

Rendimiento en el Deporte

Demandas de carga externa y diferencias posicionales en partidos de fútbol formativo de elite mediante GPS

External load demands and positional differences in elite youth soccer players matches using GPS

Polo, Martín.¹, Sganga, Magalí.²

¹Departamento de Análisis del Rendimiento, Club Atlético Vélez Sarsfield, Buenos Aires, Argentina.

²Laboratorio de Actividad y Aptitud Física "Lic. Pedro Giorno", Instituto Superior de Educación Física Nº2 Federico W. Dickens. Laboratorio de Investigación en Movimiento Humano, Universidad Maimónides.

Dirección de contacto: fitnesspolo@gmail.com

Martín Polo

Fecha de recepción: 08 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 18 de junio de 2024

RESUMEN

Este estudio describe las demandas de carga física en jugadores juveniles de fútbol argentino en partidos oficiales, analizándolas por posición y división. Se tomaron datos de divisiones inferiores del Club Atlético Vélez Sarsfield, perteneciente a la máxima categoría del fútbol argentino. Se consideraron aquellos jugadores que completaron la totalidad del partido (186 jugadores en 114 partidos) excluyendo arqueros. Se utilizó GPS Catapult para analizar variables locomotoras (distancia total, distancia total de sprint, distancia total a una velocidad mayor a 19km/h, velocidad máxima) y mecánicas (player load por minuto, aceleración máxima, desaceleración máxima). Se utilizó la prueba no paramétrica Wilcoxon-Test con un nivel de significancia $p < 0,05$. Se encontraron diferencias significativas entre las divisiones más jóvenes y las superiores en la mayoría de las variables, excluyendo las divisiones 8va y 9na debido a diferentes tiempos de juego. Los defensores centrales presentaron los valores más bajos en distancia recorrida y aceleración máxima, mientras que los delanteros centros y extremos mostraron los valores más altos en velocidad máxima. Se observaron diferencias a favor de jugadores argentinos en comparación con datos internacionales. Este estudio proporciona información relevante para personalizar el entrenamiento y optimizar el rendimiento y la prevención de lesiones en el fútbol juvenil argentino.

Palabras Clave: fútbol, sistema de posicionamiento global, posiciones de juego, demandas físicas.

ABSTRACT

This research studies the physical load demands on Argentinean youth soccer players during official matches, categorized by position and division. Data was collected from youth players of Club Atlético Vélez Sarsfield, member of the Argentinean elite soccer league. Players who completed entire matches (186 players across 114 games) were included, excluding goalkeepers. GPS Catapult was employed to analyze running demands (total distance, sprint distance, distance at speeds exceeding 19 km/h, maximum velocity) and acceleration variables (player load per minute, maximum acceleration, maximum deceleration). The non-parametric Wilcoxon Test was used with a significance level set at $p < 0.05$. Significant differences were found between youth ages across most variables, excluding 8th and 9th divisions due to difference in playing times. Central defenders showed the lowest values in distance covered and maximum acceleration, while center forwards and wingers displayed the highest values in maximum velocity. Argentinian players performed better compared to international data. This study provides insights to optimize performance and injury prevention in Argentinean youth soccer.

Keywords: soccer, global positioning system, playing positions, physical demands.

INTRODUCCIÓN

La monitorización de la carga física que imponen los deportes es un tema muy estudiado en el último tiempo. Los distintos profesionales del área del fútbol han centrado su atención en este tema (Akenhead y Nassis, 2016; Stølen et al., 2005) ya que les permite controlar tanto las variables de carga interna como externa (Rojas-Inda, 2018). La carga interna es el estrés al que es expuesto el organismo por un estímulo físico al que debe adaptarse generando una respuesta orgánica (Impellizzeri et al., 2019). La carga externa se relaciona con el trabajo expresado por el deportista observado en variables locomotoras o mecánicas que son objetivas y tangibles, tales como la distancia recorrida, la velocidad alcanzada, cantidad de aceleraciones, entre otras (Impellizzeri et al., 2019). Con el fin de obtener una respuesta adecuada en los entrenamientos (Impellizzeri et al., 2019) y optimizar el rendimiento de los futbolistas para los partidos, es que se desarrollaron distintas técnicas y tecnologías que permiten de forma exhaustiva la monitorización de la carga.

Con el fin de monitorizar la carga externa en fútbol, en los entrenamientos y en los partidos se utilizan distintas tecnologías tales como LPS (Local Position System), videotracking o dispositivos de posicionamiento global (o también conocidos como GPS por sus siglas en inglés) (Scott et al., 2013). El uso del GPS ha crecido ampliamente en los últimos años (Aughey, 2011; Cummins et al., 2013; Castellano y Casamichana, 2014; Martín-García et al., 2018). Inicialmente, esta tecnología se utilizaba sólo a nivel profesional debido a su alto costo, sin embargo, la accesibilidad actual permite su incorporación también en etapas formativas (Zurutuza y Castellano, 2020; Beenham et al., 2017). Las variables condicionales de carga externa que se cuantifican con el GPS son del tipo locomotoras y mecánicas (Stevens et al., 2017). Las variables locomotoras son representadas por las acciones que implican un desplazamiento de los deportistas como la distancia total recorrida, las distancias alcanzadas a diferentes velocidades o la velocidad máxima. Las variables mecánicas se refieren a los esfuerzos neuromusculares que implican aceleraciones, desaceleraciones, cambios de dirección o saltos (Beenham et al., 2017). La cuantificación de estas variables contribuye a un análisis pormenorizado del desempeño de los futbolistas y así controlar las cargas de las diferentes sesiones entre partidos, optimizando el rendimiento y pudiendo prevenir lesiones (Ehrmann et al., 2016).

En la literatura científica existen diversas publicaciones que describen el uso de GPS en fútbol en divisiones juveniles europeas. Beenham et al. (2017) observó en estas edades qué demanda de carga externa (*player load*) era impuesta en los distintos puestos en partidos amistosos y los comparó con los juegos de espacio reducido que se realizaban como entrenamiento. Bowen et al. (2017), investigaron la relación que existía entre la carga física acumulada durante dos temporadas y su riesgo de lesión en futbolistas juveniles de élite. Buchheit et al. (2010) publicaron los perfiles de futbolistas juveniles altamente entrenados en relación con su edad y puesto después de 168 partidos completos. Millar (2021) estudia en su tesis doctoral el rendimiento y la carga externa de jugadores jóvenes comparado con jugadores de elite en la liga escocesa. Thoseby et al. (2023) compararon los picos máximos de aceleraciones en partidos, obtenidas con datos de GPS de los futbolistas jóvenes (59 partidos, 17.9 ± 1.3 años) y jugadores profesionales (19 observaciones, 26.7 ± 4.0 años) australianos de un club utilizando similares formaciones y enfoques tácticos. Morgans et al. (2023) compararon la carga de entrenamiento diaria obtenidas con GPS (cantidad total de aceleraciones y distancia total de sprint) durante todas las sesiones de entrenamiento de campo durante 2 temporadas en jugadores de fútbol del primer equipo y sub-18 de un club de la liga inglesa. Participaron 36 jugadores del primer equipo (edad $23,2 \pm 5,9$ años, peso $75,2 \pm 8,1$ kg, altura

1,83 ± 0,06 m) y 22 jugadores sub-18 (edad 17,5 ± 1,1 años, peso 71,1 ± 8,2 kg, altura 1,78 ± 0,08 m).

Si bien existe bibliografía sobre el tema, no hemos encontrado estudios hechos en población sudamericana y más específicamente argentina. Por ende, los propósitos de este trabajo son: (I) describir las demandas condicionales a las que están expuestos los jugadores juveniles masculinos de fútbol en partidos oficiales y (II), comparar las diferencias de carga externa en función de la posición específica de juego y de la división.

MÉTODO

Participantes y materiales

Se realizó un estudio observacional, transversal y analítico donde se analizaron datos de GPS de partidos de las divisiones juveniles masculinas 4^a, 5^a, 6^{ta}, 7^{ma}, 8^{va}, y 9^{na} del Club Atlético Vélez Sarsfield de Argentina. Los datos se encontraban anonimizados y se respetaron las normas éticas internacionales de investigación en humanos según la Declaración de Helsinki, así como las normas nacionales de protección de datos personales (Ley 25.326, Boletín Oficial de la República Argentina, 2000).

El club compite en la máxima categoría de la Asociación de Fútbol Argentina (AFA). Los jugadores tienen una carga de entrenamiento de 3hs por día los 5 días de la semana más un partido el fin de semana. De un total de 40 partidos en el transcurso del año 2019 y 2021, se consideraron entre 18 y 20 partidos para todas las divisiones. Solo se consideraron los partidos en condición de local que se disputaron en una cancha oficial de fútbol de césped natural. La edad de cada división se corresponde con el año de nacimiento de los jugadores. Por ejemplo, en la 9^{na} división participan los jugadores que cumplen 14 años en algún momento del año calendario, es decir, en el año 2019, correspondería a aquellos que nacieron en el año 2005, y en el 2021 a aquellos que nacieron en el año 2007. Esto significa que todos los jugadores nacidos en el mismo año compiten juntos en la misma división.

Se seleccionó de la base de datos a aquellos jugadores que completaron todo el partido. No se consideraron aquellos partidos que fueron a tiempo extra. En adición a la división, los datos se clasificaron en función de la posición del jugador en la cancha. Los directores técnicos plantearon esquemas tácticos diferentes conforme al rival de turno produciendo variabilidad en los puestos requeridos. Se analizaron los puestos según la siguiente clasificación: defensor central, defensor lateral, volante central, volante interno, extremo y delantero centro. No se analizaron los datos del arquero.

El GPS utilizado en ambos periodos fue de la marca Catapult durante el 2019 se utilizó el modelo Optimeye S5 y durante el 2021 el modelo VECTOR X7 (Catapult Sports, Melbourne, Australia) con una capacidad de muestreo de 10 Hz y con sistemas de medición inercial (IMUs que cuentan con acelerómetro, magnetómetro y giroscopio).

Variables analizadas

Se seleccionaron las siguientes variables a analizar obtenidas por el GPS. Las variables locomotoras que se analizaron son: la distancia total recorrida (DT) por el jugador en el partido [m], la distancia total de sprint (DS) ejecutada a una velocidad superior a 25,2 km/h [m] para 4^{ta} a 7^{ma} división, y de 23 km/h [m] para 8^{va} y 9^{na}, la distancia total ejecutada a una velocidad superior a 19,9 km/h [m] (D19), la velocidad máxima (Vel Máx) alcanzada en el partido [km/h] y el promedio de los metros recorridos durante el partido en un minuto (m/min). Los puntos de corte considerados para las variables locomotoras están acordes a la clasificación bibliográfica utilizada en diferentes trabajos de investigación (Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2009; Di Salvo et al., 2012).

Dentro de las variables mecánicas se analizaron: *player load* por minuto (PL/min), por definición mide cantidad de movimiento en función de las fuerzas que detecta el acelerómetro del dispositivo en los tres ejes del espacio durante ese lapso de tiempo determinado, en 1 minuto (Boyd et al., 2011), la máxima aceleración alcanzada en el partido [m/s²] (Acel Máx), la desaceleración máxima alcanzada en el partido [m/s²] (Des Máx).

Análisis de datos

Se estudió la distribución de cada variable con el test Shapiro-Wilks y se comprobó que no son normales, por lo tanto, se presentan los resultados como mediana y distancia intercuartil (IQR). Se realizaron dos tipos de comparaciones: entre divisiones (inter-división), e interna de cada división por posición de juego (intra-división e inter-puesto). Se evaluó si existe diferencia entre ellos con el test no paramétrico Wilcoxon-Test comparando cada grupo. Todos los análisis se realizaron con el software estadístico JMP Pro 14.0.0 con un nivel de significancia establecido en $p < .05$.

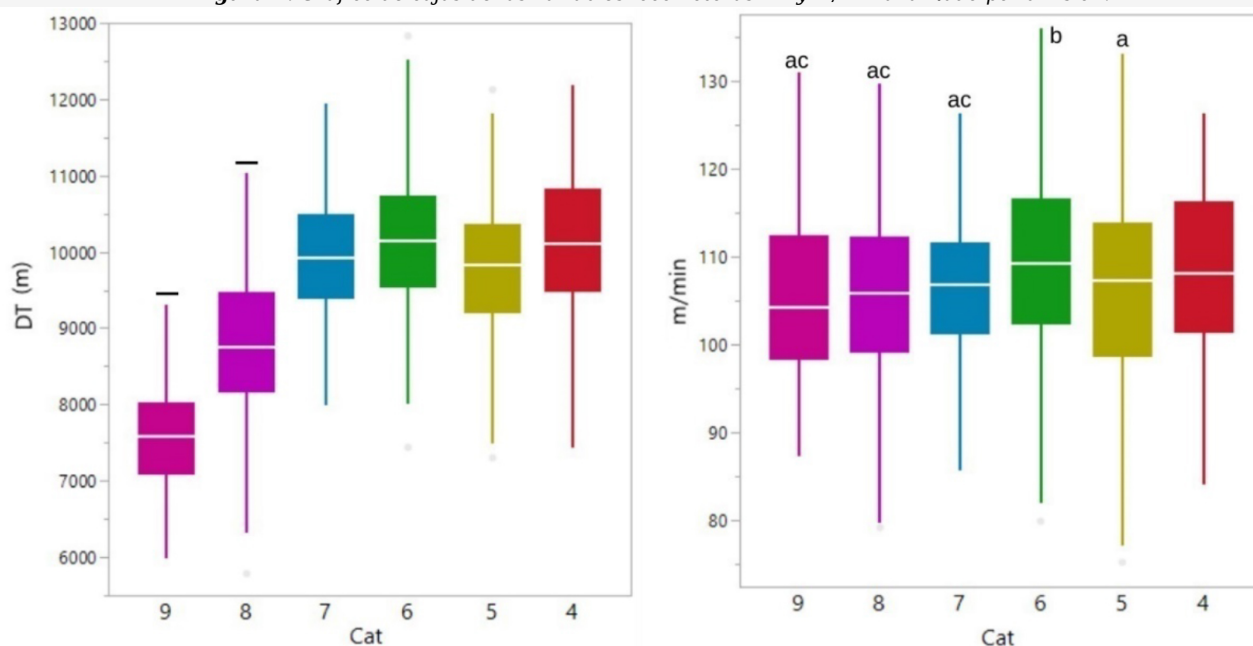
Las divisiones 8^{va} y 9^{na} tienen tiempos de juego total diferentes a las divisiones superiores por lo que no fue posible hacer una comparación con ellas cuando las variables estudiadas son acumulativas a lo largo del tiempo de juego.

Tabla 1. Descripción de la muestra analizada						
División	9 ^{na}	8 ^{va}	7 ^{ma}	6 ^{ta}	5 ^{ta}	4 ^{ta}
Partidos	18	17	19	21	19	20
Cantidad de jugadores (n)	31	24	35	27	29	40
Cantidad de mediciones	143	134	150	156	163	141
Edad (años)	≤14	≤15	≤16	≤17	≤18	≤20
Altura (cm)	169,1 ± 8,2	172,7 ± 8,6	174,1 ± 6,9	177,17 ± 6,4	178,3 ± 6,3	178,4 ± 5,8
Peso (kg)	58,4 ± 8,9	62,9 ± 8,6	66,7 ± 8,2	69,4 ± 6,5	69,8 ± 6,2	72,9 ± 5,2
Tiempo de juego	2 x 35 min	2 x 40 min	2 x 45 min			

RESULTADOS

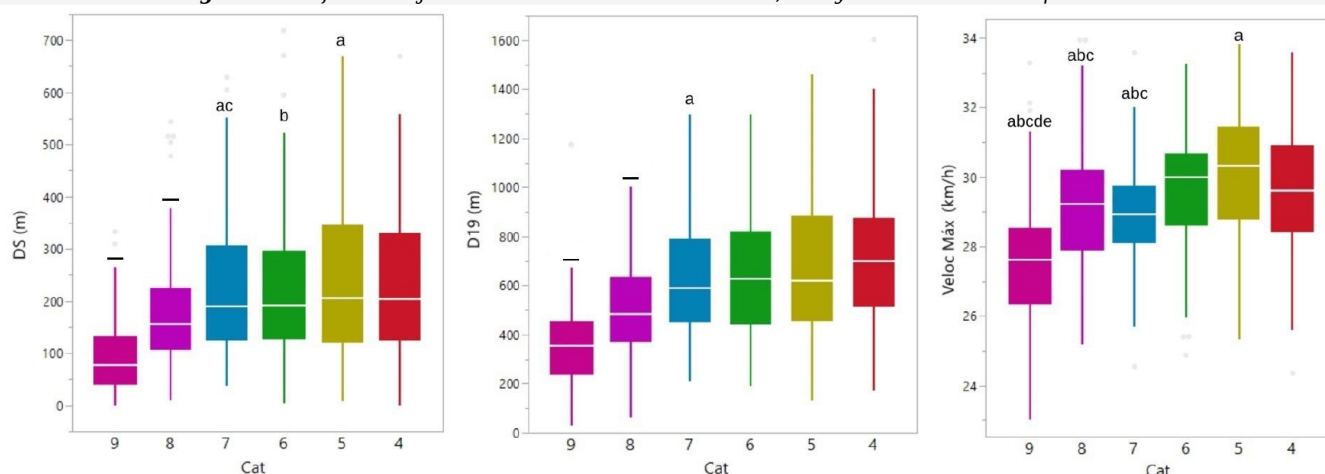
En la Figura 1, 2 y 3 se muestran gráficos de cajas para las variables analizadas agrupadas por divisiones. En las Figura 1 y 2 se muestran las variables locomotoras: DT y m/min, y DS, D19 y Vel Máx respectivamente. En la Figura 3. se reportan las variables mecánicas: PL/min, Acel Máx y Des Máx.

Figura 1. Gráfico de cajas de las variables locomotoras DT y m/min analizado por división.



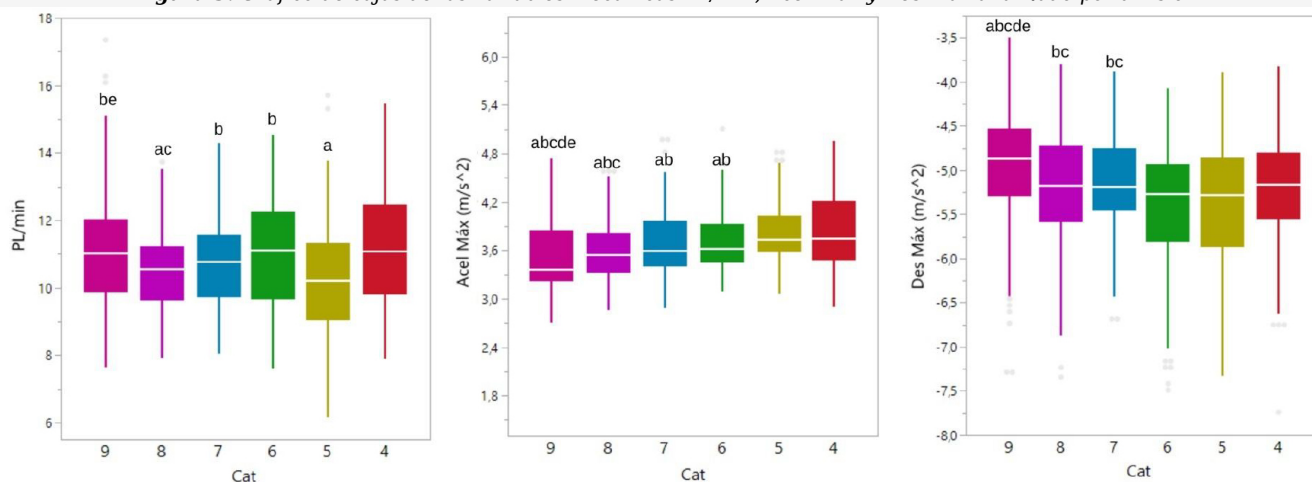
Nota. Se reporta diferencia significativa inter-divisiones con 4^{ta} (a), con 5^{ta} (b), con 6^{ta} (c) y con 7^{ma} (d). No se compara 8^{va} y 9^{na} por diferencia en el tiempo total de juego. Se utilizó Wilcoxon-test con un nivel de significancia establecido en $p < .05$.

Figura 2. Gráfico de cajas de las variables locomotoras DS, D19 y Vel Máx analizado por división.



Nota. Se reporta diferencia significativa inter-divisiones con 4^{ta} (a), con 5^{ta} (b), con 6^{ta} (c), con 7^{ma} (d) y con 8^{va} (e). Para DS y D19 no se compara 8^{va} y 9^{na} por diferencia en el tiempo total de juego. Se utilizó Wilcoxon-test con un nivel de significancia establecido en $p < .05$.

Figura 3. Gráfico de cajas de las variables mecánicas PL/min, Acel Máx y Des Máx analizado por división



Nota. Se reporta diferencia significativa inter-divisiones con 4^{ta} (a), con 5^{ta} (b), con 6^{ta} (c), con 7^{ma} (d) y con 8^{va} (e). Se utilizó Wilcoxon-test con un nivel de significancia establecido en $p < .05$.

En las tablas 2 y 3 se reportan las tablas de mediana y rango intercuartilo de todas las variables analizadas por puestos (comparación intra-división e inter-puesto) (Tabla 2 y 3).

Tabla 2. Variables locomotoras analizadas por puestos (DT, m/min, DS, D19, Vel Máx)

Variable	Puesto	División					
		9	8	7	6	5	4
DT [m]	Defensor central	7217 - 785	8669 - 1174	9675 - 884	9471 - 506	8879 - 997	9466 - 542
	Defensor lateral	7770 - 780 ^a	8912 - 1256	10341 - 937 ^a	9953 - 667 ^a	10257 - 909 ^a	10638 - 818 ^a
	Delantero centro	7192 - 851 ^b	8190 - 329 ^{ab}	9859 - 1245 ^b	10411 - 1339 ^a	9970 - 861 ^a	9961 - 1039 ^{ab}
	Extremo	7773 - 902 ^{ac}	8210 - 3304	9349 - 1475 ^b	10198 - 1316 ^a	9821 - 994 ^{ab}	10074 - 2459
	Volante central	7425 - 759	9431 - 757 ^{ac}	10635 - 958 ^{acd}	11239 - 1223 ^{abcd}	9811 - 1020 ^{ab}	10974 - 1551 ^{ac}
	Volante interno	7965 - 1185 ^{ac}	8657 - 1172 ^c	10029 - 1270 ^{ade}	10569 - 999 ^{abde}	10358 - 1358 ^a	10549 - 1582 ^{ac}
Mts/min	Defensor central	99,2 - 10,7	107,4 - 9,6	103,2 - 9,6	101,7 - 9,4	95,6 - 11,6 ^a	103,3 - 9,6
	Defensor lateral	104,5 - 10,7 ^a	106,8 - 16,4	110,4 - 10,5 ^a	106,9 - 10 ^a	110,4 - 14,7	113,1 - 13,5 ^a
	Delantero centro	99,9 - 10,3 ^b	97,9 - 7,9 ^{ab}	105,7 - 10	113,4 - 7,8 ^a	108,9 - 10,5 ^a	105,7 - 14,2
	Extremo	113,3 - 15,1 ^{ac}	105,8 - 22,2	100,9 - 7,6 ^{bc}	111 - 16,4 ^a	110,8 - 8,8 ^a	108,2 - 18,4 ^a
	Volante central	105,2 - 12 ^{ac}	109,4 - 11,9 ^c	112 - 10,4 ^{acd}	116,5 - 12,5 ^{abd}	105,3 - 7,5 ^{ad}	112,5 - 10,2 ^a
	Volante interno	110 - 12,6 ^{ac}	105,3 - 15,5 ^c	109,6 - 8,4 ^{ad}	116,4 - 12,7 ^{abd}	113,7 - 5,7 ^{ace}	116,2 - 9,6 ^{ac}
DS [m]	Defensor central	49 - 73	138 - 97	147 - 103	143 - 95	154 - 104	148 - 94
	Defensor lateral	86 - 92 ^a	157 - 83	365 - 129 ^a	167 - 121	261 - 168 ^a	367 - 262 ^a
	Delantero centro	86 - 95 ^a	290 - 329 ^{ab}	283 - 270 ^a	248 - 421	346 - 194 ^a	294 - 162 ^a
	Extremo	86 - 79	88 - 289	163 - 102 ^b	319 - 238 ^{ab}	229 - 356 ^a	271 - 172 ^a
	Volante central	31 - 124 ^c	116 - 64 ^{bc}	165 - 44 ^b	216 - 138 ^{ad}	73 - 68 ^{abcd}	129 - 75 ^{bcd}
	Volante interno	79 - 130 ^a	177 - 129 ^c	193 - 138 ^b	160 - 123 ^d	172 - 77 ^{bce}	238 - 173 ^{abe}
D19 [m]	Defensor central	242 - 134	364 - 203	413 - 197	392 - 174	496 - 222	516 - 223
	Defensor lateral	388 - 117 ^a	484 - 213 ^a	913 - 297 ^a	619 - 271 ^a	715 - 405 ^a	957 - 390 ^a
	Delantero centro	414 - 187 ^a	715 - 332 ^{ab}	700 - 396 ^a	674 - 418 ^a	762 - 403 ^a	817 - 241 ^a
	Extremo	406 - 182 ^a	424 - 568	628 - 205 ^a	882 - 332 ^{ab}	792 - 501 ^a	844 - 383 ^a
	Volante central	362 - 437	461 - 221 ^c	553 - 153 ^{ab}	746 - 330 ^{abd}	322 - 121 ^{abcd}	501 - 301 ^{bcd}
	Volante interno	323 - 269	501 - 222 ^{ac}	584 - 275 ^{ab}	586 - 345 ^a	649 - 336 ^{ad}	797 - 312 ^{ad}
Vel Máx [km/h]	Defensor central	27,18 - 3,41	29,51 - 2,69	28,99 - 2,23	29,87 - 2,26	29,86 - 2,67	29,04 - 2,71
	Defensor lateral	27,81 - 2,53	29,23 - 1,65	29,24 - 1,09	29,58 - 2,18	30,42 - 2,82	30,39 - 2,07 ^a
	Delantero centro	27,84 - 1,19	31,12 - 2,75 ^{ab}	28,90 - 2,23	30,6 - 0,22 ^b	30,86 - 2,31 ^a	30,15 - 2,15
	Extremo	27,63 - 1,33	27,53 - 7,90	28,42 - 1,83	30,28 - 2,21	30,98 - 2,98 ^a	31,81 - 1,63 ^{abc}
	Volante central	26,80 - 3,98	27,69 - 2,73 ^{abc}	29,11 - 1,87	30,38 - 2,11 ^b	27,51 - 3,00 ^{abcd}	28,42 - 2,26 ^{bd}
	Volante interno	27,38 - 2,07	28,99 - 2,41 ^c	28,68 - 1,66	29,21 - 2,47 ^{cde}	29,87 - 1,81 ^a	29,55 - 2,16 ^d

Nota. Se reporta la mediana e IQR (mediana - IQR) de cada variable por puesto para cada división. Se reporta diferencia significativa intra-división inter-puesto con Defensor central (a), con Defensor lateral (b), con Delantero centro (c), con Extremo (d) y con Volante central (e). Se utilizó Wilcoxon-test con un nivel de significancia establecido en $p < .05$.

Tabla 3. Variables mecánicas analizadas por puestos (DT, m/min, DS, D19, Vel Máx)

Variable	Puesto	Categoría					
		9	8	7	6	5	4
Pl/min	Defensor central	9,9 - 1,1	9,7 - 1,2	9,7 - 1,4	9,2 - 1,5	8,3 - 2,1	9,8 - 1,6
	Defensor lateral	11,7 - 1,1 a	10,1 - 1,5	11,2 - 1,6 a	10,6 - 2,3 a	10,7 - 2,3 a	12,3 - 2,9 a
	Delantero centro	9,8 - 1,7 b	10,4 - 0,8	10,4 - 1,1	11,2 - 0,6 a	9,5 - 1,2 ab	10,7 - 2 ab
	Extremo	11 - 1,8 abc	11,7 - 1,6 abc	10,5 - 1,3 b	11,1 - 1,5 a	11,3 - 1,6 ac	12,4 - 3 a
	Volante central	11,3 - 3,9 ac	11,1 - 1,4 ab	12,4 - 1,3 abcd	12,8 - 1,7 abcd	10,1 - 1,6 abd	10,8 - 1,4 abd
	Volante interno	11,7 - 1,2 ac	10,8 - 1,4 ab	11,1 - 1,8 ade	12,2 - 1,6 abcd	11,4 - 0,9 ace	12,2 - 2,4 ace
Acel Máx [m/s ^2]	Defensor central	3,35 - 0,75	3,64 - 0,54	3,50 - 0,51	3,45 - 0,21	3,69 - 0,55	3,56 - 0,67
	Defensor lateral	3,33 - 0,60	3,50 - 0,67	3,57 - 0,37	3,55 - 0,61 a	3,79 - 0,39	3,82 - 0,68
	Delantero centro	3,41 - 0,25	3,55 - 0,34	3,76 - 0,41 a	3,88 - 0,47 a	3,73 - 0,27	3,85 - 0,66 a
	Extremo	3,61 - 0,89	4,21 - 0,68 c	3,78 - 0,67 a	3,72 - 0,44 a	4,00 - 0,45 c	3,91 - 1,12
	Volante central	4,01 - 1,16 abc	3,38 - 0,62 a	3,47 - 0,31 cd	3,74 - 0,34 a	3,64 - 0,44 bcd	3,66 - 0,65
	Volante interno	3,31 - 0,29 e	3,37 - 0,46 abd	3,60 - 0,64	3,53 - 0,74	3,58 - 0,90	3,83 - 0,81
Des Máx [m/s ^2]	Defensor central	-4,71 - 0,89	-5,26 - 0,90	-5,06 - 0,74	-5,02 - 0,60	-5,28 - 0,71	-5,22 - 0,77
	Defensor lateral	-4,97 - 0,69	-5,23 - 0,84	-5,45 - 0,68 a	-5,22 - 0,82	-5,65 - 1,24 a	-5,32 - 0,73
	Delantero centro	-5,13 - 1,05 a	-5,49 - 0,84	-5,20 - 0,46	-6,02 - 0,71 ab	-5,59 - 0,91 a	-5,13 - 0,58
	Extremo	-4,61 - 0,56 bc	-4,87 - 0,94 a	-5,34 - 0,68	-5,30 - 1,03 a	-5,28 - 0,81	-5,32 - 1,21
	Volante central	-6,22 - 2,18 e	-4,73 - 0,68 ab	-4,82 - 0,62 bd	-5,44 - 1,1 a	-4,66 - 0,31 abcd	-5,09 - 0,80
	Volante interno	-4,78 - 0,8	-5,13 - 0,97	-5,09 - 0,78 b	-5,36 - 0,83	-4,79 - 0,94 abc	-5,05 - 0,85

Nota. Se reporta la mediana e IQR (mediana - IQR) de cada variable por puesto para cada división. Se reporta diferencia significativa intra-división inter-puesto con Defensor central (a), con Defensor lateral (b), con Delantero centro (c), con Extremo (d) y con Volante central (e). Se utilizó Wilcoxon-test con un nivel de significancia establecido en $p < .05$.

Al analizar los datos de forma absoluta por división, se encontraron diferencias significativas en las variables comparadas entre 9^{na}-8^{va} y el resto de las divisiones, a excepción de m/min y PL/min. Sin embargo, en las divisiones superiores, los valores son similares, encontrándose diferencias significativas sólo en casos particulares.

En el análisis de las variables locomotoras según la posición dentro de cada división, se observa que en la variable DT, los volantes son quienes registran las mayores distancias y los defensores centrales las menores distancias en todas las divisiones. En cuanto a la intensidad, nuevamente se evidencia que los defensores centrales presentan los valores más bajos tanto en m/min, como en D19 y DS siendo significativamente inferiores a las demás posiciones. En D19, los delanteros centros, extremos y defensores laterales ocupan los primeros lugares en las diferentes divisiones. Por último, en relación con Vel Máx, se observa que los volantes centrales alcanzan los valores más bajos en la mayoría de las divisiones, siendo significativamente diferentes de varias posiciones, mientras que en general, los delanteros (extremos y delanteros centrales) presentan los valores más altos.

En términos de variables mecánicas, tanto el delantero centro como el defensor central muestran los valores más bajos en cuanto a intensidad (PL/min). Con relación a Acel Máx, se observa que en general, son los extremos quienes presentan los valores más altos, mientras que los volantes centrales muestran los valores más bajos. Finalmente, en Des Máx existe una considerable heterogeneidad tanto en términos de posición como de división.

DISCUSIÓN

En este trabajo se buscó describir las demandas condicionales a las que se enfrentan los jugadores juveniles de fútbol de categoría masculina durante los partidos oficiales y comparar las diferencias de carga externa según la división y la posición específica de juego. A priori, es necesario considerar que tanto el modelo de juego (Bradley, 2023), como las habilidades técnicas de los jugadores (Modric et al., 2022) y el efecto del crecimiento (Rebello et al., 2014) pueden influir

en todas las variables analizadas.

Al hacer un análisis por divisiones, es importante destacar que las categorías de 9^{na} y 8^{va} juegan menos tiempo total que las otras divisiones, lo cual puede dar lugar a distancias totales más cortas en cualquier intensidad (DT, D19 y DS) y a su vez, los límites de velocidad para las distancias recorridas en sprint (DS) son distintas (25,2 km/h [m] para 4^{ta} a 7^{ma} división, y 23 km/h [m] para 8^{va} y 9^{na}). Si bien los límites de velocidad mencionados fueron establecidos en jugadores profesionales (Bradley, 2023; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2012; Morgans et al., 2023), la implementación en divisiones inferiores se realizó de la siguiente manera: límite de velocidad de 25,2 km/h se aplicó para las divisiones superiores (4^{ta} a 7^{ma} división) con el fin de contar con datos comparables con el primer equipo del club (Morgans et al., 2023). Sin embargo, en las divisiones 8^{va} y 9^{na}, los jugadores registraron distancias recorridas cercanas a cero a una velocidad igual o mayor a 25.2 km/h. Por lo que se optó por disminuir el punto de corte, seleccionando el de 23 km/h propuesto por Di Salvo (2007).

Buchheit et al. (2010) evaluó una población similar utilizando una estrategia análoga de estratificación por división y puesto. La comparación por división sólo es posible realizarlo en las que las edades reportadas son similares, por ejemplo, menores de 14 años (u14) se corresponde con la 9^{na} división reportada en este artículo (u15 = 8^{va}; u16 = 7^{ma}; u17 = 6^{ta}; u18 = 5^{ta}). Sin embargo, dicho estudio no reporta valores para la 4^{ta} división. Otra diferencia entre ambos trabajos es que en el estudio de Buchheit et al. (2010), las categorías u16 y u17 disputan partidos con una duración 10 minutos menor en comparación con las categorías equivalentes en Argentina, lo cual no permite comparar variables acumulativas a lo largo del tiempo total de juego. Las variables que coinciden entre ambos trabajos son m/min, DT, D19 y Vel Máx. En m/min la población argentina presenta valores superiores (vs. u15 4,04%, y vs. u18 8,28%) excepto en u14 (-1,33%). En DT nuestra muestra también arroja resultados superiores (vs. u14 2,65%, vs. u15 7,5%, vs. u18 10,86%). En D19, la tendencia es similar (vs. u14 10,38%, vs. u15 18,54%), excepto en u18 (-7,21%). Por último, en Vel Máx también se observa que la muestra argentina presenta valores superiores en todas las divisiones en comparación con los datos de Buchheit et al. (2010) (vs. u14 13,16%, vs. u15 12,38%, vs. u16 9,92%, vs. u17 12,71%, vs. u18 7,07%). En conclusión, se observan diferencias en los resultados a favor de los datos argentinos, a excepción de m/min en 9^{na} y D19 en 5^{ta}.

Millar (2021) analiza en su tesis las demandas físicas de jugadores juveniles escoceses (u16, u18, Reserva) en partidos con GPS. Las variables similares a nuestro estudio son: DT, D19, m/min y Vel Máx. Al comparar sus resultados con los obtenidos en este trabajo encontramos que en DT la muestra argentina vs u16 recorre un 2,09% más, pero en u18 un 3,23% menos. En D19, tanto en u16 como en u18, el estudio escocés arroja mayores valores (3,13 y 7,21% respectivamente). En lo que respecta a la intensidad medida en m/min, se observa un mayor valor en u16 a favor de la muestra argentina (4,90%) y sin presentar diferencias en u18. Por último, en Vel Máx en u16 se reportó un valor similar en ambos estudios, y en u18 fue un 5,25% mayor en los datos argentinos.

Al compararlo por puestos, Buchheit et al. (2010) utilizaron la siguiente nomenclatura: defensor central, defensor lateral, volante central, volante externo, media punta y delantero centro. Es por eso que solo comparamos las posiciones que coinciden con nuestro trabajo, siendo estos el de defensor central y lateral, volante central y delantero centro. Las variables que se ajustan a nuestro trabajo fueron: DT, D19 y Vel Máx. Nuevamente observamos algunas diferencias en cada una de las variables que encontramos a favor de los futbolistas juveniles argentinos, la mayor diferencia es en D19 siendo de un 51% en el puesto de defensor central y en una menor diferencia un 0.8% en el puesto delantero centro. En todos los puestos se encontraron diferencias mayores al 10% en lo que respecta a DT. Por último, también observamos que Vel Máx en los datos argentinos han sido superiores entre un 7 a 15 %.

En síntesis, con respecto al estudio de Buchheit et al. (2010), los valores reportados son, en su mayoría, menores a los encontrados en la población argentina. Sin embargo, en el estudio de Millar (2021) encontramos resultados similares en el análisis por divisiones. Una de las posibles causas de las diferencias obtenidas con el estudio de Buchheit et al. (2010) se puede deber a la frecuencia de muestreo de la herramienta, ya que ellos utilizaron un GPS con una frecuencia de 1Hz, mientras que nuestro dispositivo y el de los escoceses, cuenta con una frecuencia 10 veces superior. No obstante, estos resultados son insuficientes para llegar a una conclusión definitiva para lo que se necesitaría mayor cantidad de estudios.

Como hemos mencionado anteriormente, hemos encontrado diferentes estudios que analizaron las variables mecánicas. Si bien Thoseby et al. (2023) compararon los picos máximos de aceleraciones promedio en partidos en los futbolistas jóvenes australianos y Morgans et al. (2023) compararon la cantidad total de aceleraciones durante todas las sesiones de entrenamiento en los sub-18 de un club de la liga inglesa, ninguno empleó una técnica similar a la nuestra que nos permita realizar alguna comparación.

Por lo tanto, las diferencias arrojadas al comparar nuestros resultados con estudios de poblaciones similares, muestra que las cargas externas en los partidos de fútbol a nivel local en la máxima categoría de las divisiones inferiores son distintas a las reportadas internacionalmente. Estas diferencias, sumado a la falta de estudios que analicen los datos de una manera similar a la nuestra, subrayan la necesidad de continuar informando y recopilando datos específicos que permitan establecer referencias adecuadas a nivel del contexto futbolístico sudamericano y argentino en particular. La generación

de tablas y estadísticas propias resulta fundamental para obtener información precisa y actualizada que se ajuste a las características y particularidades del entorno local. Queda pendiente para futuros trabajos el estudio de estas variables en las categorías inferiores de fútbol femenino.

En conclusión, con este trabajo de investigación hemos realizado un aporte novedoso al fútbol de elite de divisiones inferiores argentino. Hasta nuestro conocimiento, este es el primer estudio de relevamiento de datos a nivel local de la máxima categoría del fútbol argentino juvenil, proporcionando información específica y actualizada sobre las demandas físicas externas de los jugadores. Esta investigación busca sentar las bases para futuros estudios y análisis en esta área.

Uno de los aportes más significativos de este estudio es la posibilidad de personalizar el entrenamiento en función de la carga externa individual analizada, tanto por puesto como por división. Al identificar las diferencias en las demandas físicas entre los distintos puestos y divisiones, se ha abierto la puerta para diseñar programas de entrenamiento más específicos y adaptados a las necesidades de cada jugador y cada nivel de competencia. Esto puede contribuir a optimizar el rendimiento deportivo y minimizar el riesgo de lesiones.

La diferencia encontrada con los estudios internacionales reportados sostiene la necesidad de la creación de datos normativos de población sudamericana y local. A futuro se sugiere ampliar la muestra de datos tomados, hacer un análisis del contexto en el que se producen las demandas físicas aquí descritas, por ejemplo, en acción de ataque o defensa, y relacionarlas con él y/o con el modelo de juego. De esta manera, se podrá obtener un análisis minucioso que permita modificar los métodos de entrenamiento con el fin de optimizar el desarrollo de futbolistas en formación y lograr así un óptimo desempeño profesional.

APORTACIONES DIDÁCTICAS

El fútbol juvenil de élite impone exigencias físicas que requieren el desarrollo de métodos de trabajo específicos. Este estudio ha identificado las demandas de carga externa a las que se enfrentan los jugadores en los partidos oficiales en distintas categorías a través de diversas variables. De esta manera, se puede determinar los volúmenes e intensidades necesarios para los futbolistas en diferentes edades y posiciones. Esta información permitirá adaptar el entrenamiento a las demandas del juego, optimizar las tareas y prevenir lesiones.

REFERENCIAS

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587-593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS Technologies to Field Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 295-310. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.3.295>
- Beenham, M., Barron, D. J., Fry, J., Hurst, H. H., Figueirdo, A., & Atkins, S. (2017). A Comparison of GPS Workload Demands in Match Play and Small-Sided Games by the Positional Role in Youth Soccer. *Journal of Human Kinetics*, 57, 129-137. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0054>
- Bowen, L., Gross, A. S., Gimpel, M., & Li, F. X. (2017). Accumulated workloads and the acute workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 452-459. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095820>
- Boyd, J., Ball, K., & Aughey, J. (2011). The reliability of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6, 311-321. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.3.311>
- Bradley, P. S. (2023). A Contextualised Physical Analysis of the FIFA World Cup Qatar 2022TM: Quantifying the «What», «When», «How» and «Why». Zurich: FIFA. Available from the FIFA Training Centre: <https://www.fifatrainingcentre.com/en/fwc2022/physical-analysis/background-and-method.php>
- Boletín Oficial de la República Argentina. (2000). Ley 25. 326. Protección de datos personales. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25326-64790/actualizacion>
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Match running performance and fitness in youth soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(11), 818-825. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1262838>
- Castellano, J., & Casamichana, D. (2014). Sport with global positioning devices (GPS): applications and limitations. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(2), 355-364. ISSN: 1132-239X. ISSN: 1988-5636
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & 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>
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F., 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., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 205-212. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105950>
- Di Salvo, V., Pigozzi, F., Gonzalez-Haro, C., Laughlin, M. S., & De Witt, J. K. (2012). Match performance comparison in top English soccer leagues. *International Journal of Sports Medicine*, 526-532. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327660>
- Ehrmann, F. E., Duncan, C. S., Sindhusake, D., Franzsen, W. N., & Greene, D. A. (2016). GPS and Injury Prevention in Professional Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 360-367. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001093>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270-273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Martín-García, A., Casamichana, D., Díaz, A. G., Cos, F., & Gabbett, T. J. (2018). Positional Differences in the Most Demanding Passages of Play in Football Competition. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(4), 563-570.
- Millar, K. (2021). Are elite soccer players being physically prepared for the next level? Physical profiling of elite soccer players: a comparison from youth to professional level (Doctoral dissertation, University of Glasgow). <https://doi.org/10.5525/gla.thesis.82791>
- Modric, T., Malone, J. J., Versic, S., Andrzejewski, M., Chmura, P., Konefał, M., ... & Sekulic, D. (2022). The influence of physical performance on technical and tactical outcomes in the UEFA Champions League. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00573-4>
- Morgans, R., Rhodes, D., Teixeira, J., Modric, T., Versic, S., & Oliveira, R. (2023). Quantification of training load across two competitive seasons in elite senior and youth male soccer players from an English Premiership club. *Biology of Sport*, 40(4), 1197-1205. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2023.126667>
- Rebelo, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., & Krustup, P. (2014). Physical match performance of youth football players in relation to physical capacity. *European Journal of Sport Science*, 14(sup1), S148-S156. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.664171>
- Rojas-Inda, S. (2018). Analysis of internal and external load in small games in young football players. *International Journal of Medicine & Science of Physical Activity & Sport/Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 18(71). <https://doi.org/10.15366/rimcafd2018.71.004>
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & Janse de Jonge, X. A. (2013). A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 195-202. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.2.195>
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35, 501-536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Thoseby, B., Govus, A. D., Clarke, A. C., Middleton, K. J., & Dascombe, B. J. (2023). Peak match acceleration demands differentiate between elite youth and professional football players. *PLOS ONE*, 18(3), e0277901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277901>
- Zurutuza, U., & Castellano, J. (2020). Comparación de la respuesta física, en términos absolutos y relativos a la competición, de diferentes demarcaciones en tareas jugadas de fútbol. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 20(1), 190-200. <https://doi.org/10.6018/cpd.402291>