
142 playing time of soccer players. All the efforts that implied a minimum movement of one  
143 meter, which was maintained for a 1-second minimum, were recorded.

#### 144 **Procedure**

145           Match physical demands data were obtained using a multicamera computerized  
146 optical tracking system TRACAB (ChyronHego VID, New York, NY) managed from  
147 the application Mediacoach (LaLiga, Madrid, Spain). This multi-camera tracking  
148 system consists of 8 super 4K high dynamic range cameras based on a positioning  
149 system (Tracab – ChyronHego VTS) that film from several angles and analyze X and Y

150 positions of each player with a sampling frequency of 25 Hz. The validity and reliability  
151 of this system for the variables used have previously been investigated<sup>12-14</sup> and reported  
152 strong correlations ( $r > .80$ ) and high intraclass correlation coefficients ( $r > .75$ )  
153 between Mediacoach multicamera tracking system and Global Positioning System. In  
154 addition, small ( $< .30$ ) to moderate ( $> .60$ ) SEs of estimate were observed in all speed  
155 categories used in this study.

### 156 **Statistical analysis**

157 All statistical analyses were performed using R-studio.<sup>15</sup> Considering the  
158 characteristics of the sample, organized hierarchically, nested in groups, and with a  
159 longitudinal structure, we considered that the best procedure to analyze the data is  
160 through linear mixed models (LMM).

161 LMM have demonstrated their ability to cope with unbalanced and repeated-  
162 measures data.<sup>16</sup> For instance, match running performance variables in matches are  
163 nested into players (i.e., each player has a record for every match they have participated  
164 in, and each match has observations of several players). Players, in turn, are also nested  
165 into different teams every season. Thus, the cross-classified multilevel models are  
166 suitable for data structures that are not purely hierarchical. Consequently, a general  
167 multilevel-modelling strategy was applied where fixed and random effects in different  
168 steps were included by Heck and Thomas.<sup>16</sup>

169 Thus, LMM were used to analyze the influence of red cards on player activity  
170 over the game time. Firstly, different models were performed for each of the dependent  
171 variables (i.e., distances covered at different speed thresholds), introducing as fixed  
172 effects the different superiority or inferiority scenarios during the games (i.e., 11 vs 11,  
173 11 vs 10, 10 vs 11), the specific position of the soccer players (i.e., CD, WD, CM, WM,  
174 and FW), match location (i.e., Home or Away), and the match status of teams at

175 numerical disadvantage (i.e., worsen, maintain, and improve). The soccer player  
176 variable was considered as the random effects in the analysis. Following the procedure  
177 proposed by Heck and Thomas,<sup>16</sup> models with different random effects (intercepts and  
178 slope) were created for each variable.

179 Finally, to examine the influence of minute of red cards issuance on player  
180 activity over the game time, the clock time when a red card was received by a team was  
181 centered to the mean of all the matches where a red card was showed (i.e., grand-mean).  
182 Thus, a new model was tested including minute centered as predictor variable of the  
183 match running performance variables. In addition, we only considered teams with a  
184 numerical advantage and disadvantage as fixed effects. The soccer player variable was  
185 also considered as the random effects in the analysis. All values were represented as  
186 coefficients and standard error (Coeff  $\pm$  SE). Statistical significance was set at  $p < .05$ .

## 187 **Results**

### 188 **Influence of Red Cards on Match Running Performance and Playing Position**

189 Table 1 presents the differences on match running performance across different  
190 scenarios (i.e., 11 vs 11, 10 vs 11, 11 vs 10) categorized by playing positions. Overall,  
191 teams with an additional soccer player covered significantly less TD compared to teams  
192 experiencing a player dismissal (i.e., one less player;  $p < .05$ ) and matches without  
193 player dismissals ( $p < .001$ ). Additionally, they performed a reduced number of sprints  
194 compared to teams with a player dismissal ( $p < .05$ ).

195 \*\*\*\*Insert Table 1 near here, please\*\*\*\*

196 Considering playing positions, CD and CM covered significantly less TD when  
197 teams had an extra player compared to matches without player dismissals ( $p < .05$ , and  
198  $p < .01$ , respectively). Moreover, WD performed a greater number of sprints when  
199 teams experiencing a player dismissal compared to matches without player dismissals ( $p$

200 < .05). In addition, WM covered significantly greater TD in matches without player  
201 dismissals compared to teams experiencing a player dismissal ( $p < .05$ ) and teams with  
202 an additional soccer player ( $p < .05$ ). Finally, TD covered by FW was significantly  
203 lower when teams had an extra soccer player compared to teams experiencing a player  
204 dismissal ( $p < .05$ ) and matches without player dismissals ( $p < .05$ ).

### 205 **Match Running Performance Differences Between Different Scenarios by Match** 206 **Location**

207 Table 2 presents the differences on match running performance between teams  
208 with an additional soccer player and those without, based on match location. For away  
209 matches, although teams with an additional soccer player covered greater TD, HSR,  
210 Sprint distance and number of sprints than those without, the analysis did not reveal  
211 significant differences in performance metrics between teams with an extra player and  
212 those that received a red card. For home matches, teams that received a red card covered  
213 significantly greater TD than those with an extra player ( $p < .001$ ). However, no  
214 significant differences were found between both teams on HSR, Sprint distance and  
215 number of sprints.

216 \*\*\*\*Insert Table 2 near here, please\*\*\*\*

### 217 **Match Running Performance Differences Between Different Scenarios by Match** 218 **Status**

219 Table 3 presents the differences on match running performance between teams  
220 with an additional soccer player and those without, based on the final outcome of teams  
221 with a numerical disadvantage following a player dismissal.

222 For teams that received a red card, the analysis revealed significant differences  
223 in performance metrics based on the final scoreline changes. Specifically, when the  
224 scoreline improved, these teams covered significantly less TD compared to both

225 worsening ( $p < .001$ ) and maintaining the score ( $p < .01$ ). Additionally, the number of  
226 sprints was significantly lower in cases of score improvement compared to worsened ( $p$   
227  $< .01$ ).

228 \*\*\*\*Insert Table 3 near here, please\*\*\*\*

229 Conversely, for teams with an extra player after a sending off, significant  
230 differences were also observed on match running performance based on the final  
231 scoreline changes. Specifically, TD was significantly lower in matches where teams  
232 with a numerical disadvantage improved the scoreline compared to both worsening ( $p <$   
233  $.001$ ) and maintaining the score ( $p < .001$ ). HSR was also significantly lower in matches  
234 where teams with a numerical disadvantage improved the scoreline compared to  
235 maintaining the score ( $p < .01$ ). Furthermore, the sprint distance was significantly lower  
236 in cases of score improvement compared to both worsening ( $p < .05$ ) and maintaining  
237 the score ( $p < .05$ ). Finally, the number of sprints was significantly greater in matches  
238 where teams with a numerical disadvantage compared to both worsening ( $p < .06$ ) and  
239 improving the score ( $p < .01$ ).

#### 240 **Influence of Minute of Red Card on Match Running Performance**

241 Figure 1 present the outcomes of the LMM applied to assess the impact of red  
242 cards issuance and the time when a red card was received on match running  
243 performance. The model demonstrates a statistically significant influence of red cards  
244 and minutes of the sending off as well as their interactions, on various performance  
245 metrics. Specifically, teams with a numerical advantage (i.e., 11 vs. 10 players)  
246 exhibited a significant reduction in TD ( $p < .01$ ). The minutes of the red cards had a  
247 negative and non-significantly effect on TD, HSR and Sprint distance; and a negative  
248 and significantly effect on number of sprints on teams with a numerical disadvantage.  
249 Conversely, the minutes of the red cards had a positive effect on TD ( $p < .01$ ), HSR ( $p <$

250 .01), Sprint distance ( $p < .05$ ), and the number of sprints ( $p < .001$ ) on teams with an  
251 extra soccer player.

252 \*\*\*\*Insert Figure 1 near here, please\*\*\*\*

## 253 **Discussion**

254 There is a lack of studies examining the influence of red cards on match running  
255 performance in elite soccer. Consequently, the aim of the current study was to analyze,  
256 using a very large sample of matches and including other match contextual variables,  
257 differences in the distance covered at various speed thresholds by teams with an  
258 additional player and those without.

### 259 **Influence of Red Cards on Match Running Performance**

260 The findings from the LMM analysis underscore the significant impact of red  
261 cards on match running performance in elite soccer. Notably, teams playing with a  
262 numerical advantage (11 vs. 10 players) exhibited a significant decrease in TD. In  
263 contrast, teams with a numerical inferiority (10 vs. 11 players) displayed an opposite  
264 trend, indicating a positive influence on these performance metrics. These results are in  
265 line with those provided by Carling and Bloomfield.<sup>9</sup>

266 Furthermore, the study delved into additional factors influencing the observed  
267 variations in running performance.<sup>17</sup> The timing of red card issuance, match location,  
268 and minutes played after the red card were identified as significant contributors. The  
269 timing of red card issuance negatively influenced on teams with a numerical  
270 disadvantage and positively on teams with an extra player. So, while the minute of red  
271 cards received increases, teams with an extra soccer player increase the distances  
272 covered over time. Particularly noteworthy is the effect of match location, with teams  
273 playing at home and enjoying a numerical advantage demonstrating a significant  
274 decrease in match running performance compared to away teams facing the scenario of

275 11 versus 10 players. These findings suggest that home and numerical advantage could  
276 involve psychological comfort associated with playing in a familiar setting, relaxing  
277 feelings, or perception that the match is already won, leading to a decrease in the  
278 physical performance of the players.<sup>18,19</sup> Interestingly, the results of the current study do  
279 not support the established concept of home advantage in sports, supported by previous  
280 research.<sup>11,20</sup> On the other hand, teams with a numerical superiority (11 vs. 10 players)  
281 displayed higher running performance at away matches, maybe because they tried to  
282 take advantage the numerical superiority and they reached their maximal physical  
283 capacity in order to win the match.<sup>17</sup>

#### 284 **Match Physical Demands Differences Between Scenarios**

285         The examination into match running performance differences based on the final  
286 outcome following a player dismissal adds an additional layer of complexity to the  
287 understanding of red card scenarios. The analysis of teams with an extra player after a  
288 player dismissal highlighted significant variations on match running performance  
289 contingent on changes in the final outcome. Particularly, when teams that received a red  
290 card improved the scoreline, teams with an extra player covered significantly less TD,  
291 HSR, sprinting distance and number of sprints compared to situations where the score  
292 was maintained or improved. These results suggest that the advantage of playing with  
293 an additional player can, paradoxically, turn against the players. The perception that the  
294 match is already won can have a negative psychological effect, leading to a decrease in  
295 the physical performance of the players.<sup>18,19</sup> From a psychological point of view, the  
296 need to draw or win the match could imply high values of mental load and fatigue on  
297 soccer players, influencing negatively on player performance and leading a reduced  
298 match running performance.<sup>21</sup>

299           Conversely, playing with one less player can have both positive and negative  
300 consequences for teams, and the outcome hinges on how teams manage such situations.  
301 In this vein, teams with a numerical disadvantage which they improved or maintained  
302 the scoreline tried to keep the match advantage playing close to each other's and  
303 counterattacking,<sup>22</sup> leading less distance covered. Moreover, these teams try to get the  
304 control of the match with many game interruptions, implying shorter effective playing  
305 time, and what could be related to a decrease of match running performance.<sup>23</sup> From a  
306 practical point of view, it seems crucial for teams to have the necessary resources in  
307 place to ensure that an expulsion from the opposing team does not negatively impact  
308 them. The risk of an expulsion turning against a team is closely related to controlling  
309 the activation of players, engaging in preventive work to acquire suitable individual and  
310 group responses in moments of crisis, setting specific objectives for the remainder of  
311 the game, and having well-defined technical-tactical responses trained for each match  
312 scenario.

### 313 **Contextualized Match Physical Demands Differences by Playing Position**

314           Overall, the results revealed that teams with an additional player cover  
315 significantly less TD and perform a smaller number of sprints when compared to  
316 scenarios involving a player dismissal. This unexpected outcome suggests that having  
317 an extra player might introduce a unique dynamic that affects the overall running output  
318 of the team. In this vein, research has reported that playing in more comfortable  
319 situations might decrease the distances covered by teams.<sup>24</sup> Moreover, it has been  
320 showed that match running performance increases with effective playing time,<sup>23</sup> and it  
321 can be assumed that after a sending off there will less effectively playing time, so  
322 running performance would be decreased.

323           Regarding playing positions, CD and CM display a significant decrease in TD  
324 when their team has an extra player. The observed decrease in the physical performance  
325 of CD and CM when their team has an extra player may be attributed to various  
326 strategic considerations, including the opposing team adopting a more defensive style of  
327 play. The opposing team, facing a numerical disadvantage, might adopt a defensive  
328 posture to minimize the impact of being a player down. This defensive approach could  
329 limit the attacking opportunities for the team with numerical disadvantage, affecting the  
330 overall running performance of CD and CM. In this vein, our results are in line with  
331 Andrzejewski et al<sup>25</sup> who reported that CD and CM did not always use their maximal  
332 physical capacity during the winning matches or comfortable situations. The study also  
333 highlights that WM, and FW covered significantly less total distance when their team  
334 has an extra player. This suggests that, regardless of playing position, teams with  
335 numerical superiority may adopt a more controlled and conservative style of play,  
336 resulting in a reduction in overall running output.<sup>26</sup> Finally, WD performed a  
337 significantly greater number of sprints when their team faced a numerical disadvantage,  
338 what could be explained by a greater number of attacks of opposing team and these  
339 types of defenders had to increase their running performance to avoid them. Coaches  
340 and strategists should be aware of the tactical adjustments made by opposing teams  
341 when facing a numerical disadvantage.

342           Concerning the limitations of this study, some issues should be highlighted: a)  
343 only data from the First Spanish soccer league were involved in this study, so these  
344 findings should be verified in different soccer leagues or in competitions with other  
345 formats (round-robin tournament or knockout tournaments); b) different contextual-  
346 related variables, like opponent quality<sup>27</sup> or the playing style of each teams<sup>26</sup> should be  
347 included in the future studies; c) further studies should consider the type of player

348 participation in the match (i.e., starter, non-starter, number substitutions, minute of  
349 substitutions had, etc.), given the non-starters could modify the player activity profile in  
350 the last minutes of the matches;<sup>28</sup> d) finally, it has been showed that match running  
351 performance increases with effective playing time,<sup>23</sup> and it can be assumed that after a  
352 sending off there will less effective playing time, so it should be necessary to consider  
353 the effective playing time in future studies to examine the influence of red cards on the  
354 effective playing time after a sending off.

### 355 **Perspective**

356 The current findings contribute valuable insights into the physical challenges  
357 that soccer teams face when playing with a numerical disadvantage due to a player  
358 dismissal. Understanding the specific physical demands and potential fatigue levels  
359 associated with playing with 10 players can guide coaches in tailoring recovery  
360 protocols to address the unique needs of teams under such circumstances. Moreover, the  
361 recognition that teams with 10 players may experience higher levels of fatigue suggests  
362 an opportunity for coaches to implement tactical alterations during matches. This  
363 approach can help mitigate the impact of fatigue, potentially reducing the risk of  
364 overreaching injuries and enhancing the team's overall performance. Coaches armed  
365 with this knowledge can make informed decisions about substitutions, strategic  
366 adjustments, and player positioning to optimize the team's chances of success despite  
367 being numerically inferior. Additionally, the information gleaned from this study has  
368 implications for the broader planning of training sessions and match strategies. Coaches  
369 can incorporate targeted fitness goals and specific tactical plans to prepare teams for the  
370 challenges posed by numerical inferiority, ensuring that players are well-conditioned  
371 and mentally prepared to deal with those scenarios effectively.

### 372 **Conclusions**

373           In elite soccer, red cards significantly impact on match running performance,  
374 with teams at numerical advantage (i.e., 11 vs. 10 players) covering less TD and  
375 engaging in fewer sprints. Position-specific analysis reveals that CD and CM exhibited  
376 reduced physical output with an extra player, possibly due to opposing teams adopting a  
377 defensive posture. Home teams with an extra player demonstrate worsened metrics,  
378 conversely from the concept of home advantage. Unexpectedly, teams with an extra  
379 player may experience diminished performance when teams at numerical disadvantage  
380 improve the scoreline, suggesting a potential and negative psychological impact.  
381 Finally, the minute of the red cards issuance had a negative effect on teams with a  
382 numerical disadvantage, and a positive effect on teams with an extra soccer player.  
383 Coaches should consider tactical adjustments and recognize the psychological  
384 implications of numerical advantages for effective game management.

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

**References**

- 399 1. Bar-Eli M, Tenenbaum G, Geister S. Consequences of players' dismissal in  
400 professional soccer: A crisis-related analysis of group-size effects. *J Sports Sci.*  
401 2006;24:1083–1094. doi:10.1080/02640410500432599
- 402 2. Badiella L, Puig P, Lago-Peñas C, Casals M. Influence of Red and Yellow cards  
403 on team performance in elite soccer. *Ann Oper Res.* 2023;325:149–165.  
404 doi:10.1007/s10479-022-04733-0
- 405 3. Ridder G, Cramer JS, Hopstaken P. Down to ten: Estimating the effect of a Red  
406 card in soccer. *J Am Stat Assoc.* 1994;89:1124–1127.  
407 doi:10.1080/01621459.1994.10476850
- 408 4. Caliendo M, Radic D. Ten do it better, do they? An empirical analysis of an old  
409 football myth. *SSRN Electronic J.* 2006;1–18. Doi:10.2139/ssrn.908250
- 410 5. Carmichael F, Thomas D. Home-field effect and team performance. *J Sports*  
411 *Econom.* 2005;6:264–281. doi:10.1177/1527002504266154
- 412 6. Bar-Eli M, Tenenbaum G. A theory of individual psychological crisis in  
413 competitive sport. *Applied Psychology.* 1989;38:107–120. doi:10.1111/j.1464-  
414 0597.1989.tb01203.x
- 415 7. Bar-Eli M, Sachs S, Tenenbaum G, Pie JS, Falk B. Crisis-related observations in  
416 competition: A case study in basketball. *Scand J Med Sci Sports.* 1996;6:313–  
417 321. doi:10.1111/j.1600-0838.1996.tb00477.x
- 418 8. Lago-Peñas C, Gómez-Ruano MÁ, Owen AL, Sampaio J. The effects of a player  
419 dismissal on competitive technical match performance. *Int J Perform Anal Sport.*  
420 2016;16:792–800. doi:10.1080/24748668.2016.11868928

- 421 9. Carling C, Bloomfield J. The effect of an early dismissal on player work-rate in a  
422 professional soccer match. *J Sci Med Sport*. 2010;13:126–128.  
423 doi:10.1016/j.jsams.2008.09.004
- 424 10. García-Calvo T, Huertas F, Ponce-Bordón JC, López del Campo R, Resta R,  
425 Ballester R. Does player age influence match physical performance? A  
426 longitudinal four-season analysis in Spanish Soccer LaLiga. *Biol Sport*.  
427 2023;40:1097–1106. doi:10.5114/biol sport.2023.124844
- 428 11. Gómez-Ruano MA, Pollard R, Lago-Peñas C. *Home advantage in sport: Causes  
429 and the effect on performance*. New York: Routledge; 2022.
- 430 12. Felipe JL, Garcia-Unanue J, Viejo-Romero D, Navandar A, Sánchez-Sánchez J.  
431 Validation of a video-based performance analysis system (Mediacoach®) to  
432 analyze the physical demands during matches in LaLiga. *Sensors*. 2019;19:4–13.  
433 doi:10.3390/s19194113
- 434 13. Pons E, García-Calvo T, Resta R, Blanco H, López del Campo R, Díaz García J,  
435 Pulido JJ. A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology  
436 during official soccer matches: Agreement between systems. *PLoS One*. 2019;14.  
437 doi:10.1371/journal.pone.0220729
- 438 14. Pons E, García-Calvo T, Cos F, Resta R, Blanco H, López del Campo R, Díaz-  
439 García J. Integrating video tracking and GPS to quantify accelerations and  
440 decelerations in elite soccer. *Sci Rep*. 2021;11. doi:10.1038/s41598-021-97903-2
- 441 15. R-Studio Team. *RStudio: Integrated Development for R* (RStudio, Ed.). Boston;  
442 2020.
- 443 16. Heck RH, Thomas SL. *An introduction to multilevel modeling techniques: MLM  
444 and SEM approaches using Mplus* (Routledge, Ed.). 2015.

- 445 17. Castellano J, Blanco-Villaseñor A, Álvarez D. Contextual variables and time-  
446 motion analysis in soccer. *Int J Sports Med.* 2011;32:415–421. doi:10.1055/s-  
447 0031-1271771
- 448 18. Marcora SM, Staiano W. The limit to exercise tolerance in humans: Mind over  
449 muscle? *Eur J Appl Physiol.* 2010;109:763–770. doi:10.1007/s00421-010-1418-6
- 450 19. Herlambang MB, Taatgen NA, Cnossen F. The role of motivation as a factor in  
451 mental fatigue. *Human Factors: J Human Factors Ergonomics Society.*  
452 2019;61:1171–1185. doi:10.1177/0018720819828569
- 453 20. Mechtel M, Bäker A, Brändle T, Vetter K. Red cards: Not such bad news for  
454 penalized guest teams. *J Sports Econom.* 2011;12:621–646.  
455 doi:10.1177/1527002510388478
- 456 21. Ponce-Bordón JC, García-Calvo T, López-Gajardo MA, Díaz-García J,  
457 González-Ponce I. How does the manipulation of time pressure during soccer  
458 tasks influence physical load and mental fatigue? *Psychol Sport Exerc.*  
459 2022;63:1–6. doi:10.1016/j.psychsport.2022.102253
- 460 22. Forcher L, Forcher L, Wäsche H, Jekauc D, Woll A, Gross T, Altmann S. Is ball-  
461 possession style more physically demanding than counter-attacking? The  
462 influence of playing style on match performance in professional soccer. *Front*  
463 *Psychol.* 2023;14:1–14. doi:10.3389/fpsyg.2023.1197039
- 464 23. Altmann S, Forcher L, Woll A, Härtel S. Effective playing time affects physical  
465 match performance in soccer: An analysis according to playing position. *Biol*  
466 *Sport.* 2023;40:967–973. doi:10.5114/biolsport.2023.123320
- 467 24. García-Unanue J, Pérez-Gómez J, Giménez JV, Felipe JL, Gómez-Pomares S,  
468 Gallardo L, Sánchez-Sánchez J. Influence of contextual variables and the

- 469 pressure to keep category on physical match performance in soccer players. *PLoS*  
470 *One*. 2018;13:1–10. doi:10.1371/journal.pone.0204256
- 471 25. Andrzejewski M, Konefał M, Chmura P, Kowalczyk E, Chmura J. Match  
472 outcome and distances covered at various speeds in match play by elite German  
473 soccer players. *Int J Perform Anal Sport*. 2016;16:817–828.  
474 doi:10.1080/24748668.2016.11868930
- 475 26. Yi Q, Gómez MA, Wang L, Huang G, Zhang H, Liu H. Technical and physical  
476 match performance of teams in the 2018 FIFA World Cup: Effects of two  
477 different playing styles. *J Sports Sci*. 2019;37:2569–2577.  
478 doi:10.1080/02640414.2019.1648120
- 479 27. Ponce-Bordón JC, Nobari H, Lobo-Triviño D, García-Calvo T, Vicente-Giménez  
480 J, López del Campo R, Resta R, Fernández-Navarro J. Match movement profiles  
481 differences in Spanish soccer competitive leagues according to opposition's team  
482 ranking: A comparison study. *Applied Sciences*. 2022;12:12635.  
483 doi:10.3390/app122412635
- 484 28. Bradley P, Lago-Peñas C, Rey E. Evaluation of the match performances of  
485 substitution players in elite soccer. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9:415–  
486 424. doi:10.1123/ijsp.2013-0304  
487

1 Table 1

2 Differences on match running performance between different scenarios and playing positions

	Scenarios	Independent		CD		WD		CM		WM		FW	
		Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p
TD (m·min <sup>-1</sup> )	11 vs 11	110 (.40)	b <sup>***</sup> , c <sup>*</sup>	99.8 (.72)	b <sup>*</sup>	108.1 (.67)	b <sup>**</sup>	117 (.56)	a <sup>*</sup> , b <sup>*</sup>	114.2 (.68)	b <sup>**</sup> , c <sup>†</sup>	108.2 (.76)	b <sup>**</sup> , c <sup>†</sup>
	10 vs 11	110 (.50)		99 (1.01)		109.2 (1.01)		116.2 (.78)		112.2 (1.02)		107.5 (1.10)	
	11 vs 10	109 (.50)		98.1 (1.01)		108.3 (.99)		115.3 (.78)		111.7 (1.01)		105.5 (1.07)	
HSR (m·min <sup>-1</sup> )	11 vs 11	7.16 (.10)		4.66 (.18)		7.97 (.17)		6.35 (.14)		9.24 (.18)		7.89 (.20)	
	10 vs 11	7.20 (.13)		4.73 (.27)		8.17 (.27)		6.39 (.21)		9.04 (.27)		7.93 (.30)	
	11 vs 10	7.10 (.13)		4.36 (.27)		8.05 (.27)		6.23 (.21)		9.08 (.27)		8.10 (.28)	
Sprint (m·min <sup>-1</sup> )	11 vs 11	3.57 (.06)		2.29 (.12)		4.29 (.11)		2.76 (.09)		4.82 (.11)		4.12 (.12)	
	10 vs 11	3.54 (.09)		2.30 (.18)		4.27 (.19)		2.74 (.14)		4.71 (.19)		4.07 (.20)	
	11 vs 10	3.57 (.09)		2.13 (.18)		4.25 (.18)		2.80 (.14)		4.70 (.19)		4.33 (.19)	
N° sprints (n°·min <sup>-1</sup> )	11 vs 11	.418 (.01)		.28 (.01)		.45 (.01)		.38 (.01)		.52 (.01)		.46 (.01)	
	10 vs 11	.423 (.01)	c <sup>*</sup>	.29 (.01)	a <sup>*</sup>	.48 (.01)	a <sup>*</sup>	.39 (.01)	a <sup>*</sup>	.51 (.01)	a <sup>*</sup>	.47 (.02)	a <sup>*</sup>
	11 vs 10	.411 (.01)		.27 (.01)		.46 (.01)		.37 (.01)		.51 (.01)		.46 (.01)	

3 Note. Coeff = Coefficient; Se = Standard Error; m·min<sup>-1</sup> = meters per minute; TD = Total distance covered; HSR = High speed running distance;  
 4 Sprint = Sprint speed running distance; CD = Central defender; WD = Wide defender; CM = Central midfielder; WM = Wide midfielder; FW =  
 5 Forward; a = significant differences between 11 vs 11 and 10 vs 11; b = significant differences between 11 vs 11 and 11 vs 10; c = significant  
 6 differences between 10 vs 11 and 11 vs 10. †p < .06; \*p < .05; \*\*p < .01; \*\*\*p < .001.

7

8

9

10

11 Table 2

12 Differences on match running performance between different scenarios by match location

	Scenarios	Away		Home	
		<i>Coeff (SE)</i>	<i>p</i>	<i>Coeff (SE)</i>	<i>p</i>
TD (m·min <sup>-1</sup> )	10 vs 11	107.60 (.74)	.102	111.06 (.66)	***
	11 vs 10	108.87 (.65)		107.59 (.73)	
HSR (m·min <sup>-1</sup> )	10 vs 11	6.74 (.19)	.413	7.23 (.17)	.369
	11 vs 10	6.90 (.16)		7.04 (.19)	
Sprint (m·min <sup>-1</sup> )	10 vs 11	3.31 (.13)	.342	3.61 (.11)	.845
	11 vs 10	3.44 (.11)		3.64 (.13)	
N° sprints (n°·min <sup>-1</sup> )	10 vs 11	.39 (.01)	.640	.42 (.01)	.084
	11 vs 10	.40 (.01)		.41 (.01)	

13 *Note.* Coeff = Coefficient; Se = Standard Error; m·min<sup>-1</sup> = meters per minute; TD = Total distance covered; HSR = High speed running distance;

14 Sprint = Sprint speed running distance; \*\*\* *p* < .001.

15

16 Table 3

17 Differences on match running performance between different scenarios by match status of teams with a numerical disadvantage

	Matches	10 vs 11		11 vs 10	
		<i>Coeff (SE)</i>	<i>p</i>	<i>Coeff (SE)</i>	<i>p</i>
TD (m·min <sup>-1</sup> )	Worsen with 10 vs 11	109 (1.29)		109 (1.28)	
	Maintain with 10 vs 11	110 (.60)	b <sup>**</sup> , c <sup>***</sup>	109 (.59)	b <sup>***</sup> , c <sup>***</sup>
	Improve with 10 vs 11	103 (1.49)		101 (1.46)	
HSR (m·min <sup>-1</sup> )	Worsen with 10 vs 11	7.20 (.34)		6.91 (.33)	
	Maintain with 10 vs 11	7.04 (.15)		7.08 (.15)	c <sup>**</sup>
	Improve with 10 vs 11	6.34 (.39)		5.94 (.38)	
Sprint (m·min <sup>-1</sup> )	Worsen with 10 vs 11	3.61 (.23)		3.58 (.23)	
	Maintain with 10 vs 11	3.48 (.10)		3.58 (.10)	b <sup>*</sup> , c <sup>*</sup>
	Improve with 10 vs 11	3.20 (.27)		2.90 (.26)	
N° sprints (n°·min <sup>-1</sup> )	Worsen with 10 vs 11	.42 (.02)		.38 (.02)	
	Maintain with 10 vs 11	.41 (.01)	b <sup>†</sup>	.41 (.01)	a <sup>†</sup> , c <sup>**</sup>
	Improve with 10 vs 11	.38 (.02)		.35 (.02)	

18 *Note.* Coeff = Coefficient; Se = Standard Error; m·min<sup>-1</sup> = meters per minute; TD = Total distance covered; HSR = High-speed running distance;  
19 Sprint = Sprint speed running distance; a = significant differences between Worsen vs Maintain; b = significant differences between Worsen vs  
20 Improve; c = significant differences between Maintain vs Improve; †*p* < .06, \**p* < .05; \*\**p* < .01; \*\*\**p* < .001.

21

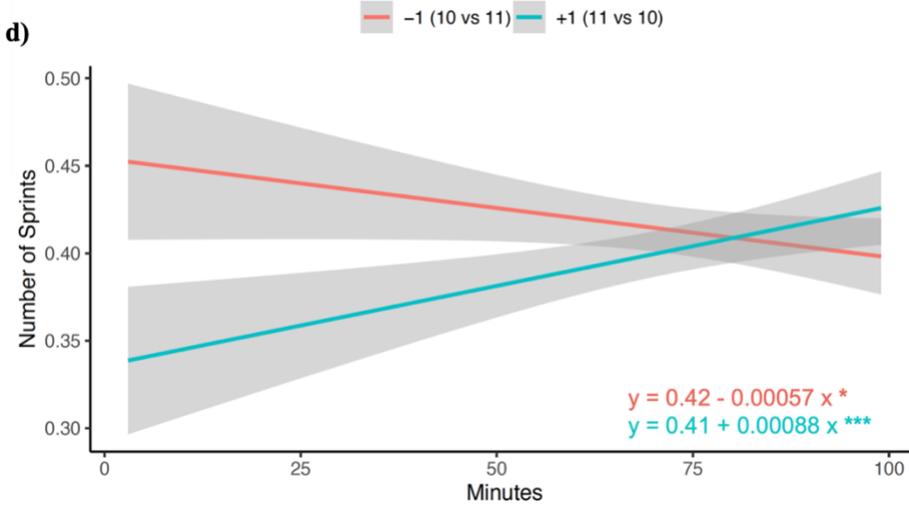
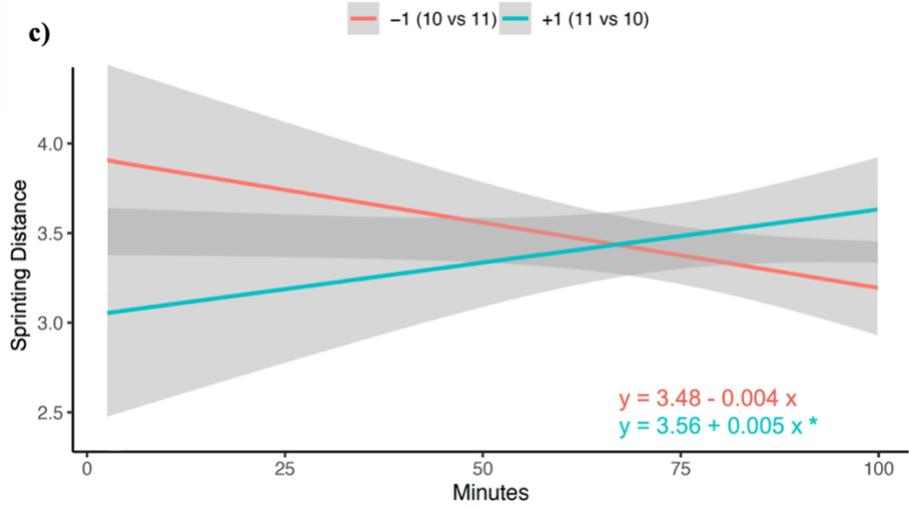
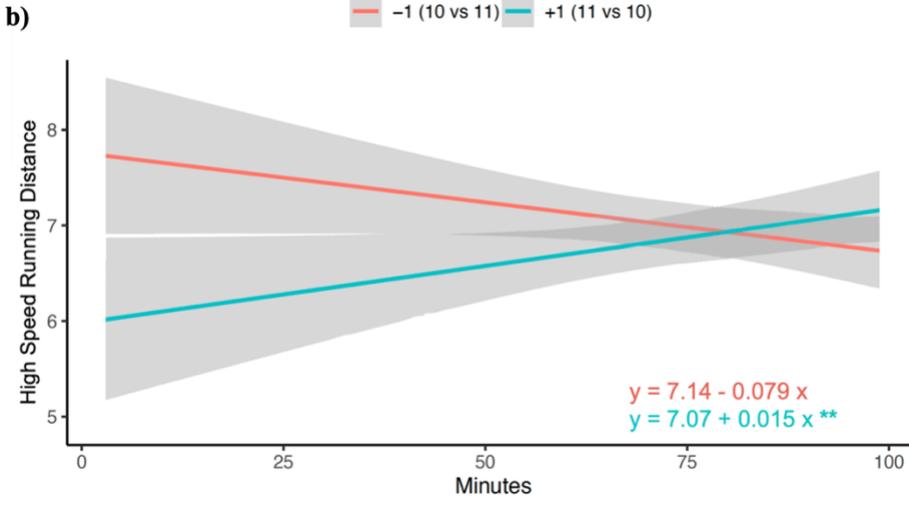
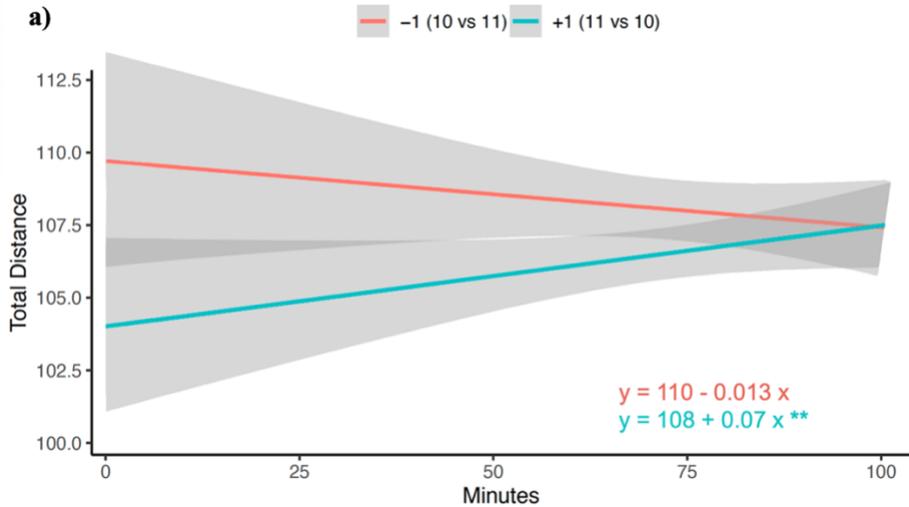
22

23

24

Running Head: Red cards and match physical demands

1



2

3 Figure 1

4 Influence of timing of red cards issuance on **a)** Total Distance (TD), **b)** High speed running distance (HSR), **c)** Sprinting running distance  
5 (Sprint) and **d)** Number of Sprints for different scenarios (i.e., *10 vs 11* and *11 vs 10*) over time. Match running performance is adjusted to reflect  
6 the real values if the match running performance was constant for the full duration of the match. Smooth fits using the *lm* (linear regression  
7 model) method are shown as well as 95% confidence intervals (Cleveland, 1979).

1 La influencia de las tarjetas rojas en el rendimiento en carrera en el fútbol de élite  
2 Ponce-Bordón, J. C.<sup>1</sup>, Lago-Peñas, C.<sup>2</sup>, Pulido, J. J.<sup>3</sup>, López del Campo, R.<sup>4</sup>, Resta, R.<sup>5</sup>,  
3 García-Calvo, T.<sup>6</sup>

4 <sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura, Cáceres (España)  
5 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5641-6748>

6 <sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte, Universidad de Vigo, Pontevedra,  
7 (España)  
8 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1626-2035>

9 <sup>3</sup>Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura, Badajoz (España)  
10 Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-2416-4141>

11 <sup>4</sup>Departamento de Competiciones y Mediacoch, LaLiga, Madrid, (España)  
12 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9286-6113>

13 <sup>5</sup>Departamento de Competiciones y Mediacoch, LaLiga, Madrid, (España)

14 <sup>6</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura, Cáceres (España)  
15 Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2550-418X>

16 Detalles de la financiación:

17 Este trabajo ha contado con el apoyo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
18 (FEDER), la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e Infraestructuras), las  
19 Secciones de Investigación y Análisis de LaLiga y la Fundación Fernando Valhondo  
20 Calaff.

21 Nota de los autores:

22 Autor correspondiente: José C. Ponce-Bordón. Facultad de Ciencias del Deporte.  
23 Universidad de Extremadura. C/ Avenida de la Universidad, s/n, C.P.: 10003, Cáceres,  
24 España. Teléfono: +34 927257050 Fax: +34 927257051.  
25 Correo electrónico: [joponceb@unex.es](mailto:joponceb@unex.es)

26

## Resumen

27 Este estudio tuvo como objetivo examinar la influencia de las tarjetas rojas en el  
28 rendimiento en carrera en el fútbol de élite. Se recogieron un total de 14.938  
29 observaciones individuales de partidos de 515 futbolistas profesionales que compitieron  
30 en la Primera División española de fútbol ( $n = 760$  partidos) durante la temporada  
31 2021/22. Los futbolistas se clasificaron según su posición de juego en cinco grupos:  
32 centrales (en inglés CD = Central Defenders), laterales (en inglés WD = Wide  
33 Defenders); mediocentros (en inglés CM = Central Midfielders); medios laterales (en  
34 inglés WM = Wide Midfielders); Delanteros (en inglés FW = Forwards). Se analizaron  
35 la distancia total (TD), la carrera a alta velocidad (en inglés HSR = High Speed  
36 Running,  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), la distancia de carrera a velocidad de sprint (en inglés Sprint,  $>$   
37  $24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y el número de esprints realizados ( $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) por minuto mediante un  
38 sistema de seguimiento informatizado. También se tuvieron en cuenta los diferentes  
39 escenarios de superioridad o inferioridad, el minuto de la tarjeta roja, la localización del  
40 partido y el marcador del partido. Los principales resultados mostraron que las tarjetas  
41 rojas tienen un impacto significativo en el rendimiento en carrera del partido, ya que los  
42 equipos con ventaja numérica (es decir, 11 frente a 10 jugadores) cubren menos TD ( $p <$   
43  $.05$ ) y realizan menos esprints ( $p < .05$ ). Los equipos locales con un jugador extra  
44 cubrieron significativamente menos TD ( $p < .001$ ). Inesperadamente, los equipos con un  
45 jugador extra pueden experimentar un menor rendimiento cuando los equipos en  
46 desventaja numérica mejoran el marcador, lo que sugiere un posible impacto  
47 psicológico. Finalmente, el minuto de las tarjetas rojas tuvo un efecto negativo en los  
48 equipos con desventaja numérica, y un efecto positivo en los equipos con un futbolista  
49 extra. Los entrenadores deben considerar los ajustes tácticos y reconocer las  
50 implicaciones psicológicas de las ventajas numéricas para una gestión eficaz del juego.

51 *Palabras clave:* fútbol; análisis de partidos; expulsión de jugadores; exigencias

52 físicas; expulsión.

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

## Introducción

77           En el más alto nivel de la competición futbolística, el rendimiento de los equipos  
78 suele verse afectado por el más mínimo detalle que puede implicar ventajas  
79 considerables en la búsqueda del éxito. Es relativamente habitual que los árbitros  
80 decidan expulsar a jugadores de fútbol a todos los niveles y en todas las competiciones  
81 y, por lo tanto, es probable que estos hechos puedan cambiar el resultado de los  
82 partidos.<sup>1</sup> Las decisiones de los árbitros de sacar tarjetas rojas son un hecho  
83 significativo que puede influir en el resultado de un partido.<sup>2</sup> Durante la temporada  
84 2022/23, por ejemplo, hubo 137 tarjetas rojas sacadas por los árbitros en LaLiga  
85 española (<https://www.laliga.com/>).

86           La literatura existente sugiere, como cabría esperar, que las tarjetas rojas  
87 provocan una disminución en el rendimiento del equipo sancionado, al tiempo que  
88 implican un aumento en el del equipo contrario, ya sea en términos de probabilidad de  
89 ganar el partido o en términos de goles esperados, puntos conseguidos o índice de  
90 anotación.<sup>3-5</sup> Sin embargo, la magnitud del efecto puede variar considerablemente. Una  
91 expulsión representa una desventaja que puede desencadenar un impulso negativo,  
92 disminuyendo la confianza en uno mismo, intensificando la desmoralización y  
93 perturbando la cohesión del equipo.<sup>6,7</sup> Según Badiella et al.<sup>2</sup> si se saca una tarjeta roja  
94 con 30 minutos de tiempo restante, el impacto esperado es de 0.39 goles si el jugador  
95 culpable pertenece al equipo visitante y de 0.50 si juega en el equipo local. Sin  
96 embargo, la diferencia relativa en los porcentajes de goles también se ve afectada por la  
97 diferencia de goles y la diferencia de jugadores amonestados, siendo ligeramente  
98 inferior para el equipo que va por delante si tiene más jugadores amonestados. Lago-  
99 Peñas et al.<sup>8</sup> descubrieron que jugar 11 contra 10 aumenta el tiempo de posesión, el  
100 número de pases totales, los pases cortos, el total de toques y el porcentaje de pases

101 acertados en comparación con jugar 11 contra 11. Los equipos aventajados también  
102 emplearon menos tiempo en la posesión del balón. Los equipos que jugaban con ventaja  
103 también pasaban menos tiempo defendiendo. Esto sugiere una pronunciada influencia  
104 en la dinámica de equipo, con el equipo aventajado disfrutando de un mayor control y  
105 precisión en su juego. Por el contrario, el equipo que se enfrentaba a una desventaja  
106 numérica tras una tarjeta roja mostró un descenso en el rendimiento en diversas  
107 variables clave.

108 Aunque la investigación existente ha profundizado en varios aspectos del  
109 impacto de las tarjetas rojas, el examen de su efecto sobre el rendimiento en el  
110 desarrollo del partido sigue sin explorarse. Hasta donde sabemos, sólo Carling y  
111 Bloomfield<sup>9</sup> han examinado los efectos de una expulsión temprana (después de 5  
112 minutos de juego) sobre el ritmo de trabajo en un partido de fútbol profesional. Sus  
113 resultados sugieren que jugar con diez jugadores conduce a una mayor distancia total  
114 (en inglés TD = Total Distance) recorrida de lo normal (particularmente en actividades  
115 de intensidad moderada) revelando tiempos de recuperación más cortos entre  
116 actividades de alta intensidad. Además, este estudio sugiere que en escenarios de 11  
117 contra 11, los jugadores podrían no utilizar siempre todo su potencial físico, ya que son  
118 capaces de aumentar su ritmo de trabajo total cuando se reducen a 10 jugadores. Sin  
119 embargo, la escasez de datos -sólo se examinó un partido- y la ausencia de otras  
120 variables, como la posición de juego y el contexto del partido, hacen que estos  
121 resultados no sean concluyentes.

122 El presente estudio pretende abordar la laguna existente ofreciendo un análisis  
123 más exhaustivo del impacto de las tarjetas rojas en el rendimiento en carrera del partido  
124 en el fútbol de élite. El presente estudio se basa en una muestra muy amplia de partidos  
125 y, además, se ha tenido en cuenta el impacto de otras variables como el lugar del

126 partido, el estado del partido, el minuto en el que se muestra la tarjeta roja y la posición  
127 específica de los jugadores. Nuestras hipótesis sugieren que el impacto de las tarjetas  
128 rojas varía significativamente en función del minuto del partido en el que se muestran y  
129 del contexto del partido, y que este efecto difiere en función de las posiciones  
130 específicas de los jugadores.

## 131 **Método**

### 132 **Muestra**

133 La muestra se compuso de 14.938 observaciones de partidos individuales de 515  
134 jugadores de fútbol profesional que compitieron en la Primera División española ( $n =$   
135 760 partidos) durante la temporada 2021/22. Se incluyeron todos los jugadores que  
136 participaron en los partidos (titulares y no titulares), excepto los jugadores que  
137 disputaron menos de 10 minutos durante los partidos, ya que se observó que los valores  
138 medios obtenidos de estos jugadores eran superiores a la media del equipo.<sup>10</sup> Los  
139 porteros no se incluyeron en el análisis debido a su función específica durante el juego.  
140 Los futbolistas se clasificaron según su posición de juego en cinco grupos: centrales (en  
141 inglés CD = Central Defenders;  $n = 2.819$  observaciones), laterales (en inglés WD =  
142 Wide Defenders;  $n = 2.822$  observaciones); mediocentros (en inglés CM = Central  
143 Midfielders;  $n = 4.435$  observaciones); medios laterales (en inglés WM = Wide  
144 Midfielders;  $n = 2.571$  observaciones); Delanteros (en inglés FW = Forwards;  $n = 2.291$   
145 observaciones). Los datos se obtuvieron de la Liga de Fútbol Profesional española  
146 (LaLiga), que permitió el uso de las variables incluidas en esta investigación. De  
147 acuerdo con las directrices éticas de LaLiga, esta investigación no incluye información  
148 que identifique a los futbolistas (Asamblea General de LaLiga, 2019). El estudio recibió  
149 la aprobación del Comité de Bioética de la universidad del primer autor (número de  
150 solicitud 239/2019).

151 **Variables**

152 **Tarjetas rojas.** Para examinar la influencia de las tarjetas rojas en cada partido,  
153 recopilamos las tarjetas rojas que han recibido los equipos. Así, los diferentes  
154 escenarios de superioridad o inferioridad durante los partidos (0: 11 contra 11, +1: 11  
155 contra 10, -1: 10 contra 11) se consideraron mediante una variable categórica.

156 **Minuto de competición** (*Minutos*). Para considerar la influencia de las tarjetas  
157 rojas sobre el tiempo de juego, se tuvo en cuenta el tiempo del reloj cuando un equipo  
158 recibía una tarjeta roja. Para crear esta variable, el minuto de una expulsión en cada  
159 partido se centró en la media de todos los partidos (es decir, la media general). Esta  
160 variable se considera continua y se registra en minutos.

161 **Localización del partido.** La ventaja local es un fenómeno omnipresente en el  
162 fútbol.<sup>11</sup> La variable de localización del partido identifica si un equipo juega como local  
163 (H) o como visitante (A).

164 **Estado del partido** (*Marcador*). Se ha incluido como variable cuantitativa el  
165 resultado final con respecto al estado del partido cuando los equipos han recibido una  
166 tarjeta roja. El objetivo de incluir esta variable es examinar las diferencias en las  
167 exigencias físicas del partido cuando un equipo recibe una tarjeta roja y la evolución del  
168 marcador en diferentes escenarios. Esta variable se ha incluido como variable  
169 cuantitativa (-1: empeorar; 0: mantener; +1: mejorar) y siempre se consideró al equipo  
170 con desventaja numérica. Así, un equipo que recibió una tarjeta roja cuando iba  
171 empatando, y finalmente consigue la victoria tras la expulsión de un jugador, mejoró su  
172 marcador.

173 **Exigencias físicas del partido.** La distancia recorrida por los futbolistas fue  
174 analizada por Mediacoch a diferentes rangos de velocidad: carrera a alta velocidad (en  
175 inglés HSR = High Speed Running,  $> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y carrera a velocidad de sprint (en

176 inglés Sprint,  $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). La variable TD (en inglés Total Distance) corresponde a la  
177 suma de todas las distancias recorridas por los jugadores por minuto. Asimismo, se  
178 analizó el número de sprints ( $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) realizados por minuto. Los valores absolutos  
179 de las variables de demanda física de los partidos se normalizaron a valores relativos  
180 por unidad de tiempo (es decir,  $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ) para considerar las posibles diferencias en el  
181 tiempo total de juego de los futbolistas. Se registraron todos los esfuerzos que  
182 implicaron un movimiento mínimo de un metro, que se mantuvo durante un mínimo de  
183 1 segundo.

#### 184 **Procedimiento**

185 Los datos de las demandas físicas de los partidos se obtuvieron mediante un  
186 sistema de seguimiento óptico computarizado multicámara TRACAB (ChyronHego  
187 VID, Nueva York, NY) gestionado desde la aplicación Mediacoach (LaLiga, Madrid,  
188 España). Este sistema de seguimiento multicámara consta de 8 cámaras super 4K de alto  
189 rango dinámico basadas en un sistema de posicionamiento (Tracab - ChyronHego VTS)  
190 que filman desde varios ángulos y analizan las posiciones X e Y de cada jugador con  
191 una frecuencia de muestreo de 25 Hz. La validez y fiabilidad de este sistema para las  
192 variables utilizadas se han investigado previamente<sup>12-14</sup> e informaron de fuertes  
193 correlaciones ( $r > .80$ ) y altos coeficientes de correlación intraclase ( $r > .75$ ) entre el  
194 sistema de seguimiento multicámara Mediacoach y el Sistema de Posicionamiento  
195 Global. Además, se observaron SE de estimación pequeños ( $< 0,30$ ) a moderados ( $>$   
196  $0,60$ ) en todas las categorías de velocidad utilizadas en este estudio.

#### 197 **Análisis estadístico**

198 Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando R-Studio.<sup>15</sup> Teniendo en  
199 cuenta las características de la muestra, organizada jerárquicamente, anidada en grupos

200 y con una estructura longitudinal, consideramos que el mejor procedimiento para  
201 analizar los datos es mediante modelos lineales mixtos (MLM).

202 Los LMM han demostrado su capacidad para hacer frente a datos  
203 desequilibrados y de medidas repetidas.<sup>16</sup> Por ejemplo, las variables de rendimiento en  
204 carrera de los partidos están anidadas en jugadores (es decir, cada jugador tiene un  
205 registro para cada partido en el que ha participado, y cada partido tiene observaciones  
206 de varios jugadores). Los jugadores, a su vez, también están anidados en diferentes  
207 equipos cada temporada. Así pues, los modelos multinivel de clasificación cruzada son  
208 adecuados para estructuras de datos que no son puramente jerárquicas. En consecuencia,  
209 se aplicó una estrategia general de modelos multinivel en la que Heck y Thomas<sup>16</sup>  
210 incluyeron efectos fijos y aleatorios en diferentes pasos.

211 Así, se utilizaron LMM para analizar la influencia de las tarjetas rojas en la  
212 actividad de los jugadores a lo largo del tiempo de juego. En primer lugar, se realizaron  
213 diferentes modelos para cada una de las variables dependientes (es decir, distancias  
214 recorridas a diferentes umbrales de velocidad), introduciendo como efectos fijos los  
215 diferentes escenarios de superioridad o inferioridad durante los partidos (es decir, 11 vs  
216 11, 11 vs 10, 10 vs 11), la posición específica de los futbolistas (i.e., CD, WD, CM,  
217 WM, y FW), la localización del partido (i.e., en casa o fuera), y el estado del partido de  
218 los equipos en desventaja numérica (i.e., empeorar, mantener, y mejorar). La variable  
219 jugador de fútbol se consideró como efectos aleatorios en el análisis. Siguiendo el  
220 procedimiento propuesto por Heck y Thomas,<sup>16</sup> se crearon modelos con diferentes  
221 efectos aleatorios (interceptos y pendiente) para cada variable.

222 Por último, para examinar la influencia de los minutos de emisión de tarjetas  
223 rojas en la actividad de los jugadores a lo largo del tiempo de juego, la hora del reloj en  
224 la que un equipo recibió una tarjeta roja se centró en la media de todos los partidos en

225 los que se mostró una tarjeta roja (es decir, la media general). Así, se probó un nuevo  
226 modelo que incluía el minuto centrado como variable predictora de las variables de  
227 rendimiento en carrera del partido. Además, sólo se consideraron los equipos con  
228 ventaja y desventaja numérica como efectos fijos. La variable jugador de fútbol también  
229 se consideró como efectos aleatorios en el análisis. Todos los valores se representaron  
230 como coeficientes y error estándar (Coeff  $\pm$  SE). La significación estadística se fijó en  $p$   
231  $< 0,05$ .

## 232 **Resultados**

### 233 **Influencia de las tarjetas rojas en el rendimiento del partido y la posición de juego**

234 La Tabla 1 presenta las diferencias en el rendimiento en carrera del partido a  
235 través de diferentes escenarios (es decir, 11 vs 11, 10 vs 11, 11 vs 10) categorizados por  
236 posiciones de juego. En general, los equipos con un jugador de fútbol adicional  
237 cubrieron significativamente menos TD en comparación con los equipos que  
238 experimentaron la expulsión de un jugador (es decir, un jugador menos;  $p < .05$ ) y los  
239 partidos sin expulsión de jugadores ( $p < .001$ ). Además, realizaron un menor número de  
240 esprints en comparación con los equipos con expulsión de un jugador ( $p < .05$ ).

241 \*\*\*\*Ver Tabla 1 en artículo original\*\*\*\*

242 Considerando las posiciones de juego, CD y CM cubrieron significativamente  
243 menos TD cuando los equipos tenían un jugador extra en comparación con partidos sin  
244 expulsiones de jugadores ( $p < .05$ , y  $p < .01$ , respectivamente). Además, WD realizó un  
245 mayor número de esprints cuando los equipos experimentaron la expulsión de un  
246 jugador en comparación con los partidos sin expulsión de jugadores ( $p < .05$ ). Además,  
247 WM cubrió significativamente más TD en los partidos sin expulsiones de jugadores en  
248 comparación con los equipos que experimentaron una expulsión de jugadores ( $p < .05$ )  
249 y los equipos con un jugador de fútbol adicional ( $p < .05$ ). Por último, la TD recorrida

250 por FW fue significativamente menor cuando los equipos tenían un jugador de fútbol  
251 adicional en comparación con los equipos que experimentaron la expulsión de un  
252 jugador ( $p < 0,05$ ) y los partidos sin expulsión de jugadores ( $p < 0,05$ ).

### 253 **Diferencias de rendimiento en la ejecución de partidos entre distintos escenarios** 254 **según la ubicación del partido**

255 La Tabla 2 presenta las diferencias en el rendimiento en carrera en los partidos  
256 entre los equipos con un jugador de fútbol adicional y los que no lo tienen, en función  
257 del lugar del partido. Para los partidos fuera de casa, aunque los equipos con un jugador  
258 de fútbol adicional cubrieron mayor TD, HSR, distancia Sprint y número de sprints que  
259 los que no, el análisis no reveló diferencias significativas en las métricas de rendimiento  
260 entre los equipos con un jugador extra y los que recibieron una tarjeta roja. En los  
261 partidos jugados en casa, los equipos que recibieron una tarjeta roja realizaron un TD  
262 significativamente mayor que los que tenían un jugador extra ( $p < 0,001$ ). Sin embargo,  
263 no se encontraron diferencias significativas entre ambos equipos en HSR, distancia  
264 Sprint y número de esprints.

265 \*\*\*\*Ver Tabla 2 en artículo original\*\*\*\*

### 266 **Diferencias de rendimiento en la ejecución de partidos entre distintos escenarios** 267 **según el estado del partido**

268 La Tabla 3 presenta las diferencias en el rendimiento en la ejecución del partido  
269 entre los equipos con un futbolista adicional y los que no lo tienen, basándose en el  
270 resultado final de los equipos con desventaja numérica tras la expulsión de un jugador.

271 Para los equipos que recibieron una tarjeta roja, el análisis reveló diferencias  
272 significativas en las métricas de rendimiento basadas en los cambios en el marcador  
273 final. En concreto, cuando el marcador mejoró, estos equipos cubrieron  
274 significativamente menos TD en comparación tanto con el empeoramiento ( $p < 0,001$ )

275 como con el mantenimiento del marcador ( $p < 0,01$ ). Además, el número de sprints fue  
276 significativamente inferior en los casos de mejora de la puntuación en comparación con  
277 los de empeoramiento ( $p < 0,01$ ).

278 \*\*\*\*Ver Tabla 3 en artículo original\*\*\*\*

279 Por el contrario, en el caso de los equipos con un jugador más tras una  
280 expulsión, también se observaron diferencias significativas en el rendimiento en carrera  
281 del partido en función de los cambios en el marcador final. En concreto, la TD fue  
282 significativamente inferior en los partidos en los que los equipos con desventaja  
283 numérica mejoraron el marcador en comparación tanto con el empeoramiento ( $p <$   
284  $0,001$ ) como con el mantenimiento del marcador ( $p < 0,001$ ). La HSR también fue  
285 significativamente menor en los partidos en los que los equipos con desventaja  
286 numérica mejoraron el marcador en comparación con el mantenimiento del marcador ( $p$   
287  $< 0,01$ ). Además, la distancia del sprint fue significativamente menor en los casos de  
288 mejora de la puntuación en comparación tanto con el empeoramiento ( $p < 0,05$ ) como  
289 con el mantenimiento de la puntuación ( $p < 0,05$ ). Por último, el número de sprints fue  
290 significativamente mayor en los partidos en los que los equipos tenían desventaja  
291 numérica en comparación tanto con el empeoramiento ( $p < 0,06$ ) como con la mejora de  
292 la puntuación ( $p < 0,01$ ).

### 293 **Influencia del minuto de tarjeta roja en el rendimiento del partido**

294 La Figura 1 presenta los resultados del LMM aplicado para evaluar el impacto  
295 de la emisión de tarjetas rojas y el momento en que se recibió una tarjeta roja sobre el  
296 rendimiento en carrera del partido. El modelo demuestra una influencia estadísticamente  
297 significativa de las tarjetas rojas y los minutos de la expulsión, así como de sus  
298 interacciones, en diversas métricas de rendimiento. En concreto, los equipos con ventaja  
299 numérica (es decir, 11 frente a 10 jugadores) mostraron una reducción significativa de la

300 TD ( $p < 0,01$ ). Los minutos de las tarjetas rojas tuvieron un efecto negativo y no  
301 significativo en la TD, HSR y distancia Sprint; y un efecto negativo y significativo en el  
302 número de sprints en los equipos con desventaja numérica. Por el contrario, los minutos  
303 de las tarjetas rojas tuvieron un efecto positivo en TD ( $p < .01$ ), HSR ( $p < .01$ ), distancia  
304 Sprint ( $p < .05$ ), y el número de sprints ( $p < .001$ ) en los equipos con un jugador de  
305 fútbol extra.

306 \*\*\*\*Ver Figura 1 en artículo original\*\*\*\*

## 307 **Discusión**

308 Faltan estudios que examinen la influencia de las tarjetas rojas en el rendimiento  
309 en carrera de los partidos de fútbol de élite. En consecuencia, el objetivo del presente  
310 estudio fue analizar, utilizando una muestra muy amplia de partidos e incluyendo otras  
311 variables contextuales del partido, las diferencias en la distancia recorrida a varios  
312 umbrales de velocidad por los equipos con un jugador adicional y los que no lo tienen.

### 313 **Influencia de las tarjetas rojas en el rendimiento en carrera del partido**

314 Los resultados del análisis LMM subrayan el impacto significativo de las tarjetas  
315 rojas en el rendimiento en carrera de los partidos de fútbol de élite. En particular, los  
316 equipos que juegan con ventaja numérica (11 frente a 10 jugadores) mostraron una  
317 disminución significativa de la TD. Por el contrario, los equipos con inferioridad  
318 numérica (10 frente a 11 jugadores) mostraron una tendencia opuesta, lo que indica una  
319 influencia positiva en estas métricas de rendimiento. Estos resultados coinciden con los  
320 aportados por Carling y Bloomfield.<sup>9</sup>

321 Además, el estudio profundizó en los factores adicionales que influyen en las  
322 variaciones observadas en el rendimiento en carrera.<sup>17</sup> El momento de la emisión de la  
323 tarjeta roja, el lugar del partido y los minutos jugados después de la tarjeta roja se  
324 identificaron como factores que contribuyen significativamente. El momento de la

325 emisión de la tarjeta roja influyó negativamente en los equipos con desventaja numérica  
326 y positivamente en los equipos con un jugador más. Así, mientras que el minuto de  
327 tarjetas rojas recibidas aumenta, los equipos con un futbolista extra incrementan las  
328 distancias recorridas en el tiempo. Especialmente destacable es el efecto de la  
329 localización del partido, ya que los equipos que juegan en casa y disfrutan de ventaja  
330 numérica muestran una disminución significativa en el rendimiento en carrera del  
331 partido en comparación con los equipos visitantes que se enfrentan al escenario de 11  
332 contra 10 jugadores. Estos hallazgos sugieren que la ventaja numérica y de jugar en casa  
333 podría implicar una comodidad psicológica asociada con jugar en un entorno familiar,  
334 sentimientos de relajación o la percepción de que el partido ya está ganado, lo que lleva  
335 a una disminución del rendimiento físico de los jugadores.<sup>18,19</sup> Curiosamente, los  
336 resultados del estudio actual no apoyan el concepto establecido de la ventaja de jugar en  
337 casa en los deportes, apoyado por investigaciones anteriores.<sup>11,20</sup> Por otro lado, los  
338 equipos con superioridad numérica (11 frente a 10 jugadores) mostraron un mayor  
339 rendimiento en carrera en los partidos fuera de casa, tal vez porque intentaron  
340 aprovechar la superioridad numérica y alcanzaron su máxima capacidad física para  
341 ganar el partido.<sup>17</sup>

#### 342 **Diferencias en las exigencias físicas de los partidos según los escenarios**

343 El examen de las diferencias en el rendimiento en carrera del partido en función  
344 del resultado final tras la expulsión de un jugador añade una capa adicional de  
345 complejidad a la comprensión de los escenarios de tarjetas rojas. El análisis de los  
346 equipos con un jugador de más tras la expulsión de un jugador puso de manifiesto  
347 variaciones significativas en el rendimiento en carrera del partido en función de los  
348 cambios en el resultado final. En particular, cuando los equipos que recibieron una  
349 tarjeta roja mejoraron el marcador, los equipos con un jugador extra cubrieron

350 significativamente menos TD, HSR, distancia de sprint y número de sprints en  
351 comparación con las situaciones en las que el marcador se mantuvo o mejoró. Estos  
352 resultados sugieren que la ventaja de jugar con un jugador adicional puede,  
353 paradójicamente, volverse en contra de los jugadores. La percepción de que el partido  
354 ya está ganado puede tener un efecto psicológico negativo, llevando a una disminución  
355 del rendimiento físico de los jugadores.<sup>18,19</sup> Desde un punto de vista psicológico, la  
356 necesidad de empatar o ganar el partido podría implicar altos valores de carga mental y  
357 fatiga en los futbolistas, influyendo negativamente en el rendimiento de los jugadores y  
358 llevando a una disminución del rendimiento en carrera del partido.<sup>21</sup>

359         Por el contrario, jugar con un jugador menos puede tener consecuencias tanto  
360 positivas como negativas para los equipos, y el resultado depende de cómo los equipos  
361 gestionen estas situaciones. En este sentido, los equipos con desventaja numérica que  
362 mejoran o mantienen el marcador intentan mantener la ventaja del partido jugando cerca  
363 del otro y contraatacando,<sup>22</sup> lo que conduce a una menor distancia recorrida. Además,  
364 estos equipos intentan hacerse con el control del partido con muchas interrupciones del  
365 juego, lo que implica un menor tiempo efectivo de juego, y lo que podría estar  
366 relacionado con una disminución del rendimiento en carrera del partido.<sup>23</sup> Desde un  
367 punto de vista práctico, parece crucial que los equipos dispongan de los recursos  
368 necesarios para que una expulsión del equipo contrario no les repercuta negativamente.  
369 El riesgo de que una expulsión se vuelva en contra de un equipo está estrechamente  
370 relacionado con el control de la activación de los jugadores, la realización de un trabajo  
371 preventivo para adquirir respuestas individuales y grupales adecuadas en los momentos  
372 de crisis, el establecimiento de objetivos específicos para el resto del partido y tener  
373 entrenadas respuestas técnico-tácticas bien definidas para cada escenario de partido.

374 **Diferencias en la exigencia física contextualizada del partido según la posición de**  
375 **juego**

376 En general, los resultados revelaron que los equipos con un jugador adicional  
377 cubren significativamente menos TD y realizan un menor número de esprints en  
378 comparación con los escenarios que implican la expulsión de un jugador. Este resultado  
379 inesperado sugiere que tener un jugador extra podría introducir una dinámica única que  
380 afecta a la producción general de carrera del equipo. En este sentido, la investigación ha  
381 informado de que jugar en situaciones más cómodas podría disminuir las distancias  
382 recorridas por los equipos.<sup>24</sup> Además, se ha demostrado que el rendimiento en carrera  
383 durante el partido aumenta con el tiempo de juego efectivo,<sup>23</sup> y se puede suponer que  
384 después de una expulsión habrá menos tiempo de juego efectivo, por lo que el  
385 rendimiento en carrera disminuiría.

386 En cuanto a las posiciones de juego, CD y CM muestran una disminución  
387 significativa de la TD cuando su equipo tiene un jugador más. La disminución  
388 observada en el rendimiento físico de CD y CM cuando su equipo tiene un jugador más  
389 puede atribuirse a diversas consideraciones estratégicas, entre ellas que el equipo  
390 contrario adopte un estilo de juego más defensivo. El equipo contrario, enfrentado a una  
391 desventaja numérica, podría adoptar una postura defensiva para minimizar el impacto de  
392 tener un jugador menos. Este planteamiento defensivo podría limitar las oportunidades  
393 de ataque del equipo con desventaja numérica, afectando al rendimiento general en  
394 carrera de CD y CM. En este sentido, nuestros resultados están en consonancia con  
395 Andrzejewski et al,<sup>25</sup> que informaron de que CD y CM no siempre utilizaban su  
396 capacidad física máxima durante los partidos ganados o en situaciones cómodas. El  
397 estudio también destaca que WM, y FW cubrieron significativamente menos distancia  
398 total cuando su equipo tiene un jugador extra. Esto sugiere que, independientemente de



424 debido a la expulsión de un jugador. La comprensión de las demandas físicas  
425 específicas y los niveles potenciales de fatiga asociados con jugar con 10 jugadores  
426 puede guiar a los entrenadores en la adaptación de los protocolos de recuperación para  
427 hacer frente a las necesidades únicas de los equipos en tales circunstancias. Además, el  
428 reconocimiento de que los equipos con 10 jugadores pueden experimentar mayores  
429 niveles de fatiga sugiere una oportunidad para que los entrenadores implementen  
430 alteraciones tácticas durante los partidos. Este enfoque puede ayudar a mitigar el  
431 impacto de la fatiga, reduciendo potencialmente el riesgo de lesiones por sobrecarga y  
432 mejorando el rendimiento general del equipo. Armados con este conocimiento, los  
433 entrenadores pueden tomar decisiones informadas sobre sustituciones, ajustes  
434 estratégicos y posicionamiento de los jugadores para optimizar las posibilidades de  
435 éxito del equipo a pesar de la inferioridad numérica. Además, la información obtenida  
436 en este estudio tiene implicaciones para la planificación general de las sesiones de  
437 entrenamiento y las estrategias de los partidos. Los entrenadores pueden incorporar  
438 objetivos de preparación física y planes tácticos específicos para preparar a los equipos  
439 para los retos que plantea la inferioridad numérica, asegurándose de que los jugadores  
440 estén bien condicionados y mentalmente preparados para enfrentarse a esos escenarios  
441 con eficacia.

## 442 **Conclusiones**

443 En el fútbol de élite, las tarjetas rojas tienen un impacto significativo en el  
444 rendimiento en carrera del partido, ya que los equipos en superioridad numérica (es  
445 decir, 11 frente a 10 jugadores) recorren menos TD y realizan menos esprints. El  
446 análisis específico de cada posición revela que CD y CM mostraron un menor  
447 rendimiento físico con un jugador extra, posiblemente debido a que los equipos  
448 contrarios adoptaron una postura defensiva. Los equipos locales con un jugador extra

449 muestran peores métricas, a diferencia del concepto de ventaja local. Inesperadamente,  
450 los equipos con un jugador extra pueden experimentar un rendimiento disminuido  
451 cuando los equipos en desventaja numérica mejoran el marcador, lo que sugiere un  
452 impacto psicológico potencial y negativo. Por último, la emisión de tarjetas rojas tuvo  
453 un efecto negativo en los equipos con desventaja numérica, y un efecto positivo en los  
454 equipos con un futbolista extra. Los entrenadores deben considerar los ajustes tácticos y  
455 reconocer las implicaciones psicológicas de las ventajas numéricas para una gestión  
456 eficaz del juego.

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

## Referencias

476

\*\*\*\*Ver referencias en artículo original\*\*\*\*



OPEN

## The relationship between running distance and coaches' perception of team performance in professional soccer player during multiple seasons

J. C. Ponce-Bordón<sup>1</sup>, T. García-Calvo<sup>1</sup>✉, J. M. Candela-Guardiola<sup>1</sup>, F. R. Serpiello<sup>2</sup>, R. López del Campo<sup>3</sup>, R. Resta<sup>3</sup> & J. J. Pulido<sup>1,4</sup>

This study analyzed how the physical movement profile of soccer matches evolved throughout a season by assessing the variability of different metrics depending on the season phase. In addition, the evolution of running distances was investigated in the relation to the team performance based on the coaches' perception. Games from four consecutive Spanish LaLiga seasons ( $n=1520$ ) were recorded using an optical tracking system (i.e., ChyronHego). Total distance (TD), distance covered between 14 and 21 km h<sup>-1</sup> (MIRD), 21–24 km h<sup>-1</sup> (HIRD), and > 24 km h<sup>-1</sup> (VHIRD) were analyzed, as well as the number of efforts between 21 and 24 km h<sup>-1</sup> (Sp21) and > 24 km h<sup>-1</sup> (Sp24). Seasons were divided into four phases (P): P1 (matches 1–10), P2 (11–19), P3 (20–29), and P4 (30–38). Linear mixed models revealed that soccer players covered significantly greater distances and completed a higher number of sprints in P2 and P3. Also, team performance evaluated by soccer coaches was positively related to TD, HIRD, VHIRD and Sp21 in P1. A negative relationship was observed between team performance and distance covered at speeds below 21 km h<sup>-1</sup> in P2 and P3. Team performance was negatively related to TD, MIRD, and HIRD, and Sp21 in P4. As conclusion, the team performance perceived by coaches is related to the movement profile throughout a season, and it significantly influences the evolution of soccer players' movement profiles. Specifically, it seems that the players of the best teams have the best physical performance at the beginning of the season with respect to the rest of the phases.

In soccer, new technological advances have contributed to create new knowledge regarding the movement profiles during matches<sup>1</sup>. This has allowed to establish relationships between match movement profiles and different contextual-related variables<sup>2,3</sup>, for example final ranking or quality opponent<sup>4</sup>. For example, the top-ranked teams of the Spanish First Division covered significantly greater distance than the other teams belonging to First and Second Division<sup>5</sup>, they recorded a greater distance with the ball than the less successful teams<sup>6</sup>, and they show a better shooting accuracy while attacking and less shots conceded while defending<sup>7</sup>. Also, in the Brazilian National 2nd Division League, the top-ranked teams covered greater total distance (TD), high-speed running distance, number of sprints and high-acceleration than the bottom-ranked teams<sup>8</sup>. Similar results have been found establishing a positive relationship between sprinting actions and the top-ranked teams<sup>9</sup>. Concerning the final match status, elite international female soccer players covered greater total distance and performed higher number of sprints efforts when winning in comparison with drawing or losing<sup>10</sup>. During the 2018 FIFA World Cup, total distance and total distance covered sprinting were greater when the teams won<sup>11</sup>. Deeper analysis confirmed that winning was associated with greater total distance covered at high-intensity by wide-midfielders and forwards<sup>12</sup>. However there also exist conflicting results<sup>13</sup>, and it would be necessary to develop longitudinal analysis about team performance to analyze the evolution of team performance across seasons<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, C/ Avenida de La Universidad, s/n, C.P.: 10003 Cáceres, Spain. <sup>2</sup>Institute for Health and Sport (IHES), Victoria University, Footscray, Australia. <sup>3</sup>LaLiga Sport Research Section, Madrid, Spain. <sup>4</sup>Faculty of Education and Psychology, University of Extremadura, Badajoz, Spain. ✉email: tgarcia@unex.es

For that purpose, it would be interesting to analyze whether the teams with different final performance have different match movement profiles across the season. To this extent, it is known that movement profiles vary across a season<sup>14</sup>. Research supports that teams who reached a better final ranking covered greater total distances<sup>13</sup>. Also, Lago et al.<sup>15</sup> have indicated that the better the team performance at the beginning of the season, the better the ranking at the end of the season. In relation to the evolution of movement profiles within a season, it has been shown that a professional soccer team recorded the lowest TD during the preparation phase, whereas the greatest TD was achieved in mid-season (9000 vs 10,400 m)<sup>16</sup>. Similarly, it was found that high-intensity running distances were greater at the end of a season, with a trend from the preparation phase over the other phases of season. Similarly, Chmura et al.<sup>14</sup> divided the German Bundesliga season into six phases, finding that greatest TD covered was reached in the fourth phase of the season and the lowest TD in the sixth phase (10,580 vs 10,300 m). In addition, high-intensity running distance increased over the season until the fifth phase, then decreasing in the sixth phase (240 m vs 220 m). However, these studies exclusively analyzed match movement profiles across one season, and they have not considered the relationship between match movement profiles and final team performance.

Based on the gaps of the aforementioned studies, we aimed to analyze (i) how the match movement profiles evolve within season (ii) and across seasons (into four different phases), and (iii) how running distance variables could be related to the coaches' perceptions of team performance. To this extent, the use of final ranking to quantify team performance may not seem a good indicator due to the multi-faceted nature of soccer and the initial different goals of teams according their budget and characteristics<sup>4,17</sup>. For that reason, previous literature has used an alternative way of measuring the teams' success such as expected goals model<sup>18</sup>. In this study, we have used another teams' evaluation approach like coaches' perceptions of team performance, which have been previously considered useful<sup>19</sup>. Specifically, coaches were asked to assess the team performance considering the final ranking of each team at the end of each season. Additionally, they were informed about the budget and the characteristics regarding the players of each team. Considering these three main aspects, they rated the performance of each team in each season. Therefore, considering four consecutive seasons of Spanish LaLiga, this study aimed to analyze whether the relationship between team performance based on the expert coaches' team performance assessment and the evolution of movement profiles in different phases across season was similar among teams. Based on prior findings obtained by previous studies, the following hypotheses were proposed: (i) we considered that a variability between teams exists<sup>20</sup>; (ii) concerning the evolution on movement profiles, we expected that total distance, the distance covered at high intensity, and the number of very high-intensity running efforts would be higher in middle-season (Phase 2, and Phase 3)<sup>14,16</sup>; (iii) we expected that the best-teams recorded greater total distance and higher high-intensity running distance at the early-season than the bottom-ranked teams, since previous studies has shown that successful teams at early-season reached first positions in the final ranking<sup>15</sup>.

## Methods

**Participants and procedure.** The sample was composed of 1520 matches played by 80 professional soccer teams across four consecutive seasons of LaLiga (from 2015/2016 to 2018/2019). Two observations were collected per match, one from each team, resulting in a total of 2950 records (760 per season). A total of 90 (11.82%) recordings were excluded (2015/16 = 10 (1.31%); 2016/17 = 16 (2.10%); 2017/2018 = 35 (4.60%); 2018/19 = 29 (3.81%)) due to issues related to repeated signal loss by the system or adverse weather conditions during the match that hindered accurate data collection. Data were provided to the authors by LaLiga™ after four consecutive seasons were concluded (See supplementary file). All players were also informed about the study's protocol. Written informed consent was obtained from all the participants and from a parent and/or legal guardian for subjects under 18. The study received ethical approval from the University of Extremadura; Vice-Rectorate of Research, Transfer and Innovation—Delegation of the Bioethics and Biosafety Commission (Protocol number: 239/2019).

**Variables.** *Match movement profiles.* The distance covered by teams were analyzed with Mediacoach<sup>21,22</sup> in different speed ranges: total distance covered by teams in meters (i.e., TD); distance covered by teams between 14 and 21 km h<sup>-1</sup> (i.e., MIRD = Medium-intensity running distance); between 21 and 24 km h<sup>-1</sup> (i.e., HIRD = High-intensity running distance); and above 24 km h<sup>-1</sup> (i.e., VHIRD = Very high-intensity running distance), as well as the number of high-intensity efforts performed: number of very high-intensity running efforts between 21 and 24 km h<sup>-1</sup> (i.e., Sp21); and number of sprints > 24 km h<sup>-1</sup> (i.e., Sp24). Mediacoach is an analysis software utilising the tracking data provided from a third-party tracking system (ChyronHego), which consists of a series of super 4 K-High Dynamic Range cameras that film from several angles and analyze X and Y coordinates of each player. This instrument is also based on the correction of the semi-automatic video tracking system (the manual part of the process). The validity and reliability of the ChyronHego system have been previously tested by other studies<sup>21,23–26</sup>, reporting average measurement errors of 2% for total distance covered.

*Season phases.* Similar to previous research<sup>14</sup>, every season was split into four blocks of matches to allow for easier interpretation of the data. Specifically, according to the number of matches per season of Spanish LaLiga, every season was split into four phases: matches 1–10 (i.e., Phase 1 = P1), matches 11–19 (i.e., Phase 2 = P2), matches 20–29 (i.e., Phase 3 = P3), and matches 30–38 (i.e., Phase 4 = P4).

*Team performance perceived by experts' soccer coaches.* The performance of each team was evaluated by twenty soccer coaches with a minimum of five years of experience since obtaining their UEFA PRO qualification. Additionally, all coaches had coached professional teams for at least one full season and had no contractual relation-

Variables	TD (m)	MIRD 14–21 km h <sup>-1</sup> (m)	HIRD 21–24 km h <sup>-1</sup> (m)	VHIRD > 24 km h <sup>-1</sup> (m)	No. Sp 21–24 km h <sup>-1</sup>	No. Sp > 24 km h <sup>-1</sup>
	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff
<b>Fixed effects</b>						
Intercept	109,117***	22,428***	3018***	2904.66***	264.83***	161.02***
<b>Random effects</b>						
Residual	13,716,148***	3,143,788***	125,973***	200,424***	786.21***	427.77***
Intercept	5,285,581***	1,627,025***	23,308***	40,998***	166.70***	104.06***
ICC	0.28	0.34	0.16	0.17	0.17	0.20
AIC	57,021.31	52,701.91	43,132.01	44,506.99	28,185.80	26,402.45

**Table 1.** Unconditional model results of match movement profiles for Spanish soccer teams. *m* meters, *No.* number, *TD* total distance, *MIRD* medium-intensity running distance, *HIRD* high-intensity running distance, *VHIRD* very high-intensity running distance, *Sp21–24* Sprints between 21 and 24 km h<sup>-1</sup>, *Sp > 24* Sprints at speeds above 24 km h<sup>-1</sup>, *Coeff* coefficient, *ICC* Intraclass Correlation Coefficient, *AIC* Akaike Information Criteria. \**p* < 0.05, \*\**p* < 0.01, \*\*\**p* < 0.001.

Variables	TD (m)		MIRD 14–21 km h <sup>-1</sup> (m)		HIRD 21–24 km h <sup>-1</sup> (m)		VHIRD > 24 km h <sup>-1</sup> (m)		No. Sp 21–24 km h <sup>-1</sup>		No. Sp > 24 km h <sup>-1</sup>	
	Coeff	<i>p</i>	Coeff	<i>p</i>	Coeff	<i>p</i>	Coeff	<i>p</i>	Coeff	<i>p</i>	Coeff	<i>p</i>
<b>Fixed effects</b>												
Intercept Phase 1	108,423	bc***d*	21,640	bcd***	2887	bcd***	2775	bcd***	254.32	bcd***	154.63	bcd***
Phase 2 – Phase 1	1225	a***d**	1256	ad***	218	ad***	184	a***	17.69	ad***	10.12	a***d**
Phase 3–Phase 1	1049	a***d*	1253	ad***	203	ad***	194	a***d*	16.70	ad***	9.74	a***d**
Phase 4–Phase 1	591	a**b**c*	735	abc***	120	abc***	149	a***c*	8.97	abc***	6.48	a***b**c**
<b>Random effects</b>												
Residual variance	12,567,375	***	2,637,957	***	113,957	***	189,037	**	710.13	***	402.17	***
Intercept	5,014,165	***	1,569,324	***	22,322	***	39,744	**	160.91	***	102.19	***
Phases	1,210,464	***	299,740	***	5492	**	6697	**	31.32	**	11.23	*
AIC	56,883.53		52,335.87		428,908.71		443,381.72		28,052.62		26,351.19	
Chi Square	48.92		265.01		186.41		94.31		199.94		118.66	

**Table 2.** Linear mixed model results of match movement profiles by season phases for Spanish soccer teams. \**p* < 0.05, \*\**p* < 0.01, \*\*\**p* < 0.001—comparing the six models in the different phases of the season, *m* meters, *No.* number, *TD* total distance, *MIRD* medium-intensity running distance, *HIRD* high-intensity running distance, *VHIRD* very high-intensity running distance, *Sp21–24* Sprints between 21 and 24 km h<sup>-1</sup>, *Sp > 24* = Sprints at speeds above 24 km h<sup>-1</sup>, *Coeff.* Coefficient, a = differences with Phase 1; b = differences with Phase 2; c = differences with Phase 3; d = differences with Phase 4.

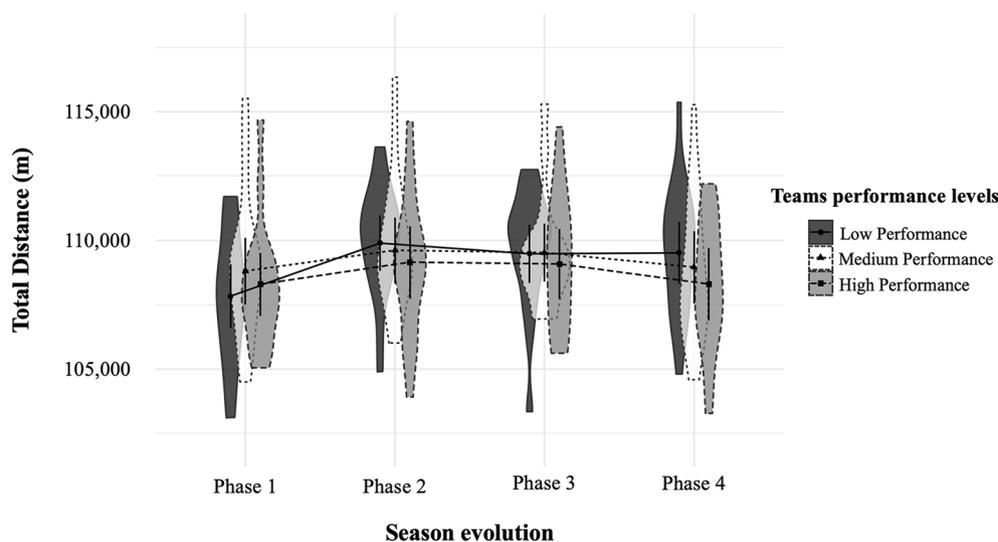
ship at the time of data collection with any of the teams which were included the current study. Once each season concluded, coaches individually evaluated the teams' performance considering three main elements: final ranking achieved by team in each season, team characteristics (e.g., quality of the players), and the total budget available provided by LaLiga. To this end, a protocol was followed to create the questionnaire used to gather the coaches' opinion. First, a panel of experts composed by three sport researchers individually proposed three aspects to assess the team performance. A think-aloud protocol of the three proposals was held to highlight the different points from the experts' perspective. Next, doubts and discrepancies between experts were discussed to arrive at consensual agreement on the final proposal<sup>27</sup>. Finally, the final version was reviewed and unanimously accepted, and coaches provided an individual score for each team and each season considering the three elements and using a 10-point Likert-type scale from 1 (*very low performance*) to 10 (*very high performance*). The ratings were then categorized into low performance (1–4), medium performance (5–7), and high performance (8–10). The intraclass correlation coefficient (*ICC*)—calculated to test inter-rater reliability was 0.92.

**Statistical analysis.** Data were analyzed using R Studio<sup>28</sup>. (i) Considering the hierarchical data structure (as matches were nested into teams), six unconditional models were analyzed (see Table 1) exclusively including dependent variables (i.e., match movement profiles variables). *ICC* showed values greater than 10% in all variables. (ii) Due to this reason, six linear mixed models were calculated (see Table 2) to compare the match movement profiles variables in the four phases considered (i.e., P1, P2, P3, and P4), including the intercept of the teams as random effects<sup>29</sup>.

(iii) Another linear mixed model was estimated for each dependent variable (see Table 3), with random intercepts and slopes. First, the different season phases (i.e., P1, P2, P3, and P4) were included as factor and team performance perceived by soccer coaches as covariate of match movement profiles variables<sup>30</sup>. Finally, to

Variables	TD (m)	MIRD 14–21 km h <sup>-1</sup> (m)	HIRD 21–24 km h <sup>-1</sup> (m)	VHIRD > 24 km h <sup>-1</sup> (m)	No. Sp 21–24 km h <sup>-1</sup>	No. Sp > 24 km h <sup>-1</sup>
	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff
<b>Fixed effects</b>						
Intercept						
Phase 1	108,424***	21,640***	2887***	2776***	254.35***	154.64***
Phase 2–Phase 1	1223***	1255***	218***	184***	17.67***	10.11***
Phase 3–Phase 1	1046**	1252***	203***	194***	16.69***	9.73***
Phase 4–Phase 1	588*	734***	120***	149***	8.95***	6.48***
Slope						
Soccer coaches' perception of team performance*Phase 1	108 <sup>†</sup>	20	22*	22 <sup>†</sup>	2.21*	1.22
Soccer coaches' perception of team performance*Phase 2	– 296*	– 117*	– 13	– 12	– 1.43	– 0.77
Soccer coaches' perception of team performance*Phase 3	– 240*	– 112 <sup>†</sup>	– 15	– 12	– 1.32	– 0.64
Soccer coaches' perception of team performance*Phase 4	– 428***	– 155**	– 25*	– 14	– 2.09**	– 0.84
<b>Random effects</b>						
Residual variance	12,568,737***	2,638,145***	113,970.92***	189,046***	710.23***	402.29***
Intercept	5,039,002***	1,570,447***	22,405.87***	39,587***	159.64***	101.82***
Slope	1,094,986***	287,206***	5223.16**	6845**	29.15**	11.24*
AIC	56,823.68	52,287.20	42,876.37	44,352.00	27,952.92	26,268.11
Chi Square	73.93	281.38	198.24	98.65	212.84	123.89

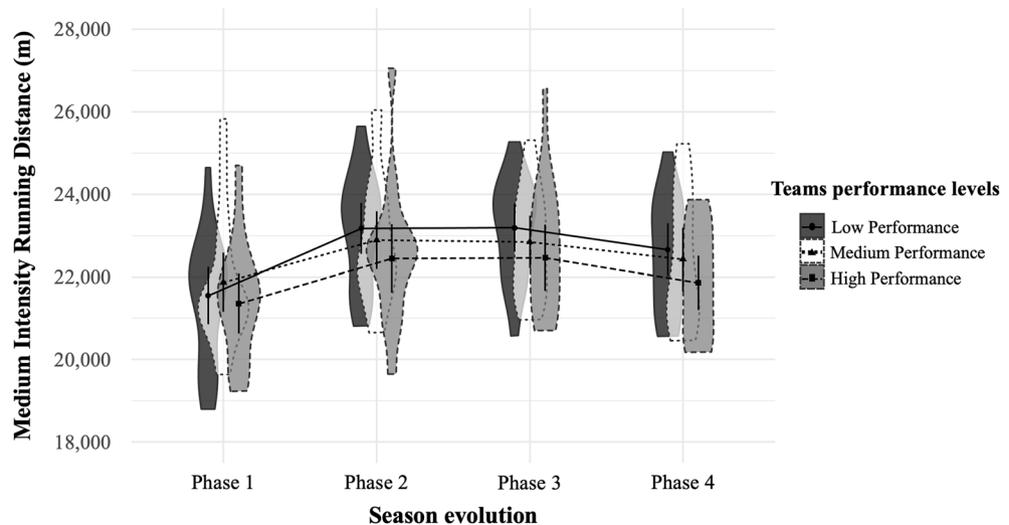
**Table 3.** Linear mixed model results of match movement profiles by team performance and season phases for Spanish soccer teams. *m* meters, *No.* number, *TD* total distance, *MIRD* medium-intensity running distance, *HIRD* high-intensity running distance, *VHIRD* very high-intensity running distance, *Sp21–24* Sprints between 21 and 24 km h<sup>-1</sup>, *Sp > 24* = Sprints at speeds above 24 km h<sup>-1</sup>, *Coeff.* Coefficient. <sup>†</sup>*p* < 0.07, \**p* < 0.05, \*\**p* < 0.01, \*\*\**p* < 0.001.



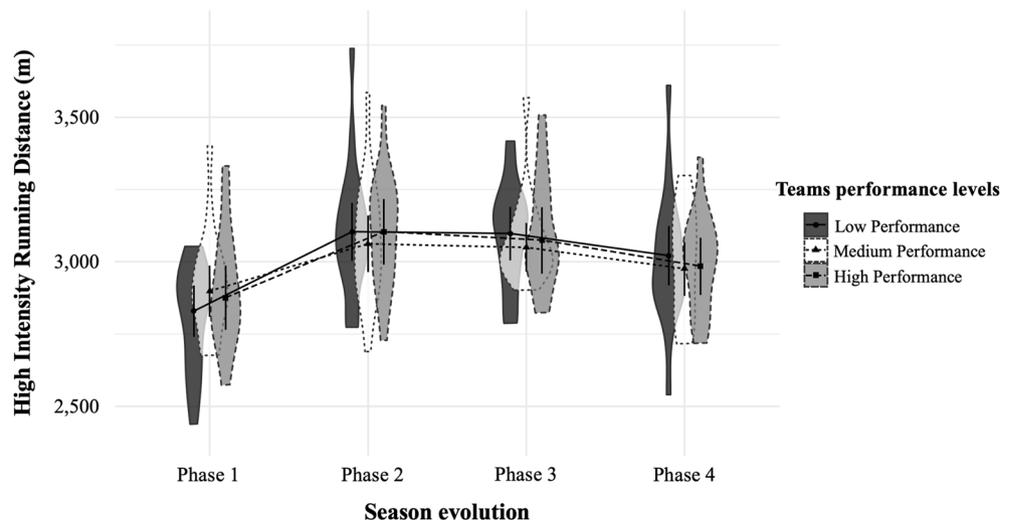
**Figure 1.** Total distance covered in meters ( $M \pm SD$ ) by teams with high, medium and low performance in the different phases of the seasons<sup>29</sup>. *m* meters.

facilitate a clearer interpretation of the results presented in Table 3 and through linear mixed model analysis, six figures (one for each dependent variable; see Figs. 1, 2, 3, 4, 5, 6) were represented. Specifically, we included the interaction between team performance perceived by experts (i.e., high, medium, and low team performance levels) and the different phases of the season (i.e., P1, P2, P3, and P4) on the different movement profiles ranges. These figures were performed using the 0.14.1 version of software JASP (<https://jasp-stats.org/>)<sup>31</sup>.

The Akaike Information Criteria (AIC) and Chi square were considered to compare the unconditional models with linear mixed models fit. AIC is an estimate of the mean log likelihood and provides a versatile procedure for



**Figure 2.** Medium intensity running distance ( $14\text{--}21\text{ km h}^{-1}$ ) covered in meters ( $M \pm SD$ ) by teams with high, medium and low performance in the different phases of the seasons<sup>29</sup>. *m* meters.



**Figure 3.** High intensity running distance ( $21\text{--}24\text{ km h}^{-1}$ ) covered in meters ( $M \pm SD$ ) by teams with high, medium and low performance in the different phases of the seasons<sup>29</sup>. *m* meters.

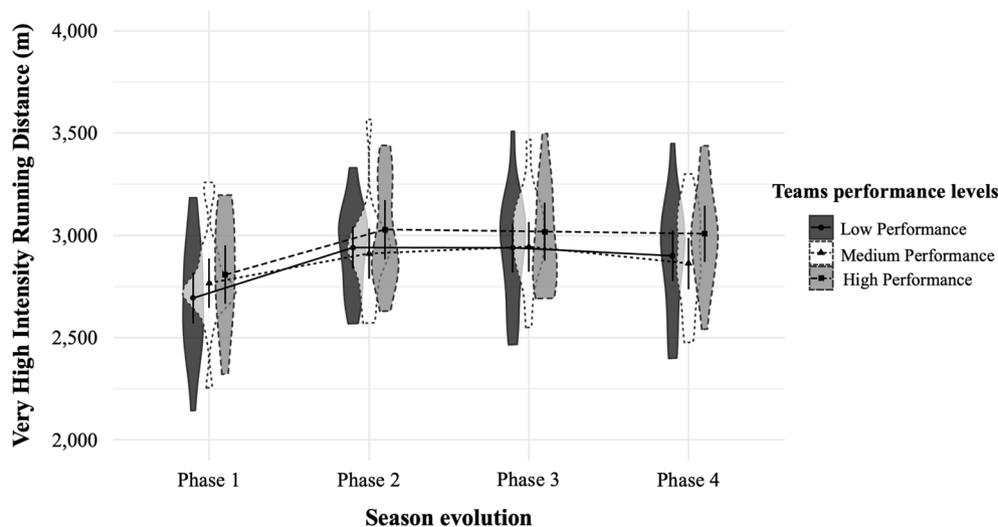
statistical model identification. The model goodness-of-fit is higher as the statistical value decreases<sup>32</sup>. Chi square provides information on the magnitude of the differences between the models. In all the variables analyzed, the best models were those that included perceived performance and the season phases.

**Ethics approval.** The procedure was carried out according to the guidelines and regulations provided by the institutional ethical approval (protocol number 239/2019).

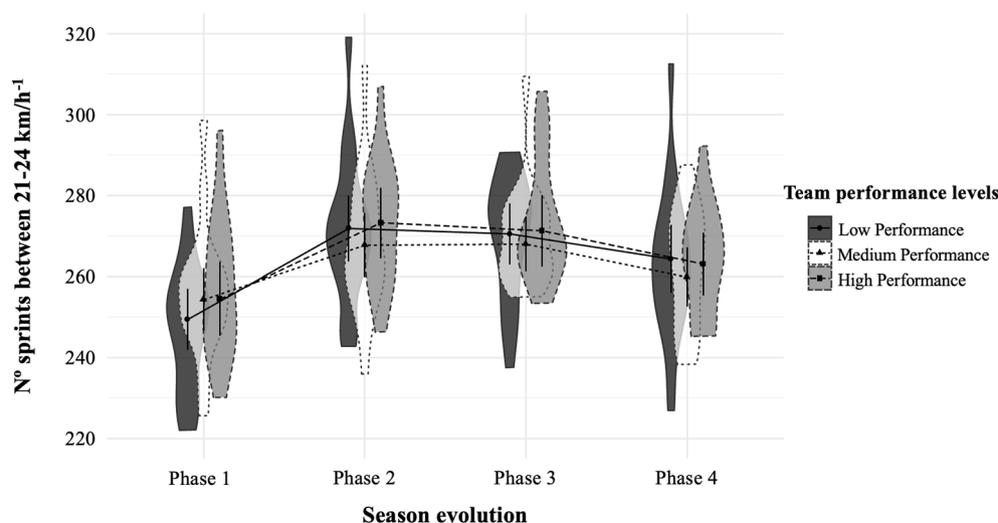
## Results

**Main analysis.** (i) Six unconditional models including the distances covered in the different speed ranges and the number of Sp2 and Sp24 were obtained (Table 1). Intercepts represent the estimated mean of each variable. For both fixed and random effects, significant variability was detected for all dependent variables ( $p < 0.001$ ).

(ii) Table 2 contains the linear mixed models including the distance covered and the number of sprints in different speed ranges considering the four phases in which each season was split (i.e., P1, P2, P3, and P4). Significant differences were found in all dependent variables when comparing P1 to the rest of phases ( $p < 0.05$ ). In particular, shorter distances in meters and a lower number of sprints in the different speed ranges were obtained in the first part of the season. Considering P2 and P3 as references, significant differences were also found compared to P4 in TD, MIRD, HIRD, VHIRD (not comparing P2 to P4) and in the number of Sp21 and Sp24



**Figure 4.** Very high-intensity running distance ( $> 24 \text{ km h}^{-1}$ ) covered in meters ( $M \pm SD$ ) by teams with high, medium and low performance in the different phases of the seasons<sup>29</sup>. *m* meters.

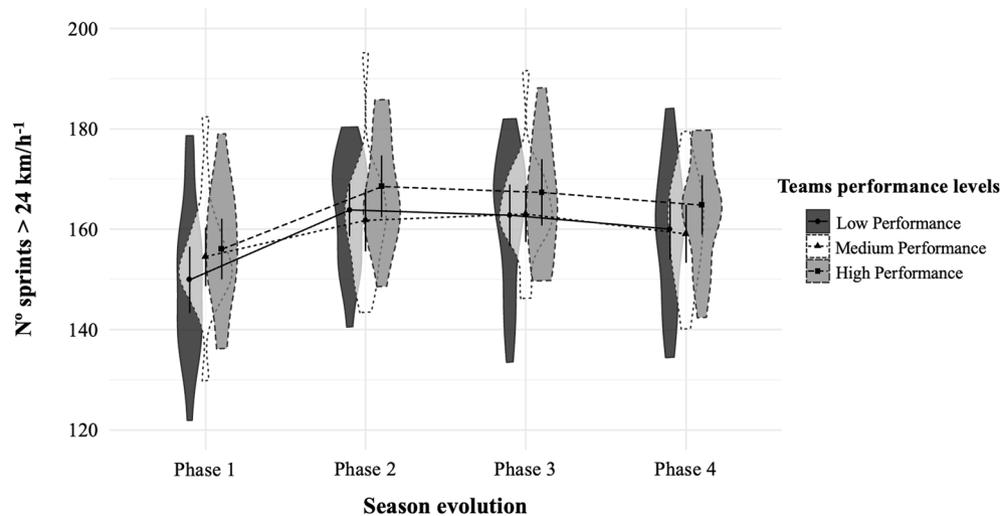


**Figure 5.** Number of sprints between 21 and  $24 \text{ km h}^{-1}$  registered ( $M \pm SD$ ) by teams with high, medium and low performance in the different phases of the seasons<sup>29</sup>.

( $p < 0.05$ ). In other words, soccer players covered significantly greater distances and performed a higher number of sprints in P2 and P3 compared to P1 and P4, respectively.

Regarding random effects, significant differences were observed in the distance covered by teams ( $p < 0.001$ ), as well as in the evolution (i.e., slopes) throughout the season phases ( $p < 0.001$ ).

(iii) Table 3 shows the linear mixed models predicting the distance covered and the number of sprints in the different speed ranges considering the season phases (i.e., P1, P2, P3, and P4) and team performance perceived by soccer coaches. Team performance was positively related to the distance covered in all speed ranges (e.g., TD increased by 108.34 m when performance increased by 1 point) and to the number of Sp21 and Sp24 in P1 ( $p < 0.001$ ). That is, the better the team performance, the longer the distance covered and the higher the number of sprints completed at the beginning of the season. Nevertheless, this was only significant for HIRD ( $p < 0.05$ ) and the number of Sp21 ( $p < 0.05$ ). In P2 and P3, a negative relationship was detected between team performance on one hand and the distance covered in the different speed ranges and the number of sprints on the other. However, significant decreases compared to P1 ( $p < 0.05$ ) were only found in distance covered at speeds below  $21 \text{ km h}^{-1}$  (e.g., TD =  $-300.41 \text{ m}$  and  $-240.49 \text{ m}$ , respectively). Finally, team performance perceived by experts was also negatively related to the distance covered in all speed ranges and the number of Sp21–24 (8.95;  $p < 0.001$ ) and Sp  $> 24$  (6.48;  $p < 0.001$ ) in P4. However, significant negative relationships were only found in TD ( $p < 0.001$ ), MIRD ( $p < 0.01$ ), and HIRD ( $p < 0.05$ ), as well as in the number of Sp21 ( $p < 0.001$ ). Thus, the better the team performance during the last season phase, the shorter the distance covered at low and medium intensities



**Figure 6.** Number of sprints  $> 24 \text{ km h}^{-1}$  registered ( $M \pm SD$ ) by teams with high, medium and low performance in the different phases of the seasons<sup>29</sup>.

(e.g., high team performance =  $-436.72 \text{ m}$  in TD in P4 compared to P1) and the lower the number of sprints performed at speeds between 21 and  $24 \text{ km h}^{-1}$ , compared to P1 ( $p < 0.05$ ).

As regards random effects, residual variances (e.g.,  $\text{Sp21} = 710.23$ ,  $p < 0.001$ ) and intercepts (e.g.,  $\text{Sp21} = 159.64$ ,  $p < 0.001$ ) were significant for all dependent variables ( $p < 0.001$ ). The evolution of these associations from phase to phase of the season was also estimated. The slopes of all distances covered and number of sprints changed significantly ( $p < 0.05$ ). AIC values for all dependent variables were lower than AIC of unconditional models and the six models before, respectively. Likewise, the values obtained in the chi-square deviance testing report that this is the model with the best fit with respect to the previous models.

Finally, Figs. 1, 2, 3, 4, 5, 6 illustrate the results given in Table 3 with respect to the relationship between team performance perceived by soccer coaches (i.e., high, medium, and low performance) and the distance covered in the different speed ranges in the different season phases (i.e., P1, P2, P3, and P4). Specifically, teams with high performance recorded higher VHIRD (2800 m) and number of Sp24 (156) at early-season, and less TD (108,303 m) and MIRD (22,004 m) at the end-season than the rest of teams. However, teams with low performance recorded less TD (108,012 m), VHIRD (2738 m), Sp21 (249), and Sp24 (152) at early-season, and higher TD (109,958 m), MIRD (22,688 m), and HIRD (3021 m) at end-season than the rest of teams.

## Discussion

The present study aimed to analyze the variability among the teams' movements profiles and whether the team performance and the evolution of movement profiles in the different phases could explain this variability. The relationship between the evolution of movement profiles and team performance was examined by verifying that team performance could explain the differences in match movement profiles using a multilevel perspective.

The main findings of the study were: (i) running distances covered at different intensities varied significantly throughout each season; (ii) running distances covered were significantly higher in the mid-season (i.e., P2 and P3) at all intensities. Despite these results have been already checked by previous studies<sup>14,16</sup>, this study intended to be a first insight in how team performance perceived by coaches could be another variable that explain why soccer players run differently across season. Accordingly, (iii) team performance based on the judgement of expert coaches was positively and significantly related to the distances covered by teams in the early phase of the season, however, this relationship was negative and significant in P2, P3, and P4. In other words, having a better team performance was associated with greater distances in the early-season and covered less distance at the end-season (or vice versa).

Regarding the first contribution of this study, the results revealed variability within teams and among teams throughout the season. In particular, random effects indicate that there are differences between and within teams in the evolution throughout the different season phases. On one hand, the variability in team physical performance may be associated with the different contextual-related variables<sup>2</sup>, or with the tactical changes that occur during a match<sup>11</sup>. It may also be related to technical-tactical variables, such as team ball possession<sup>33,34</sup>. Also, it could be related to the team performance<sup>4</sup>. Likewise, Table 2 shows the variability in the different season phases, so the match movement profiles of soccer players are different throughout the four phases.

Secondly, as we expected, TD covered by teams increased progressively during the middle-season and then it slightly decreased, revealing that teams covered the shortest distances at the early-season. In general, it can be stated that soccer players covered shorter distances in matches of early-season, and these distances progressively increase over the middle-season and decrease again at the end-season. A possible explanation may be due to a decrease in physical performance during the detraining period (i.e., off-season), as previously revealed other studies, since some weeks are necessary to improve fitness levels of soccer players<sup>35,36</sup>. Furthermore, during

preseason phase is employed a workload meaningfully greater than in the rest of season<sup>37</sup>, causing a state of physical and mental fatigue, what could be the potential cause of a lower physical performance at early-season<sup>38</sup>. During the middle-season phases (i.e., P2 and P3), the distances covered by teams significantly increased. These results are in line with studies that showed that total distance covered by teams significantly increased during middle-season<sup>14,16,39</sup>. Adaptation to training load and to competition demands as the season progresses could be key factors to understand the increase in physical performance during the middle-season<sup>40</sup>.

By contrast, the distances covered in the different speed sections and the number of sprints decreased during P4 compared to middle-season phases (i.e., P2 and P3). On contrary by previous studies<sup>39</sup>, where only one team was analyzed and the season phases were longer, our results suggested a decrease in this type of actions at end-season, although some teams kept these values during whole season. There are several potential causes that could explain this decrease. Previous studies have reported that accumulated fatigue throughout competition and subsequent incomplete recovery could produce a decrease in physical performance towards the end-season<sup>35,41</sup>, due to the difficulty to maintain physical fitness levels during long periods of time<sup>42</sup>. Another possible cause of this may be due to the improvement players' tactical performance achieved during the season affect physical demands, so that their tactical movements become more efficient and distances covered decrease<sup>43,44</sup>. The decrease of high-intensity running actions could be a consequence of a reduction in match intensity, since some teams have already accomplished their goals and it exists a lack of motivation, what may affect the distances covered and the number of sprints performed during the end-season<sup>45</sup>.

Thirdly, considering the variability observed during the season and as we hypothesized, coaches' perception of the team performance was positively related to the distances covered by teams in the different speed ranges in early-season (i.e., Phase 1). However, as the season progressed, this relationship turned to negative in the most variables. In this regard, it can be stated that better team performance perceived by experts was related to greater movement profiles in early-season at all the intensities analyzed, the relationship being stronger at high intensities. Conversely, as the season progressed, the relationship between the team performance and movement profiles inverted. Consequently, the distances covered and the number of sprints performed significantly decreased as team performance increased in P4 compared to the early-season (i.e., Phase 1). That is, the better the team performance based on experts' perceptions, the shorter they ran in the last ten matches of the season. That is, the worse the team performance perceived by coaches, they covered greater distances in the end-season at all intensities analyzed, except number of Sp21 and Sp24. The positive relationship between successful teams and greater distances covered and a higher number of sprints performed at the early-season could be explained due to their players presented better physical fitness levels that allowed them to carry out a better adaptation to training and competition demands. In addition, these teams were able to reach such physical performance level because they got fitter better than the rest due to the training program they followed during the pre-season. This enabled them to travel greater distances and complete a higher number of sprints than the rest of teams<sup>37</sup>. It has been proved that the outcome of the first matches have relevant influence on the final ranking<sup>15,46</sup>. So, starting the season being fit could lead these teams to earned greater average point at the early-season. According to our results, the most successful teams recorded the longest distances and performed the highest number of sprints during the early-season. Our findings agree with those from other studies where positive relationship was observed between team final ranking and the sprinting activity covered during the season<sup>9</sup>. However, these studies measured the team performance exclusively based on the final ranking.

By contrast, the least successful teams by the end-season were those who recorded the shortest distances at all intensities in P1 compared to the rest of phases (P2, P3, and P4). During the end-season phase (P4), a negative relationship was observed between distances covered and team performance perceived by soccer coaches. This means that less successful teams covered greater distances than the rest of teams, reaching higher values than in the rest of phases (P1, P2, and P3). This could be explained due to the need that arises at the end-season to accomplish the goals established at the early-season. Thus, less successful teams try by all means to fulfill these goals, what produces greater competitive stress, leading to greater distances covered. Previously it has been demonstrated that when a team approached bottom-ranked, they covered greater distances than when they were in a more comfortable position<sup>47</sup>. According to the present study, during the end-season phase, less successful teams presented higher TD, MIRD, and HIRD, as well as a higher number of Sp21. Nonetheless, although team performance has not been assessed through final ranking in our study, teams who were struggling to avoid relegation had probably not achieved the expected performance level. On the other hand, the increase in the distances covered by soccer players may indicate the effect of less synchronization after a congested period during the middle and end-season and their team performance may decrease. Thus, those teams who are not able to maintain their tactical synchronization could cover greater distances and may show worse performance<sup>44,48</sup>. One potential reason for this tactical variability and, in turn, the greater distances covered, may be coach turnover, in an effort to revert the negative situation<sup>49</sup>.

## Conclusion

The present research represents an attempt to determine how running performance evolves in professional soccer teams. Firstly, there is variability between distances covered by teams, meaning, the distances covered by teams were different and this variability affected the evolution of match movement profiles. Specifically, the different distance variables changed throughout the season, the shortest distances at all intensities having been traveled at the early and end-season. Despite there is variability between teams in the different phases of the season, the team performance is one factors that explains this variability. There was a positive relationship between the distances covered and team performance at the early-season. Therefore, teams with best team performance reached at end-season covered higher distances at early-season. Thus, the performance level achieved at the end-season may explain the covered distance variability among teams throughout evolution of different season phases.

## Limitations and future directions

A number of limitations could be recognized after developing the current study. First, situational variables such as match status, match outcome, match location or opposing team's level, or even technical-tactical variables were not analyzed. Coach turnover, which may influence to the team tactical and physical performance<sup>49</sup>, was not examined either. Second, other official competitions played by some teams were not considered. Data may have been affected by accumulated fatigue in teams who played other competitions (European competitions or National cup—knockout competition—) that were not controlled. Nevertheless, a previous study revealed that a congested competition calendar did not affect to the team physical performance<sup>50</sup>. Finally, results of the present study might be biased due to the fact that coaches' impressions might have been affected by the team performances in the first part of the season. Therefore, in further studies it would be interesting to carry out a bidirectional relationship (i.e., across season and after season) to avoid the early impressions.

## Practical applications

The present study could help to both the head coaches and the rest of coaching members to adjust the training load to be applied during the pre-season and season. Also, the practitioners could consider that the loss of fitness level presented at the early-season should be minimized in order to start the season in optimal conditions<sup>51</sup>, although the physical levels may also decrease due to excessive or inappropriate training load in the pre-season. Another practical implication of the current study could be the way in which the team performance was measured based on the coaches' judgement considering the final ranking and the budget of the clubs. This represents an alternative way (different from traditional assessment, like as final ranking) of assessing team performance that allow for further studies. Finally, considering that the distances covered through the season are different among teams and within teams in the four parts in which the seasons were divided, the head coaches and the rest of the coaching staff could use the specific information of their teams in order to program training load in a more strategic way based on data. In this vein, technical staff could plan harder or softer training sessions regarding total distance covered, distance covered at high intensity or number of high-intensity efforts considering the season phase. Because unsuitable training loads could cause inability players to correctly perform season phase.

## Data availability

Restrictions apply to the availability of these data. Data was obtained from LaLiga and are available at <https://www.laliga.es/en> with the permission of LaLiga.

Received: 11 March 2021; Accepted: 5 January 2022

Published online: 27 January 2022

## References

- Rago, V. *et al.* Methods to collect and interpret external training load using microtechnology incorporating GPS in professional football: A systematic review. *Res. Sport Med.* **28**, 437–458. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1686703> (2019).
- Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A. & Álvarez, D. Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *Int. J. Sports Med.* **32**, 415–421. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271771> (2011).
- Fernandez-Navarro, J., Fradua, L., Zubillaga, A. & McRobert, A. P. Influence of contextual variables on styles of play in soccer. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **18**, 423–436. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1479925> (2018).
- Yang, G., Leicht, A. S., Lago, C. & Gómez, M. Á. Key team physical and technical performance indicators indicative of team quality in the soccer Chinese Super League. *Res. Sport Med.* **26**, 158–167. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1431539> (2018).
- Castellano, J. & Casamichana, D. What are the differences between First and Second Divisions of Spanish football teams?. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **15**, 135–146. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868782> (2015).
- Brito Souza, D., López-Del Campo, R., Blanco-Pita, H., Resta, R. & Del Coso, J. Association of match running performance with and without ball possession to football performance. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **20**(3), 483–494. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1762279> (2020).
- Brito de Souza, D., Campo, L. D., Blanco-Pita, H., Resta, R. & Del Coso, J. An extensive comparative analysis of successful and unsuccessful football teams in LaLiga. *Front. Psychol.* **10**, 2566. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02566> (2019).
- Aquino, R. *et al.* Match running performance in Brazilian professional soccer players: Comparisons between successful and unsuccessful teams. *BMC Sports Sci. Med Rehabil.* **13**, 1–20 (2021).
- Longo, U. G. *et al.* Performance activities and match outcomes of professional soccer teams during the 2016/2017 serie a season. *Med. Multidiscip. Dig. Publ. Inst.* **55**, 469–478. <https://doi.org/10.3390/medicina55080469> (2019).
- Trewin, J., Meylan, C., Varley, M., Cronin, J. & Ling, D. Effect of match factors on the running performance of elite female soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **32**, 2002–2009 (2018).
- Aquino, R. *et al.* Comparisons of ball possession, match running performance, player prominence and team network properties according to match outcome and playing formation during the 2018 FIFA World Cup. *Int. J. Perform. Anal. Sport*. **19**, 1026–1037. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1689753> (2019).
- Chmura, P. *et al.* Match outcome and running performance in different intensity ranges among elite soccer players. *Biol. Sport*. **35**, 197–203 (2018).
- Trewin, J., Meylan, C., Varley, M. C. & Cronin, J. The influence of situational and environmental factors on match-running in soccer: A systematic review. *Sci. Med. Footb.* **1**, 183–194. <https://doi.org/10.1080/24733938.2017.1329589> (2017).
- Chmura, P. *et al.* Players' physical performance decreased after two-thirds of the season: Results of 3 consecutive seasons in the German first bundesliga. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **16**, 1–9. <https://doi.org/10.3390/ijerph16112044> (2019).
- Lago-Peñas, C. & Sampaio, J. Just how important is a good season start? Overall team performance and financial budget of elite soccer clubs. *J. Sports Sci.* **33**, 1214–1218. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986184> (2015).
- Smpokos, E., Mourikis, C. & Linardakis, M. Seasonal changes of physical (motor) activities in professional Greek football players. *Trends Sport Sci.* **25**, 99–107 (2018).
- Mao, L., Peng, Z., Liu, H. & Gómez, M. A. Identifying keys to win in the Chinese professional soccer league. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **16**, 935–947 (2016).
- Anzer, G. & Bauer, P. A Goal scoring probability model for shots based on synchronized positional and event data in football (Soccer). *Front. Sport Act Living*. **3**, 1–15 (2021).

19. Johnston, R. J. *et al.* Movement demands and match performance in professional Australian football. *Int. J. Sports Med.* **33**, 89–93 (2012).
20. Castellano, J. & Blanco-Villaseñor, A. Análisis de la variabilidad del desplazamiento de futbolistas de élite durante una temporada competitiva a partir de un modelo lineal mixto generalizado. *Cuad Psicol del Deport* **15**, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2012.04.006> (2015).
21. Pons, E. *et al.* A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology during official soccer matches: Agreement between systems. *PLoS ONE* **14**, e0220729 (2019).
22. Pons, E. *et al.* A longitudinal exploration of match running performance during a football match in the Spanish La Liga: A four-season study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **18**, 1–10 (2021).
23. Felipe, J. L., Garcia-Unanue, J., Viejo-Romero, D., Navandar, A. & Sánchez-Sánchez, J. Validation of a video-based performance analysis system (Mediacoach) to analyze the physical demands during matches in La Liga. *Sensors*. **19**, 4–13 (2019).
24. Linke, D., Link, D., Weber, H. & Lames, M. Decline in match running performance in football is affected by an increase in game interruptions. *J. Sport Sci. Med.* **17**, 662–667 (2018).
25. Linke, D., Link, D. & Lames, M. Football-specific validity of TRACAB's optical video tracking systems. *PLoS ONE* **15**, 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230179> (2020).
26. Pons, E. *et al.* Integrating video tracking and GPS to quantify accelerations and decelerations in elite soccer. *Sci. Rep.* **11**, 1–10 (2021).
27. Hoffmann, M. D. & Loughhead, T. M. Preliminary development of a questionnaire to assess peer athlete mentoring functions: The Athlete Mentoring Questionnaire (AMQ). *Meas. Phys. Educ. Exerc. Sci.* **23**, 10–25. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2018.1479708> (2019).
28. R-Studio Team. *RStudio: Integrated Development for R* (RStudio, 2020).
29. Hox, J., Moerbeek, M. & Van de Schoot, R. *Multilevel Analysis: Techniques and Applications* (Routledge, 2017).
30. Raudenbush, S. W. & Bryk, A. S. *Hierarchical Linear Models: Applications and Data Analysis Methods* 2nd edn. (Sage, 2002).
31. JASP Team. JASP (Version 0.9.0.1). *Computer Software* (2018).
32. Akaike, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Automat. Control* **19**, 716–723 (1974).
33. Bradley, P. S. *et al.* Tier-specific evolution of match performance characteristics in the English Premier League: It's getting tougher at the top. *J. Sports Sci.* **34**, 980–987. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1082614> (2016).
34. Bradley, P., Lago-Peñas, C., Rey, E. & Gómez-Díaz, A. The effect of high and low percentage ball possession on physical and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *J. Sports Sci.* **31**, 1261–1270 (2013).
35. Campos-Vázquez, M. Á., Toscano-Bendala, F. J., Mora-Ferrera, J. C. & Suarez-Arrones, L. Relationship between internal load indicators and changes on intermittent performance after the preseason in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **31**, 1477–1485. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001613> (2017).
36. Joo, C. H. The effects of short term detraining and retraining on physical fitness in elite soccer players. *PLoS ONE* **13**, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196212> (2018).
37. Clemente, F. M. *et al.* Weekly load variations of distance-based variables in professional soccer players: A full-season study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **17**, 3300. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093300> (2020).
38. Silva, J. R., Brito, J., Akenhead, R. & Nassis, G. P. The transition period in soccer: A window of opportunity. *Sport Med.* **46**, 305–313. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0419-3> (2016).
39. Smpokos, E., Mourikis, C. & Linardakis, M. Seasonal physical performance of a professional team's football players in a national league and European matches. *J. Hum. Sport Exerc.* **13**, 720–730. <https://doi.org/10.14198/jhse.2018.134.01> (2018).
40. Meckel, Y., Doron, O., Eliakim, E. & Eliakim, A. Seasonal variations in physical fitness and performance indices of elite soccer players. *Sports* **6**, 14. <https://doi.org/10.3390/sports6010014> (2018).
41. Noon, M. R., James, R. S., Clarke, N. D., Akubat, I. & Thake, C. D. Perceptions of well-being and physical performance in English elite youth footballers across a season. *J. Sports Sci.* **33**, 2106–2115. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1081393> (2015).
42. Smith, M. R. *et al.* Mental fatigue and soccer: Current knowledge and future directions. *Sport Med.* **48**, 1525–1532. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0908-2> (2018).
43. Folgado, H., Gonçalves, B. & Sampaio, J. Positional synchronization affects physical and physiological responses to preseason in professional football (soccer). *Res. Sport Med.* **26**, 51–63. <https://doi.org/10.1080/15438627.2017.1393754> (2018).
44. Low, B. *et al.* A systematic review of collective tactical behaviours in football using positional data. *Sport. Med.* **50**, 343–353. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01194-7> (2020).
45. Marcora, S. M. & Staiano, W. The limit to exercise tolerance in humans: Mind over muscle?. *Eur. J. Appl. Physiol.* **109**, 763–770 (2010).
46. Lago, C. & Casáis, L. La influencia de los resultados iniciales en la clasificación final de los equipos en el fútbol de alto nivel. *Rev. Psicol. Deport* **19**, 175–185 (2010).
47. Garcia-Unanue, J. *et al.* Influence of contextual variables and the pressure to keep category on physical match performance in soccer players. *PLoS ONE* **13**, 1–10 (2018).
48. Folgado, H., Duarte, R., Marques, P. & Sampaio, J. The effects of congested fixtures period on tactical and physical performance in elite football. *J. Sports Sci.* **33**, 1238–1247. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1022576> (2015).
49. Castellano, J. & Casamichana, D. Mismos jugadores con diferentes entrenadores, ¿se puede jugar de manera diferente para optimizar el rendimiento en el fútbol profesional?. *Sport TK-Revista Euroam Ciencias del Deport.* **5**, 133 (2016).
50. Dellal, A., Lago-Peñas, C., Rey, E., Chamari, K. & Orhant, E. The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. *Br. J. Sports Med.* **49**, 390–394 (2015).
51. Suarez-Arrones, L. *et al.* The effects of detraining and retraining periods on fat-mass and fat-free mass in elite male soccer players. *PeerJ* **7**, e7466 (2019).

## Author contributions

J.J.P., J.M.C.G. and J.C.P. Wrote the main manuscript text. R.R. and R.L.C. Collected the data. R.L.C. and T.G.C. Conceived and designed the analysis. J.J.P., J.M.C.G. and J.C.P. Analysis and interpretation of results. T.G.C. and F.S. Reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

## Funding

This work was supported by the European Regional Development Fund (ERDF), the Government of Extremadura (Department of Economy and Infrastructure).

## Competing interests

The authors declare no competing interests.

### Additional information

**Supplementary Information** The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05519-x>.

**Correspondence** and requests for materials should be addressed to T.G.-C.

**Reprints and permissions information** is available at [www.nature.com/reprints](http://www.nature.com/reprints).

**Publisher's note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© The Author(s) 2022

1 Relación entre la distancia recorrida y la percepción de los entrenadores sobre el  
2 rendimiento del equipo en futbolistas profesionales durante varias temporadas  
3 Ponce-Bordón, J. C.<sup>1</sup>, García-Calvo, T.<sup>2</sup>, Candela-Guardiola, J. M.<sup>3</sup>, Serpiello, F.R.<sup>4</sup>,  
4 López del Campo, R.<sup>5</sup>, Resta, R.<sup>6</sup>, Pulido, J. J.<sup>7</sup>

5  
6 <sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

7 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5641-6748>

8 <sup>2</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

9 Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2550-418X>

10 <sup>3</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

11 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5131-5633>

12 <sup>4</sup>Instituto de Salud y Deporte (IHES), Universidad de Victoria (Australia)

13 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8919-3053>

14 <sup>5</sup>Sección de Investigación Deportiva de LaLiga, Madrid (España)

15 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9286-6113>

16 <sup>6</sup>Sección de Investigación Deportiva de LaLiga, Madrid (España)

17 <sup>7</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España). Facultad de  
18 Cinética Humana, Universidad de Lisboa (Portugal)

19 Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-2416-4141>

20  
21 Nota del autor

22 Autor de correspondencia: Tomás García-Calvo. Facultad de Ciencias del Deporte.  
23 Universidad de Extremadura. C/ Avenida de la Universidad, s/n, C.P.: 10003, Cáceres,  
24 España. Teléfono: +34 927257050 Fax: +34 927257051.

25 Correo electrónico: [tgarcia@unex.es](mailto:tgarcia@unex.es)

26

## Resumen

27 En este estudio se analizó cómo evolucionaba el perfil de movimiento físico de los  
28 partidos de fútbol a lo largo de una temporada, evaluando la variabilidad de diferentes  
29 métricas en función de la fase de la temporada. Además, se investigó la evolución de las  
30 distancias recorridas en relación con el rendimiento del equipo según la percepción de  
31 los entrenadores. Se registraron partidos de cuatro temporadas consecutivas de LaLiga  
32 española ( $n = 1.520$ ) utilizando un sistema de seguimiento óptico (es decir,  
33 ChyronHego). Se analizaron la distancia total (en inglés TD = Total Distance), la  
34 distancia recorrida entre 14-21  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  (en inglés MIRD = Medium Intensity Running  
35 Distance), 21-24  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  (en inglés HIRD = High Intensity Running Distance), y  $> 24$   
36  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  (en inglés VHIRD = Very High Intensity Running Distance), así como el número  
37 de esfuerzos realizados entre 21-24  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  (en inglés Sp21) y  $> 24$   $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  (en inglés  
38 Sp24). Las temporadas se dividieron en cuatro fases (P): P1 (partidos 1-10), P2 (11-19),  
39 P3 (20-29) y P4 (30-38). Los modelos lineales mixtos revelaron que los jugadores de  
40 fútbol recorrieron distancias significativamente mayores y completaron un mayor  
41 número de sprints en P2 y P3. Además, el rendimiento del equipo evaluado por los  
42 entrenadores de fútbol se relacionó positivamente con TD, HIRD, VHIRD y Sp21 en  
43 P1. Se observó una relación negativa entre el rendimiento del equipo y la distancia  
44 recorrida a velocidades inferiores a 21  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  en P2 y P3. El rendimiento del equipo se  
45 relacionó negativamente con TD, MIRD y HIRD, y Sp21 en P4. Como conclusión, el  
46 rendimiento del equipo percibido por los entrenadores está relacionado con el perfil de  
47 movimiento a lo largo de una temporada, e influye significativamente en la evolución de  
48 los perfiles de movimiento de los futbolistas. Concretamente, parece que los jugadores  
49 de los mejores equipos tienen el mejor rendimiento físico al principio de la temporada  
50 con respecto al resto de fases.

51 *Palabras clave:* fútbol de élite; longitudinal; perfiles de movimiento del partido;  
52 rendimiento del equipo; rendimiento físico.

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76 Relación entre la distancia de carrera y la percepción de los entrenadores sobre el  
77 rendimiento del equipo en futbolistas profesionales durante varias temporadas  
78 En el fútbol, los nuevos avances tecnológicos han contribuido a crear nuevos  
79 conocimientos sobre los perfiles de movimiento durante los partidos [1]. Esto ha  
80 permitido establecer relaciones entre los perfiles de movimiento durante los partidos y  
81 diferentes variables relacionadas con el contexto [2,3], como por ejemplo la  
82 clasificación final o la calidad del rival [4]. Por ejemplo, los equipos mejor clasificados  
83 de la Primera División española recorrieron una distancia significativamente mayor que  
84 el resto de los equipos pertenecientes a Primera y Segunda División [5], registraron una  
85 mayor distancia con el balón que los equipos menos exitosos [6], y muestran una mayor  
86 precisión de tiro mientras atacan y menos tiros encajados mientras defienden [7].  
87 Asimismo, en la Liga Nacional Brasileña de 2ª División, los equipos mejor clasificados  
88 recorrieron una mayor distancia total (en inglés TD = Total Distance), distancia de  
89 carrera a alta velocidad, número de sprints y altas aceleraciones que los equipos peor  
90 clasificados [8]. Se han encontrado resultados similares que establecen una relación  
91 positiva entre las acciones de sprint y los equipos mejor clasificados [9]. En lo que  
92 respecta al estado final del partido, las futbolistas internacionales de élite recorrieron  
93 una mayor TD y realizaron un mayor número de esfuerzos de sprint cuando ganaban en  
94 comparación con cuando empataban o perdían [10]. Durante la Copa Mundial de la  
95 FIFA 2018, la TD y la distancia total recorrida esprintando fueron mayores cuando los  
96 equipos ganaron [11]. Un análisis más profundo confirmó que ganar se asociaba con  
97 una mayor DT recorrida a alta intensidad por los extremos y los delanteros [12]. Sin  
98 embargo, también existen resultados contradictorios [13], y sería necesario desarrollar  
99 análisis longitudinales sobre el rendimiento de los equipos para analizar su evolución a  
100 lo largo de las temporadas [4].

101           Para ello, sería interesante analizar si los equipos con diferente rendimiento final  
102 tienen diferentes perfiles de movimiento en partidos a lo largo de la temporada. En este  
103 sentido, se sabe que los perfiles de movimiento varían a lo largo de una temporada [14].  
104 Las investigaciones apoyan que los equipos que alcanzaron una mejor clasificación final  
105 recorrieron mayores distancias totales [13]. Asimismo, Lago et al. [15] han indicado que  
106 cuanto mejor es el rendimiento del equipo al principio de la temporada, mejor es la  
107 clasificación al final de la misma. En relación con la evolución de los perfiles de  
108 movimiento dentro de una temporada, se ha demostrado que un equipo de fútbol  
109 profesional registró la TD más baja durante la fase de preparación, mientras que la  
110 mayor TD se alcanzó a mitad de temporada (9.000 m frente a 10.400 m) [16]. Del  
111 mismo modo, se observó que las distancias de carrera de alta intensidad eran mayores al  
112 final de la temporada, con una tendencia desde la fase de preparación a lo largo de las  
113 demás fases de la temporada. Del mismo modo, Chmura et al. [14] dividieron la  
114 temporada de la Bundesliga alemana en seis fases, y descubrieron que la mayor TD  
115 cubierta se alcanzaba en la cuarta fase de la temporada y la menor TD en la sexta fase  
116 (10.580 m frente a 10.300 m). Además, la distancia de carrera de alta intensidad  
117 aumentó a lo largo de la temporada hasta la quinta fase, disminuyendo después en la  
118 sexta (240 m frente a 220 m). Sin embargo, estos estudios analizaron exclusivamente  
119 los perfiles de movimiento del partido a lo largo de una temporada, y no han  
120 considerado la relación entre los perfiles de movimiento del partido y el rendimiento  
121 final del equipo.

122           Basándonos en las lagunas de los estudios mencionados, nos propusimos  
123 analizar i) cómo evolucionan los perfiles de movimiento en el partido dentro de la  
124 temporada ii) y a lo largo de las temporadas (en cuatro fases diferentes), y iii) cómo  
125 podrían relacionarse las variables de distancia recorrida con las percepciones de los

126 entrenadores sobre el rendimiento del equipo. En este sentido, el uso de la clasificación  
127 final para cuantificar el rendimiento del equipo puede no parecer un buen indicador  
128 debido a la naturaleza polifacética del fútbol y a los diferentes objetivos iniciales de los  
129 equipos según su presupuesto y características [4,17]. Por este motivo, la literatura  
130 anterior ha utilizado una forma alternativa de medir el éxito de los equipos, como el  
131 modelo de objetivos esperados [18]. En este estudio, hemos utilizado otro enfoque de  
132 evaluación de equipos, como las percepciones de los entrenadores sobre el rendimiento  
133 de los equipos, que se han considerado útiles anteriormente [19]. En concreto, se pidió a  
134 los entrenadores que evaluaran el rendimiento del equipo teniendo en cuenta la  
135 clasificación final de cada equipo al final de cada temporada. Además, se les informó  
136 sobre el presupuesto y las características de los jugadores de cada equipo. Teniendo en  
137 cuenta estos tres aspectos principales, valoraron el rendimiento de cada equipo en cada  
138 temporada. Por lo tanto, considerando cuatro temporadas consecutivas de LaLiga  
139 española, este estudio pretendía analizar si la relación entre el rendimiento del equipo  
140 basado en la valoración del rendimiento del equipo por parte de los entrenadores  
141 expertos y la evolución de los perfiles de movimiento en diferentes fases a lo largo de la  
142 temporada era similar entre los equipos. Basándonos en los resultados obtenidos por  
143 estudios previos, se propusieron las siguientes hipótesis i) consideramos que existe  
144 variabilidad entre los equipos [20]; ii) en cuanto a la evolución de los perfiles de  
145 movimiento, esperamos que la distancia total, la distancia recorrida a alta intensidad y el  
146 número de esfuerzos de carrera de muy alta intensidad sean mayores a mitad de  
147 temporada (Fase 2 y Fase 3) [14,16]; iii) esperamos que los mejores equipos registren  
148 una mayor distancia total y una mayor distancia de carrera de alta intensidad a  
149 principios de temporada que los equipos peor clasificados, ya que estudios anteriores

150 han demostrado que los equipos con éxito a principios de temporada alcanzan las  
151 primeras posiciones en la clasificación final [15].

## 152 **Método**

### 153 **Participantes y procedimiento**

154 La muestra estuvo compuesta por 1.520 partidos jugados por 80 equipos de  
155 fútbol profesional a lo largo de cuatro temporadas consecutivas de LaLiga (de  
156 2015/2016 a 2018/2019). Se recogieron dos observaciones por partido, una de cada  
157 equipo, resultando un total de 2.950 registros (760 por temporada). Un total de 90  
158 (11,82%) registros fueron excluidos (2015/16 = 10 (1,31%); 2016/17 = 16 (2,10%);  
159 2017/2018 = 35 (4,60%); 2018/19 = 29 (3,81%)) debido a problemas relacionados con  
160 pérdidas repetidas de señal por parte del sistema o condiciones meteorológicas adversas  
161 durante el partido que dificultaron la recopilación precisa de datos. Los datos fueron  
162 proporcionados a los autores por LaLiga<sup>TM</sup> una vez concluidas las cuatro temporadas  
163 consecutivas. También se informó a todos los jugadores sobre el protocolo del estudio.  
164 Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los participantes y de un  
165 padre y/o tutor legal para los sujetos menores de 18 años. El estudio recibió la  
166 aprobación ética de la Universidad de Extremadura; Vicerrectorado de Investigación,  
167 Transferencia e Innovación - Delegación de la Comisión de Bioética y Bioseguridad  
168 (Protocolo número: 239/2019).

### 169 **Variables**

170 **Perfiles de movimiento de los partidos.** La distancia recorrida por los equipos  
171 se analizó con Mediacoach [21,22] en diferentes rangos de velocidad: distancia total  
172 recorrida por los equipos en metros (en inglés TD = Total Distance); distancia recorrida  
173 por los equipos entre 14-21 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia de carrera de intensidad media, en  
174 inglés MIRD = Medium Intensity Running Distance); distancia recorrida entre 21-24

175 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia de carrera de alta intensidad, en inglés HIRD = High Intensity  
176 Running Distance); y distancia recorrida superior a 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia de  
177 carrera de muy alta intensidad, en inglés VHIRD = Very High Intensity Running  
178 Distance), así como el número de esfuerzos realizados a alta intensidad: número de  
179 esfuerzos de carrera de muy alta intensidad entre 21-24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp21); y  
180 número de sprints > 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp24). Mediacoach es un software de análisis  
181 que utiliza los datos de seguimiento proporcionados por un sistema de seguimiento  
182 (ChyronHego), que consiste en una serie de súper cámaras 4K de alto rango dinámico  
183 que filman desde varios ángulos y analizan las coordenadas X e Y de cada jugador. Este  
184 instrumento también se basa en la corrección del sistema semiautomático de  
185 seguimiento por vídeo (la parte manual del proceso). La validez y fiabilidad del sistema  
186 ChyronHego han sido probadas previamente por otros estudios [21,23-26], informando  
187 de errores medios de medición del 2% para la distancia total recorrida.

188 **Fases de la temporada.** Al igual que en investigaciones anteriores [14], cada  
189 temporada se dividió en cuatro bloques de partidos para facilitar la interpretación de los  
190 datos. En concreto, de acuerdo con el número de partidos por temporada de LaLiga  
191 española, cada temporada se dividió en cuatro fases: partidos 1-10 (es decir, Fase 1 =  
192 P1), partidos 11-19 (es decir, Fase 2 = P2), partidos 20-29 (es decir, Fase 3 = P3), y  
193 partidos 30-38 (es decir, Fase 4 = P4).

194 **Rendimiento de los equipos percibido por los entrenadores de fútbol**  
195 **expertos.** El rendimiento de cada equipo fue evaluado por veinte entrenadores de fútbol  
196 con un mínimo de cinco años de experiencia desde la obtención de su titulación UEFA  
197 PRO. Además, todos los entrenadores habían entrenado a equipos profesionales durante  
198 al menos una temporada completa y no tenían ninguna relación contractual en el  
199 momento de la recogida de datos con ninguno de los equipos incluidos en el presente

200 estudio. Una vez concluida cada temporada, los entrenadores evaluaron individualmente  
201 el rendimiento de los equipos teniendo en cuenta tres elementos principales: la  
202 clasificación final alcanzada por el equipo en cada temporada, las características del  
203 equipo (por ejemplo, la calidad de los jugadores) y el presupuesto total disponible  
204 proporcionado por LaLiga. Para ello, se siguió un protocolo para elaborar el  
205 cuestionario utilizado para recabar la opinión de los entrenadores. En primer lugar, un  
206 panel de expertos compuesto por tres investigadores deportivos propuso  
207 individualmente tres aspectos para evaluar el rendimiento del equipo. Se realizó un  
208 protocolo de reflexión en voz alta de las tres propuestas para destacar los diferentes  
209 puntos desde la perspectiva de los expertos. A continuación, se debatieron las dudas y  
210 discrepancias entre los expertos para llegar a un acuerdo consensuado sobre la propuesta  
211 final [27]. Por último, la versión final fue revisada y aceptada por unanimidad, y los  
212 entrenadores proporcionaron una puntuación individual para cada equipo y cada  
213 temporada teniendo en cuenta los tres elementos y utilizando una escala tipo Likert de  
214 10 puntos, de 1 (*rendimiento muy bajo*) a 10 (*rendimiento muy alto*). A continuación,  
215 las puntuaciones se clasificaron en bajo rendimiento (1-4), rendimiento medio (5-7) y  
216 alto rendimiento (8-10). El coeficiente de correlación intraclase (CCI) -calculado para  
217 comprobar la fiabilidad entre evaluadores- fue de 0,92.

## 218 **Análisis estadístico**

219 Los datos se analizaron utilizando R Studio [28]. i) Teniendo en cuenta la  
220 estructura jerárquica de los datos (ya que los partidos estaban anidados en equipos), se  
221 analizaron seis modelos incondicionales (véase la Tabla 1) que incluían exclusivamente  
222 las variables dependientes (es decir, las variables de los perfiles de movimiento de los  
223 partidos). El ICC mostró valores superiores al 10% en todas las variables. ii) Por este  
224 motivo, se calcularon seis modelos lineales mixtos (véase la Tabla 2) para comparar las



250 i) Se obtuvieron seis modelos incondicionales que incluían las distancias  
251 recorridas en los diferentes rangos de velocidad y el número de Sp21 y Sp24 (ver la  
252 Tabla 1). Los interceptos representan la media estimada de cada variable. Tanto para los  
253 efectos fijos como para los aleatorios, se detectó una variabilidad significativa para  
254 todas las variables dependientes ( $p < .001$ ).

255 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 1 en artículo original\*\*\*\*

256 ii) La Tabla 2 contiene los modelos lineales mixtos que incluyen la distancia  
257 recorrida y el número de sprints en diferentes rangos de velocidad considerando las  
258 cuatro fases en las que se dividió cada temporada (es decir, P1, P2, P3 y P4). Se  
259 encontraron diferencias significativas en todas las variables dependientes al comparar  
260 P1 con el resto de las fases ( $p < .05$ ). En particular, se obtuvieron menores distancias  
261 recorridas en metros y un menor número de sprints en los diferentes rangos de  
262 velocidad en la primera parte de la temporada. Considerando P2 y P3 como referencias,  
263 también se encontraron diferencias significativas respecto a P4 en TD, MIRD, HIRD,  
264 VHIRD (no comparando P2 con P4) y en el número de Sp21 y Sp24 ( $p < .05$ ). En otras  
265 palabras, los futbolistas recorrieron distancias significativamente mayores y realizaron  
266 un mayor número de sprints en P2 y P3 en comparación con P1 y P4, respectivamente.

267 En cuanto a los efectos aleatorios, se observaron diferencias significativas en la  
268 distancia recorrida por los equipos ( $p < .001$ ), así como en la evolución (es decir, las  
269 pendientes) a lo largo de las fases de la temporada ( $p < .001$ ).

270 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 2 en artículo original\*\*\*\*

271 iii) La Tabla 3 muestra los modelos lineales mixtos que predicen la distancia  
272 recorrida y el número de sprints en los diferentes rangos de velocidad teniendo en  
273 cuenta las fases de la temporada (es decir, P1, P2, P3 y P4) y el rendimiento del equipo  
274 percibido por los entrenadores de fútbol. El rendimiento del equipo se relacionó

275 positivamente con la distancia recorrida en todos los rangos de velocidad (por ejemplo,  
276 la TD aumentó en 108,34m cuando el rendimiento aumentó en 1 punto) y con el número  
277 de Sp21 y Sp24 en P1 ( $p < .001$ ). Es decir, cuanto mejor era el rendimiento del equipo,  
278 mayor era la distancia recorrida y el número de esprints completados al principio de la  
279 temporada. Sin embargo, esto sólo fue significativo para HIRD ( $p < .05$ ) y el número de  
280 Sp21 ( $p < .05$ ). En P2 y P3, se detectó una relación negativa entre el rendimiento del  
281 equipo, por un lado, y la distancia recorrida en los diferentes rangos de velocidad y el  
282 número de esprints, por otro. Sin embargo, sólo se encontraron disminuciones  
283 significativas en comparación con P1 ( $p < .05$ ) en la distancia recorrida a velocidades  
284 inferiores a 21 km·h<sup>-1</sup> (por ejemplo, DT = -300,41m y -240,49m, respectivamente). Por  
285 último, el rendimiento del equipo percibido por los expertos también se relacionó  
286 negativamente con la distancia recorrida en todos los rangos de velocidad y el número  
287 de Sp21-24 (8,95;  $p < 0,001$ ) y Sp>24 (6,48;  $p < 0,001$ ) en P4. Sin embargo, sólo se  
288 encontraron relaciones negativas significativas en TD ( $p < .001$ ), MIRD ( $p < .01$ ) y  
289 HIRD ( $p < .05$ ), así como en el número de Sp21 ( $p < .001$ ). Así, cuanto mejor fue el  
290 rendimiento del equipo durante la última fase de la temporada, menor fue la distancia  
291 recorrida a intensidades bajas y medias (por ejemplo, alto rendimiento del equipo = -  
292 436,72 m en TD en P4 en comparación con P1) y menor el número de esprints  
293 realizados a velocidades entre 21-24 km.h-1, en comparación con P1 ( $p < .05$ ).

294       En cuanto a los efectos aleatorios, las varianzas residuales (por ejemplo, Sp21 =  
295 710,23,  $p < .001$ ) y los interceptos (por ejemplo, Sp21 =159,64,  $p < .001$ ) fueron  
296 significativos para todas las variables dependientes ( $p < .001$ ). También se estimó la  
297 evolución de estas asociaciones de una fase a otra de la estación. Las pendientes de  
298 todas las distancias recorridas y del número de esprints cambiaron significativamente ( $p$   
299  $< .05$ ). Los valores del AIC para todas las variables dependientes fueron inferiores al

300 AIC de los modelos incondicionales y de los seis modelos anteriores, respectivamente.  
301 Asimismo, los valores obtenidos en la prueba de desviación chi-cuadrado informan de  
302 que éste es el modelo con mejor ajuste respecto a los modelos anteriores.

303 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 3 en artículo original\*\*\*\*

304 Finalmente, las Figuras 1-6 ilustran los resultados dados en la Tabla 3 con  
305 respecto a la relación entre el rendimiento del equipo percibido por los entrenadores de  
306 fútbol (es decir, alto, medio y bajo rendimiento) y la distancia recorrida en los diferentes  
307 rangos de velocidad en las diferentes fases de la temporada (es decir, P1, P2, P3 y P4).  
308 En concreto, los equipos con alto rendimiento registraron un VHIRD (2.800 m) y un  
309 número de Sp24 (156) más altos a principios de temporada, y menos TD (108.303 m) y  
310 MIRD (22.004 m) al final de temporada que el resto de los equipos. Sin embargo, los  
311 equipos con bajo rendimiento registraron menos TD (108.012 m), VHIRD (2.738 m),  
312 Sp21 (249) y Sp24 (152) al principio de la temporada, y mayores TD (109.958 m),  
313 MIRD (22.688 m) y HIRD (3.021 m) al final de la temporada que el resto de los  
314 equipos.

315 \*\*\*\*Por favor, ver figuras 1-6 en artículo original\*\*\*\*

## 316 **Discusión**

317 El presente estudio pretendía analizar la variabilidad entre los perfiles de  
318 movimiento de los equipos y si el rendimiento del equipo y la evolución de los perfiles  
319 de movimiento en las distintas fases podían explicar esta variabilidad. La relación entre  
320 la evolución de los perfiles de movimiento y el rendimiento del equipo se examinó  
321 comprobando que el rendimiento del equipo podía explicar las diferencias en los  
322 perfiles de movimiento de los partidos utilizando una perspectiva multinivel.

323 Las principales conclusiones del estudio fueron: i) las distancias recorridas a  
324 diferentes intensidades variaron significativamente a lo largo de cada temporada; ii) las

325 distancias recorridas fueron significativamente mayores a mitad de temporada (es decir,  
326 P2 y P3) en todas las intensidades. A pesar de que estos resultados ya han sido  
327 comprobados por estudios anteriores [14,16], este estudio pretende ser una primera  
328 aproximación a cómo el rendimiento del equipo percibido por los entrenadores podría  
329 ser otra variable que explique por qué los futbolistas corren de forma diferente a lo largo  
330 de la temporada. En consecuencia, iii) el rendimiento del equipo basado en el juicio de  
331 entrenadores expertos se relacionó positiva y significativamente con las distancias  
332 recorridas por los equipos en la fase inicial de la temporada, sin embargo, esta relación  
333 fue negativa y significativa en P2, P3 y P4. En otras palabras, un mejor rendimiento del  
334 equipo se asoció con mayores distancias en la fase inicial de la temporada y menor  
335 distancia recorrida en la fase final (o viceversa).

336       En cuanto a la primera contribución de este estudio, los resultados revelaron  
337 variabilidad dentro de los equipos y entre los equipos a lo largo de la temporada. En  
338 concreto, los efectos aleatorios indican que existen diferencias entre los equipos y  
339 dentro de ellos en la evolución a lo largo de las distintas fases de la temporada. Por un  
340 lado, la variabilidad en el rendimiento físico de los equipos puede estar asociada a las  
341 diferentes variables relacionadas con el contexto [2], o con los cambios tácticos que se  
342 producen durante un partido [11]. También puede estar relacionada con variables  
343 técnico-tácticas, como la posesión del balón por parte del equipo [33,34]. Además,  
344 podría estar relacionada con el rendimiento del equipo [4]. Asimismo, la Tabla 2  
345 muestra la variabilidad en las diferentes fases de la temporada, por lo que los perfiles de  
346 movimiento de partido de los futbolistas son diferentes a lo largo de las cuatro fases.

347       En segundo lugar, como esperábamos, la TD recorrida por los equipos aumentó  
348 progresivamente durante la mita de la temporada y luego disminuyó ligeramente, lo que  
349 revela que los equipos recorrieron las distancias más cortas a principios de temporada.

350 En general, se puede afirmar que los jugadores de fútbol recorrieron distancias más  
351 cortas en los partidos de principios de temporada, y que estas distancias aumentan  
352 progresivamente a lo largo de la mitad de la temporada y vuelven a disminuir al final de  
353 la temporada. Una posible explicación puede deberse a una disminución del rendimiento  
354 físico durante el periodo de desentrenamiento (es decir, fuera de temporada), como ya  
355 revelaron otros estudios, ya que algunas semanas son necesarias para mejorar los  
356 niveles de forma física de los futbolistas [35,36]. Además, durante la fase de  
357 pretemporada se emplea una carga de trabajo significativamente mayor que en el resto  
358 de la temporada [37], provocando un estado de fatiga física y mental, lo que podría ser  
359 la causa potencial de un menor rendimiento físico a principios de temporada [38].  
360 Durante las fases intermedias de la temporada (es decir, P2 y P3), las distancias  
361 recorridas por los equipos aumentaron significativamente. Estos resultados están en  
362 consonancia con los estudios que demostraron que la TD recorrida por los equipos  
363 aumentó significativamente durante la mitad de temporada [14,16,39]. La adaptación a  
364 la carga de entrenamiento y a las exigencias de la competición a medida que avanza la  
365 temporada podrían ser factores clave para entender el aumento del rendimiento físico  
366 durante la mitad de la temporada [40].

367 Por el contrario, las distancias recorridas en los diferentes tramos de velocidad y  
368 el número de sprints disminuyeron durante P4 en comparación con las fases de la  
369 mitad de temporada (es decir, P2 y P3). Al contrario que en estudios anteriores [39], en  
370 los que sólo se analizó un equipo y las fases de la temporada eran más largas, nuestros  
371 resultados sugieren una disminución de este tipo de acciones al final de la temporada,  
372 aunque algunos equipos mantuvieron estos valores durante toda la temporada. Existen  
373 varias causas potenciales que podrían explicar este descenso. Estudios previos han  
374 informado de que la fatiga acumulada a lo largo de la competición y la posterior

375 recuperación incompleta podrían producir una disminución del rendimiento físico hacia  
376 el final de temporada [35,41], debido a la dificultad de mantener los niveles de forma  
377 física durante largos periodos de tiempo [42]. Otra posible causa puede deberse a que la  
378 mejora del rendimiento táctico de los jugadores conseguida durante la temporada afecta  
379 a las exigencias físicas, de modo que sus movimientos tácticos se vuelven más  
380 eficientes y las distancias recorridas disminuyen [43,44]. La disminución de las  
381 acciones de carrera de alta intensidad podría ser consecuencia de una reducción en la  
382 intensidad de los partidos, ya que algunos equipos ya han cumplido sus objetivos y  
383 existe una falta de motivación, lo que puede afectar a las distancias recorridas y al  
384 número de sprints realizados durante el final de temporada [45].

385       En tercer lugar, teniendo en cuenta la variabilidad observada durante la  
386 temporada y según nuestra hipótesis, la percepción de los entrenadores sobre el  
387 rendimiento del equipo estaba positivamente relacionada con las distancias recorridas  
388 por los equipos en los diferentes rangos de velocidad a principios de temporada (es  
389 decir, en la Fase 1). Sin embargo, a medida que avanzaba la temporada, esta relación se  
390 tornó negativa en la mayoría de las variables. En este sentido, se puede afirmar que un  
391 mejor rendimiento del equipo percibido por los expertos se relacionó con mayores  
392 perfiles de movimiento a principios de temporada en todas las intensidades analizadas,  
393 siendo la relación más fuerte a intensidades altas. Por el contrario, a medida que  
394 avanzaba la temporada, la relación entre el rendimiento del equipo y los perfiles de  
395 movimiento se invertía. En consecuencia, las distancias recorridas y el número de  
396 sprints realizados disminuyeron significativamente a medida que aumentaba el  
397 rendimiento del equipo en P4 en comparación con el principio de la temporada (es  
398 decir, la Fase 1). Es decir, cuanto mejor era el rendimiento del equipo según las  
399 percepciones de los expertos, menos corrían en los últimos diez partidos de la

400 temporada. Es decir, cuanto peor era el rendimiento del equipo percibido por los  
401 entrenadores, mayores distancias recorrían al final de la temporada en todas las  
402 intensidades analizadas, excepto en el número de Sp21y Sp24. La relación positiva entre  
403 equipos exitosos y mayores distancias recorridas y mayor número de esprints realizados  
404 a principio de temporada podría explicarse debido a que sus jugadores presentaban  
405 mejores niveles de forma física que les permitían llevar a cabo una mejor adaptación a  
406 las exigencias del entrenamiento y la competición. Además, estos equipos pudieron  
407 alcanzar dicho nivel de rendimiento físico porque se pusieron en forma mejor que el  
408 resto debido al programa de entrenamiento que siguieron durante la pretemporada. Esto  
409 les permitió recorrer mayores distancias y completar un mayor número de esprints que  
410 el resto de los equipos [37]. Se ha demostrado que el resultado de los primeros partidos  
411 tiene una influencia relevante en la clasificación final [15,46]. Por lo tanto, empezar la  
412 temporada estando en forma podría llevar a estos equipos a ganar una mayor media de  
413 puntos a principios de temporada. Según nuestros resultados, los equipos más exitosos  
414 registraron las distancias más largas y realizaron el mayor número de esprints durante el  
415 inicio de la temporada. Nuestros resultados coinciden con los de otros estudios en los  
416 que se observó una relación positiva entre la clasificación final de los equipos y la  
417 actividad de esprints realizada durante la temporada [9]. Sin embargo, estos estudios  
418 midieron el rendimiento del equipo basándose exclusivamente en la clasificación final.

419       Por el contrario, los equipos menos exitosos al final de la temporada fueron los  
420 que registraron las distancias más cortas en todas las intensidades en P1 en comparación  
421 con el resto de las fases (P2, P3 y P4). Durante la fase de final de temporada (P4), se  
422 observó una relación negativa entre las distancias recorridas y el rendimiento del equipo  
423 percibido por los entrenadores de fútbol. Esto significa que los equipos menos exitosos  
424 cubrieron mayores distancias que el resto de los equipos, alcanzando valores más altos

425 que en el resto de las fases (P1, P2 y P3). Esto podría explicarse debido a la necesidad  
426 que surge al final de la temporada de cumplir los objetivos establecidos al principio de  
427 la misma. Así, los equipos con menos éxito intentan por todos los medios cumplir estos  
428 objetivos, lo que produce un mayor estrés competitivo, que conlleva a mayores  
429 distancias recorridas. Anteriormente se ha demostrado que cuando un equipo se  
430 acercaba al último puesto de la clasificación, recorría mayores distancias que cuando se  
431 encontraba en una posición más cómoda [47]. Según el presente estudio, durante la fase  
432 de final de temporada, los equipos menos exitosos presentaron mayores TD, MIRD e  
433 HIRD, así como un mayor número de Sp21. No obstante, aunque en nuestro estudio no  
434 se evaluó el rendimiento de los equipos a través de la clasificación final, los equipos que  
435 luchaban por evitar el descenso probablemente no habían alcanzado el nivel de  
436 rendimiento esperado. Por otra parte, el aumento de las distancias recorridas por los  
437 futbolistas puede indicar el efecto de una menor sincronización tras un periodo  
438 congestionado durante la mitad y el final de la temporada y su rendimiento de equipo  
439 puede disminuir. Así, aquellos equipos que no son capaces de mantener su  
440 sincronización táctica podrían cubrir mayores distancias y mostrar un peor rendimiento  
441 [44,48]. Una posible razón de esta variabilidad táctica y, a su vez, de las mayores  
442 distancias recorridas, puede ser la rotación de entrenadores, en un esfuerzo por revertir  
443 la situación negativa [49].

### 444 **Conclusiones**

445 La presente investigación representa un intento de determinar cómo evoluciona  
446 el rendimiento en carrera en los equipos de fútbol profesional. En primer lugar, existe  
447 variabilidad entre las distancias recorridas por los equipos, es decir, las distancias  
448 recorridas por los equipos fueron diferentes y esta variabilidad afectó a la evolución de  
449 los perfiles de movimiento de los partidos. Concretamente, las diferentes variables de

450 distancia recorrida cambiaron a lo largo de la temporada, habiéndose recorrido las  
451 distancias más cortas en todas las intensidades a principios y a finales de temporada. A  
452 pesar de que existe variabilidad entre los equipos en las diferentes fases de la  
453 temporada, el rendimiento del equipo es uno de los factores que explica esta  
454 variabilidad. Hubo una relación positiva entre las distancias recorridas y el rendimiento  
455 del equipo al principio de la temporada. Por lo tanto, los equipos con el mejor  
456 rendimiento de equipo alcanzado al final de la temporada recorrieron distancias  
457 mayores al principio de la temporada. Así pues, el nivel de rendimiento alcanzado al  
458 final de la temporada puede explicar la variabilidad de la distancia recorrida entre los  
459 equipos a lo largo de la evolución de las diferentes fases de la temporada.

#### 460 **Limitaciones y orientaciones futuras**

461 Tras el desarrollo del presente estudio se han podido reconocer una serie de  
462 limitaciones. En primer lugar, no se analizaron variables situacionales como el estado  
463 del partido, el resultado del partido, la localización del partido o el nivel del equipo  
464 contrario, ni tampoco variables técnico-tácticas. Tampoco se examinó la rotación de  
465 entrenadores, que puede influir en el rendimiento táctico y físico del equipo [49]. En  
466 segundo lugar, no se tuvieron en cuenta otras competiciones oficiales disputadas por  
467 algunos equipos. Los datos pueden haberse visto afectados por la fatiga acumulada en  
468 los equipos que jugaron otras competiciones (competiciones europeas o copa nacional -  
469 competición eliminatoria-) que no se controlaron. No obstante, un estudio previo reveló  
470 que un calendario de competiciones congestionado no afectaba al rendimiento físico del  
471 equipo [50]. Por último, los resultados del presente estudio podrían estar sesgados  
472 debido a que las impresiones de los entrenadores podrían haberse visto afectadas por el  
473 rendimiento del equipo en la primera parte de la temporada. Por lo tanto, en futuros

474 estudios sería interesante llevar a cabo una relación bidireccional (es decir, a lo largo de  
475 la temporada y después de la temporada) para evitar las impresiones prematuras.

#### 476 **Aplicaciones prácticas**

477 El presente estudio podría ayudar tanto a los entrenadores principales como al  
478 resto de miembros del cuerpo técnico a ajustar la carga de entrenamiento a aplicar  
479 durante la pretemporada y la temporada. Asimismo, los profesionales podrían  
480 considerar que la pérdida de nivel físico que se presenta a principios de temporada debe  
481 minimizarse para comenzar la temporada en condiciones óptimas [51], aunque los  
482 niveles físicos también pueden disminuir debido a una carga de entrenamiento excesiva  
483 o inadecuada en la pretemporada. Otra implicación práctica del presente estudio podría  
484 ser la forma de medir el rendimiento del equipo basada en el juicio de los entrenadores  
485 teniendo en cuenta la clasificación final y el presupuesto de los clubes. Esto representa  
486 una forma alternativa (diferente de la evaluación tradicional, como la clasificación final)  
487 de evaluar el rendimiento del equipo que permite realizar más estudios. Por último,  
488 teniendo en cuenta que las distancias recorridas a lo largo de la temporada son  
489 diferentes entre los equipos y dentro de los equipos en las cuatro partes en que se  
490 dividieron las temporadas, los entrenadores principales y el resto del cuerpo técnico  
491 podrían utilizar la información específica de sus equipos para programar la carga de  
492 entrenamiento de una forma más estratégica basándose en los datos. En este sentido, el  
493 personal técnico podría planificar sesiones de entrenamiento más duras o más suaves en  
494 cuanto a la distancia total recorrida, la distancia recorrida a alta intensidad o el número  
495 de esfuerzos de alta intensidad teniendo en cuenta la fase de la temporada. Porque unas  
496 cargas de entrenamiento inadecuadas podrían provocar la incapacidad de los jugadores  
497 para realizar correctamente la fase de la temporada.

498

499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523

## Declaraciones

**Financiación:** Este trabajo ha contado con el apoyo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e Infraestructuras) y las Secciones de Investigación y Análisis de LaLiga.

**Declaración de disponibilidad de datos:** Se aplican restricciones a la disponibilidad de estos datos. Los datos se obtuvieron de LaLiga y están disponibles en <https://www.laliga.es/en> con el permiso de LaLiga.

**Declaración de intereses:** Los autores no declaran ningún conflicto de intereses.

**Aprobación ética:** El procedimiento se llevó a cabo de acuerdo con las directrices y normas proporcionadas por la aprobación ética institucional (número de protocolo 239/2019).

524

## Referencias

525

\*\*\*\*Ver referencias en artículo original\*\*\*\*

## The effect of coach dismissal on team performance and match physical demands in Spanish professional soccer leagues

J. C. Ponce-Bordón, M. A. López-Gajardo, J. Fernández-Navarro, R. López del Campo, R. Resta & T. García-Calvo

To cite this article: J. C. Ponce-Bordón, M. A. López-Gajardo, J. Fernández-Navarro, R. López del Campo, R. Resta & T. García-Calvo (09 Nov 2023): The effect of coach dismissal on team performance and match physical demands in Spanish professional soccer leagues, International Journal of Performance Analysis in Sport, DOI: [10.1080/24748668.2023.2278370](https://doi.org/10.1080/24748668.2023.2278370)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/24748668.2023.2278370>



Published online: 09 Nov 2023.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 52



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

---



# The effect of coach dismissal on team performance and match physical demands in Spanish professional soccer leagues

J. C. Ponce-Bordón <sup>a</sup>, M. A. López-Gajardo <sup>b</sup>, J. Fernández-Navarro <sup>c</sup>,  
R. López del Campo <sup>d</sup>, R. Resta<sup>d</sup> and T. García-Calvo <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, Spain; <sup>b</sup>Faculty of Teaching Training, University of Extremadura, Spain; <sup>c</sup>School of Science and Technology, Nottingham Trent University, United Kingdom; <sup>d</sup>LaLiga Sport Research Section, Madrid, Spain

## ABSTRACT

The present study aimed to examine the relationship between coach dismissal and team performance, and match physical demands in the top two professional Spanish soccer leagues across both short and long term within a season. Data were collected from all matches played in the First (Liga Santander;  $n = 2,950$ ) and Second Spanish Division (Liga Smartbank;  $n = 2,966$ ) over four consecutive seasons (from 2015/2016 to 2018/2019). Team performance (points won), total distance (TD), high-intensity running distance (HIRD, distance  $21\text{--}24\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), very-high-intensity running distance (VHIRD,  $>24\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) and the number of efforts between  $21\text{--}24\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Sp21) and  $>24\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Sp24) were analysed. All within-season coaching dismissals were examined. Results showed that team performance was significantly higher after coach dismissal across short term ( $p < .001$ ). Concerning match physical demands, across the short term, only TD was significantly greater after coach dismissal ( $p < .01$ ); while across long terms, TD, HIRD, VHIRD, Sp21 and Sp24 were significantly greater during post coach dismissal stage ( $p < .001$ ) than the prior coach dismissal stage. Such findings demonstrate that coach replacement could positively influence on team performance and match physical demands, not only across the short term but also over the season.

## ARTICLE HISTORY

Received 25 May 2023  
Accepted 26 October 2023

## KEYWORDS

Professional football; match running performance; coach replacement; longitudinal analysis; performance

Previous investigations on professional soccer coach's behaviour have examined the impact and influence of the coach on team managing, inducing different consequences on team performance (Anthony et al., 2018; Lyle, 2005). However, when teams suffer losing streaks or a performance slump, coaches are fired to improve team performance (Gómez et al., 2021). Over the last years, the number of professional soccer coach dismissals keep with high values (D'Addona & Kind, 2014), with a considerable amount of them within the mid-season (Tozetto et al., 2019). Coach replacement has been justified by creating a psychological shock in the players that should improve team performance by the arrival of a new coach (Arrondel et al., 2020). Specifically, Kattuman et al. (2019) reported that coach replacement could improve collective team

**CONTACT** M. A. López-Gajardo  [malopezgajardo@unex.es](mailto:malopezgajardo@unex.es)  Faculty of Teaching Training, University of Extremadura, C/Avenida de la Universidad, s/n, C.P.: 10003, Spain

This article has been republished with minor changes. These changes does not impact on the academic content of the article.

behaviour (e.g. team performance). In this regard, research has analysed how within-season coach dismissal could impact team performance to avoid the dip in the final ranking (Balduck et al., 2010).

However, contradictory conclusions about the relationship between professional soccer coach dismissals and team performance, measured on final ranking at the end-season or average number of points awarded, have been found. Overall, Balduck et al. (2010) showed that teams rise up in final ranking when the coach is dismissed within the middle-season. Concretely, Gómez et al. (2021) have reported that the number of points awarded per match was significantly greater after the coach change. Similarly, Lago-Peñas (2007) reported that changing the coach had a positive impact on teams' performance over the short term. However, a study that analysed three seasons reported that coach replacement within season only improves the team performance on home matches (de Dios Tena & Forrest, 2007). On the other hand, teams without coach changes significantly improved their performance after a performance dip compared to teams that had undergone coach replacement (Balduck et al., 2010). Therefore, this topic of research has been analysed enough to prove that coach replacement implies unclear results, so more research is necessary to analyse the effect of coach replacement on team performance.

Apart from team performance, coach turnover has been considered as another potential contextual variable to influence physical performance. Concretely, a recent study showed that changing the head coach during the season negatively affected the match high-intensity activities (Augusto et al., 2021). In contrast, Radzimiński et al. (2022) have compared the physical performance of soccer teams before and after the coach turnover with reference to the teams constantly led by the same coach. They reported that coach replacement during the season could imply result in short-term improvement in physical performance. In addition, TD was greater with unchanged coaches and new coaches in comparison to dismissal coach. On the other hand, a study that analysed training and match data during four weeks before and after coach dismissal reported that players showed greater high-intensity activity ( $>14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) with the dismissed coach in comparison with the new coach in training. Nevertheless, a trend of higher physical performance was found with the new coach in competition (Guerrero-Calderón et al., 2021). Castellano and Casamichana (2016) also analysed one team with three different coaches over one competitive season and did not find significant differences in team physical performance.

Despite a large number of studies focused on addressing the influence of coach dismissal, their main analysis concentrated on team performance-related factors (e.g. points awarded or final ranking) and not about match physical demands. As such, new scientific evidence is needed to increase the existing knowledge of the impact of coach replacement on match physical demands across long term and consider the existence of physical performance variability among teams (Castellano & Blanco-Villaseñor, 2015). Therefore, taking into account four consecutive seasons of the First and Second Spanish Division (from 2015/16 to 2018/19), this study aimed to examine the relationship between coach dismissal and team performance (points won), and match physical demands across both short (i.e. last four matches under former coach and next four matches under new coach) and long term (i.e. prior coach dismissal stage and post coach dismissal stage within each season).

Accordingly, based on prior empirical findings, we formulated the following hypotheses: 1) concerning the association between coach dismissal and team performance, we expected that team performance would be higher after coach dismissal across the short term (i.e. under the new coach's first four matches; Gómez et al., 2021). However, across long term, we expected that coach dismissal impact on team performance would decrease as the season progressed (Lago-Peñas, 2011). Concerning the relationship between coach dismissal and match physical demands, the previous studies have reported contradictory conclusions in the analysis across short term (Augusto et al., 2021; Radzimiński et al., 2022), so we cannot establish a clear hypothesis. Meanwhile, no studies which have analysed the relationship between coach dismissal and match physical demands across long term, so we cannot also establish a clear hypothesis.

## 2. Methods

### 2.1. Subjects

The sample was composed by all matches played for 168 professional soccer teams who competed over four consecutive seasons (from 2015/16 to 2018/19) in the First (Liga Santander;  $n = 2,950$  records) and Second (Liga Smartbank;  $n = 2,966$  records) Spanish soccer leagues. Two records were made by match, so 3,368 matches were collected, and 5,916 out of 6,736 potential records were included in the study. These 784 (11%) observations were excluded due to technical problems in the data collecting system or adverse weather conditions during the match. The study received the Bioethics Committee's approval from the first author's university (application number 239/2019).

### 2.2. Experimental approach to the problem

This study analysed the relationship of coach dismissal with team performance and match physical demands over the season in two different stages: across the short term and across the long term. For the analysis across short term, last four matches under former coach ( $n = 387$  records) and next four matches under new coach ( $n = 379$  records) were considered (based on Lago-Peñas (2007)). For the analysis across long term, all matches included in the prior coach dismissal stage ( $n = 1,104$  records) and all matches included in the post coach dismissal stage ( $n = 776$  records) were considered within each season. In order to examine the influence of coach dismissal, the comparison with teams with unchanged coach was conducted (i.e. the matches played by teams with unchanged coach was considered;  $n = 3,270$  records). A total of 96 coach dismissals during four consecutive seasons (from 2015/16 to 2018/19) of the First and Second Spanish soccer league were identified. Data about coach replacements were retrieved from LaLiga™ (<https://www.laliga.com/>). In addition, the final league ranking was determined using five Tiers (Bradley et al., 2016): (A) 1<sup>st</sup>–4<sup>th</sup> ranking ( $n = 1,170$  match observations), (B) 5<sup>th</sup>–8<sup>th</sup> ranking ( $n = 1,143$  match observations), (C) 9<sup>th</sup>–12<sup>th</sup> ranking ( $n = 1,153$  match observations), (D) 13<sup>th</sup>–17<sup>th</sup> ranking ( $n = 1,391$  match observations) and (E) 18<sup>th</sup>–22<sup>nd</sup> ( $n = 1,059$  match observations).

### 2.2.1. Procedures

Match physical demands data were obtained using an optical tracking system called ChyronHego<sup>®</sup> (TRACAB, New York, US). This multi-camera tracking system consists of eight super 4K-High Dynamic Range cameras based on a positioning system (Tracab-ChyronHego VTS) that film from several angles and analyse X and Y positions of each player. The cameras provide real-time three-dimensional tracking (tracking data are recorded at 25 Hz). This instrument is also based on correcting the semi-automatic VTS (the manual part of the process). The validity and reliability of the Tracab<sup>®</sup> video tracking system have been analysed previously, reporting average measurement errors of 2% for distances covered (Pons et al., 2021). Also, previous studies have checked the concordance between the Mediacoach<sup>®</sup> system and GPS devices. In particular, the magnitude of the intraclass correlation coefficients (ICC) was higher than .90 (Pons et al., 2019).

### 2.2.2. Study variables

**2.2.2.1. Match physical demands.** Distances covered in metres were divided into the following speed thresholds: distance covered between 21 and 24 km·h<sup>-1</sup> (i.e. HIRD = High-Intensity Running Distance) and distance covered at more than 24 km·h<sup>-1</sup> (i.e. VHIRD = Very-High-Intensity Running Distance). The total distance (TD) variable corresponds to the summation of all distances covered by players. These variables were shown and analysed by matches and separated by halves (first and second half). Likewise, the number of high-intensity efforts was also divided into two speed ranges: the number of sprints between 21 and 24 km·h<sup>-1</sup> (i.e. Sp21) and the number of sprints at speeds above 24 km·h<sup>-1</sup> (i.e. Sp24). All the efforts that implied a minimum movement of one metre maintained for a minimum of 1-second were recorded. Any recording at a speed of over 80% of the value of that category (i.e. >24 km·h<sup>-1</sup>) was considered a single register. These variables show total team values (i.e. all players who participated in matches, starters and non-starters).

**2.2.2.2. Team performance.** The team performance measure was the number of points awarded to teams in the matches prior to and following the coach replacement. The following performance values considering the match outcome were obtained (*win* = 3, *draw* = 1 and *lose* = 0). These measures have two advantages (Gómez et al., 2021). Firstly, a performance measure that declined when performance stagnated was obtained. Second, abrupt performance declines or increases were smoothed out.

### 2.2.3. Statistical analysis

Statistical analyses were performed using R-studio (R-Studio Team, 2020). Linear Mixed Models (LMM) were applied to analyse the differences in match physical demands (i.e. distances covered and the number of efforts) and team performance with respect to the coach dismissals using the lme4 package (Bates et al., 2015). A hierarchical level structure with teams as the nesting unit of the match observations was considered for the analysis. Therefore, a two-level hierarchy was modelled for the analysis. The team performance (i.e. number of points awarded to teams) and match physical demands variables (i.e. total distance, high-intensity running distance, very high-intensity running distance, number of sprints between 21 and 24 km·h<sup>-1</sup> and number of sprints at speeds above 24 km·h<sup>-1</sup>)

were included as dependent variables in the models, and coach dismissal and tiers (Tiers A, B, C, D and E) were the independent variable included as fixed effect. The variable team was considered as the random effect in the analysis. Then, MLMs were estimated to analyse the differences in match physical demands during different stages, considering the long term (Model 1; i.e. prior coach dismissal stage and post coach dismissal stage with respect to teams without coach dismissal) and the short term (Model 2; i.e. last four matches under the former coach and the next four matches under the new coach). For each model, a general multilevel modelling strategy was performed (Heck et al., 2014). This procedure involves the inclusion of fixed and random effects in steps, progressing from the simplest to the most complex model. The model comparison was made using the Akaike information criterion (AIC; Akaike, 1974) and Chi-square likelihood ratio tests (Field, 2013). A lower value of the AIC and the chi-square loglikelihood test indicated if the model was better than the previous one and if the changes were significant. In order to compare the models, the maximum likelihood (ML) estimation was employed. Restricted maximum likelihood estimation was used for each final model (Field, 2013). We provided the marginal and conditional  $R^2$  metrics as a measure of effect size for each linear mixed model, with marginal  $R^2$  concerned with variance explained by fixed factors and conditional  $R^2$  concerned with variance explained by the whole model. The level of significance was set to .05.

Secondly, the autocorrelation function (ACF) was used with a lag of 1 (1 match intervals) to test the persistency of points awarded per match for each coach across short (association between matches 1 and 2, 2 and 3, 3 and 4) and long terms (match by match). Autocorrelation is a statistical method to compute the relationship between a series of observations in a row with one, two and more time intervals, which is known as a lag (Shafizadeh et al., 2013). A positive correlation was considered as “persistence of performance” in successive matches. The higher values indicated a strong association or greater persistency in successive matches.

### 3. Results

Comparison for match physical demands across the short term and the long term in teams with and without coach dismissal is presented in Tables 1–3. Across the long term (Model 1), TD was greater during the post coach dismissal stage, showing significant differences with respect to prior coach dismissal stage ( $p < .001$ ). In the analysis by halves, TD was greater during the post coach dismissal stage, showing significant differences with respect to prior coach dismissal stage in first ( $p < .001$ ) and second halves ( $p < .01$ ). Across the short term (Model 2), TD was significantly greater during the next four matches under the new coach ( $p < .01$ ), as well as both first ( $p < .05$ ) and second halves ( $p < .01$ ).

Concerning distance covered at high intensity (Table 2), HIRD was greater across long term in teams without coach dismissal, showing significant differences with respect to prior coach dismissal stage ( $p < .01$ ). Also, HIRD was significantly greater during the post coach dismissal stage than prior coach dismissal stage ( $p < .001$ ). In the analysis by halves, HIRD was greater across long term in teams without coach dismissal, showing significant differences with respect to prior coach dismissal stage in both first ( $p < .01$ ) and second halves ( $p < .01$ ). Also, HIRD was significantly greater during the post coach dismissal

Table 1. Match physical demands differences between different stages with and without coach dismissal.

Variables	TD (m)			TD 1 <sup>st</sup> Half (m)			TD 2 <sup>nd</sup> Half (m)		
	Coeff (SE)	95% CI	p	Coeff (SE)	95% CI	p	Coeff (SE)	95% CI	p
<b>Model 1</b>									
Without CD	108,425 (232)	107,970, 108,881	c***	54,313 (130)	54,058, 54,567	c***	54,113 (110)	53,897, 54,329	c**
Before CD	108,258 (265)	107,738, 108,778		54,254 (148)	53,963, 54,545		54,014 (130)	53,759, 54,269	
After CD	108,953 (271)	108,420, 109,485		54,604 (152)	54,306, 54,903		54,335 (135)	54,070, 54,601	
Random Effects	Estimate	SE		Estimate	SE		Estimate	SE	
Residual Variance	13,736,775	3,706		4,472,307	2,115		5,943,118	2,437	
Intercept	4,505,744	2,123		1,408,229	1,187		929,846	964	
<b>Model 2</b>									
Four last matches	108,296 (273)	107,756, 108,838	**	54,315 (150)	54,017, 54,613	*	53,968 (157)	53,656, 54,281	**
Four next matches	109,162 (276)	108,618, 109,707		54,608 (154)	54,308, 54,909		54,537 (180)	54,223, 54,853	
Random Effects	Estimate	SE		Estimate	SE		Estimate	SE	
Residual Variance	14,530,206	3,812		4,527,053	2,128		6,199,236	2,489	
Intercept	2,551,607	1,597		755,101	869		598,518	773	

Coeff = Coefficient, SE = Standard Error, CI = Confidence Interval, TD = Total Distance, Without CD = Teams Without Coach Dismissal, Before CD = Before Coach Dismissal, After CD = After Coach Dismissal, a = significant differences between Without CD and Before CD, c = significant differences between Before CD and After CD, \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ .

**Table 2. Match physical demands differences between different stages with and without coach dismissal.**

Variables	HIRD 21–24 km·h <sup>-1</sup> (m)			HIRD 1 <sup>st</sup> Half (m)			HIRD 2 <sup>nd</sup> Half (m)			Sp > 21–24 km·h <sup>-1</sup>		
	Coeff (SE)	95% CI	p	Coeff (SE)	95% CI	p	Coeff (SE)	95% CI	p	Coeff (SE)	95% CI	p
<b>Model 1</b>												
Without CD	2,950 (19)	2,913, 2,988	a**	1,468 (10)	1,448, 1,488	a**	1,483 (9)	1,464, 1,501	a**	259 (1)	256, 263	a**
Before CD	2,862 (22)	2,818, 2,905	c***	1,423 (12)	1,399, 1,446	c***	1,440 (11)	1,418, 1,462	c***	252 (1)	248, 255	c***
After CD	2,932 (22)	2,887, 2,977		1,457 (12)	1,432, 1,482		1,474 (11)	1,451, 1,498		257 (1)	253, 260	
Random Effects	Estimate	SE		Estimate	SE		Estimate	SE		Estimate	SE	
Residual Variance	123,478	351		45,125	212		49,254	221		776	27	
Intercept	30,622	175		8,651	93		7,025	83		216	14	
<b>Model 2</b>												
Four last matches	2,904 (26)	2,852, 2,957		1,446 (15)	1,415, 1,477		1,458 (13)	1,432, 1,486		255 (2)	251, 259	
Four next matches	2,898 (25)	2,845, 2,950		1,439 (15)	1,408, 1,471		1,458 (16)	1,431, 1,486		254 (2)	250, 259	
Random Effects	Estimate	SE		Estimate	SE		Estimate	SE		Estimate	SE	
Residual Variance	128,052	357		43,686	209		51,021	225		793	28	
Intercept	24,989	158		9,178	95		3,730	61		170	13	

Coeff = Coefficient, SE = Standard Error, CI = Confidence Interval, HIRD = High Intensity Running Distance, Without CD = Teams Without Coach Dismissal, Before CD = Before Coach Dismissal, After CD = After Coach Dismissal, a = significant differences between Without CD and Before CD, c = significant differences between Before CD and After CD, \*\*p < .01, \*\*\*p < .001.

**Table 3. Match physical demands differences between different stages with and without coach dismissal.**

Variables	VHIRD >24 km·h <sup>-1</sup> (m)			VHIRD 1 <sup>st</sup> Half (m)			VHIRD 2 <sup>nd</sup> Half (m)			Sp >24 km·h <sup>-1</sup>		
	Coeff (SE)	95% CI	p	Coeff (SE)	95% CI	p	Coeff (SE)	95% CI	p	Coeff (SE)	95% CI	p
<b>Model 1</b>												
Without CD	2,812 (25)	2,762, 2,863	a**	1,396 (13)	1,370, 1,422	a**	1,417 (13)	1,391, 1,443	a*	157 (1)	155, 160	a**
Before CD	2,712 (29)	2,654, 2,770	c***	1,339 (15)	1,309, 1,369	c***	1,375 (15)	1,344, 1,405	c***	152 (1)	149, 155	c***
After CD	2,806 (30)	2,746, 2,865		1,381 (15)	1,350, 1,412		1,425 (16)	1,393, 1,457		156 (1)	153, 159	
Random Effects		SE		Coeff	SE		Coeff	SE		Coeff	SE	
Residual Variance	194,716	441		70,479	265		80,467	283		421	20	
Intercept	55,000	234		14,188	119		14,216	119		130	11	
<b>Model 2</b>												
Four last matches	2,782 (35)	2,711, 2,853		1,381 (18)	1,344, 1,419		1,400 (21)	1,358, 1,442		155 (1)	152, 159	
Four next matches	2,781 (31)	2,710, 2,853		1,368 (19)	1,331, 1,407		1,412 (19)	1,370, 1,455		154 (1)	152, 158	
Random Effects		SE		Coeff	SE		Coeff	SE		Coeff	SE	
Residual Variance	186,846	432		69,860	264		74,180	272		410	20	
Intercept	56,521	237		12,304	110		17,837	133		118	10	

Coeff = Coefficient, SE = Standard Error, CI = Confidence Interval, VHIRD = Very High Intensity Running Distance, Without CD = Teams Without Coach Dismissal, Before CD = Before Coach Dismissal, After CD = After Coach Dismissal, a = significant differences between Without CD and Before CD, c = significant differences between Before CD and After CD, \*\*p < .01, \*\*\*p < .001.

**Table 4.** Descriptive results for points awarded per match and the moving average of points awarded per match between different stages with and without coach dismissal.

Coach stage	Long term				Short term			
	<i>Coeff (SE)</i>	<i>p</i>	<i>ACF</i>	<i>p</i>	<i>Coeff (SE)</i>	<i>p</i>	<i>ACF</i>	<i>p</i>
Points awarded per match								
Before CD	1.15 (.06)	.093	.02 (.03)	.509				
After CD	1.26 (.06)		-.01 (.04)	.845				
Four last matches					.68 (.08)	***	-.01 (.05)	.891
Four next matches					1.35 (.08)		.05 (.025)	.364
Moving average of points awarded								
Before CD	1.28 (.03)	.086	.06 (.03)	.053				
After CD	1.34 (.03)		.05 (.04)	.213				
Four last matches					1.03 (.04)	***	-.02 (.05)	.752
Four next matches					1.35 (.04)		-.00 (.05)	.956

*Coeff* = Coefficient, *SE* = Standard Error, *ACF* = Autocorrelation function and standard error, Before CD = Before Coach Dismissal, After CD = After Coach Dismissal, \*\*\**p* < .001.

stage than prior coach dismissal stage in both first ( $p < .001$ ) and second halves ( $p < .001$ ). Across the short term, HIRD was greater during the last four matches under former coach, as well as the first half.

Regarding distance covered at very high intensity (Table 3), VHIRD was greater across long term in teams without coach dismissal, showing significant differences with respect to prior coach dismissal stage ( $p < .01$ ). Also, VHIRD was significantly greater during the post coach dismissal stage than prior coach dismissal stage ( $p < .001$ ). In the analysis by halves, VHIRD was greater across long term in teams without coach dismissal, showing significant differences with respect to prior coach dismissal stage in first half ( $p < .01$ ), while VHIRD covered in the second half was greater during the post coach dismissal stage, showing significant differences with respect to prior coach dismissal stage in first half ( $p < .001$ ). Across the short term, VHIRD was greater during the last four matches under the former coach, as well as the first half. VHIRD covered in the second half was greater during the next four matches under the new coach.

With respect to high-intensity actions, SP21 was greater across long term in teams without coach dismissal, showing significant differences with respect to prior coach dismissal stage ( $p < .01$ ). Also, SP21 was significantly greater during the post coach dismissal stage than prior coach dismissal stage ( $p < .001$ ). Across short term, SP21 was greater during the four last matches under the former coach. Meanwhile, SP24 was greater across long term in teams without coach dismissal, showing significant differences respect to prior coach dismissal stage ( $p < .01$ ). Also, SP24 was significantly greater during the post coach dismissal stage than prior coach dismissal stage ( $p < .001$ ). Across short term, SP24 was greater during the last four matches under the former coach.

Marginal  $R^2$  ranged from .02 to .09, and conditional  $R^2$  ranged from .13 to .25 in all models, showing a very low effect of the coach dismissal on teams' performance. However, conditional  $R^2$  had an upward trend. On the other hand, comparing the two previous models (Model 1 and Model 2), AIC values were lower when the coach dismissal was included (Model 2).

The comparison for team performance (i.e. points awarded per match and moving average of points per match) across the short term and the long term is presented in Table 4. Across the short term, the points awarded per match ( $.68 \pm .08$  vs  $1.35 \pm .08$ ) and



Table 5. Team performance (points won) and match physical demands differences between different stages with coach dismissal considering ranking groups.

Variables	Coach stage	Tier A		Tier B		Tier C		Tier D		Tier E	
		Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p	Coeff (SE)	p
Points awarded per match	Long term										
	Before CD	1.84 (.15)		1.48 (.11)		1.34 (.08)		1.12 (.08)		0.94 (.07)	
	After CD	1.94 (.15)		1.65 (.15)		1.43 (.09)		1.34 (.09)		0.86 (.09)	
	Short term										
TD (m)	Four last matches	0.83 (.27)	b*	1.30 (.23)	a*, d*	0.94 (.13)		0.55 (.11)		0.61 (.12)	a*, d*
	Four next matches	2.17 (.29)	e*	1.59 (.24)		1.56 (.13)		1.56 (.11)		0.98 (.12)	
	Long term										
	Before CD	109,489 (565)		108,578 (459)	c**, d**, e**	108,146 (378)	b**	107,619 (370)	b**	108,311 (363)	b**
After CD	108,953 (580)		106,643 (561)		108,479 (410)		107,682 (397)		108,720 (391)		
HIRD	Short term										
	Four last matches	107,441 (916)		108,983 (776)		107,756 (490)	d*, e*	108,111 (457)	c*	107,914 (459)	c*
	Four next matches	109,447 (960)		108,990 (812)		109,901 (496)		108,415 (456)		108,418 (459)	
	Long term										
Before CD	2,820 (50.9)	b*	2,988 (40.5)	a*, c**, d*, e*	2,809 (32.1)	b**	2,815 (31.4)	b*	2,898 (30.6)	b*	
After CD	2,892 (52.4)		2,891 (50.5)		2,894 (35.5)		2,884 (34.2)		2,980 (33.5)		
VHIRD	Short term										
	Four last matches	2,837 (84.8)		3,071 (71.4)	c*, e*	2,828 (43.6)	b*	2,947 (40.2)		2,893 (40.4)	b*
	Four next matches	2,881 (89.0)		2,858 (74.9)		2,892 (44.2)		2,883 (40.2)		2,931 (40.5)	
	Long term										
Before CD	2,647 (65.4)	b*	2,906 (52.6)	a*, c**, d*, e*	2,558 (42.5)	b*	2,641 (41.6)	b*	2,755 (40.6)	b*	
After CD	2,758 (67.2)		2,808 (64.9)		2,710 (46.5)		2,733 (44.9)		2,889 (44.2)		
Sp 21–24 km·h <sup>-1</sup> (n°)	Short term										
	Four last matches	2,755 (107.5)		3,058 (90.8)	c*, d*, e*	2,616 (56.4)	b*	2,757 (52.2)	b*	2,796 (52.2)	b*
	Four next matches	2,811 (112.7)		2,763 (95.1)		2,682 (57.0)		2,730 (52.2)		2,834 (52.5)	
	Long term										
Before CD	251 (40.9)	b*	265 (32.7)	a*, c**, d**, e**	247 (26.2)	b**	248 (25.6)	b**	256 (25.0)	b**	
After CD	255 (42.1)		255 (40.6)		254 (28.8)		252 (27.8)		261 (27.3)		
Sp >24 km·h <sup>-1</sup> (n°)	Short term										
	Four last matches	250 (6.77)	b*	271 (5.71)	a*, c**, e*	249 (3.51)	b**, d*	258 (3.25)	c*	255 (3.26)	b*
	Four next matches	256 (7.10)		253 (5.98)		255 (3.56)		253 (3.24)		258 (3.27)	
	Long term										
Before CD	149 (3.06)	b*	161 (2.46)	a*, c**, d*, e**	145 (2.00)	b**	149 (1.95)	b*	155 (1.91)	b**	
After CD	156 (3.15)		156 (3.04)		152 (2.18)		152 (2.11)		161 (2.07)		
Coeff = Coefficient, SE = Standard Error, TD = Total Distance, HIRD = High Intensity Running Distance, VHIRD = Very High Intensity Running Distance, Before CD = Before Coach Dismissal, After CD = After Coach Dismissal, a = significant differences compared with Tier A; b = significant differences compared with Tier B; c = significant differences compared with Tier C; d = significant differences compared with Tier D; e = significant differences compared with Tier E; *p < .05; **p < .01.	Short term										
	Four last matches	153 (5.02)		169 (4.24)	c**, e*	149 (2.64)	b**	156 (2.45)		157 (2.46)	b*
	Four next matches	155 (5.27)		155 (4.45)		152 (2.67)		153 (2.45)		159 (2.46)	
	Long term										

Coeff = Coefficient, SE = Standard Error, TD = Total Distance, HIRD = High Intensity Running Distance, VHIRD = Very High Intensity Running Distance, Before CD = Before Coach Dismissal, After CD = After Coach Dismissal, a = significant differences compared with Tier A; b = significant differences compared with Tier B; c = significant differences compared with Tier C; d = significant differences compared with Tier D; e = significant differences compared with Tier E; \*p < .05; \*\*p < .01.

the moving average of points awarded per match ( $1.03 \pm .04$  vs  $1.35 \pm .04$ ) were significantly higher during next four matches under the new coach (both  $p < .001$ ). Across the long term, the points awarded per match ( $1.15 \pm .06$  vs  $1.26 \pm .06$ ) and the moving average of points awarded per match ( $1.28 \pm .03$  vs  $1.34 \pm .03$ ) were not significantly higher during the post coach dismissal stage than prior coach dismissal stage. No significant autocorrelations ( $p > .05$ ) for teams before and after coach dismissal were identified for points awarded or the moving average of points awarded per match both across short and long term.

Finally, Table 5 shows the differences between ranking groups on team performance and match physical demands. Concerning team performance, across the short term, Tier A teams earned significantly more points per match after coach dismissal compared to Tiers B ( $p < .05$ ) and E ( $p < .05$ ). Concerning match physical demands, across the long term, Tier B teams covered significantly less TD after coach dismissal compared to Tiers C ( $p < .01$ ), D ( $p < .01$ ) and E ( $p < .01$ ); less HIRD than Tiers A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ), D ( $p < .05$ ) and E ( $p < .05$ ); less VHIRD than Tiers A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ), D ( $p < .05$ ) and E ( $p < .05$ ); less SP 21–24 than Tiers A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ), D ( $p < .01$ ) and E ( $p < .01$ ); and less SP24 than Tiers A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ), D ( $p < .01$ ) and E ( $p < .01$ ). Likewise, across short term, Tier B teams covered significantly less HIRD after coach dismissal compared to Tiers C ( $p < .05$ ) and E ( $p < .05$ ); less VHIRD than Tiers C ( $p < .05$ ), D ( $p < .05$ ) and E ( $p < .05$ ); less SP 21–24 than Tiers A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ) and E ( $p < .05$ ); and less SP24 than Tiers C ( $p < .01$ ) and E ( $p < .05$ ).

#### 4. Discussion

The present study aimed to examine the relationship between coach dismissal and team performance, and match physical demands over the season in the First and Second Spanish soccer Division across both short and long term within a season. The main findings of this study revealed that i) coach replacement had a positive and significantly influence on team performance across the short term; ii) concerning match physical demands, only TD was significantly greater during the next four matches under the new coach. Furthermore, TD, HIRD, VHIRD, Sp21 and Sp24 were significantly greater during the post coach dismissal stage; iii) however, HIRD, VHIRD, Sp21 and Sp24 were greater in teams without coach dismissals over the season.

Concerning the relationship between coach dismissal and team performance, we expected that team performance would be higher after coach dismissal across short term and would decrease as the season progressed. Concretely, the results showed that team performance was significantly higher during next four matches under the new coach ( $p < .001$ ). Although research has reported that it is unlikely for most teams to experience immediate performance increases after a midseason coach turnover (Balduck et al., 2010) or coaching changes have either had no, or a slightly negative effect on team's performance (Koning, 2003; Paola & Scoppa, 2012), the results showed that, after coach dismissal, the team performance was significantly higher across short term. One reason for this improvement might be the new coach's psychological effect on team performance, the new coach ability to lead the team and the possible positive results earned during the next matches (Arrondel et al., 2020). In line with Gómez et al. (2021), the findings of the current study have some methodological strengths like the sample size

included (four seasons from two professional soccer leagues) and the temporal analyses of ACF and the moving average of points awarded per match, improving the power of the showed findings. This suggests that in the Spain professional soccer leagues, the shock effect of new coach seems to improve the team performance across short term.

Concerning the relationship between coach dismissal and match physical demands, we did not hypothesise a clear trend in the results. Across short term, the results showed that TD was significantly greater during the next four matches under the new coach ( $p < .01$ ). Similarly to previous studies (Radzimiński et al., 2022), our results suggest that the coach turnover at mid-season could be supposed a positive stimulus to increase the team's physical performance in competition across the short term. The significant increase in TD after coach replacement could be consequence by enhanced motivation, where substitute players try to demonstrate their importance for the team, increasing the competition by the positions (Radzimiński et al., 2022). Another possible reason of this may be that coach turnover affected the teams' playing style used by the new coach (Castellano & Casamichana, 2016). This change could involve a worse tactical performance of the players during the next matches, as lower levels of collective synchronisation have been associated to higher levels of distance covered (Folgado et al., 2018). Therefore, future research based on coach dismissal should consider the playing style and the squad rotations.

To the authors' knowledge, the present study is the first attempt to analyse the physical performance of teams in the top two Spanish professional soccer leagues after the coach dismissal across the long term within a season. Contrary to previous research which reported that the influence of a new coach on match running performance does not last longer than a few games (Radzimiński et al., 2022), the results show that match physical demands were also significantly greater during the post coach dismissal stage ( $p < .01$ ). A possible explanation may be that players did not make the maximum effort they could with the former coach, and the new coach provided a positive stimulus to physical performance (Gómez et al., 2021). Likewise, distances covered at high intensity were significantly greater during the post coach dismissal stage ( $p < .01$ ). One possible explanation for this behaviour of the team with the new coach could be the performance evolution of teams after the coach dismissal. In this vein, research has correlated distance covered at high intensity with success in the final ranking (Yang et al., 2018), which could mean that these teams could have reversed the ranking and then taking higher positions in the final ranking (Longo et al., 2019).

Concerning the teams without coach dismissal, our results showed that these teams covered greater distances at high intensity than teams in prior coach dismissal stage. This fact could be a consequence of performance reached by best teams (i.e. more successful teams did not change the coach). In line with previous studies, there seem to be an association between high-intensity actions and top-ranked teams at the end-season (Castellano & Casamichana, 2015), and possibly the top ranked teams did not suffer any coach replacement. On the other hand, considering the strength of the teams according to their final league ranking, Tiers B teams suffered a negative impact on match physical demands after the coach replacement. Concretely, these teams performed significantly less running performance than the rest of the team after coach

dismissal both short and long term. These results are in line with previous studies, which reported that changing the head coach during the season resulted in overall lower distance covered at high intensity and sprinting, and high-intensity actions (Augusto et al., 2021). A possible explanation for this might be these teams have already lost their ranking goals and it could exist a lack of motivation (Marcora & Staiano, 2010).

Finally, the findings in this study must be considered with caution. The marginal  $R^2$  values showed a minor effect of the coach dismissal on the variables measured, and the conditional  $R^2$  values indicated that teams explained most of the variance in the linear mixed models. Therefore, team performance and match physical demands could be affected by coach dismissal, but different teams would show a different general behaviour that reflect the individual style of coaching and management, the characteristics of the players, and philosophy of play based on the identity of soccer clubs (Hughes & Franks, 2005).

#### **4.1. Study limitations and future directions**

The current research contributes to the knowledge about the possible influence of coach dismissal on team performance and match physical demands both in the short and long term on two top Spanish professional soccer leagues within a season. Despite important findings, several limitations could be recognised with a view to future research. First, although we have only adjusted variables such as team performance and match physical demands, further research is required about coach dismissal considering several contextual factors such as the playing style, the opponent quality or match location on the following matches (Augusto et al., 2021). Second, we did not analyse other tactical-technical variables considered key in the team's success. For that reason, future analysis should consider these variables to identify differences in results arising from tactical metrics after coach replacement (Clemente et al., 2013; Rumpf et al., 2017). To quantify psychosocial variables in teams, like as players' motivation and satisfaction with the current head coach, might also provide useful knowledge about this critical process for future research (Scelles & Llorca, 2021). Moreover, we neither analysed when the coaching change occurred (i.e. season stage), and research has shown that match physical demands fluctuate over the season and reach the highest values in mid-season (Ponce-Bordón et al., 2022). So, future research should analysis coach dismissal in different season phases. Lastly, the average points per match were not considered in the analyses, which may affect the team's performances during the season, and it would be interesting to consider in future studies.

#### **4.2. Practical applications**

The results of the present study could be useful for managers and chairmen of different clubs for the decision-making process to sign a new coach in middle-season. Findings showed what consequences the impact of coach dismissal has across both short and long terms on team performance and match physical demands. Moreover, our results could help both the new head coaches and the technical staff who arrive after extreme organisational decisions such as coach dismissal to applied specific strategies for the distribution of external load in next training sessions to optimise player physical performance. Research

has reported that muscle injury rate may experience an increase after a coach turnover in a professional football club (Dönmez et al., 2020). In addition, the results showed that after coach dismissal, match physical demands increased, so the new coach seemed to cause a positive stimulus on team physical performance. This should increase consideration of practitioners during coaching transitions and the impact of new training regimes that are necessary to decrease injury risk in professional football. These specific strategies could avoid the overuse provided by the positive stimulus of new coach on physical performance. Consequently, new coaches should give more importance to tactical training and playing style for the forthcoming matches than the physical and conditioning training.

## 5. Conclusions

To the best of our knowledge, this study is the first attempt to explore the possible influence of coach dismissal on team performance and match physical demands both in the short and long term within a season. The data demonstrated that the coach dismissal has a positive impact on team performance across short term. Concretely, the number of points awarded per match during next four matches under the new coach was significantly higher. In addition, a mid-season coaching change could increase match physical demands, not only across short term but also over the time within a season. Thus, these findings suggest that the hiring of an appropriate coach suitable for the team could positively affect team performance in professional soccer over the season.

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

## Funding

This work was supported by the European Regional Development Fund (ERDF), the Government of Extremadura (Department of Economy and Infrastructure), LaLiga Research and Analysis Sections, and Fernando Valhondo Calaff Foundation.

## ORCID

J. C. Ponce-Bordón  <http://orcid.org/0000-0002-5641-6748>  
M. A. López-Gajardo  <http://orcid.org/0000-0001-8364-7632>  
J. Fernández-Navarro  <http://orcid.org/0000-0002-5367-1575>  
R. López del Campo  <http://orcid.org/0000-0002-9286-6113>  
T. García-Calvo  <http://orcid.org/0000-0002-2550-418X>

## Data availability statement

Restrictions apply to the availability of these data. Data were obtained from LaLiga and are available at <https://www.laliga.es/en> with the permission of LaLiga.

## References

- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716–723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Anthony, D. R., Gordon, S., Gucciardi, D. F., & Dawson, B. (2018). Adapting a behavioral coaching framework for mental toughness development. *Journal of Sport Psychology in Action*, 9(1), 32–50. <https://doi.org/10.1080/21520704.2017.1323058>
- Arrondel, L., Duhautois, R., & Zimmer, C. (2020). Within-season dismissals of football managers: Evidence from the French Ligue 1. *HALSHS*, 11, 1–23. <https://doi.org/10.3917/reco.734.0637>
- Augusto, D., Brito, J., Aquino, R., Figueiredo, P., Eiras, F., Tannure, M., Veiga, B., & Vasconcellos, F. (2021). Contextual variables affect running performance in professional soccer players: A brief report. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 3. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.778813>
- Baldock, A. L., Buelens, M., & Philippaerts, R. (2010). Short-term effects of midseason coach turnover on team performance in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(3), 379–383. <https://doi.org/10.1080/02701367.2010.10599686>
- Baldock, A. L., Prinzie, A., & Buelens, M. (2010). The effectiveness of coach turnover and the effect on home team advantage, team quality and team ranking. *Journal of Applied Statistics*, 37(4), 679–689. <https://doi.org/10.1080/02664760902824731>
- Bates, D., Machler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1406.5823>
- Bradley, P. S., Archer, D. T., Hogg, B., Schuth, G., Bush, M., Carling, C., & Barnes, C. (2016). Tier-specific evolution of match performance characteristics in the English premier league: It's getting tougher at the top. *Journal of Sports Sciences*, 34(10), 980–987. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1082614>
- Castellano, J., & Blanco-Villaseñor, A. (2015). Análisis de la variabilidad del desplazamiento de futbolistas de élite durante una temporada competitiva a partir de un modelo lineal mixto generalizado. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 161–168. <https://doi.org/10.4321/S1578-84232015000100016>
- Castellano, J., & Casamichana, D. (2015). What are the differences between first and second divisions of Spanish football teams? *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 135–146. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868782>
- Castellano, J., & Casamichana, D. (2016). Mismos jugadores con diferentes entrenadores, ¿se puede jugar de manera diferente para optimizar el rendimiento en el fútbol profesional? *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 5(2), 133. <https://doi.org/10.6018/264771>
- Clemente, F. M., Couceiro, M. S., Martins, F. M. L., Mendes, R., & Figueiredo, A. J. (2013). Measuring tactical behaviour using technological metrics: Case study of a football game. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 8(4), 723–739. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.8.4.723>
- D'Addona, S., & Kind, A. (2014). Forced manager turnovers in English soccer leagues: A long-term perspective. *Journal of Sports Economics*, 15(2), 150–179. <https://doi.org/10.1177/1527002512447803>
- de Dios Tena, J., & Forrest, D. (2007). Within-season dismissal of football coaches: Statistical analysis of causes and consequences. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 362–373. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.05.024>
- Dönmez, G., Kudaş, S., Yörübulut, M., Yıldırım, M., Babayeva, N., & Torgutalp, Ş. Ş. (2020). Evaluation of muscle injuries in professional football players: Does coach replacement affect the injury rate? *Clinical Journal of Sport Medicine*, 30(5), 478–483. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000640>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). SAGE Editorial.
- Folgado, H., Gonçalves, B., & Sampaio, J. (2018). Positional synchronization affects physical and physiological responses to preseason in professional football (soccer). *Research in Sports Medicine*, 26(1), 51–63. <https://doi.org/10.1080/15438627.2017.1393754>

- Gómez, M. A., Lago-Peñas, C., Gómez, M.-T., Jimenez, S., & S Leicht, A. (2021). Impact of elite soccer coaching change on team performance according to coach- and club-related variables. *Biology of Sport*, 38(4), 603–608. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.101600>
- Guerrero-Calderón, B., Owen, A., Morcillo, J. A., & Castillo-Rodríguez, A. (2021). How does the mid-season coach change affect physical performance on top soccer players? *Physiology and Behavior*, 232, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113328>
- Heck, R. H., Thomas, S. L., & Tabata, L. N. (2014). *Multilevel and longitudinal modeling with IBM SPSS* (2nd ed.). Routledge (Taylor & Francis Group).
- Hughes, M., & Franks, I. (2005). Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(5), 509–514. <https://doi.org/10.1080/02640410410001716779>
- Kattuman, P., Loch, C., Kurchian, C., & Constantinou, A. C. (2019). Management succession and success in a professional soccer team. *PLoS ONE*, 14(3), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212634>
- Koning, R. H. (2003). An econometric evaluation of the effect of firing a coach on team performance. *Applied Economics*, 35(5), 555–564. <https://doi.org/10.1080/0003684022000015946>
- Lago-Peñas, C. (2007). Aplicación de la regresión lineal en el estudio del impacto del cambio de entrenador sobre el rendimiento en el fútbol. *Motricidad European Journal of Human Movemen*, 19, 145–163.
- Lago-Peñas, C. (2011). Coach mid-season replacement and team performance in professional soccer. *Journal of Human Kinetics*, 28(1), 115–122. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0028-7>
- Longo, U. G., Sofi, F., Candela, V., Dinu, M., Cimmino, M., Massaroni, C., Schena, E., & Denaro, V. (2019). Performance activities and match outcomes of professional soccer teams during the 2016/2017 serie a season. *Medicina*, 55(8), 469–478. <https://doi.org/10.3390/medicina55080469>
- Lyle, J. (2005). *Sports coaching concepts: A framework for coaches' behaviour*. Routledge, Ed.).
- Marcora, S. M., & Staiano, W. (2010). The limit to exercise tolerance in humans: Mind over muscle? *European Journal of Applied Physiology*, 109(4), 763–770. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1418-6>
- Paola, M. D., & Scoppa, V. (2012). The effects of managerial turnover: Evidence from coach dismissals in Italian soccer teams. *Journal of Sports Economics*, 13(2), 152–168. <https://doi.org/10.1177/1527002511402155>
- Ponce-Bordón, J. C., García-Calvo, T., Candela-Guardiola, J. M., Serpiello, F. R., Del Campo, R. L., Resta, R., & Pulido, J. J. (2022). The relationship between running distance and coaches' perception of team performance in professional soccer player during multiple seasons. *Sci Rep*, 12(1), 1454. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05519-x>
- Pons, E., García-Calvo, T., Cos, F., Resta, R., Blanco, H., López Del Campo, R., Díaz-García, J., & Pulido-González, J. J. (2021). Integrating video tracking and GPS to quantify accelerations and decelerations in elite soccer. *Sci Rep*, 11(1), 18531. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97903-2>
- Pons, E., García-Calvo, T., Resta, R., Blanco, H., López Del Campo, R., Díaz García, J., Pulido, J. J., & Sunderland, C. (2019). A comparison of a GPS device and a multi-camera video technology during official soccer matches: Agreement between systems. *PLoS One*, 14(8), e0220729. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220729>
- Radzimiński, Ł., Padrón-Cabo, A., Modric, T., Andrzejewski, M., Versic, S., Chmura, P., Sekulic, D., & Konefał, M. (2022). The effect of mid-season coach turnover on running match performance and match outcome in professional soccer players. *Scientific Reports*, 12(1), 10680. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14996-z>
- R-Studio Team. (2020). Boston *RStudio: Integrated Development for R (RStudio, Ed.)*.
- Rumpf, M. C., Silva, J. R., Hertzog, M., Farooq, A., & Nassis, G. (2017). Technical and physical analysis of the 2014 FIFA world cup Brazil: Winners vs. losers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(10), 1338–1343. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06440-9>
- Scelles, N., & Llorca, M. (2021). Leader dismissal or continuity, president longevity, geographic orientation of owners and team performance: Insights from French men's football, 1994–2016. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(9), 439. <https://doi.org/10.3390/jrfm14090439>

- Shafizadeh, M., Taylor, M., & Peñas, C. L. (2013). Performance consistency of international soccer teams in euro 2012: A time series analysis. *Journal of Human Kinetics*, 38, 213–226. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0061>
- Tozetto, A. B., Carvalho, H. M., Rosa, R. S., Mendes, F. G., Silva, W. R., Nascimento, J. V., & Milistetd, M. (2019). Coach turnover in top professional Brazilian football championship: A multilevel survival analysis. *Frontiers in Psychology*, 10, 1246–1253. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01246>
- Yang, G., Leicht, A. S., Lago, C., & Gómez, M. Á. (2018). Key team physical and technical performance indicators indicative of team quality in the soccer Chinese super league. *Research in Sports Medicine*, 26(2), 158–167. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1431539>

1 El efecto del despido del entrenador sobre el rendimiento del equipo y las demandas  
2 físicas del partido en las ligas profesionales de fútbol españolas

3 Ponce-Bordón, J. C.<sup>1</sup>, López-Gajardo, M.<sup>2</sup>, Fernández-Navarro, J.<sup>3</sup>, López del Campo,

4 R.<sup>4</sup>, Resta, R.<sup>5</sup>, García-Calvo, T.<sup>6</sup>

5 <sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

6 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5641-6748>

7 <sup>2</sup>Facultad de Formación del Profesorado, Universidad de Extremadura (España)

8 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8364-7632>

9 <sup>3</sup>Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad de Nottingham Trent (Reino Unido)

10 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5367-1575>

11 <sup>4</sup>Sección de Investigación Deportiva de LaLiga, Madrid (España)

12 Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9286-6113>

13 <sup>5</sup>Sección de Investigación Deportiva de LaLiga, Madrid (España)

14 <sup>6</sup>Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura (España)

15 Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2550-418X>

16 Detalles de la financiación:

17 Este trabajo ha contado con el apoyo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
18 (FEDER), la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e Infraestructuras), las  
19 Secciones de Investigación y Análisis de LaLiga y la Fundación Fernando Valhondo  
20 Calaff.

21 Nota de los autores:

22 Autor de correspondencia: Miguel A. López-Gajardo. Facultad de Formación del  
23 Profesorado. Universidad de Extremadura. C/ Avenida de la Universidad, s/n, C.P.:  
24 10003, Cáceres, España. Teléfono: +34 927257050 Fax: +34 927257051.

25 Correo electrónico: [malopezgajardo@unex.es](mailto:malopezgajardo@unex.es)

26

## Resumen

27 El presente estudio tuvo como objetivo examinar la relación entre el despido del  
28 entrenador y el rendimiento del equipo, y las demandas físicas del partido en las dos  
29 principales ligas de fútbol profesional españolas a corto y largo plazo dentro de una  
30 temporada. Se recopilaron datos de todos los partidos jugados en la Primera (Liga  
31 Santander;  $n = 2,950$ ) y Segunda División española (Liga Smartbank;  $n = 2,966$ )  
32 durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/2016 a 2018/2019). Se analizó el  
33 rendimiento del equipo (puntos ganados), la distancia total (en inglés TD = Total  
34 Distance), la distancia de carrera de alta intensidad (distancia entre 21-24  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), la  
35 distancia de carrera de muy alta intensidad ( $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y el número de esfuerzos  
36 realizados entre 21-24  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Sp21) y  $> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Sp24). Se examinaron todos los  
37 despidos de entrenadores dentro de la temporada. Los resultados mostraron que el  
38 rendimiento del equipo fue significativamente mayor tras la destitución del entrenador a  
39 corto plazo ( $p < .001$ ). En cuanto a las exigencias físicas del partido, a corto plazo, sólo  
40 la TD fue significativamente mayor tras la destitución del entrenador ( $p < .01$ ); mientras  
41 que, a largo plazo, la TD, HIRD, VHIRD, Sp21 y Sp24 fueron significativamente  
42 mayores durante la etapa posterior a la destitución del entrenador ( $p < .001$ ) que en la  
43 etapa anterior a la destitución del entrenador. Estos resultados demuestran que la  
44 sustitución del entrenador podría influir positivamente en el rendimiento del equipo y en  
45 las exigencias físicas del partido, no sólo a corto plazo, sino también a lo largo de la  
46 temporada.

47 *Palabras clave:* fútbol profesional; rendimiento en carrera durante el partido;  
48 sustitución del entrenador; análisis longitudinal; rendimiento.

49

50

51 El efecto del despido del entrenador sobre el rendimiento del equipo y las demandas  
52 físicas del partido en las ligas profesionales de fútbol españolas  
53 Investigaciones previas sobre el comportamiento del entrenador de fútbol  
54 profesional han examinado el impacto y la influencia del entrenador en la gestión del  
55 equipo, induciendo diferentes consecuencias en el rendimiento del equipo (Anthony et  
56 al., 2018; Lyle, 2005). Sin embargo, cuando los equipos sufren rachas perdedoras o un  
57 bajón de rendimiento, los entrenadores son despedidos para mejorar el rendimiento del  
58 equipo (Gómez et al., 2021). En los últimos años, el número de despidos de  
59 entrenadores de fútbol profesional se mantiene con valores elevados (D'Addona &  
60 Kind, 2014), con una cantidad considerable de ellos a mitad de temporada (Tozetto et  
61 al., 2019). La sustitución del entrenador se ha justificado por la creación de un shock  
62 psicológico en los jugadores que debería mejorar el rendimiento del equipo con la  
63 llegada de un nuevo entrenador (Arrondel et al., 2020). En concreto, Kattuman et al.  
64 (2019) informaron de que la sustitución del entrenador podría mejorar el  
65 comportamiento colectivo del equipo (por ejemplo, el rendimiento del equipo). En este  
66 sentido, la investigación ha analizado cómo el despido del entrenador dentro de la  
67 temporada podría afectar al rendimiento del equipo para evitar la caída en la  
68 clasificación final (Balduck, Buelens, et al., 2010).

69 Sin embargo, se han encontrado conclusiones contradictorias sobre la relación  
70 entre los despidos de entrenadores de fútbol profesional y el rendimiento de los equipos,  
71 medido en función de la clasificación final a final de temporada o del número promedio  
72 de puntos obtenidos. En general, Balduck, Prinzie, et al. (2010) mostraron que los  
73 equipos suben en la clasificación final cuando el entrenador es destituido a mitad de  
74 temporada. Concretamente, Gómez et al. (2021) han informado de que el número de  
75 puntos otorgados por partido fue significativamente mayor tras el cambio de entrenador.

76 Del mismo modo, Lago-Peñas (2007) informó de que el cambio de entrenador tenía un  
77 impacto positivo en el rendimiento de los equipos a corto plazo. Sin embargo, un  
78 estudio que analizó tres temporadas informó de que la sustitución del entrenador dentro  
79 de la temporada sólo mejora el rendimiento del equipo en los partidos jugados en casa  
80 (de Dios Tena & Forrest, 2007). Por otra parte, los equipos que no cambiaron de  
81 entrenador mejoraron significativamente su rendimiento después de una bajada de  
82 rendimiento en comparación con los equipos que habían sufrido una sustitución de  
83 entrenador (Balduck, Buelens, et al., 2010). Por lo tanto, este tema de investigación se  
84 ha analizado lo suficiente como para demostrar que la sustitución del entrenador implica  
85 resultados poco claros, por lo que se necesitan más investigaciones para analizar el  
86 efecto de la sustitución del entrenador en el rendimiento del equipo.

87         Aparte del rendimiento del equipo, la rotación de entrenadores se ha considerado  
88 otra variable contextual potencial que influye en el rendimiento físico. Concretamente,  
89 un estudio reciente demostró que el cambio de entrenador durante la temporada afectaba  
90 negativamente a las actividades de alta intensidad del partido (Augusto et al., 2021). Por  
91 el contrario, Radzimiński et al. (2022) han comparado el rendimiento físico de los  
92 equipos de fútbol antes y después del cambio de entrenador con referencia a los equipos  
93 dirigidos constantemente por el mismo entrenador. Informaron de que la sustitución del  
94 entrenador durante la temporada podría implicar una mejora a corto plazo del  
95 rendimiento físico. Además, la TD fue mayor con entrenadores sin cambios y con  
96 entrenadores nuevos en comparación con el entrenador destituido. Por otra parte, un  
97 estudio que analizó datos de entrenamientos y partidos durante cuatro semanas antes y  
98 después de la destitución del entrenador informó de que los jugadores mostraban una  
99 mayor actividad de alta intensidad ( $> 14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) con el entrenador destituido en  
100 comparación con el nuevo entrenador en los entrenamientos. Sin embargo, se encontró

101 una tendencia de mayor rendimiento físico con el nuevo entrenador en competición  
102 (Guerrero-Calderón et al., 2021). Castellano & Casamichana (2016) también analizaron  
103 un equipo con tres entrenadores diferentes a lo largo de una temporada competitiva y no  
104 encontraron diferencias significativas en el rendimiento físico del equipo.

105         A pesar del gran número de estudios centrados en abordar la influencia del  
106 despido del entrenador, sus principales análisis se centraron en factores relacionados  
107 con el rendimiento del equipo (por ejemplo, los puntos obtenidos o la clasificación  
108 final) y no sobre las exigencias físicas del partido. Como tal, se necesitan nuevas  
109 pruebas científicas para aumentar el conocimiento existente sobre el impacto de la  
110 sustitución del entrenador en las demandas físicas del partido a largo plazo y considerar  
111 la existencia de variabilidad del rendimiento físico entre los equipos (Castellano &  
112 Blanco-Villaseñor, 2015). Por lo tanto, teniendo en cuenta cuatro temporadas  
113 consecutivas de la Primera y Segunda División española (de 2015/16 a 2018/19), este  
114 estudio tuvo como objetivo examinar la relación entre la destitución del entrenador y el  
115 rendimiento del equipo (puntos ganados), y las demandas físicas del partido tanto a  
116 corto (es decir, los últimos cuatro partidos con el entrenador anterior y los siguientes  
117 cuatro partidos con el nuevo entrenador) como a largo plazo (es decir, la etapa previa a  
118 la destitución del entrenador y la etapa posterior a la destitución del entrenador dentro  
119 de cada temporada).

120         En consecuencia, basándonos en hallazgos empíricos previos, formulamos las  
121 siguientes hipótesis: 1) con respecto a la asociación entre la destitución del entrenador y  
122 el rendimiento del equipo, esperábamos que el rendimiento del equipo fuera mayor tras  
123 la destitución del entrenador a corto plazo (es decir, durante los cuatro primeros partidos  
124 del nuevo entrenador; Gómez et al., 2021). Sin embargo, a largo plazo, esperábamos  
125 que el impacto de la destitución del entrenador en el rendimiento del equipo

126 disminuyera a medida que avanzaba la temporada (Lago-Peñas, 2011); 2) en cuanto a la  
127 relación entre la destitución del entrenador y las exigencias físicas del partido, los  
128 estudios anteriores han informado de conclusiones contradictorias en el análisis a corto  
129 plazo (Augusto et al., 2021; Radzimiński et al., 2022), por lo que no podemos establecer  
130 una hipótesis clara. Mientras tanto, no hay estudios que hayan analizado la relación  
131 entre el despido del entrenador y las demandas físicas del partido a largo plazo, por lo  
132 que tampoco podemos establecer una hipótesis clara.

## 133 **Método**

### 134 **Sujetos**

135 La muestra estuvo compuesta por todos los partidos disputados por 168 equipos  
136 de fútbol profesional que compitieron durante cuatro temporadas consecutivas (de  
137 2015/16 a 2018/19) en las ligas españolas de fútbol de Primera (Liga Santander;  $n =$   
138 2.950 registros) y Segunda División (Liga Smartbank;  $n = 2.966$  registros). Se  
139 realizaron dos registros por partido, por lo que se recopilaron 3.368 partidos y se  
140 incluyeron en el estudio 5.916 de los 6.736 registros potenciales. Se excluyeron 784  
141 (11%) observaciones debido a problemas técnicos en el sistema de recogida de datos o a  
142 condiciones meteorológicas adversas durante el partido. El estudio recibió la aprobación  
143 del Comité de Bioética de la universidad del primer autor (número de solicitud  
144 239/2019).

### 145 **Enfoque experimental del problema**

146 En este estudio se analizó la relación del despido del entrenador con el  
147 rendimiento del equipo y las exigencias físicas de los partidos a lo largo de la temporada  
148 en dos etapas diferentes: a corto plazo y a largo plazo. Para el análisis a corto plazo, se  
149 consideraron los cuatro últimos partidos con el entrenador anterior ( $n = 387$  registros) y  
150 los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador ( $n = 379$  registros; basado en

151 Lago-Peñas et al. (2007)). Para el análisis a largo plazo, se consideraron dentro de cada  
152 temporada todos los partidos incluidos en la etapa anterior a la destitución del  
153 entrenador ( $n = 1.104$  registros) y todos los partidos incluidos en la etapa posterior a la  
154 destitución del entrenador ( $n = 776$  registros). Para examinar la influencia de la  
155 destitución del entrenador, se realizó una comparación con los equipos cuyo entrenador  
156 no había cambiado (es decir, se consideraron los partidos jugados por los equipos cuyo  
157 entrenador no había cambiado;  $n = 3.270$  registros). Se identificaron un total de 96  
158 despidos de entrenadores durante cuatro temporadas consecutivas (de 2015/16 a  
159 2018/19) de la Primera y Segunda División de la liga española de fútbol. Los datos  
160 sobre las sustituciones de entrenadores se recuperaron de LaLiga<sup>TM</sup>  
161 (<https://www.laliga.com/>). Además, la clasificación final de la liga se determinó  
162 utilizando 5 niveles (Bradley et al., 2016): (A) clasificados del 1° – 4° ( $n = 1.170$   
163 observaciones de partidos), (B) clasificados del 5° – 8° ( $n = 1.143$  observaciones de  
164 partidos), (C) clasificados del 9° – 12° ( $n = 1.153$  observaciones de partidos), (D)  
165 clasificados del 13° – 17° ( $n = 1.391$  observaciones de partidos), y (E) clasificados del  
166 18° – 22° ( $n = 1.059$  observaciones de partidos).

### 167 **Procedimiento**

168 Los datos de las exigencias físicas del partido se obtuvieron mediante un sistema  
169 de seguimiento óptico llamado ChyronHego<sup>®</sup> (TRACAB, Nueva York, EE. UU.). Este  
170 sistema de seguimiento multicámara consta de 8 súper cámaras 4K de alto rango  
171 dinámico basadas en un sistema de posicionamiento (Tracab-ChyronHego VTS) que  
172 filman desde varios ángulos y analizan las posiciones X e Y de cada jugador. Las  
173 cámaras proporcionan seguimiento bidimensional en tiempo real (los datos de  
174 seguimiento se graban a 25 Hz). Este instrumento también se basa en la corrección del  
175 VTS semiautomático (la parte manual del proceso). La validez y fiabilidad del sistema

176 de seguimiento por vídeo Tracab<sup>®</sup> han sido analizadas previamente, informando de  
177 errores de medición medios del 2% para las distancias recorridas (Pons et al., 2021).  
178 Asimismo, estudios previos han comprobado la concordancia entre el sistema  
179 Mediacoach<sup>®</sup> y los dispositivos GPS. En concreto, la magnitud de los coeficientes de  
180 correlación intraclase (CCI) fue superior a .90 (Pons et al., 2019).

## 181 **Variables del estudio**

182 **Demandas físicas del partido.** Las distancias recorridas en metros se dividieron  
183 en los siguientes umbrales de velocidad: distancia recorrida entre 21-24 km·h<sup>-1</sup> (es decir,  
184 distancia de carrera de alta intensidad, en inglés HIRD = High Intensity Running  
185 Distance); distancia recorrida a más de 24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, distancia de carrera de muy  
186 alta intensidad, en inglés VHIRD = Very High Intensity Running Distance). La variable  
187 distancia total (DT) corresponde a la suma de todas las distancias recorridas por los  
188 jugadores. Estas variables se mostraron y analizaron por partidos y separadas por  
189 tiempos (primer y segundo tiempo). Asimismo, el número de esfuerzos de alta  
190 intensidad también se dividió en dos rangos de velocidad: el número de esprints entre  
191 21-24 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp21); y el número de esprints a velocidades superiores a 24  
192 km·h<sup>-1</sup> (es decir, Sp24). Se registraron todos los esfuerzos que implicaban un  
193 movimiento mínimo de un metro mantenido durante un mínimo de 1 segundo.  
194 Cualquier registro a una velocidad superior al 80% del valor de esa categoría (es decir,  
195 > 24 km·h<sup>-1</sup>) se consideró un registro único. Estas variables muestran los valores totales  
196 del equipo (es decir, todos los jugadores que participaron en los partidos, titulares y no  
197 titulares).

198 **Rendimiento del equipo.** La medida del rendimiento del equipo fue el número  
199 de puntos otorgados a los equipos en los partidos anteriores y posteriores a la  
200 sustitución del entrenador. Se obtuvieron los siguientes valores de rendimiento teniendo

201 en cuenta el resultado del partido (*ganar* = 3, *empatar* = 1 y *perder* = 0). Estas medidas  
202 presentan dos ventajas (Gómez et al., 2021). En primer lugar, se obtuvo una medida de  
203 rendimiento que disminuía cuando el rendimiento se estancaba. En segundo lugar, se  
204 suavizaron los descensos o aumentos bruscos del rendimiento.

## 205 **Análisis estadístico**

206 Los análisis estadísticos se realizaron utilizando R-Studio (R-Studio Team,  
207 2020). Se aplicaron modelos lineales mixtos (MLM) para analizar las diferencias en las  
208 demandas físicas de los partidos (es decir, las distancias recorridas y el número de  
209 esfuerzos) y el rendimiento de los equipos con respecto a los despidos de los  
210 entrenadores utilizando el paquete lme4 (Bates et al., 2015). Para el análisis se  
211 consideró una estructura jerárquica de niveles con los equipos como unidad de  
212 anidamiento de las observaciones de los partidos. Por lo tanto, se modeló una jerarquía  
213 de dos niveles para el análisis. El rendimiento del equipo (es decir, el número de puntos  
214 otorgados a los equipos) y las variables de exigencias físicas del partido (es decir, la  
215 distancia total, la distancia de carrera de alta intensidad, la distancia de carrera de muy  
216 alta intensidad, el número de esprints entre 21-24 km·h<sup>-1</sup> y el número de esprints a  
217 velocidades superiores a 24 km·h<sup>-1</sup>) se incluyeron como variables dependientes en los  
218 modelos, y el despido del entrenador y los niveles (niveles A, B, C, D y E) fueron las  
219 variables independientes incluidas como efectos fijos. La variable equipo se consideró  
220 efecto aleatorio en el análisis. A continuación, se estimaron los MLM para analizar las  
221 diferencias en las demandas físicas de los partidos durante las distintas etapas,  
222 considerando el largo plazo (Modelo 1; es decir, la etapa previa a la destitución del  
223 entrenador y la etapa posterior a la destitución del entrenador con respecto a los equipos  
224 sin destitución del entrenador) y el corto plazo (Modelo 2; es decir, los últimos cuatro  
225 partidos con el entrenador anterior y los siguientes cuatro partidos con el nuevo

226 entrenador). Para cada modelo, se llevó a cabo una estrategia general de modelización  
227 multinivel (Heck et al., 2014). Este procedimiento implica la inclusión de efectos fijos y  
228 aleatorios por pasos, avanzando desde el modelo más simple al más complejo. La  
229 comparación de modelos se realizó mediante el criterio de información de Akaike (AIC;  
230 Akaike, 1974) y las pruebas de razón de verosimilitud chi-cuadrado (Field, 2013). Un  
231 valor más bajo del AIC y de la prueba de verosimilitud chi-cuadrado indicaba si el  
232 modelo era mejor que el anterior y si los cambios eran significativos. Para comparar los  
233 modelos, se empleó la estimación de máxima verosimilitud (ML). Se utilizó la  
234 estimación de máxima verosimilitud restringida (REML) para cada modelo final (Field,  
235 2013). Proporcionamos las métricas  $R^2$  marginal y condicional como medida del  
236 tamaño del efecto para cada modelo lineal mixto, con  $R^2$  marginal referido a la varianza  
237 explicada por factores fijos y  $R^2$  condicional referido a la varianza explicada por todo el  
238 modelo. El nivel de significación se estableció en  $p < .05$ .

239 En segundo lugar, se utilizó la función de autocorrelación (ACF) con un desfase  
240 de 1 (intervalos de 1 partido) para comprobar la persistencia de los puntos concedidos  
241 por partido a cada entrenador a corto (asociación entre los partidos 1 y 2, 2 y 3, 3 y 4) y  
242 largo plazo (partido a partido). La autocorrelación es un método estadístico para  
243 calcular la relación entre una serie de observaciones seguidas con uno, dos y más  
244 intervalos de tiempo, lo que se conoce como desfase (Shafizadeh et al., 2013). Una  
245 correlación positiva se consideró "persistencia del rendimiento" en partidos sucesivos.  
246 Los valores más altos indicaban una fuerte asociación o una mayor persistencia en  
247 partidos sucesivos.

## 248 **Resultados**

249 En las Tablas 1a, 1b y 1c se presentan las comparaciones de las exigencias  
250 físicas del partido a corto y largo plazo en equipos con y sin destitución del entrenador.

251 A largo plazo (Modelo 1), la TD fue mayor durante la etapa posterior a la destitución  
252 del entrenador, mostrando diferencias significativas con respecto a la etapa anterior a la  
253 destitución del entrenador ( $p < .001$ ). En el análisis por mitades, la TD fue mayor  
254 durante la etapa posterior a la destitución del entrenador, mostrando diferencias  
255 significativas con respecto a la etapa anterior a la destitución del entrenador en la  
256 primera ( $p < .001$ ) y segunda mitad ( $p < .01$ ). A corto plazo (Modelo 2), la TD fue  
257 significativamente mayor durante los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador  
258 ( $p < .01$ ), así como en el primer ( $p < .05$ ) y segundo tiempo ( $p < .01$ ).

259 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 1a en artículo original\*\*\*\*

260 Con respecto a la distancia recorrida a alta intensidad (Tabla 1b), HIRD fue  
261 mayor a largo plazo en los equipos sin destitución del entrenador, mostrando diferencias  
262 significativas con respecto a la etapa previa de la destitución del entrenador ( $p < .01$ ).  
263 Asimismo, la HIRD fue significativamente mayor durante la etapa posterior a la  
264 destitución del entrenador que en la etapa anterior a la destitución del entrenador ( $p <$   
265  $.001$ ). En el análisis por mitades, la HIRD fue mayor a largo plazo en los equipos sin  
266 destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas respecto a la etapa  
267 previa a la destitución del entrenador tanto en la primera ( $p < .01$ ) como en la segunda  
268 mitad ( $p < .01$ ). Además, HIRD fue significativamente mayor durante la etapa posterior  
269 al despido del entrenador que en la etapa anterior al despido del entrenador tanto en la  
270 primera ( $p < .001$ ) como en la segunda mitad ( $p < .001$ ). A corto plazo, HIRD fue  
271 mayor durante los últimos cuatro partidos con el entrenador anterior, así como en la  
272 primera mitad.

273 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 1b en artículo original\*\*\*\*

274 En cuanto a la distancia recorrida a muy alta intensidad (Tabla 1c), el VHIRD  
275 fue mayor a largo plazo en los equipos sin destitución del entrenador, mostrando

276 diferencias significativas respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador ( $p <$   
277  $.01$ ). Asimismo, la VHIRD fue significativamente mayor durante la etapa posterior a la  
278 destitución del entrenador que en la etapa anterior a la destitución del entrenador ( $p <$   
279  $.001$ ). En el análisis por mitades, la VHIRD fue mayor a largo plazo en los equipos sin  
280 destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas respecto a la etapa  
281 previa a la destitución del entrenador en la primera mitad ( $p < .01$ ), mientras que la  
282 VHIRD cubierto en la segunda mitad fue mayor durante la etapa posterior a la  
283 destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas respecto a la etapa  
284 previa a la destitución del entrenador en la primera mitad ( $p < .001$ ). A corto plazo, la  
285 VHIRD fue mayor durante los cuatro últimos partidos con el anterior entrenador, así  
286 como en la primera mitad. La VHIRD cubierto en la segunda mitad fue mayor durante  
287 los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador.

288 \*\*\*\*\*Por favor, ver Tabla 1c en artículo original\*\*\*\*\*

289 Con respecto a las acciones de alta intensidad, SP21 fue mayor a largo plazo en  
290 los equipos sin destitución del entrenador, mostrando diferencias significativas con  
291 respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador ( $p < .01$ ). Además, la SP21 fue  
292 significativamente mayor durante la etapa posterior al despido del entrenador que en la  
293 etapa anterior al despido del entrenador ( $p < .001$ ). A corto plazo, SP21 fue mayor  
294 durante los cuatro últimos partidos con el entrenador anterior. Mientras tanto, SP24 fue  
295 mayor a largo plazo en los equipos sin destitución del entrenador, mostrando diferencias  
296 significativas respecto a la etapa previa a la destitución del entrenador ( $p < .01$ ).  
297 Además, SP24 fue significativamente mayor durante la etapa posterior al despido del  
298 entrenador que en la etapa anterior al despido del entrenador ( $p < .001$ ). A corto plazo,  
299 SP24 fue mayor durante los últimos cuatro partidos con el entrenador anterior.

300 El  $R^2$  marginal osciló entre .02 y .09, y el  $R^2$  condicional entre .13 y .25 en todos  
301 los modelos, lo que muestra un efecto muy bajo de la destitución del entrenador en el  
302 rendimiento de los equipos. Sin embargo, el  $R^2$  condicional tuvo una tendencia al alza.  
303 Por otra parte, al comparar los dos modelos anteriores (Modelo 1 y Modelo 2), los  
304 valores de AIC fueron inferiores cuando se incluyó el despido del entrenador (Modelo  
305 2).

306 En la Tabla 2 se presenta la comparación del rendimiento de los equipos (es  
307 decir, los puntos obtenidos por partido y la media móvil de puntos por partido) a corto y  
308 largo plazo. A corto plazo, los puntos concedidos por partido ( $.68 \pm .08$  vs  $1.35 \pm .08$ ) y  
309 la media móvil de puntos concedidos por partido ( $1.03 \pm .04$  vs  $1.35 \pm .04$ ) fueron  
310 significativamente mayores durante los siguientes cuatro partidos con el nuevo  
311 entrenador (ambos  $p < .001$ ). A largo plazo, los puntos concedidos por partido ( $1.15 \pm$   
312  $.06$  frente a  $1.26 \pm .06$ ) y la media móvil de puntos concedidos por partido ( $1.28 \pm .03$   
313 frente a  $1.34 \pm .03$ ) no fueron significativamente mayores durante la etapa posterior a la  
314 destitución del entrenador que durante la etapa anterior a la destitución del entrenador.  
315 No se identificaron autocorrelaciones significativas ( $p > 0,05$ ) para los equipos antes y  
316 después de la destitución del entrenador para los puntos concedidos o la media móvil de  
317 puntos concedidos por partido tanto a corto como a largo plazo.

318 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 2 en artículo original\*\*\*\*

319 Por último, la Tabla 3 muestra las diferencias entre los grupos de clasificación  
320 en cuanto al rendimiento del equipo y las exigencias físicas de los partidos. En lo que  
321 respecta al rendimiento del equipo, a corto plazo, los equipos de nivel A ganaron  
322 significativamente más puntos por partido tras la destitución del entrenador en  
323 comparación con los de nivel B ( $p < .05$ ) y E ( $p < .05$ ). En lo que respecta a las  
324 exigencias físicas del partido, a largo plazo, los equipos de nivel B cubrieron

325 significativamente menos DT tras la destitución del entrenador en comparación con los  
326 de nivel C ( $p < .01$ ), D ( $p < .01$ ) y E ( $p < .01$ ); menos HIRD que los de nivel A ( $p <$   
327  $.05$ ), C ( $p < .01$ ), D ( $p < .05$ ) y E ( $p < .05$ ); menos VHIRD que los de nivel A ( $p < .05$ ),  
328 C ( $p < .01$ ), D ( $p < .05$ ) y E ( $p < .05$ ); menos SP 21-24 que los niveles A ( $p < .05$ ), C ( $p$   
329  $< .01$ ), D ( $p < .01$ ) y E ( $p < .01$ ); y menos SP24 que los niveles A ( $p < .05$ ), C ( $p < .01$ ),  
330 D ( $p < .01$ ) y E ( $p < .01$ ).

331 \*\*\*\*Por favor, ver Tabla 3 en artículo original\*\*\*\*

### 332 **Discusión**

333 El presente estudio tenía el objetivo de examinar la relación entre la destitución  
334 del entrenador y el rendimiento del equipo, y las exigencias físicas del partido a lo largo  
335 de la temporada en la Primera y Segunda División española de fútbol tanto a corto como  
336 a largo plazo dentro de una misma temporada. Los principales resultados de este estudio  
337 revelaron que i) la sustitución del entrenador tuvo una influencia positiva y significativa  
338 en el rendimiento del equipo a corto plazo; ii) en cuanto a las exigencias físicas del  
339 partido, sólo la TD fue significativamente mayor durante los cuatro partidos siguientes  
340 con el nuevo entrenador. Además, TD, HIRD, VHIRD, Sp21 y Sp24 fueron  
341 significativamente mayores durante la etapa posterior a la destitución del entrenador; iii)  
342 sin embargo, HIRD, VHIRD, Sp21 y Sp24 fueron mayores en los equipos sin  
343 destitución del entrenador a lo largo de la temporada.

344 En cuanto a la relación entre el despido del entrenador y el rendimiento del  
345 equipo, esperábamos que el rendimiento del equipo fuera mayor tras el despido del  
346 entrenador a corto plazo y que disminuyera a medida que avanzaba la temporada.  
347 Concretamente, los resultados mostraron que el rendimiento del equipo fue  
348 significativamente mayor durante los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador  
349 ( $p < .001$ ). Aunque las investigaciones han demostrado que es poco probable que la

350 mayoría de los equipos experimenten un aumento inmediato del rendimiento tras el  
351 cambio de entrenador a mitad de temporada (Balduck, Buelens, et al., 2010) o que los  
352 cambios de entrenador no han tenido ningún efecto o han tenido un efecto ligeramente  
353 negativo en el rendimiento del equipo (Paola y Scoppa, 2012; Koning, 2003), los  
354 resultados mostraron que, tras la destitución del entrenador, el rendimiento del equipo  
355 fue significativamente mayor a corto plazo. Una de las razones de esta mejora podría ser  
356 el efecto psicológico del nuevo entrenador sobre el rendimiento del equipo, la capacidad  
357 del nuevo entrenador para dirigir al equipo y los posibles resultados positivos obtenidos  
358 durante los siguientes partidos (Arrondel et al., 2020). En línea con Gómez et al. (2021),  
359 los hallazgos del presente estudio presentan algunas fortalezas metodológicas como el  
360 tamaño muestral incluido (cuatro temporadas de dos ligas de fútbol profesional) y los  
361 análisis temporales de ACF y la media móvil de puntos otorgados por partido,  
362 mejorando la potencia de los hallazgos mostrados. Esto sugiere que, en las ligas de  
363 fútbol profesional españolas, el efecto de choque del nuevo entrenador parece mejorar el  
364 rendimiento del equipo a corto plazo.

365       En cuanto a la relación entre la destitución del entrenador y las exigencias físicas  
366 del partido, no se hipotetizó una tendencia clara en los resultados. A corto plazo, los  
367 resultados mostraron que la TD fue significativamente mayor durante los cuatro  
368 partidos siguientes con el nuevo entrenador ( $p < .01$ ). De forma similar a estudios  
369 anteriores (Radzimiński et al., 2022), nuestros resultados sugieren que el cambio de  
370 entrenador a mitad de temporada podría suponer un estímulo positivo para aumentar el  
371 rendimiento físico del equipo en competición a corto plazo. El aumento significativo de  
372 la TD tras la destitución del entrenador podría ser consecuencia de una mayor  
373 motivación, donde los jugadores suplentes intentan demostrar su importancia para el  
374 equipo, aumentando la competencia por los puestos (Radzimiński et al., 2022). Otra

375 posible razón puede ser que el cambio de entrenador afecte al estilo de juego de los  
376 equipos utilizado por el nuevo entrenador (Castellano & Casamichana, 2016). Este  
377 cambio podría implicar un peor rendimiento táctico de los jugadores durante los  
378 siguientes partidos, ya que menores niveles de sincronización colectiva se han asociado  
379 a mayores niveles de distancia recorrida (Folgado et al., 2018). Por tanto, futuras  
380 investigaciones basadas en la destitución del entrenador deberían considerar el estilo de  
381 juego y las rotaciones de la plantilla.

382       Según el conocimiento de los autores, el presente estudio es el primer intento de  
383 analizar el rendimiento físico de los equipos de las dos principales ligas españolas de  
384 fútbol profesional después del despido del entrenador a través del largo plazo dentro de  
385 una temporada. Contrariamente a investigaciones previas que informaron de que la  
386 influencia de un nuevo entrenador en el rendimiento de carrera en partido no dura más  
387 de unos pocos partidos (Radzimiński et al., 2022), los resultados muestran que las  
388 demandas físicas en partido también fueron significativamente mayores durante la etapa  
389 posterior al despido del entrenador ( $p < .01$ ). Una posible explicación podría ser que los  
390 jugadores no se esforzaron al máximo con el anterior entrenador y el nuevo técnico  
391 supuso un estímulo positivo para el rendimiento físico (Gómez et al., 2021). Asimismo,  
392 las distancias recorridas a alta intensidad fueron significativamente mayores durante la  
393 etapa posterior a la destitución del entrenador ( $p < .01$ ). Una posible explicación a este  
394 comportamiento del equipo con el nuevo entrenador podría ser la evolución del  
395 rendimiento de los equipos tras la destitución del entrenador. En esta línea, la  
396 investigación ha correlacionado la distancia recorrida a alta intensidad con el éxito en la  
397 clasificación final (Yang et al., 2018), lo que podría significar que estos equipos podrían  
398 haber invertido la clasificación y luego ocupar posiciones más altas en la clasificación  
399 final (Longo et al., 2019).

400           En cuanto a los equipos sin destitución del entrenador, nuestros resultados  
401 mostraron que estos equipos cubrieron mayores distancias a alta intensidad que los  
402 equipos en la etapa previa a la destitución del entrenador. Este hecho podría ser  
403 consecuencia del rendimiento alcanzado por los mejores equipos (es decir, los equipos  
404 más exitosos no cambiaron de entrenador). En línea con estudios previos, parece existir  
405 una asociación entre las acciones de alta intensidad y los equipos mejor clasificados a  
406 final de temporada (Castellano & Casamichana, 2015), y posiblemente los equipos  
407 mejor clasificados no sufrieron ningún cambio de entrenador. Por otro lado, teniendo en  
408 cuenta la fuerza de los equipos según su clasificación final en la liga, los equipos de  
409 nivel B sufrieron un impacto negativo en las demandas físicas del partido tras la  
410 sustitución del entrenador. Concretamente, estos equipos tuvieron un rendimiento en  
411 carrera significativamente menor que el resto de los equipos tras la destitución del  
412 entrenador, tanto a corto como a largo plazo. Estos resultados están en consonancia con  
413 estudios anteriores, que informaron de que el cambio de entrenador durante la  
414 temporada se tradujo en una disminución general de la distancia recorrida a alta  
415 intensidad y del sprint, así como de las acciones de alta intensidad (Augusto et al.,  
416 2021). Una posible explicación para esto podría ser que estos equipos ya han perdido  
417 sus objetivos de clasificación y podría existir una falta de motivación (Marcora et al.,  
418 2010).

419           Por último, los resultados de este estudio deben considerarse con cautela. Los  
420 valores  $R^2$  marginales mostraron un efecto menor del despido del entrenador sobre las  
421 variables medidas, y los valores  $R^2$  condicionales indicaron que los equipos explicaban  
422 la mayor parte de la varianza en los modelos lineales mixtos. Por lo tanto, el  
423 rendimiento del equipo y las exigencias físicas del partido podrían verse afectados por  
424 el despido del entrenador, pero los diferentes equipos mostrarían un comportamiento

425 general diferente que reflejaría el estilo individual de entrenamiento y dirección, las  
426 características de los jugadores y la filosofía de juego basada en la identidad de los  
427 clubes de fútbol (Hughes & Franks, 2005).

#### 428 **Limitaciones del estudio y orientaciones futuras**

429       La presente investigación contribuye al conocimiento de la posible influencia del  
430 despido del entrenador en el rendimiento del equipo y en las exigencias físicas del  
431 partido, tanto a corto como a largo plazo, en dos de las principales ligas españolas de  
432 fútbol profesional dentro de una misma temporada. A pesar de los importantes  
433 hallazgos, podrían reconocerse varias limitaciones con vistas a futuras investigaciones.  
434 En primer lugar, aunque sólo hemos ajustado variables como el rendimiento del equipo  
435 y las exigencias físicas del partido, se requiere más investigación sobre la destitución  
436 del entrenador teniendo en cuenta varios factores contextuales como el estilo de juego,  
437 la calidad del rival o la localización del partido en los siguientes partidos (Augusto et  
438 al., 2021). En segundo lugar, no analizamos otras variables táctico-técnicas  
439 consideradas clave en el éxito del equipo. Por ello, futuros análisis deberían considerar  
440 estas variables para identificar diferencias en los resultados derivados de las métricas  
441 tácticas tras la sustitución del entrenador (Clemente et al., 2013; Rumpf et al., 2017).  
442 Cuantificar variables psicosociales en los equipos, como la motivación de los jugadores  
443 y su satisfacción con el entrenador actual, también podría aportar conocimientos útiles  
444 sobre este proceso crítico para futuras investigaciones (Scelles y Llorca, 2021). Por  
445 último, tampoco analizamos cuándo se produjo el cambio de entrenador (es decir, la  
446 fase de la temporada), y la investigación ha demostrado que las demandas físicas de los  
447 partidos fluctúan a lo largo de la temporada y alcanzan los valores más altos a mitad de  
448 temporada (Ponce-Bordón et al., 2022). Por lo tanto, futuras investigaciones deberían  
449 analizar el despido de entrenadores en diferentes fases de la temporada.

## 450 **Aplicaciones prácticas**

451 Los resultados del presente estudio podrían ser de utilidad para directivos y  
452 presidentes de diferentes clubes a la hora de tomar la decisión de fichar a un nuevo  
453 entrenador a mitad de temporada. Los resultados mostraron qué consecuencias tiene a  
454 corto y largo plazo el despido de un entrenador sobre el rendimiento del equipo y las  
455 exigencias físicas del partido. Además, nuestros resultados podrían ayudar tanto a los  
456 nuevos entrenadores como al personal técnico que llega después de decisiones  
457 organizativas extremas como el despido del entrenador a aplicar estrategias específicas  
458 para la distribución de la carga externa en las próximas sesiones de entrenamiento con el  
459 fin de optimizar el rendimiento físico de los jugadores. La investigación ha informado  
460 de que la tasa de lesiones musculares puede experimentar un aumento después de un  
461 cambio de entrenador en un club de fútbol profesional (Dönmez et al., 2020). Además,  
462 los resultados mostraron que, tras la destitución del entrenador, las exigencias físicas del  
463 partido aumentaban, por lo que el nuevo entrenador parecía causar un estímulo positivo  
464 en el rendimiento físico del equipo. Esto debería aumentar la consideración de los  
465 profesionales durante las transiciones de los entrenadores y el impacto de los nuevos  
466 regímenes de entrenamiento que son necesarios para disminuir el riesgo de lesiones en  
467 el fútbol profesional. Estas estrategias específicas podrían evitar las sobrecargas  
468 producidas por el estímulo positivo del nuevo entrenador sobre el rendimiento físico. En  
469 consecuencia, los nuevos entrenadores deberían dar más importancia al entrenamiento  
470 táctico y al estilo de juego para los próximos partidos que al entrenamiento físico y de  
471 acondicionamiento.

## 472 **Conclusiones**

473 Hasta donde sabemos, este estudio es el primer intento de explorar la posible  
474 influencia de la destitución del entrenador en el rendimiento del equipo y las exigencias

475 físicas de los partidos, tanto a corto como a largo plazo, dentro de una temporada. Los  
476 datos demostraron que la destitución del entrenador tiene un impacto positivo en el  
477 rendimiento del equipo a corto plazo. Concretamente, el número de puntos conseguidos  
478 por partido durante los cuatro partidos siguientes con el nuevo entrenador fue  
479 significativamente mayor. Además, un cambio de entrenador a mitad de temporada  
480 podría aumentar las exigencias físicas del partido, no sólo a corto plazo, sino también a  
481 lo largo de la temporada. Así pues, estos resultados sugieren que la contratación de un  
482 entrenador adecuado para el equipo podría afectar positivamente al rendimiento del  
483 equipo en el fútbol profesional a lo largo de la temporada.

484

485

## **Declaraciones**

### **486 Agradecimientos**

487 Este trabajo ha contado con el apoyo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
488 (FEDER), la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e Infraestructuras), las  
489 Secciones de Investigación y Análisis de LaLiga y la Fundación Fernando Valhondo  
490 Calaff.

### **491 Declaración de divulgación**

492 Los autores informan de que no tienen intereses contrapuestos que declarar.

### **493 Disponibilidad de los datos**

494 La disponibilidad de estos datos está sujeta a restricciones. Los datos se obtuvieron de  
495 LaLiga y están disponibles en <https://www.laliga.es/en> con el permiso de LaLiga.

496

497

498

499

500

## Referencias

501

\*\*\*\*Ver referencias en artículo original\*\*\*\*