

Chena Sinovas, M.; Morcillo Losa, J.A.; Rodríguez Hernández, M.L. y Zapardiel, J.C. (2022) Multivariable Training Planning Model in Professional Soccer. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 22 (85) pp. 183-197
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista85/artmodelo1308.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista85/artmodelo1308.htm)
DOI: <https://doi.org/10.15366/rimcafd2022.85.012>

ORIGINAL

MODELO MULTIVARIABLE PARA LA PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO EN FÚTBOL PROFESIONAL

MULTIVARIABLE TRAINING PLANNING MODEL IN PROFESSIONAL SOCCER

Chena Sinovas, M.¹; Morcillo Losa, J.A.²; Rodríguez Hernández, M.L.¹ y Zapardiel, J.C.¹

¹ Doctores en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. Universidad de Alcalá (España) marcoschenapf@hotmail.com, mluisa.rodriguez@uah.es, carlos.zapardiel@uah.es

² Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad de Jaén (España) jamosa@ujaen.es

Código UNESCO / UNESCO code: 5899 Otras especialidades pedagógicas (Educación Física y Deporte)

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe Classification: 17. Otras (Valoración del entrenamiento) / Others (Training assessment)

Recibido 1 de noviembre de 2019 **Received** November 1, 2019

Aceptado 27 de abril de 2019 **Accepted** April 27, 2019

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue describir un modelo multivariable de planificación del entrenamiento para la monitorización semanal y su periodización en relación con el perfil dinámico competitivo. Veintidós futbolistas profesionales participaron en este estudio. Se analizaron 30 microciclos competitivos donde se registró individualmente todas las sesiones de entrenamiento y partidos de competición mediante GPS. Los resultados mostraron una fase de carga con valores cercanos a los alcanzados en competición, pero con estímulos diferenciados en días consecutivos, y otra fase de reducción de la carga en forma de *tapering* previa a la competición. La carga acumulada semanalmente mostró poca variabilidad entre los microciclos, observándose un promedio de 0.6%. La gestión dinámica de la carga presentó una ratio A:C que osciló entre 0.89-1.13. El modelo multivariable para la planificación del entrenamiento semanal es un método eficaz para monitorizar la carga del entrenamiento en relación con el perfil de rendimiento.

PALABRAS CLAVE: GPS, rendimiento, carga de entrenamiento, carga aguda, carga crónica.

ABSTRACT

The aim of this study was to describe a multivariable training planning model for weekly monitoring and its periodization in relation to the dynamic competitive profile. Twenty-two professional soccer players participated in this study. Thirty competitive microcycles were analyzed. Thirty competitive microcycles were recorded individually in all training sessions and competition matches through a GPS device. The results showed a loading phase with values close to those achieved in competition, but with differentiated stimuli on consecutive days, and another phase of load reduction in the form of tapering prior to competition. The weekly accumulated load showed little variability between the microcycles; an average of 0.6% was observed. Dynamic load management presented an A: C ratio that ranged from 0.89-1.13. It can be concluded that the multivariate model for planning weekly training is an effective method to monitor training load in relation to performance profile.

KEY WORDS: GPS, performance, training load, acute load, chronic load.

1. INTRODUCCIÓN

La naturaleza evolutiva del fútbol en relación con el incremento de las exigencias físicas, técnicas y tácticas ha puesto de manifiesto la necesidad de investigar sobre aquellos parámetros relacionados con la estructura y la planificación del entrenamiento^{1,2}. A pesar de que las demandas físicas de la competición y las características funcionales de los equipos y de sus jugadores son altamente conocidas^{1,3}, las variables contextuales de la competición⁴ que influyen sobre el rendimiento condicional de los deportistas, la alta variabilidad multifactorial y la complejidad para determinar el éxito deportivo en el fútbol han llevado a los entrenadores a desafiar los principios del entrenamiento a través de la planificación y la metodología, buscando la mejora del rendimiento sin exceder los límites de tolerancia fisiológica de los jugadores².

El control del entrenamiento ha sido uno de los temas de investigación más estudiados en los últimos años². El control y la cuantificación de las cargas de entrenamiento debe entenderse como el proceso a través del cual se registra aquella información necesaria con la que generar un conocimiento. Este conocimiento debe permitir tomar decisiones para prescribir programas de entrenamiento individualizados o colectivos, con los que maximizar las adaptaciones de los deportistas mientras se minimizan los efectos acumulativos de la fatiga⁵.

Las cargas de entrenamiento inadecuadas se relacionan con un aumento de la tasa de lesiones, una disminución de la aptitud física individual y una reducción del rendimiento colectivo⁶⁻⁹. El uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) se ha vuelto cada vez más frecuente en el control de la carga del entrenamiento

en los jugadores de fútbol profesional^{5,9,10}. A pesar de que dicha herramienta permite cuantificar la carga externa a la que se somete el deportista en el entrenamiento, se han encontrado fuertes correlaciones con otros métodos de cuantificación de carga interna basados en sesión-RPE¹¹⁻¹³.

La variabilidad de la carga de entrenamiento a lo largo de la semana competitiva debe garantizar la optimización del estado de forma de los deportistas para poder rendir, gestionando de forma equilibrada los procesos de estimulación y tapering^{3,5,12}. Por lo tanto, la distribución de las variables de volumen e intensidad de la carga a lo largo del microciclo competitivo deben favorecer el estímulo suficiente como para provocar o mantener las adaptaciones específicas pertinentes, ofreciendo una reducción de la carga previa a la competición con la que revertir la fatiga sin provocar una pérdida de las adaptaciones conseguidas^{5,10,14}.

La periodización ofrece un marco para la variación planificada y sistemática de los parámetros de entrenamiento con el objetivo de optimizar las adaptaciones de entrenamiento específicas para un deporte en particular a lo largo del periodo de competiciones¹⁵. Las investigaciones recientes han examinado la carga de trabajo acumulada en una semana (carga aguda) en relación con la carga promedio de las últimas 4 semanas (carga crónica) como criterio para controlar la carga del entrenamiento en deportes colectivos^{6,7,9}. La carga aguda, ha sido considerada como un indicador de fatiga inducida a través del entrenamiento y la competición, mientras que la carga crónica representa a través de una tendencia el estado de forma del deportista⁶. De acuerdo con este criterio, la planificación del entrenamiento busca establecer una relación óptima de equilibrio entre la fatiga y el estado de forma de los deportistas para poder soportar la fatiga, con el fin de darle sentido a la periodización de los estímulos planificados en el proceso de entrenamiento⁶⁻⁹.

El presente estudio tuvo como objetivo describir un modelo multivariable de planificación para la monitorización semanal del entrenamiento y su periodización en relación con el perfil dinámico competitivo (CDP) de un equipo de fútbol profesional.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Participantes

Participaron en este estudio veintidós futbolistas pertenecientes a un equipo de fútbol profesional de la liga española. El promedio de la edad, altura, peso, porcentaje de grasa corporal (plicómetro Harpenden), $VO_{2\text{máx}}$ (Yo-Yo Intermittent Recovery Test level 2) y sumatorio de 6 pliegues (plicómetro Harpenden) a lo largo del estudio fueron 26.36 ± 4.0 años, 179 ± 5.8 cm, 74.76 ± 8.0 kg, 9.88 ± 8.0 %, 54.3 ± 5.1 ml·kg⁻¹, 39.67 ± 13.6 mm, respectivamente.

Se registraron un total de 30 partidos oficiales de competición y 167 sesiones de entrenamiento, distribuidas en función del calendario en 30 microciclos competitivos de idéntica estructura.

Para garantizar la fiabilidad y validez del estudio, los datos que se registraron correspondieron a los jugadores que finalizaron con éxito cada sesión de entrenamiento completo, retirando los datos de los porteros y de los futbolistas que desempeñaron un entrenamiento adaptado o individualizado para la gestión de la fatiga, para la mejora del rendimiento individual o por causa de una lesión^{5,16}. La recopilación de los datos competitivos se llevó a cabo teniendo en cuenta únicamente a los futbolistas que participaron al menos 80 minutos en el partido^{2,5}. La pretemporada (6 semanas) fue el periodo de familiarización de los deportistas con los dispositivos GPS.

Ningún microciclo presentó más de una sesión al día con todo el equipo, desarrollándose todas las sesiones de entrenamiento por la mañana y en el mismo horario. Los futbolistas mantuvieron los mismos hábitos durante todo el estudio.

Antes de comenzar con la investigación los jugadores recibieron información detallada sobre el objetivo y el procedimiento del estudio. Todos los participantes firmaron un formulario de consentimiento y recibieron un informe detallado sobre la confidencialidad de los datos de acuerdo con la Ley Orgánica 15/1999, de fecha 13 de diciembre (BOE 14-12-1999). El club involucrado aprobó la investigación antes de comenzar con las valoraciones. El estudio tiene la certificación del comité de ética de la Universidad de Alcalá y todos los datos fueron procesados según la declaración de Helsinki.

2.2. Procedimiento

El tiempo de movimiento de cada jugador fue registrado individualmente en todas las sesiones de entrenamiento y partidos de competición a través de un dispositivo GPS de 10 Hz (GPEXE[®]. Italia)¹⁴. Para evitar variabilidad, cada jugador utilizó siempre el mismo dispositivo GPS, situado entre las dos escámulas a través de un chaleco especial, utilizando el software de análisis especializado GPEXE[®] para descargar los datos.

Los microciclos analizados consistieron en 1 partido de competición y 5 sesiones de entrenamiento antes del citado partido con una duración media de 56,2 minutos de tiempo útil. Las sesiones (MD-*) se denominaron según el número de días de distancia del partido competitivo (MD). Sólo se tuvieron en cuenta las siguientes sesiones de entrenamiento: MD-4, MD-3, MD-2, MD-1. La sesión MD-4 venía precedida del día de descanso. No se tuvieron en cuenta otros datos relacionados con las sesiones pre-MD-4 (sesiones de recuperación post partido) o pre-MD (sesiones con jugadores que no participaron en el partido) por no tener el contenido de entrenamiento suficiente⁵.

El modelo multivariable para la planificación registró cuatro marcadores de volumen (distancia total, número de aceleraciones, número de deceleraciones y distancia a alta intensidad) y cuatro de intensidad (índice de distancia equivalente, potencia metabólica, distancia relativa y distancia a alta intensidad relativa). Los marcadores se describen en la Tabla 1. Se considera que son un número de variables suficiente para proporcionar información relevante con

respecto a la carga de las sesiones de entrenamiento y competición^{9,14}. Atendiendo a la naturaleza de las variables monitorizadas, se seleccionaron aquellas que nos dieran información sobre la carga mecánica, neuromuscular y metabólica de los deportistas^{13,17} (ver la Tabla 1).

Tabla 1: Variables de volumen e intensidad

Volumen	Intensidad
Distancia Total (TDC) (m)	^d Índice de Distancia Equivalente (EDI) (%)
^a Número de Aceleraciones (Ac) (m/s ²)	^e Potencia Metabólica (MP) (W/Kg)
^b Número de Deceleraciones (Dc) (m/s ²)	Distancia Relativa (TDC/time) (m/min)
^c Distancia Alta Intensidad (HSR) (m)	Distancia Alta Intensidad Relativa (HSR/time) (m/min)

^a Número de eventos >2.50 m/s²
^b Número de eventos <-2.50 m/s²
^c Distancia Cubierta >21 km/h
^d Relación entre ED (ED=Distancia Equivalente: Representa la distancia que el deportista habría cubierto a velocidad constante utilizando la energía total consumida durante una sesión de entrenamiento) y la TDC
^e Gasto de energía por unidad de tiempo, por encima del reposo (velocidad · coste energético)

La metodología utilizada para monitorizar la carga del entrenamiento en relación con la competición consistió en comparar individualmente los datos registrados por el GPS en las sesiones de entrenamiento y partido con el CDP del jugador. El CDP es el perfil de rendimiento competitivo de los futbolistas y varía a lo largo de la temporada. En este estudio el CDP se fue calculando con los datos promedio obtenidos en los cuatro últimos partidos en los que el jugador participó más de 80 minutos. Cada jugador fue analizado de manera individual, mientras que la monitorización del equipo se obtuvo a través de los datos promedio de todos los jugadores analizados (ver Figura 1). La metodología utilizada para describir la periodización del entrenamiento consistió en un doble criterio: relacionar la carga acumulada de un microciclo (carga aguda) con respecto a la carga acumulada del microciclo anterior (%M/M) y relacionar la carga aguda con respecto a la carga crónica del entrenamiento (ratio A:C).

El contenido del entrenamiento no fue modificado de ninguna manera por los investigadores.

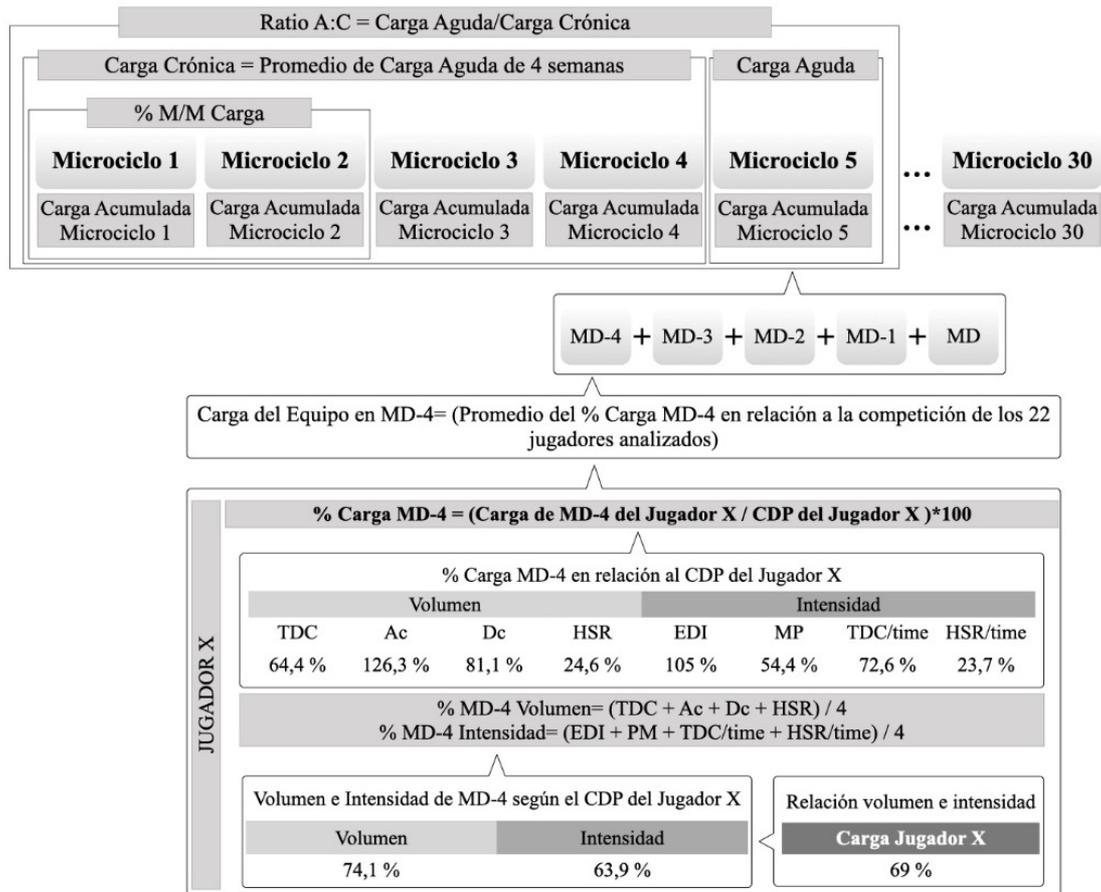


Figura 1: Modelo multifactorial de planificación para la monitorización y periodización de la carga de entrenamiento en relación con el CDP a través de los datos de GPS

%M/M: Relación entre la carga de un microciclo y el microciclo anterior. MD: Partido competitivo. MD-*: Sesión de entrenamiento-* distancia de días al partido competitivo. CDP: Perfil dinámico competitivo. TDC: Distancia Total. Ac: Número de aceleraciones. Dc: Número de Deceleraciones. HSR: Distancia alta intensidad. EDI: Índice de distancia equivalente. MP: Potencia metabólica. TDC/time: Distancia Relativa. HSR/time: Distancia Alta Intensidad Relativa

2.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software SPSS (versión 22). Se realizó un análisis descriptivo de las variables de estudio y posteriormente la prueba de Kolmogorov-Smirnov se usó para verificar la normalidad y la homogeneidad. Los resultados muestran variables no paramétricas. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para identificar las diferencias entre las variables y subvariables de intensidad y volumen de entrenamiento. La interacción significativa se investigó adicionalmente usando la prueba de Man-Whitney.

3. RESULTADOS

3.1. Monitorización de la carga semanal

La Tabla 2 muestra la relación porcentual entre diferentes variables de volumen e intensidad y la competición (MD). En este caso, el valor del MD viene

determinado por el promedio de las valoraciones registradas durante los 30 partidos competitivos en relación con el CDP. Los valores máximos alcanzados en un partido de competición ($MD_{m\acute{a}x}$) también fueron relacionados con el MD (Tabla 2).

Tabla 2: Marcadores porcentuales de volumen e intensidad en relación con el valor promedio de la competición (MD)

	Volumen				Intensidad			
	TDC	Ac	Dc	HSR	EDI	MP	TDC/time	HSR/time
MD-4	55.1%	79.5%	72.6%	35.1%	97.6%	74.9%	77.1%	54.6%
MD-3	62.8%	59.2%	56.9%	63.2%	90.7%	101.3%	92.1%	93.2%
MD-2	32.8%	32.7%	30.6%	19.9%	76.5%	66.7%	67.5%	38.1%
MD-1	39%	41.7%	38.1%	38.3%	88.4%	69.6%	72.2%	69.0%
MD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
MD_{máx}	104.5%	136%	123.6%	127.2%	121.6%	109%	102.7%	124.9%
WL	289.7%	313%	298.2%	256.5%	453.1%	412.6%	408.4%	358.4%

TDC: Distancia Total. Ac: Número de aceleraciones. Dc: Número de Deceleraciones. HSR: Distancia alta intensidad. EDI: Índice de distancia equivalente. MP: Potencia metabólica. TDC/time: Distancia Relativa. HSR/time: Distancia Alta Intensidad Relativa. MD: Partido competitivo. MD-*: Sesión de entrenamiento-* distancia de días al partido competitivo. $MD_{m\acute{a}x}$: Relación porcentual entre el máximo valor alcanzado en un partido de competición y MD. WL: Porcentaje de carga semanal acumulada

La gestión de la carga de entrenamiento a lo largo del microciclo muestra que MD-4 y MD-3 tuvieron mayor exigencia que el resto de las sesiones. El nivel de significación entre MD-4 y MD-3 y el resto de sesiones fue de $p = .000$ y la relación entre MD-1 y MD-4 tuvo una significación de $p = .033$. La intensidad fue significativamente más alta que el volumen en todas las sesiones de entrenamiento ($p = .000$).

MD fue significativamente más exigente que las sesiones de entrenamiento, sin encontrarse diferencias significativas con MD-3 en relación con la intensidad ($p = .961$). El volumen de MD-4 y MD-3 fue significativamente mayor que MD-2 y MD-1 ($p = .000$), no encontrándose diferencia entre ellas. Respecto a la intensidad, existen diferencias significativas entre todas las sesiones de entrenamiento excepto entre MD-4 y MD-1 ($p = .000$) (ver Figura 2).

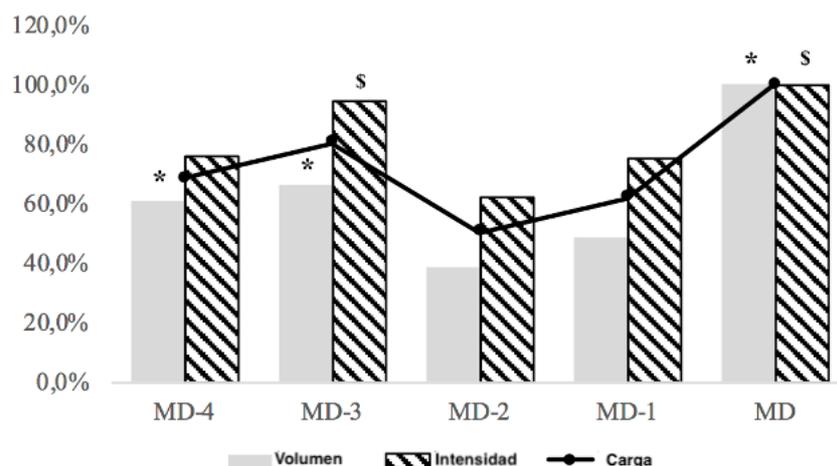


Figura 2: Representación de los valores promedio en % del volumen e intensidad en relación con MD

MD: Partido competitivo. MD-*: Sesión de entrenamiento-* distancia de días al partido competitivo. *Diferencias significativas con MD-2 y MD-1 en relación con el volumen para $p < .001$. ^SDiferencias significativas con MD-3, MD-2 y MD-1 en relación a la intensidad para $p < .01$.

Atendiendo a los diferentes marcadores de volumen e intensidad, en MD-4 se observa mayor Ac, Dc y EDI que en MD-2 ($p = .000$) y MD-1 ($p = .001$). La HSR, MP, TDC/time y HSR/time fueron significativamente superiores en MD-3. No se encontraron diferencias significativas entre MD-3 y MD en TDC/time y HSR/time. MD-2 fue la sesión con menor exigencia ya que HSR fue significativamente menor en MD-2 que en MD-1 ($p = .025$) y MD-3 ($p = .000$) y EDI fue significativamente menor que en MD-3, MD-4 ($p = .000$) y MD-1 ($p = .003$).

3.2. Periodización del entrenamiento

La carga semanal acumulada (WL) mostró un promedio de 313.74% más de carga que MD, encontrándose diferencias significativas ($p = .000$) en todas las variables de intensidad (ver Tabla 2). Con respecto a las variables analizadas, la carga semanal acumulada del número de aceleraciones (WL_{Ac}) y la carga semanal acumulada del número de desaceleraciones (WL_{Dc}) fueron mayores que el resto de variables de volumen y la carga semanal acumulada del índice de distancia equivalente (WL_{EDI}) fue mayor que el resto de variables de intensidad.

La periodización del entrenamiento semanal se analizó a través de la relación entre la WL de un microciclo y la WL del microciclo anterior (%M/M). De acuerdo con los resultados obtenidos, la %M/M mostró una diferencia promedio de la carga de 0.6%. El microciclo 14 mostró la mayor %M/M (15.4% más de carga que el microciclo 13), mientras que el microciclo 23, fue donde menos %M/M mostró (11.7% menos de carga que el microciclo 22) (ver Figura 3).

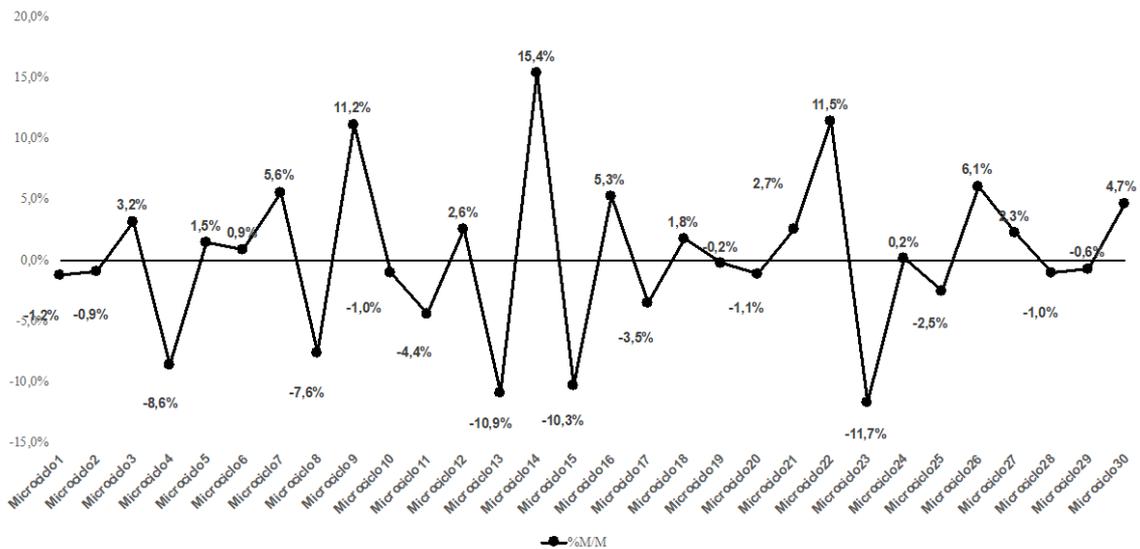


Figura 3: Representación del %M/M a lo largo de los 30 microciclos expresado.

La periodización del entrenamiento en relación al ratio A:C mostró un índice promedio de 1.00, observándose valores variables dentro de un intervalo comprendido entre 0.89 y 1.13. En la figura 4 se representa la gestión dinámica del ratio A:C en cada microciclo. El microciclo 22 registró mayor índice en el ratio A:C, mientras que fue el microciclo 13 donde se observó menor ratio A:C (ver Figura 4).

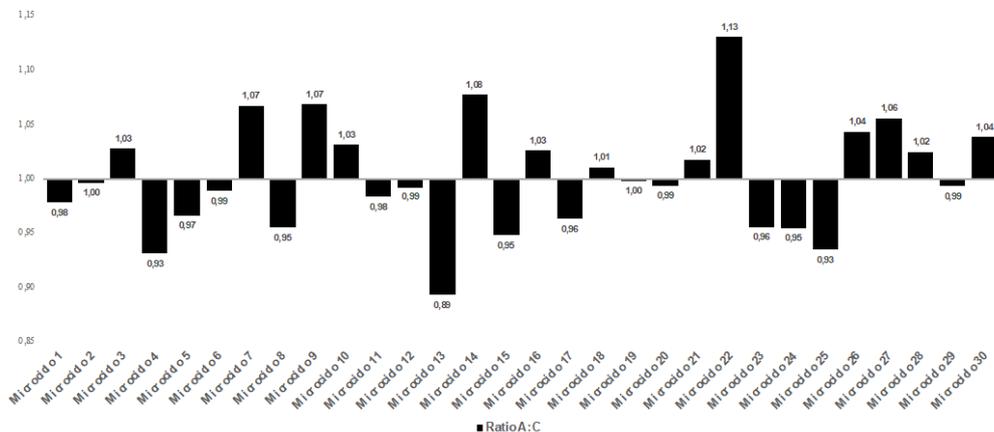


Figura 4: Representación de la ratio A:C a lo largo de los 30 microciclos

4. DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo describir y un modelo multivariable de planificación para la monitorización semanal del entrenamiento y su periodización en relación con el CDP de los jugadores de un equipo de fútbol profesional de la liga española, utilizando diferentes variables registradas con GPS. Las variables utilizadas en este estudio para cuantificar la carga del entrenamiento fueron seleccionadas debido al impacto que tienen sobre la fiabilidad y validez para determinar de forma precisa la carga externa en los deportes de equipo^{13,17}.

La metodología de registro de las variables a través de GPS se basó en determinar la carga del entrenamiento del equipo a través de los datos promedio de los jugadores analizados, como ya se desarrolló en otros estudios^{2,5}. Dicha metodología resulta potencialmente favorable para monitorizar los marcadores de carga en jugadores de fútbol profesional en relación con el rendimiento individual en competición⁵.

De acuerdo con la literatura actual, aquellos estudios que analizaron el control del entrenamiento a través de la monitorización de la carga en relación con los datos de competición se basaron principalmente en el perfil medio competitivo, tomando como referencia el promedio de los datos registrados en los partidos competición¹⁶ y en el perfil máximo competitivo, tomando como referencia los máximos resultados registrados en competición⁵. Sin embargo, teniendo en cuenta las tendencias actuales de investigación donde se ha demostrado que el éxito en el fútbol es multifactorial y complejo¹⁸ y que las demandas de entrenamiento y partido pueden variar dramáticamente debido a numerosos factores contextuales^{15,19,20}, se consideró que el perfil medio competitivo y el perfil máximo competitivo no representaban una referencia real del rendimiento actual del deportista y del equipo. De este modo, tomando como referencia del estado de forma la tendencia de las últimas semanas^{7,9}, la originalidad de este modelo multivariable para la monitorización de la carga semanal recae sobre el control del entrenamiento relacionando la carga de las sesiones con el CDP. No obstante, considerando que el perfil máximo competitivo puede identificarse como un peor escenario²¹ y, por lo tanto, como una situación susceptible de lesión a tener en cuenta, en este estudio también se presentaron sus valores.

La dinámica de la carga del microciclo competitivo resulta ser muy similar a la publicada recientemente^{2,5}. Observando los resultados de las variables registradas en este estudio, cabe pensar que la carga de los entrenamientos está muy condicionada por las exigencias técnico-tácticas del modelo de competición, ya que se mostraron diferencias significativas entre el volumen y la intensidad en cada sesión de entrenamiento. Estos datos no coinciden con los publicados por Owen et al.⁵. Esto puede deberse a que, durante el periodo competitivo, los entrenadores centran el entrenamiento en el desarrollo técnico-táctico de los futbolistas y al mantenimiento de sus capacidades físicas^{2,13} a través del entrenamiento específico, lo cual puede maximizar las adaptaciones pertinentes^{15,20,22} mientras que se minimizan los efectos acumulativos de la fatiga y se disminuye la monotonía y la tensión del entrenamiento²⁴. Recientemente, Morgans et al.²⁰ mostraron la efectividad del entrenamiento específico en relación con las exigencias competitivas de los jugadores profesionales de fútbol, considerando que el juego en sí mismo es un importante estímulo de carga neuromuscular para generar adaptaciones durante la semana.

Los resultados revelan una fase de carga alejada de la competición (MD-4 y MD-3) y una fase de reducción de la carga o *tapering* (MD-2 y MD-1) previa a MD, como propone la literatura^{2,5,7}. De acuerdo con los modelos tradicionales de planificación, los resultados mostrados en este estudio respetan la variabilidad de la carga a lo largo del microciclo para facilitar adaptaciones fisiológicas^{2,5,9}. A diferencia de otras propuestas publicadas con jugadores de la Premier League donde la reducción de la carga semanal se limitaba a la sesión MD-1^{2,9}, en este

estudio se observa una reducción significativa de MD-2 y MD-1 como se publicó recientemente⁵, acentuándose dicha reducción en la sesión MD-2. Reducir la carga de los entrenamientos al final de la semana a través de las variables de Ac, Dc y HSR parece ser una buena estrategia para garantizar la funcionalidad del músculo²⁵⁻²⁷, ya que, dicha exigencia neuromuscular podría afectar a la susceptibilidad de sufrir una lesión²⁸ ante las exigencias de la competición sin tiempo suficiente de recuperación. A diferencia de Malone et al.⁹, las variables de carga neuromuscular (Ac, Dc, HSR y HSR/time) en este estudio fueron mayores en MD-1 que en MD-2. Los hallazgos recientemente publicados por Tsoukos et al.²⁷ sugieren que una sesión de entrenamiento de potencia con un volumen bajo resultó tener un rendimiento muscular explosivo retardado mayor a las 24 horas, siendo aconsejable realizar este tipo de entrenamientos el día anterior de la competición.

A diferencia de Owen et al.⁵, los hallazgos de esta investigación mostraron que la sesión MD-4 tiene una mayor exigencia neuromuscular que el resto de las sesiones, habiendo mayor cantidad de Ac y Dc, y un EDI del 97.6% con respecto a la competición. Sin embargo, las variables relacionadas con la carga metabólica (TDC, HSR, TDC/time y HSR/time) fueron significativamente más altas en la sesión MD-3, como ya ocurrió con algunas de estas variables en otros estudios⁵. Los resultados de esta investigación mostraron que MP en la sesión MD-3 superó los valores registrados en competición. Considerando que dicha variable es muy útil para estimar la carga del entrenamiento^{2,17}, cabría asumir que MD-3 fue una sesión con una exigencia metabólica muy similar a las exigencias competitivas. MD-4 y MD-3 fueron sesiones con marcadores de volumen e intensidad elevados, estando estos hallazgos relacionados con cambios significativos en la aptitud física de los deportistas¹⁴. De acuerdo con las propuestas metodológicas actuales³⁰, cabría pensar que la distribución de las exigencias neuromusculares y metabólicas representadas en este estudio se ajustan a dichas propuestas.

Los hallazgos de este estudio mostraron que la planificación semanal del entrenamiento garantizó la estimulación de los deportistas al nivel de la competición, distribuyendo el tipo de estímulo en dos sesiones diferentes alejadas de la competición. Estos resultados coincidieron con lo indicado por otras publicaciones^{5,12,14}, donde el entrenamiento debe garantizar el estímulo suficiente para acondicionar el estado de forma del deportista, sin exceder los límites de tolerancia fisiológica de los jugadores², generando un efecto protector⁹ a través del entrenamiento sin exponer a las estructuras del deportista a una sobre-activación por la repetición de los mismos esfuerzos en días consecutivos. Tal y como se muestra en otras investigaciones, la carga acumula durante la semana excedió las exigencias competitivas^{2,5,13,16}, mostrándose que la acumulación de Ac, Dc, EDI y MP fue significativamente mayor. Considerando que los cambios bruscos de la carga de entrenamiento en un intervalo corto de tiempo durante el periodo competitivo están relacionados con el riesgo de lesión^{3,11}, los estudios sugieren evitar modificaciones agresivas en la carga de semana en semana^{3,11,31,32}. De acuerdo con ello, y a pesar de que en la literatura actual no existe una referencia clara relacionada con la periodización de la carga multivariable a corto plazo en el fútbol profesional, en este estudio se describe la

distribución de la variable %M/M con el objetivo de mostrar la variabilidad de la WL a lo largo de las 30 semanas.

Los resultados de este estudio revelaron que la periodización del entrenamiento a través de %M/M se mantuvo en el intervalo de seguridad sugerido por la literatura para distribuir la carga en otros deportes de equipo⁴, cuyo objetivo principal se basa en garantizar los procesos de adaptación y reducir la incidencia de lesiones^{6,9,11,13}. De acuerdo con Gabbett⁶, tanto entrenar excesivamente fuerte como entrenar excesivamente suave podría dar lugar a generar un contexto susceptible de lesión al afrontar las exigencias inesperadas de la competición. Por lo tanto, evitar grandes oscilaciones de la carga en un espacio corto de tiempo, podría estar estrechamente relacionado con la prevención de lesiones^{6,9}. Estos estudios sugieren que %M/M se mantuviera constante, ya que un aumento de $\geq 15\%$ M/M podría aumentar el riesgo de lesiones entre 21% y 49%⁷. Los resultados de este estudio mostraron que el %M/M osciló dentro de los valores establecidos por los estudios anteriores (0.6%). No obstante, se sugiere relacionar los datos de carga registrados en este estudio con la epidemiología lesional del equipo para conocer la veracidad de este criterio como predictor del riesgo de lesión.

Las últimas tendencias de planificación del entrenamiento se han correlacionado con la gestión de la carga aguda y crónica como un indicador de los niveles de fatiga y capacidad de los deportistas para soportar dicha fatiga^{5,7,8,12,31,32}. Las investigaciones recientes han sugerido que la ratio A:C tiene fuertes correlaciones con la incidencia lesional^{6,9,11,29-32}. La ratio A:C muestra una representación dinámica de la preparación del deportista⁹ para soportar los niveles de fatiga provocados con el entrenamiento³². Los resultados descritos en este estudio mostraron que la gestión dinámica de la carga presentó una ratio A:C que osciló entre 0.89-1.13, respetando el *punto dulce* propuesto por Gabbett⁶. De acuerdo con la literatura⁶, cabría pensar que la gestión de la carga a través del ratio A:C en valores comprendidos entre 0.7 y 1.3, induce a un equilibrio óptimo entre el estado de rendimiento del deportista y la fatiga soportada con la que reducir el riesgo de lesión^{6,32}.

Los hallazgos de este estudio realizado con jugadores de fútbol profesional mostraron la monitorización de la carga semanal a través de tecnología GPS, la gestión de la carga acumulada del microciclo con respecto al microciclo anterior y la relación entre los indicadores de fatiga según el estado de forma de los deportistas, tal y como sugirieron otros autores en sus estudios⁹. De acuerdo con los resultados publicados, se considera que el modelo multivariable descrito en este estudio podría servir de referencia para establecer una estrategia favorable con la que controlar el entrenamiento individual y colectivo en relación a las exigencias dinámicas de la competición.

5. CONCLUSIONES

El modelo multivariable para la planificación del entrenamiento semanal se considera un método eficaz para monitorizar la carga del entrenamiento en relación al perfil de rendimiento que desempeña el futbolista/equipo en ese momento. Los microciclos competitivos mostraron una fase de carga con valores

cercanos a los alcanzados en competición, pero con estímulos diferenciados en días consecutivos y otra fase de reducción de la carga en forma de *tapering* previa a la competición. La oscilación de la carga acumulada semanalmente mostró poca variabilidad entre los microciclos, observándose un promedio de 0.6%. La gestión dinámica de la carga presentó una ratio A:C que osciló entre 0.89-1.13.

6. APLICACIONES PRÁCTICAS

Este estudio proporciona información útil relacionada con la monitorización y la periodización de la carga de entrenamiento en un equipo de fútbol profesional. El modelo multivariable para la planificación del entrenamiento permite combinar variables de carga mecánica, neuromuscular y metabólica de los deportistas y relacionarlas con el CDP del jugador. Se sugiere que a través de dicho modelo surge la oportunidad para hacer un análisis individual de cada jugador, grupal según la demarcación sobre el terreno de juego o colectivo con el equipo, tal y como se presenta en este trabajo. Este estudio muestra valores de referencia para entrenadores o preparadores físicos que trabajen en este nivel, pudiendo ser el punto de partida para prescribir el entrenamiento según el modelo de planificación semanal.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barnes C, Archer TDC, Hogg B, Bush M, Bradley PS. 2014. The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *Int J Sports Med*, 35:1095-100. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>
2. Malone JJ, Di Michele R, Morgans R, Burgess D, Morton JP, Drust B. 2015. Seasonal training-load quantification in elite English premier league soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 10:489-497. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0352>
3. Bradley PS, Ade JD. 2018. Are Current Physical Match Performance Metrics in Elite Soccer Fit for Purpose or Is the Adoption of an Integrated Approach Needed? *Int J Sports Physiol Perform*. 13:656-664. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0433>
4. Lago C, Casais L, Dominguez E, Sampaio J. 2010. The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *Eur J of Sport Sci*. 20:103-109. <https://doi.org/10.1080/17461390903273994>
5. Owen AL, Djaoui L, Newtonc M, Malone S, Mendesa B. 2017. A contemporary multi-modal mechanical approach to training monitoring in elite professional soccer. *Science Med Football*. 1:216-221. <https://doi.org/10.1080/24733938.2017.1334958>
6. Gabbett TJ. 2016. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports med*. 50:273-280. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
7. Bowen L, Gross AS, Gimpel M, Li FX. 2016. Accumulated workloads and the acute:chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *Br J Sports Med*. 0:1-8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095820>

8. Gabbett TJ, Domrow N. 2007. Relationships between training load, injury and fitness in sub-elite collision sport athletes. *J Sport Sci.* 25:1507-19. <https://doi.org/10.1080/02640410701215066>
9. Malone S, Owen A, Newton M, Mendes B, Collins KC, Gabbett TJ. 2017. The acute: chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *J Sci Med Sport.* 20:561-565. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.014>
10. Ehrmann FE, Duncan CS, Sindhusake D, Franzsen WN, Greene DA. 2016. GPS and injury prevention in professional soccer. *J Strength Cond Res.* 30:360-7. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001093>
11. Casamichana D, Castellano J, Calleja-Gonzalez J, San Roman J, Castagna C. 2013. Relationship between indicators of training load in soccer players. *J Strength Cond Res* 27: 369-374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182548af1>
12. Scott BR, Lockie RG, Knight TJ, Clark AC, De Jonge J. 2013. A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 8:195-202. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.2.195>
13. Jaspers A, Brink MS, Probst SGM, Frencken WGP, Helsen WF. 2016. Relationship between training load indicators and training outcomes in professional soccer. *Sports Med.* 47:533-544. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0591-0>
14. di Prampero PE, Botter A, Osgnach C. 2015. The energy cost of sprint running and the role of metabolic power in setting top performances. *Eur J Appl Physiol*, 115:451-69. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3086-4>
15. Issurin VB. 2010. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med.* 40:189-206. <https://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>
16. Baptista I, Johansen D, Figueiredo P, Rebelo A, & Pettersen SA. 2019. Positional Differences in Peak- and Accumulated- Training Load Relative to Match Load in Elite Football. *Sports.* 8(1):1. doi:10.3390/sports8010001. <https://doi.org/10.3390/sports8010001>
17. Castellano J, Blanco-Villaseñor A, Alvarez D. 2011. Contextual Variables and Time-Motion Analysis in Soccer. *Int J Sports Med.* 32:415-21. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271771>
18. Bradley PS, Ade JD. Are Current Physical Match Performance Metrics in Elite Soccer Fit for Purpose or Is the Adoption of an Integrated Approach Needed? 2018. *Int J Sports Physiol Perform.* 13: 656-664. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0433>
19. Morgans R, Di Michele R, Drust B. 2018. Soccer match play as an important component of the power-training stimulus in Premier League players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2:1-3. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0412>
20. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. 2004. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 36:1042-1047. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F>
21. Gabbett TJ, Kennelly S, Sheehan J, Hawkins R, Milsom J, King E, ... Ekstrand J. 2016. If overuse injury is a "training load error", should undertraining be viewed the same way? *British Journal of Sports Medicine.* 50(17): 1017-1018. doi:10.1136/bjsports-2016-096308. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096308>

22. Kelly VG, Coutts AJ. 2007. Planning and monitoring training loads during the competition phase in team sports. *Strength Cond J.* 29:32-37. <https://doi.org/10.1519/00126548-200708000-00005>
23. Raastad T, Owe SG, Paulsen G, Enns D, Overguard K, Cramer R, Kil S, Belcastro A, Bergersen L, Hallen J. 2010. Changes in calpain activity, muscle structure, and function after eccentric exercise. *J Med Sci Sports Exerc.* 42:86-95. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ac7afa>
24. Young WB, Hepner J, Robbins DW. 2012. Movement demands in Australian rules football as indicators of muscle damage. *J Strength Conditioning Res.* 26:492-496. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318225a1c4>
25. Silva JR, Rebelo A, Marques F. 2014. Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. *Appl J Physiol Nutr Metabolism.* 39:432-438. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0180>
26. Opar MDA, Williams MD, Shield AJ. 2012. Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Med.* 42:209-226. <https://doi.org/10.2165/11594800-000000000-00000>
27. Tsoukos A, Veligekas P, Brown LE, Terzis G1 Bogdanis GC. 2018. Delayed effects of a low-volume, power-type resistance exercise session on explosive performance. *J Strength Cond Res.* 32:643-650. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001812>
28. Buchheit M, Lacombe M, Cholley Y, Simpson BM. 2017. Neuromuscular responses to conditioned soccer sessions assessed via gps-embedded accelerometers: Insights into tactical periodization. *Int J Sports Physiol Perform.* 5:1-21. <https://doi.org/10.1123/ij spp.2017-0045>
29. Rogalski B, Dawson B, Heasman J, Gabbett TJ. 2013. Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. *J Sci Med Sport.* 16:499-503. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.004>
30. Blanch P, Gabbett TJ. 2016. Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Br J Sports Med.* 50:471-5. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095445>
31. Hulin BT, Gabbett TJ, Capuyi P et al. 2016. Low chronic workload and the acute:chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: a two-season prospective cohort study in elite rugby league players. *Br J Sports Med.* 50:1008-12. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094817>
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095364>

Número de citas totales / Total references: 31 (100%)

Número de citas propias de la revista / Journal's own references: 0 (0%)