



**UNIVERSITAS**

*Miguel Hernández*

**VARIABLES FISIOLÓGICAS EN  
CARRERAS DE CICLISMO  
PROFESIONAL**

Alumno: Miguel Ángel Pérez Cerdá

Tutor académico: Manuel Mateo March

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Curso académico: 2023 -2024

# Contenido

Contextualización .....	1
Procedimiento de revisión (Metodología) .....	2
Resultados .....	5
Discusión .....	10
Conclusiones .....	11
Propuesta de intervención .....	11
Referencias.....	11



## Contextualización

El ciclismo es un deporte de carácter aeróbico que combina resistencia, fuerza, estrategia y habilidad técnica. Desde una perspectiva fisiológica, el ciclismo es una actividad altamente exigente que involucra varios sistemas del cuerpo humano para llevar a cabo el movimiento y mantener el rendimiento durante la práctica de este deporte (Lucía et al., 1998).

El sistema cardiovascular juega un papel esencial en el ciclismo. Durante el ejercicio, el corazón bombea sangre oxigenada a los músculos activos a un ritmo acelerado. La frecuencia cardíaca aumenta para incrementar el gasto cardíaco y suministrar más sangre a los músculos (Lucía et al., 2007). Simultáneamente, los vasos sanguíneos se dilatan para mejorar el flujo sanguíneo periférico, proporcionando más oxígeno y nutrientes a los tejidos musculares. Esta adaptación es fundamental para mantener la resistencia y la eficiencia en largas distancias en el ciclismo de ruta, así como para proporcionar potencia explosiva en el ciclismo de pista.

El sistema respiratorio también experimenta cambios significativos durante el ciclismo. La ventilación pulmonar se incrementa para satisfacer la demanda de oxígeno de los músculos activos. Los músculos respiratorios, como el diafragma y los intercostales, trabajan más intensamente para expandir los pulmones y permitir una mayor entrada de aire. Esto mejora el intercambio gaseoso en los alvéolos pulmonares, donde el oxígeno se absorbe en la sangre y el dióxido se elimina (Saunders et al., 2004).

El metabolismo energético en el ciclismo es una combinación de procesos aeróbicos y anaeróbicos, con una predominancia de la vía aeróbica. Durante el pedaleo a baja o moderada intensidad, el cuerpo utiliza principalmente el metabolismo aeróbico, que implica la descomposición de glucógeno y ácidos grasos con la presencia de oxígeno para producir energía. Por otro lado, los esfuerzos explosivos, como los sprints, activan el metabolismo anaeróbico, que genera energía sin la presencia de oxígeno y produce lactato (Powers & Howley, 1990).

La musculatura del tren inferior es importante en el ciclismo. Los cuádriceps, isquiotibiales, glúteos y gemelos se activan repetidamente durante el pedaleo para generar potencia, la cual es necesaria para poder desplazar la bicicleta. La contracción muscular es coordinada por el sistema nervioso central, que envía señales a las unidades motoras de los músculos para contraerse de manera sincronizada (Neptune et al., 1997). Los ciclistas entrenan para desarrollar fuerza, resistencia y eficiencia en el movimiento de pedaleo, lo que les permite mantener altos niveles de rendimiento durante largos períodos de tiempo (Lucía et al., 2000).

El ciclismo también involucra la regulación de la temperatura corporal. Durante el ejercicio, el cuerpo produce calor como subproducto del metabolismo muscular. Para evitar el sobrecalentamiento, se activa el sistema de sudoración y se redirige el flujo sanguíneo hacia la piel para disipar el calor. La adecuada hidratación y ventilación son fundamentales para mantener la temperatura corporal dentro de unos niveles seguros para el cuerpo humano (Shephard, 2007).

Es por ello por lo que hay varias variables de rendimiento en el ciclismo que debemos tener en cuenta, como la frecuencia Cardíaca (FC) ya que durante el ciclismo, la frecuencia cardíaca aumenta para suministrar más sangre y oxígeno a los músculos implicados en el pedaleo, el gasto cardíaco (GC), que es el volumen de sangre bombeado por el corazón por minuto. Durante el ciclismo, el GC aumenta para satisfacer la demanda de oxígeno de los músculos. También es importante la ventilación pulmonar (VE) que es la cantidad de aire inhalado y exhalado por minuto. Durante el ciclismo, la VE aumenta para permitir una mayor captación de oxígeno y eliminación de dióxido de carbono. El consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) tiene un papel importante en el rendimiento ya que es la cantidad de oxígeno que el cuerpo utiliza para producir energía. Durante el ciclismo, el VO<sub>2</sub> aumenta para satisfacer las demandas metabólicas del ejercicio.

Además de ello, hay que poder generar una gran potencia (W) ya que la fuerza que se aplique a la bicicleta repercutirá en la velocidad de desplazamiento.

Hay diferentes tipos de modalidad en el ciclismo, pero destaca sobre todo el ciclismo en ruta. En esta modalidad, las etapas suelen ser de larga duración (a excepción de las contrarrelojes), por lo que se necesita una buena capacidad aeróbica.

En el ciclismo en ruta nos podemos encontrar con etapas llanas al sprint, en las cuales no hay grandes ascensos y son ideales para que llegue el pelotón jugándose la victoria al sprint o etapas de montaña (alta o media montaña) en las cuales para poder ganar se necesita una buena relación entre los vatios que puede generar un ciclista durante el ascenso y su peso corporal (W/kg). En este tipo de etapas destacan los ciclistas que optan a ganar las clasificaciones generales de una carrera por etapas. Se necesita de un alto  $VO_{2máx}$  ya que en los ascensos se puede llegar a los límites fisiológicos de los ciclistas.

Además de las etapas en línea, también puede haber contrarrelojes, las cuales pueden ser individuales (CRI), en la que los ciclistas compiten individualmente en un recorrido cronometrado y suelen ser etapas relativamente cortas pero intensas, donde la habilidad técnica y la capacidad de mantener un ritmo constante son fundamentales, o por equipos (CRE), similar a la contrarreloj individual pero con la diferencia de que en vez de realizarla de manera individual, todos los integrantes de un mismo equipo la realizan al mismo tiempo.

En cuanto a tipos de carreras, nos podemos encontrar con las carreras de un día, en la que destacan las clásicas de primavera, que son carreras con un alto kilometraje y muy explosivas debido a que suelen tener constantes desniveles de corta duración. En este tipo de pruebas destacan los 5 monumentos (Milán-San Remo, Tour de Flandes, Paris-Roubaix, Lieja-Bastogne-Lieja y Giro di Lombardia). También están las vueltas por etapas, que generalmente son de una semana de duración y muchos de los ciclistas las utilizan como preparación para las grandes vueltas (Giro, Tour y Vuelta) de 3 semanas de duración.

La fatiga es un elemento a tener en cuenta en el ciclismo, por eso, hay varias técnicas de medición de la carga, como la fórmula TRIMP. El TRIMP (Training Impulse) es una medida de la carga de entrenamiento desarrollada por el fisiólogo del deporte Eric Banister. Esta medida tiene en cuenta tanto la intensidad como la duración del entrenamiento, proporcionando una estimación más completa de la carga total que experimenta un ciclista. El TRIMP se calcula multiplicando la duración del entrenamiento (en minutos) por una función de la frecuencia cardíaca relativa (Hayes et al., 2009).

El objetivo de este estudio es recabar la información que hay sobre las variables de rendimiento en carreras ciclistas profesionales.

### **Procedimiento de revisión (Metodología)**

La realización y presentación de la actual revisión sistematizada se ajustan a la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009). Se analizó las variables fisiológicas de ciclistas en carreras profesionales.

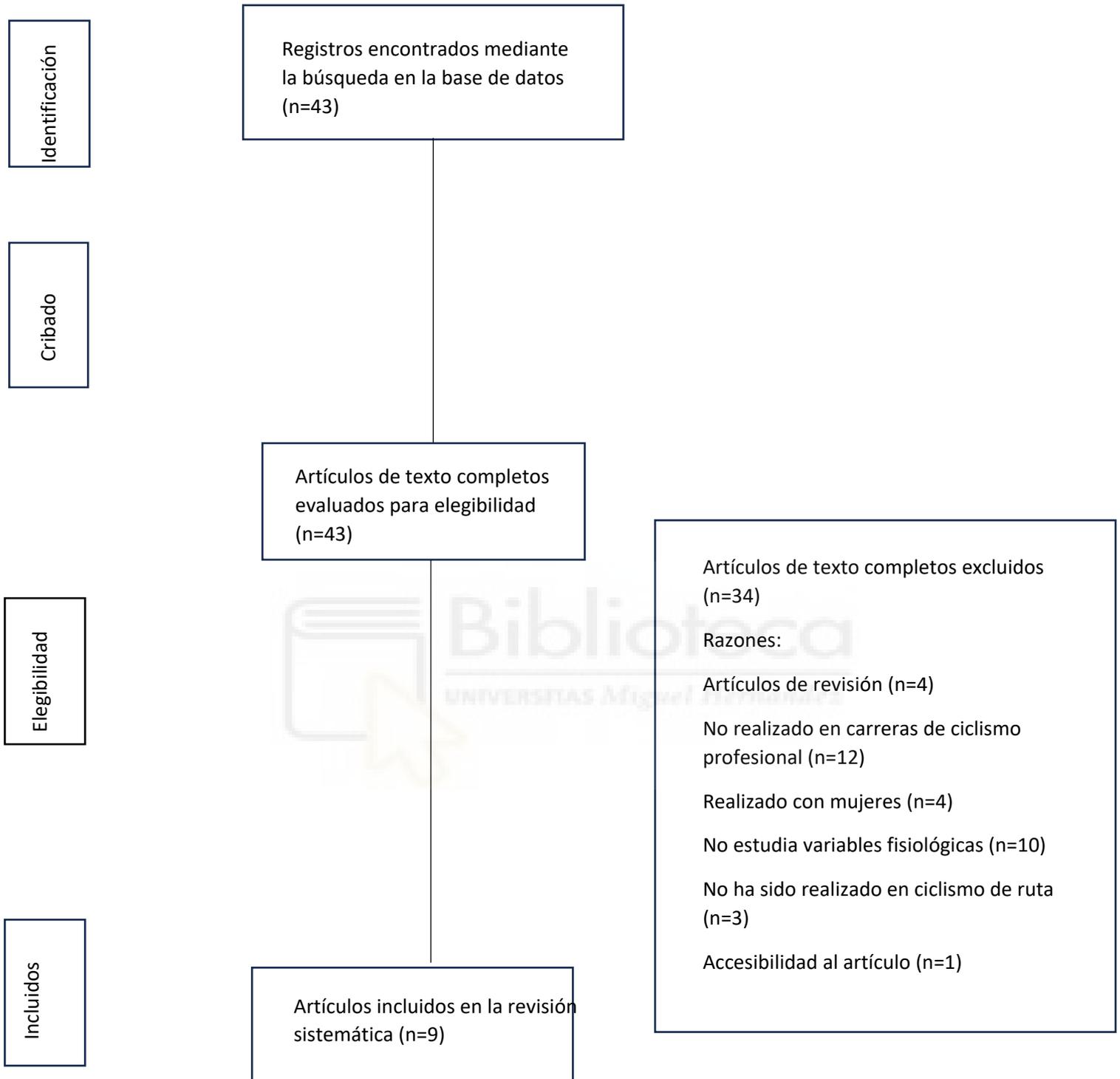
La búsqueda sistematizada se realizó mediante la base de datos electrónica PubMed (desde su inicio hasta el 14 de mayo de 2024) utilizando la estrategia de búsqueda de la Tabla 1.

<b>Tabla 1. Búsqueda de artículos científicos</b>		
Base de datos	Palabras utilizadas	Artículos encontrados
PubMed	Cycling Performace Professional Power Race	43

Los estudios eran elegibles para su inclusión si cumplían cada uno de los siguientes criterios: (a) no se trataba de un artículo de revisión, (b) realizado en carreras de ciclismo profesional, (c) estudia las variables fisiológicas, (d) realizado en hombres, (e) realizado en ciclismo en ruta.

Se encontraron 43 estudios con las palabras mencionadas anteriormente para analizar su elegibilidad. De los estudios encontrados, 4 fueron excluidos por ser artículos de revisión, 12 por no haber sido realizados en carreras de ciclismo profesional, 8 porque no estudiaban las variables fisiológicas, 4 por haber sido realizado en mujeres y 3 por no haber sido realizado en ciclismo en ruta (Figura 1). Tras la lectura completa de los artículos, 2 de los artículos fueron excluidos. Como no se pudo tener acceso a uno de los artículos, finalmente 9 artículos fueron incluidos en la revisión sistematizada.

UNIVERSITATIS Miguel Hernández



**Figura 1.** Diagrama de flujos sobre el proceso de elección de los estudios.

## Resultados

Las características principales de los estudios seleccionados se muestran en la Tabla 2, incluyendo la muestra de corredores en cada estudio, la competición en la que se realizó el estudio y el número de etapas de dicha competición y las variables observadas.

En cuanto a las competiciones, varios estudios incluían los datos de todas las carreras en las que habían participado los sujetos durante un número concreto de temporadas. A nivel de variables, en los diferentes estudios se midió la frecuencia cardiaca, potencia media, potencia normalizada, potencia relativa, TRIMP y TSS, los cuales son dos parámetros para medir la carga.

<b>Tabla 2.</b> Características e información de los artículos seleccionados.				
Estudio	Muestra	Competición	Duración	Variables observadas
Padilla et al., 2001	17 ciclistas	Tour, Giro y Vuelta de 1994 y 1995	21 etapas cada una	HR W TRIMP
Earnest, 2004	8 ciclistas	Vuelta a España 2001	21 etapas	TRIMP
Vogt et al., 2006	6 ciclistas	Regio-Tour internacional	6 etapas	HR W W/kg
Ebert et al., 2006	31 ciclistas	Tour Down Under (1999-2004)	6 etapas	W W/kg
Menaspà et al., 2015	6 ciclistas	2 temporadas (solo top 5)	-	W W/kg
Van Erp et al., 2020	20 ciclistas	4 temporadas		HR W W/kg TSS
Leo et al., 2021	17 ciclistas	Tour de los Alpes 2018 y 2019	5 etapas	W/kg
Muriel et al., 2022	15 ciclistas	Vuelta a España 2020	21 etapas	W W/kg

				TSS
Van Erp et al., 2022	33 ciclistas	8 temporadas (solo top 5)		W W/kg
HR: Frecuencia cardiaca; W: Vatios; W/kg: Potencia relativa				

A nivel de frecuencia cardiaca, en el estudio de Van Erp et al. (2020) se observó una mayor frecuencia cardiaca media en las carreras de un día en comparación con las carreras por etapas. Además, las etapas llanas del estudio de Padilla et al. (2001) fueron las que registraron una menor frecuencia cardiaca media ( $119 \pm 10$  bpm), y la que registró una mayor frecuencia cardiaca media fue la cronoescalada del Regio-Tour internacional ( $169 \pm 3$  bpm) del estudio de Vogt et al. (2006) (Tabla 3).

Tabla 3. Frecuencia cardiaca.		
Estudio	Competición	Resultados
Padilla et al., 2001	Giro, Tour, Vuelta	Etapas llanas: $119 \pm 10$ bpm SEMO: $130 \pm 9$ bpm HIMO: $135 \pm 9$ bpm
Vogt et al., 2006	Regio-Tour internacional	Etapas en línea: $142 \pm 5$ bpm Cronoescalada: $169 \pm 3$ bpm
Van Erp et al., 2020	-	Monumentos: $144 \pm 10$ bpm Gran Vuelta: $125 \pm 11.7$ bpm 1WT: $139 \pm 12$ bpm 2WT: $132 \pm 10.7$ bpm 1HC: $143 \pm 9$ bpm 2HC: $133 \pm 10.4$ bpm 1.1.: $144 \pm 8$ bpm 2.1.: $136 \pm 10.1$ bpm
1.1.: Carreras de 1 día de nivel 1; 1HC: Carreras de 1 día de categoría especial; 1WT: Carreras de 1 día World Tour; 2.1.: Carreras por etapas de nivel 1; 2HC: Carreras por etapas de categoría especial; 2WT: Carreras por etapas World Tour; bpm: batidos por minuto; HIMO: Etapas de alta montaña; SEMO: Etapas de media montaña.		

A nivel de potencia, se observó que las que más potencia media registraban eran las cronoescaladas, seguido del critérium, el cual es una carrera en un circuito, las etapas de montaña, etapas de media montaña y por ultimo las etapas llanas. Esto es debido a las características de las etapas. Una cronoescalada, al ser corta conlleva una gran producción de potencia. En cuanto a los critériums, al ser pruebas muy explosivas, registraban una mayor producción de potencia en comparación a las etapas en línea. En los sprints, se han observado valores por encima de los 1000W, durante unos 12 segundos aproximadamente, por lo que se necesita de una gran capacidad de producir potencia para poder optar a ganar en un sprint. A nivel de potencia relativa, se han observado valores similares en los puertos de montaña de 1ª y 2ª categoría, 5.4 y 5.5 W/kg respectivamente, pero valores más inferiores en los de 3ª categoría (4.6 W/kg). Los ciclistas World Tour fueron capaces de generar más potencia media que los ciclistas Pro Tour.

**Tabla 4.** Producción de potencia.

Estudio	Competición	Resultados
Padilla et al., 2001	Giro, Tour, Vuelta	Etapas llanas: 192 ± 45 W SEMO: 234 ± 43 W HIMO: 246 ± 44 W
Vogt et al., 2006	Regio-Tour internacional	Etapas en línea: 220 ± 22 W (3.1 ± 0.2 W/kg) Cronoescalada: 392 ± 60 W (5.5 ± 0.4 W/kg)
Ebert et al., 2006	Tour Down Under	Critérium: 262 ± 30 W (3.8 ± 0.4 W/kg) Etapas llanas: 188 ± 30 W (2.7 ± 0.4 W/kg) Etapas de montaña: 203 ± 32 W (2.9 ± 0.4 W/kg)
Menspà et al., 2015	-	W durante el sprint: 1020 ± 77 W (14.2 ± 1.1 W/kg) Wmáx: 1248 ± 122 W Duración del sprint: 13.2 ± 2.3 s W 1' antes del sprint: 487 ± 58 W

		W durante la etapa: 200 ± 27 W
Van Erp et al., 2020	-	<p>Monumentos: 236 ± 26.4 W (3.32 ± 0.32 W/kg)</p> <p>Gran Vuelta: 212 ± 34.8 W (2.89 ± 0.44 W/kg)</p> <p>1WT: 223 ± 29.9 W (3.10 ± 0.44 W/kg)</p> <p>2WT: 215 ± 29.9 W (3.00 ± 0.42 W/kg)</p> <p>1HC: 226 ± 27.5 W (3.10 ± 0.44 W/kg)</p> <p>2HC: 211 ± 33.5 W (2.82 ± 0.46 W/kg)</p> <p>1.1.: 240 ± 27.9 W (3.22 ± 0.39 W/kg)</p> <p>2.1.: 230 ± 30.5 W (3.07 ± 0.41 W/kg)</p>
Leo et al., 2021	Tour de los Alpes	<p>Puertos de 1ª categoría: 5.4 W/kg</p> <p>Puertos de 2ª categoría: 5.5 W/kg</p> <p>Puertos de 3ª categoría: 4.6 W/kg</p>
Muriel et al., 2022	Vuelta a España	<p>WT: 259 ± 20 W (3.77 ± 0.14 W/kg)</p> <p>PT: 218 ± 21 W (3.38 ± 0.29 W/kg)</p>
Van Erp et al., 2022	-	<p>Etapas llanas: 206 ± 31 W (2.48 ± 0.36 W/kg)</p> <p>SEMOSprint: 223 ± 30 W (2.89 ± 0.44 W/kg)</p> <p>SEMOSubida: 228 ± 35 W (3.32 ± 0.52 W/kg)</p> <p>HIMO: 247 ± 35 W (3.65 ± 0.51 W/kg)</p>
<p>1.1.: Carreras de 1 día de nivel 1; 1HC: Carreras de 1 día de categoría especial; 1WT: Carreras de 1 día World Tour; 2.1.: Carreras por etapas de nivel 1; 2HC: Carreras por etapas de categoría especial; 2WT: Carreras por etapas World Tour; HIMO: Etapas de alta montaña; PT: Ciclistas Pro Tour; SEMO: Etapas de media montaña; SEMOSprint: Etapa de media montaña con final al</p>		

sprint; SEMOsubida: Etapa de media montaña con final en subida; W: Vativos; Wmáx: Potencia máxima; WT: Ciclistas World Tour.

En cuanto a la carga de trabajo, se observaron valores más altos en las carreras de un día que en las carreras por etapas, debido a que las carreras de un día suelen ser más largas y los corredores no tienen la necesidad de guardar energía para los días posteriores. Dentro de una misma Gran Vuelta, se ha observado como en la segunda parte de la carrera aumenta la carga de trabajo, debido a la fatiga acumulada de los días previos. En cuanto al nivel de los ciclistas, no se han observado diferencias en la carga entre ciclistas World Tour y ciclistas Pro Tour.

**Tabla 5.** Carga de trabajo.

Estudio	Competición	Resultados
Padilla et al., 2001	Giro, Tour, Vuelta	Etapas llanas: 156 ± 31 UA/día SEMO: 172 ± 31 UA/día HIMO: 215 ± 38 UA/día
Earnest, 2004	Vuelta a España	Etapas 1-9: 274.13 ± 10.04 UA/día Etapas 10-15: 342.75 ± 10.84 UA/día
Van Erp et al., 2020	-	Monumentos: 402 ± 51.4 UA/día Gran Vuelta: 254 ± 63.0 UA/día 1WT: 324 ± 68.6 UA/día 2WT: 250 ± 60.5 UA/día 1HC: 291 ± 54.1 UA/día 2HC: 228 ± 63.9 UA/día 1.1.: 298 ± 57.8 UA/día 2.1.: 248 ± 58.3 UA/día
Muriel et al., 2022	Vuelta a España	WT: 219.43 UA/día PT: 204.1 UA/día

1.1.: Carreras de 1 día de nivel 1; 1HC: Carreras de 1 día de categoría especial; 1WT: Carreras de 1 día World Tour; 2.1.: Carreras por etapas de nivel 1; 2HC: Carreras por etapas de categoría especial; 2WT: Carreras por etapas World Tour; HIMO: Etapas de alta montaña; PT: Ciclistas

## Discusión

Los estudios incluidos en la revisión abarcaron una gran variedad de competiciones, desde carreras de un día hasta grandes vueltas por etapas. Esto permite identificar las diferencias en la carga interna de los ciclistas según el tipo de competición. Un hallazgo significativo es que las carreras de un día presentan una mayor frecuencia cardíaca media en comparación con las carreras por etapas, según Van Erp et al. (2020). Esta diferencia puede atribuirse a la necesidad de mantener un esfuerzo constante y elevado sin la necesidad de guardar energía para días posteriores.

Dentro de las carreras por etapas, las características específicas de cada etapa influyen notablemente en las demandas fisiológicas. En el estudio de Padilla et al. (2001), se observó que las etapas llanas presentan la menor frecuencia cardíaca media ( $119 \pm 10$  bpm), lo cual refleja un menor esfuerzo cardiovascular. Además, en el estudio de Vogt et al. (2006), la cronoescalada del Regio-Tour internacional registró la mayor frecuencia cardíaca media ( $169 \pm 3$  bpm), indicando un esfuerzo máximo en un tiempo relativamente corto. Esto se debe a que en etapas llanas, la mayoría de los ciclistas van guardando fuerzas debido al efecto del rebufo. Al pasar a etapas con final en alto o contrarrelojes, el esfuerzo de los ciclistas aumenta ya que ya no pueden ir ahorrando energía.

La potencia media registrada varió significativamente según el tipo de etapa. La cronoescalada registró la mayor producción de potencia media debido a ser una etapa corta pero intensa, requiriendo una gran producción de potencia en un breve período de tiempo (Vogt et al., 2006). Los critériums, carreras en circuito, las cuales son muy explosivas, también muestran altas potencias medias, superiores a las observadas en etapas en línea (Ebert et al., 2006). Este hallazgo indica la importancia de la capacidad anaeróbica y la explosividad en este tipo de eventos.

En los sprints, se observó valores de potencia que superan los 1000W durante aproximadamente 12 segundos (Menaspà et al., 2015), lo que resalta la necesidad de una elevada capacidad de producción de potencia para competir en los finales de etapa al sprint. Este aspecto es crucial para los velocistas que buscan mejorar el rendimiento en la fase decisiva de las carreras.

La potencia relativa, medida en vatios por kilogramo (W/kg), también muestra variaciones dependiendo de la dificultad de la etapa (Leo et al., 2021). Los puertos de montaña de 1ª y 2ª categoría presentaron valores similares (5.4 y 5.5 W/kg respectivamente), mientras que los de 3ª categoría mostraron valores más bajos (4.6 W/kg). Estos resultados se pueden deber a la dureza de los puertos de montaña, ya que los de 3ª categoría no tienen la dureza suficiente para ser decisivos en la etapa, por lo que la intensidad en estos puertos no suele ser tan alta como en los de 1ª y 2ª categoría, mucho más decisivos en las carreras ciclistas.

La carga de trabajo, evaluada mediante TRIMP y TSS, es mayor en las carreras de un día, en comparación con las carreras por etapas (Van Erp et al., 2020). Esto se debe a que las carreras de un día suelen ser más largas y los ciclistas no necesitan conservar energía para jornadas posteriores, lo que permite un esfuerzo más sostenido y elevado. Dentro de una Gran Vuelta, se ha observado un aumento en la carga de trabajo en la segunda mitad de la carrera, reflejando la fatiga acumulada de las etapas previas (Earnest et al., 2004). Este hallazgo es crucial para ajustar las estrategias de recuperación y nutrición durante la competencia.

En términos de nivel competitivo, no se encontraron diferencias significativas en la carga de trabajo entre ciclistas World Tour y Pro Tour. Sin embargo, los ciclistas World Tour fueron capaces de generar más potencia media que los ciclistas Pro Tour (Muriel et al., 2022), lo que podría reflejar diferencias en la capacidad fisiológica entre ambos grupos.

## Conclusiones

Los estudios analizados han demostrado que las carreras de un día registran valores más altos de frecuencia cardiaca media. Además, de si la carrera es de un día o de varios días, el recorrido de la etapa también influye en la frecuencia cardiaca, obteniéndose los datos más bajos en las etapas llanas. Se han obtenido resultados similares en cuanto a la potencia, siendo la cronoescalada y los critériums las etapas con mayor potencia media registrada. En cuanto a la potencia relativa, no hubo diferencias significativas entre los puertos de montaña de 1 y 2ª categoría, pero disminuyó en los de 3ª categoría, ya que no suelen ser ascensos tan duros como los anteriores. Respecto a la carga de trabajo, las carreras de un día presentaron una mayor carga de trabajo en comparación con las carreras por etapas.

## Propuesta de intervención

Los hallazgos de la presente revisión sistemática tienen varias aplicaciones prácticas para entrenadores y ciclistas. La comprensión de las diferencias en las demandas fisiológicas según el tipo de carrera y etapas permite una planificación de entrenamiento más precisa y adaptada a las necesidades específicas de cada competición. Por ejemplo, los ciclistas que compiten en cronoescaladas o critériums deben enfocarse en entrenamientos que mejoren su capacidad anaeróbica para poder producir mucha potencia en un corto periodo de tiempo.

Además, la continua monitorización de la carga de trabajo mediante TRIMP y TSS es esencial para prevenir el sobreentrenamiento y optimizar el rendimiento a lo largo de la temporada. La observación de un aumento en la carga de trabajo durante la segunda mitad de una Gran Vuelta demuestra la importancia de estrategias de recuperación efectivas para mantener el rendimiento en etapas decisivas.

La presente revisión puede servir de ayuda a los entrenadores a conocer mejor las demandas de una competición profesional de ciclismo, y así saber que valores se necesitan para poder disputar una carrera según las características de esta misma. Dependiendo de las características de cada ciclista, unas determinadas carreras les vendrá bien y otras no, y con esta revisión, el entrenador puede ver en que carreras puede ir mejor su deportista.

## Referencias

Earnest, C. P. (2004). Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional cyclists during the Tour of Spain. *British Journal Of Sports Medicine*, 38(5), 568-575. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.005140>

Ebert, T. R., Martin, D. T., Stephens, B., & Withers, R. T. (2006). Power Output During a Professional Men's Road-Cycling Tour. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 1(4), 324-335. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.4.324>

Hayes, P. R., & Quinn, M. D. (2009). A mathematical model for quantifying training. *European Journal Of Applied Physiology*, 106(6), 839-847. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1084-8>

Leo, P., Spragg, J., Simon, D., Lawley, J., & Mujika, I. (2021). Climbing Performance in U23 and Professional Cyclists during a Multi-stage Race. *International Journal Of Sports Medicine*, 43(02), 161-167. <https://doi.org/10.1055/a-1524-2656>

- Lucía, A., Pardo, J., Durántez, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (1998). Physiological Differences Between Professional and Elite Road Cyclists. *International Journal Of Sports Medicine*, 19(05), 342-348. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971928>
- Lucía, A., Hoyos, J., Pardo, J., & Chicharro, J. L. (2000). Metabolic and Neuromuscular Adaptations to Endurance Training in Professional Cyclists. A Longitudinal Study. *The Japanese Journal Of Physiology*, 50(3), 381-388. <https://doi.org/10.2170/jjphysiol.50.381>
- Lucía, A., Hoyos, J., Carvajal, A., & Chicharro, J. L. (2007). Heart Rate Response to Professional Road Cycling: The Tour de France. *International Journal Of Sports Medicine*, 20(03), 167-172. <https://doi.org/10.1055/s-1999-970284>
- Menaspà, P., Quod, M., Martin, D., Peiffer, J. J., & Abbiss, C. R. (2015). Physical Demands of Sprinting in Professional Road Cycling. *International Journal Of Sports Medicine*, 36(13), 1058-1062. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554697>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Muriel, X., Valenzuela, P. L., Mateo-March, M., Pallarés, J. G., Lucia, A., & Barranco-Gil, D. (2022). Physical Demands and Performance Indicators in Male Professional Cyclists During a Grand Tour: WorldTour Versus ProTeam Category. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 17(1), 22-30. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0082>
- Neptune, R. R., Kautz, S. A., & Hull, M. L. (1997). The effect of pedaling rate on coordination in cycling. *Journal Of Biomechanics*, 30(10), 1051-1058. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(97\)00071-7](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(97)00071-7)
- Padilla, S., Mujika, I., Orbañanos, J., Santisteban, J., Angulo, F., & Goirienea, J. J. (2001). Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 796-802. <https://doi.org/10.1097/00005768-200105000-00019>
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (1990). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*. <http://altmetrics.ceek.jp/article/ci.nii.ac.jp/ncid/BA10621926>
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465-485. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
- Shephard, R. (2007). American College of Sports Medicine Position Stand: Exercise and Fluid Replacement. *The Year Book Of Sports Medicine*, 2007, 254-255. [https://doi.org/10.1016/s0162-0908\(08\)70206-x](https://doi.org/10.1016/s0162-0908(08)70206-x)
- Van Erp, T., & Sanders, D. (2020). Demands of professional cycling races: Influence of race category and result. *EJSS/European Journal Of Sport Science*, 21(5), 666-677. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1788651>
- Van Erp, T., Lamberts, R. P., & Sanders, D. (2022). Power Profile of Top 5 Results in World Tour Cycling Races. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 17(2), 203-209. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0081>
- Vogt, S., Heinrich, L., Schumacher, Y. O., Blum, A., Roecker, K., Dickhuth, H., & Schmid, A. (2006). Power Output during Stage Racing in Professional Road Cycling. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 38(1), 147-151. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000183196.63081.6a>