

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte



**Universidad**  
Zaragoza

## ADAPTACIONES ESPECIFICAS AL ENTRENAMIENTO EN FUNCIÓN DEL PERFIL DE LA CARGA EN UNA MUESTRA DE CICLISTAS DE NIVEL AMATEUR

Autor

Alex Arpal Espejo

Tutor universidad

Carlos Castellar Otín

Facultad de Ciencias de la Salud y el Deporte

2021/22

## INDICE

1. RESUMEN.....	5
2. INTRODUCCIÓN .....	8
3. MARCO TEÓRICO.....	10
3.1 Métricas para la medición de la carga de entrenamiento en deportes de resistencia.....	13
3.2 Perfil fisiológico del ciclista amateur .....	20
3.3 Adaptaciones específicas al entrenamiento.....	22
3.4 Control y evaluación del rendimiento.....	24
3.4.1 Test de 20 minutos.....	25
3.4.2 Test de 5 minutos.....	27
4. OBJETIVOS.....	29
5. METODOLOGÍA.....	29
5.1 Diseño .....	29
5.2 Participantes.....	30
5.3 Material.....	32
5.4 Protocolo del estudio.....	32
5.5 Análisis estadístico.....	34
6. RESULTADOS.....	35
7. DISCUSIÓN.....	41
8. CONCLUSIONES .....	47
9. PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN .....	48
10. LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	48
11. AGRADECIMIENTOS.....	49
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Zonas de entrenamiento. Extraída de (Allen, Coggan & McGregor, 2019) .....	16
Tabla 2. Extraído de Allen, Coggan & McGregor (2019) .....	27
Tabla 3. Modelo de 6 zonas de entrenamiento basadas en la potencia media de una contrarreloj de 5 minutos. Extraído de Pinot & Grappe (2014). .....	28
Tabla 4. Características de la muestra .....	31
Tabla 5. Cronograma del estudio .....	34
Tabla 6. Mejoras individuales en los tests de potencia.....	35
Tabla 7. Mejora media en los tests de potencia.....	36
Tabla 8. Correlación entre las horas de entrenamiento en las distintas zonas de potencia y los tests de potencia .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores TSS recomendados por Training Peaks. Extraído de <a href="http://www.trainingpeaks.com">www.trainingpeaks.com</a> .....	17
Figura 2. Potencia- tiempo extraída de la pagina oficial de Training Peaks® ( <a href="https://www.trainingpeaks.com/">https://www.trainingpeaks.com/</a> ) .....	20
Figura 3. Determinación de las diferentes capacidades físicas del ciclista a través del perfil de potencia. Extraído de (Leo, Spragg, Podlogar, Lawley, & Mujika, 2022).....	23
Figura 4. Correlación entre la media de los TSS y valores de potencia en los test de 5 minutos obtenidos. ....	38
Figura 5. Correlación entre la media de los ATL y valores de potencia absolutos en los test de 20 minutos obtenidos. ....	39
Figura 6. Correlación entre la media de los ATL y valores de potencia relativos en los test de 20 minutos obtenidos.....	39
Figura 7. Correlación entre la media del IF y valores de potencia absolutos en los test de 20 minutos obtenidos. ....	40
Figura 8. Correlación entre la media del IF y valores de potencia relativos en los test de 20 minutos obtenidos.....	40
Figura 9. Correlación entre la media de los KJ y valores de potencia absolutos en los test de 5 minutos obtenidos. ....	41

## 1. RESUMEN

El rendimiento en los deportes de resistencia como el ciclismo está sujeto a una mejora fisiológica producida por el estímulo del entrenamiento. De manera paralela, las nuevas tecnologías han supuesto una revolución en todos los aspectos de la sociedad, y en el caso del ciclismo ha supuesto un auténtico cambio en la cuantificación y programación del proceso de entrenamiento.

Por este motivo, el presente estudio analiza mediante una plataforma digital de entrenamiento las distintas adaptaciones que obtiene una muestra de ciclistas de nivel amateur a lo largo de un periodo de tres meses. Para ello, se establece un seguimiento de los deportistas mediante el registro y el análisis del volumen, en horas de entrenamiento y distintas métricas novedosas que propone la plataforma digital para cuantificar la carga externa e interna del entrenamiento.

Para determinar los posibles cambios se ha diseñado un protocolo de test previos y posteriores al proceso de entrenamiento (Test 20min FTP y Test Time to Exhaustion 5min) al objeto de establecer conclusiones sobre las adaptaciones obtenidas en las distintas zonas de entrenamiento y la metodología más eficaz para conseguir cada una de ellas.

Se hallaron incrementos significativos en la potencia relativa al peso ( $1,16 \pm 1,72\%$  w/Kg) y una correlación alta ( $0,53 \pm 0,07$ ) entre esta mejora y las horas de entrenamiento en las zonas 1 y 4 de potencia. También una se encontró una relación inversa entre el ATL e IF ( $-0,4 \pm 0,16$ ) y la potencia generada en 20 minutos.

**PALABRAS CLAVE:** ciclismo, zonas de entrenamiento, cuantificación del entrenamiento, carga de entrenamiento

## **ABSTRACT**

Performance in endurance sports such as cycling is subject to physiological improvement produced by training stimulus.

At the same time, new technologies have brought a revolution in all aspects of society, and, in cycling, they have brought a real change in the training, quantification and programming process.

This is why this study uses a digital training platform to analyze the data obtained by a sample of amateur cyclists with different adaptations over a period of three months.

In order to do this, the athletes will be monitored during registration and analysis of the volume, hours of training and other innovative metrics proposed by the digital platform to quantify the external and internal load of training.

To determine the possible changes, a test protocol has been designed. This test will take place before and after the training process (Test 20min FTP and Test Time to Exhaustion 5min) .

The goal is to obtain the most effective adaptation methodology in every different training zone.

Significant increases in relative power were found ( $1,16 \pm 1,72\%$  w/Kg) and a high correlation ( $0,53 \pm 0,07$ ) between this increase and the training hours in zone 1 and 4 of power. Also an inverse relationship were found between ATL e IF and the power generated in 20 minutes.

**KEY WORDS:** cycling, training zones, training quantification, training load

## **LISTADO DE ABREVIATURAS**

ATL – Acute Training Load

CTL – Chronic Training Load

FTP – Funtional Threshold Power

IF – Intensity Factor

Kj – Kilojulio

MAP – Potencia Aeróbica Máxima

MLSS – Máximo Estado Estable de Lactato

NP – Potencia Normalizada

RFEC – Federación Española de Ciclismo

RPE – Escala del Esfuerzo Percibido

TP – Training Peaks

TRIMP – Heart rate-based Training Impulse

TSB – Training Stress Balance

TSS – Training Stress Score

TTE – Time to Exhaustion

VAM – Velocidad Aeróbica Máxima

## 2. INTRODUCCIÓN

El ciclismo en ruta es un deporte cíclico que se caracteriza por la diversidad de intensidades alcanzadas en la competición debido a la variedad de terrenos que se dan en una sola etapa con una gran cantidad de variables difíciles de controlar (condiciones meteorológicas, estado del pavimento, actuaciones del resto de los competidores, etc.). Esto hace que dependiendo de las condiciones y el perfil de cada etapa hagan falta unas condiciones y unos factores de rendimiento distintos. (Martínez, 2007). Por ejemplo, los recorridos llanos sin apenas desnivel, se caracterizan por elevadas velocidades y pelotones masivos, donde la habilidad del ciclista y su capacidad técnica para ir a rueda de los rivales se convierten en los factores determinantes del rendimiento. Sin embargo, en las etapas que finalizan en alto la potencia relativa y la resistencia a la fatiga tienen un papel fundamental.

Estas características tan cambiantes, dependiendo de la orografía de los recorridos hace que dentro del pelotón haya ciclistas con composiciones corporales y antropometrías muy distintas dependiendo de su especialidad.

Aunque este trabajo está enfocado al ciclismo amateur, cada vez existe una mayor profesionalización de este sector. Muchos ciclistas aficionados entrenan volúmenes parecidos a los ciclistas profesionales y cuidan detalladamente aspectos complementarios como la alimentación y la preparación física. Estos deportistas, como indica Leruite, Morente-Sánchez, Martos, Girela, & Zabala (2016) encuentran la motivación en distintas razones como el reconocimiento social, obtener buenos resultados en sus respectivas categorías de grupos de edad o conseguir determinado tiempo de realización en afamadas cicloturistas como la prueba cicloturista de gran



fondo *Quebrantahuesos*. Sin embargo, no se debe olvidar que sigue habiendo ciclistas amateur que salen a entrenar con el objetivo de mantener su bienestar físico y en medida de lo posible, mejorar su rendimiento sin una finalidad competitiva. Simplemente buscan preparar una marcha cicloturista o realizar con mejores prestaciones la salida con su grupo de amigos habitual (Sippel, 2010).

Tal y como afirman Coyle, Coggan, Hopper, & Walters (1988) un alto  $VO_{2\text{máx}}$  es necesario para un buen rendimiento en este deporte, además de otros factores como la eliminación de lactato o los umbrales ventilatorios así como factores externos como la habilidad técnica o los recursos psicológicos son también determinantes y marcan la diferencia entre deportistas de capacidades fisiológicas parecidas.

Debido a esta complejidad en la planificación e individualización del entrenamiento, en los últimos años han surgido multitud de herramientas para tratar de medir y cuantificar tanto la carga externa como la carga interna de cada sesión de entrenamiento para realizar un seguimiento con la mayor exactitud posible y, de esta manera, buscar las adaptaciones en el deportista.

La mayor controversia en la actualidad surge al intentar medir la carga interna, donde la literatura actual trata de dar soluciones a la cuantificación de la respuesta fisiológica-psicológica interna de nuestro deportista cuando hemos aplicado una carga de entrenamiento concreta. Actualmente, la medición de la frecuencia cardíaca, el establecimiento de las zonas de potencia, el consumo de oxígeno y la determinación de umbrales, tanto de lactato como ventilatorios, son las metodologías más utilizadas para la cuantificación de la carga (Sitko & Laval, 2019).

Debido a esta dificultad en el control de la intensidad del entrenamiento, surge la necesidad de analizar las variables de evaluación del rendimiento para establecer la relación entre ellas, así como la utilidad de medir ciertos valores y la forma de obtenerlos mediante distintos tests, planteados para lograr la máxima precisión posible en cada individuo.

El objetivo de este trabajo es analizar mediante plataformas digitales la carga externa e interna que provoca el entrenamiento para establecer conclusiones de las adaptaciones obtenidas con los distintos estímulos programados durante un periodo de tres meses.

### **3. MARCO TEÓRICO**

Previo a la realización de una planificación de entrenamiento se deben analizar los principales factores de rendimiento de la disciplina deportiva, en este caso el ciclismo de fondo en carretera. Tal y como establece de Lubiano & Beltrán (2016) el ciclismo en ruta requiere esfuerzos en todas las zonas metabólicas en función de la orografía y especialmente como consecuencia de las demandas de competición de carácter ciclodeportiva o máster.

Aunque el mayor porcentaje del tiempo de esfuerzo se sitúa en la eficiencia aeróbica, las fases decisivas de la competición se desarrollan en zona de eficiencia aeróbica-anaeróbica y zona anaeróbica (Arrese, 2013).

En este sentido, los factores de rendimiento principales serán la tolerancia al lactato, la capacidad aeróbica glucolítica, la movilización de grasas, la economía del esfuerzo y la fuerza resistencia específica. Igualmente están presentes sus referentes

fisiológicos, como el  $VO_{2\text{máx}}$  (consumo máximo de oxígeno) / VAM (Velocidad Aeróbica Máxima), el Uan (umbral anaeróbico) y la VUan (velocidad al umbral anaeróbico).

La determinación del umbral anaeróbico ha sido crucial en la planificación deportiva desde hace más de 30 años. Davis (1985) determinó dicho umbral como la intensidad de ejercicio o de consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) en la cual el ácido láctico comienza a acumularse en la sangre desencadenando una acidosis metabólica. Por otro lado, la VAM es definida como la mínima velocidad teórica que requiere el  $VO_{2\text{máx}}$  (Billat, 2002).

Tal y como expresa Yamamoto et al. (2010) la planificación anual del deportista debe incluir aquellos métodos de entrenamiento que inciden en la mejora tanto de la zona de eficiencia aeróbica-anaeróbica como en la zona eficiencia anaeróbica. Deben trabajarse con y sin fatiga siempre habiendo realizado anteriormente un trabajo en las zonas metabólicas inferiores.

El control del entrenamiento es el proceso fundamental para la mejora de rendimiento en cualquier deporte. En esta misma línea, todos los entrenadores e investigadores intentan realizar ese control de la manera más rigurosa posible. En el caso del ciclismo, es de crucial importancia medir los aspectos que inducen a la fatiga y gestionar la carga del entrenamiento para determinar las adaptaciones al deportista sin producir un sobre-entrenamiento o cualquier tipo de lesión (Cragulini, 2013).

Por este motivo, se han desarrollado diferentes métricas para intentar medir objetivamente aquellos parámetros relacionados con el volumen y la intensidad,

para de esta manera, poder determinar la fatiga y la recuperación del deportista más adecuada a su nivel de condición física y necesidades deportivas.

Para la cuantificación del volumen, el parámetro más común es la duración de cada entrenamiento. En cambio, para el control de la intensidad, se miden variables fisiológicas como la frecuencia cardiaca, variables subjetivas como la percepción del esfuerzo por parte del deportista y parámetros de carga externa como la potencia generada o la velocidad (Barrero et al., 2019).

Este control de la carga de entrenamiento ha evolucionado mucho a lo largo de estos últimos años debido a la aparición de diferentes softwares profesionales como Training Peaks® (TP), Golden Cheetah® o CyclingPowerLab® para el análisis de datos.

Destaca el WKO5®, la última versión de un software de análisis de datos vinculado con TrainingPeaks® que permite una categorización del deportista en función de los datos y características que disponga, así como una curva de potencia que estima los watos que es capaz de generar en función del tiempo de esfuerzo.

Estos programas son fácilmente vinculables con otras herramientas para cuantificar la carga de entrenamiento como pulsómetros, ciclocomputadores que permiten fácilmente sincronizar los datos de cada sesión en los programas de análisis para facilitar el seguimiento por parte del entrenador. Existen multitud de marcas en el mercado como Suunto®, Polar® o Wahoo®, pero destaca Garmin® por su aplicación para importar y exportar fácilmente los entrenamientos mediante tecnología Bluetooth en el software de análisis así como realizar estimaciones de FTP e incluso de  $VO_{2máx}$  con un cálculo indirecto mediante una fórmula donde se tiene en cuenta

las pulsaciones y potencia media del esfuerzo.

En cuanto a los potenciómetros, según Cartón-Llorente (2021) el sistema Garmin vector® y el sistema PowerTap Hub® parecen ser los más fiables.

En esta línea, Iglesias-Pino (2017) muestra que Power2Max® sobreestima en 2.7-5.6% la potencia durante esfuerzos máximos incrementales, submáximos y continuos, cuando es comparado con un estándar en la medición de la potencia en ciclismo, como es Powertap®. Sin embargo, subestima significativamente la potencia durante esfuerzos de corta duración y de máxima intensidad, tales como los realizados en pruebas sprints.

Entrenadores e investigadores como Coggan (2008) o Halson (2014) han desarrollado distintas variables para monitorizar al máximo el proceso de entrenamiento.

### **3.1 Métricas para la medición de la carga de entrenamiento en deportes de resistencia**

La planificación del entrenamiento en ciclismo se basa en encontrar el equilibrio óptimo entre carga y volumen de ejercicio y la recuperación para lograr el rendimiento óptimo del deportista. Con la intención de entender y analizar las exigencias del entrenamiento así como determinar el estado de forma del ciclista, Allen, Coggan & McGregor (2019) desarrollaron una serie de variables analíticas.

Con estas variables superaron muchas de las limitaciones asociadas con el uso de la frecuencia cardiaca y la percepción subjetiva del esfuerzo al cuantificar la intensidad. Durante décadas los atletas y entrenadores han usado el tiempo, la distancia y el volumen como medidas de seguimiento, por lo que esta innovación ha

supuesto una optimización de los entrenamientos.

Borszcz, Tramontin, Bossi, Carminatti, & Costa (2018) realizaron una comparación entre diferentes métodos (TSS, RPE (Escala del Esfuerzo Percibido) y TRIMP (Heart rate-based Training Impulse)) para cuantificar la carga y la relación que había entre ellos. Fue uno de los primeros estudios en lo que se analizaba el control de la carga con un medidor de potencia. Los resultados mostraron grandes relaciones, destacando la mayor aproximación del método de TSS.

Sin embargo, Acebedo & Medina (2015) en su estudio observaron diferencias y variaciones en función de la temperatura ambiente, siendo los entrenamientos en ambientes calurosos los que se obtienen mayores registros de TSS. Esto lo achacaron a la variabilidad de la frecuencia cardiaca en función de la temperatura.

Otra de las ventajas de estos software es la predicción del estado óptimo de forma del atleta. Higuera-Viso (2021) observó que esos picos de forma se obtienen cuando el CTL del deportista era más alto y el valor de TSB se situaba entre menos diez y diez.

En definitiva, como muestran los distintos estudios como Javaloyes Torres, Sarabia, Hernández-Davó, Sabido, & López-Grueso (2017) o Mujika (2017) se resalta la validez de estas métricas innovadoras, e incluso su labor para reducir el riesgo de lesión o sobreentrenamiento. Como indican Bourdon et al. (2017) es necesario gestionar los riesgos asociados con los posibles resultados negativos y mantener la salud y el bienestar fisiológicos y psicológicos óptimos del atleta, por lo que el feedback continuo con el entrenador y las distintas escalas de esfuerzo percibido no se deben olvidar para una óptima planificación del entrenamiento.

Como establece Sanders (2018) en la actualidad hay multitud de métricas que permiten monitorizar tanto la carga interna como la carga externa del entrenamiento. Sin embargo, la validez de estas métricas para interpretar y entender las interacciones entre la carga presupuesta y la carga real que ha supuesto al deportista una sesión de entrenamiento (estado físico, fatiga y rendimiento) sigue siendo desconocida (Friel, 2012).

El estado físico es definido por Banister et al. (1975) como la adaptación psicológica al entrenamiento que tiene un efecto positivo a largo plazo y que a veces tiene un efecto positivo en el rendimiento. La fatiga, por el contrario, es un corto efecto negativo causado por el estímulo del entrenamiento que produce una bajada del rendimiento temporal para inducir una supercompensación al deportista. Por este motivo, Banister et al. (1975) sugiere determinar el rendimiento de una manera muy sencilla, como la diferencia entre estado físico y fatiga. Con este principio y en aras de encontrar la clave para entender el efecto del entrenamiento en el estado de forma, fatiga y rendimiento del ciclista, Mujika et al. (1996) explica la introducción de distintos modelos matemáticos que intentan cuantificar estos parámetros para facilitar su análisis y comprensión. Algunos de ellos serán utilizados en esta investigación para mejorar el conocimiento de como el atleta responde al estímulo de entrenamiento.

A continuación (Tabla1), se explican algunas de ellas que han sido utilizadas en este trabajo.

**Tabla 1.** Zonas de entrenamiento. Extraída de (Allen, Coggan & McGregor, 2019)

Zonas de entrenamiento	Valor de IF
Nivel 1 – Recuperación activa	<0.75
Nivel 2 – Resistencia	0.75-0.85
Nivel 3 – Tempo	0.85-0.95
Nivel 4 – Umbral Anaeróbico	0.95-1.05
Nivel 5 y superior	1.05-1.15
	>1.15

IF: Intensity Factor

### **IF (Intensity Factor)**

Mide la intensidad del entrenamiento o intervalo en relación al FTP (Functional Threshold Power), es el porcentaje respecto al FTP. Por ejemplo, un entrenamiento al 80% del FTP tiene un IF de 0.8.

Por tanto, la fórmula con la que se obtiene dicho valor es:  $IF = NP/FTP$

### **TSS (Training Stress Score)**

Indica el estrés fisiológico que ha generado la sesión de entrenamiento, se tienen en cuenta variables como IF, FTP o NP. Autores como Halson (2014) estipulan que 1h de esfuerzo a la intensidad de FTP son 100 TSS (esta métrica depende de parámetros como RPE, TRIMP (pulso/tiempo) o los KJ gastados durante el entrenamiento (Van Erp & de Koning, 2019).

La fórmula para el cálculo de este parámetro es:

$$TSS = (duración\ del\ esfuerzo\ (segundos) \times NP \times IF) / (FTP \times 3600) \times 100$$

La FC basada en el Heart rate-based Training Impulse (TRIMP) individualizado y la potencia basada en los TSS están muy relacionadas con la resistencia aeróbica. Sin



embargo, estas métricas se ven limitadas en el ciclismo profesional para evaluar la carga o la fatiga que se va acumulando durante las grandes vueltas (Sanders, Heijboer, Hesselink, Myers & Akubat, 2018).

### **CTL (Chronic Training Load)**

Muestra la acumulación de TSS de los últimos 42 días. Es una estimación de carga que sirve para sacar una línea de tendencia en un periodo largo (7 semanas). De esta manera, se puede visualizar la disposición del entrenamiento que llevamos acumulando durante este periodo de tiempo.

Aletas muy entrenados pueden aumentar hasta 7 puntos su CTL en una semana, pero es el entrenador quien debe regular esa carga para evitar lesiones y garantizar su recuperación de los estímulos de entrenamiento.

Tanto el CTL como el TSS son variables que se pueden usar para determinar la intensidad del entrenamiento respecto a la reserva actual del deportista (Malone, Roe, Doran, Gabbett & Collins, 2017).

En esta línea, la figura 1, representa los valores que recomienda TP en la propuesta de entrenamiento anual marcada en su [página web](#):

	Weekly Hours		Weekly TSS		Target CTL	
	Low	High	Low	High	Low	High
<b>Cycling</b>						
Road Racing	6	25	290	1230	40	175
Century/Metric century (6 hours or less, goal to complete)	6	15	290	740	40	105
Gravel/Fondo/other (competitive or 6+ hours)	10	25	490	1230	70	175
MTB XCO	6	20	290	980	40	140
MTB Marathon (3-6 hours)	8	25	390	1230	55	175
MTB Ultra (6+ hours)	8	25	390	1230	55	175

**Figura 1.** Valores TSS recomendados por Training Peaks. Extraído de [www.trainingpeaks.com](http://www.trainingpeaks.com)

### **ATL (Acute Training Load)**

Representa la acumulación de TSS en los últimos 7 días. Para calcularlo, combina la duración y la intensidad de los entrenamientos del deportista para calcular la fatiga del atleta mediante la fórmula:

$$ATL \text{ de hoy} = ATL \text{ de ayer} + (TSS \text{ de hoy} - ATL \text{ de ayer}) \times (1/ATL \text{ tiempo cte.})$$

(Lazarus, Stewart, White, Rowell, Esmaeili, Hopkins & Aughey, 2017).

### **TSB (Training Stress Balance)**

Parámetro que estima el estado de forma del deportista. Es el resultado de la diferencia entre el CTL y ATL. Valores negativos de esta variable indican una disminución del estado de forma debido al estímulo de entrenamiento. Valores positivos indican una supercompensación o un periodo taper adecuado. Los valores óptimos son 0-10.

El valor actual del TSB indica el estado de forma del día siguiente ya que se tienen en cuenta parámetros del día anterior (Attigala et al., 2019).

### **FTP (Functional Threshold Power)**

Existen multitud de artículos y distintas opiniones sobre esta variable y su utilidad para el entrenamiento. Por ejemplo, autores como (Guarín-García, 2020) emplean este parámetro para evaluar el rendimiento y la coherencia fisiológica entre sus prestaciones y la RPE marcada por el ciclista. Otros (Martínez, Borsani, & Carrasco, 2021) lo emplean como métrica para estimar el MLSS (Máximo Estado Estable de Lactato) en deportistas entrenados, debido a que aquellos con reserva actual baja su FTP dista bastante de su MLSS por lo que deja de ser un parámetro

válido.

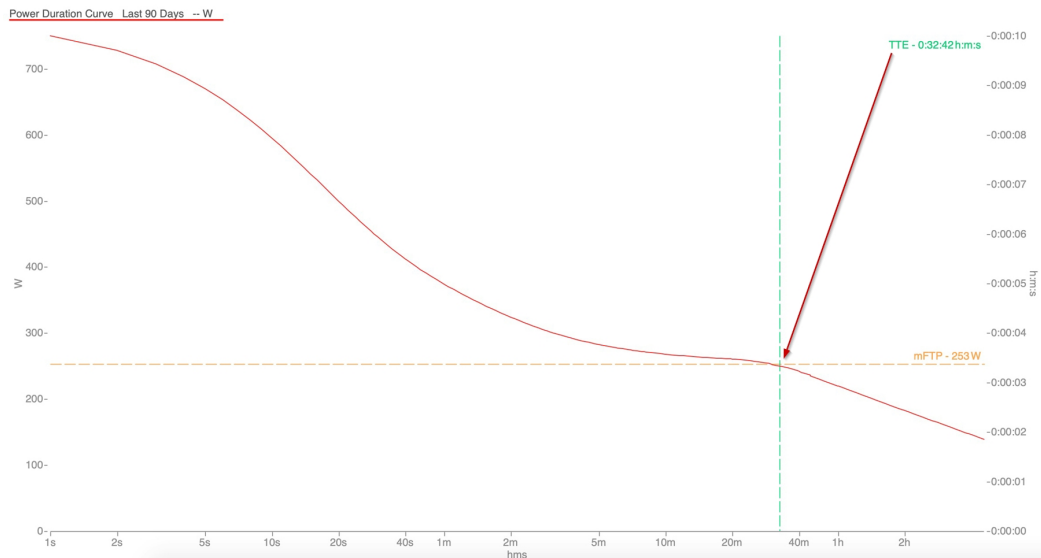
Se ha demostrado que no es la potencia máxima que un ciclista es capaz de mantener durante 60 minutos, sino que es la potencia más alta sostenible que un ciclista puede mantener en cuasi estado de fatiga (Marín-Pagán, Dufour, Freitas & Alcaraz, 2021). Es decir, el FTP sería un valor muy aproximado al MLSS (Máximo Estado Estable de Lactato), principalmente en atletas entrenados (Borszcz, Tramontin, Bossi, Carminatti, & Costa, 2018). Sin embargo, este umbral se caracteriza por un incremento considerable ( $<1$  mmol) de la concentración de lactato en sangre, por lo que dependerá fisiológicamente de cada deportista (Sitko, Cirer-Sastre, Corbi & López-Laval, 2021).

Debido a esta gran variabilidad dependiendo del deportista y la metodología empleada, el FTP es un buen indicador del rendimiento, aunque no debe ser el único a tener en cuenta para determinar la condición física del deportista, y debemos adecuar el tipo de test utilizado en función de la disciplina en la que compite el atleta (Borszcz, Tramontin, Bossi, Carminatti & Costa, 2018).

### **TTE (Time to Exhaustion)**

Representa la máxima duración que se puede mantener la potencia del FTP. Esta métrica muestra la capacidad del deportista de mantener una potencia igual a su umbral durante el máximo tiempo posible. En la gráfica potencia- tiempo la TTE se observa cuándo la potencia cae sustancialmente.

Este parámetro se puede emplear para mejorar el FTP y extender en el tiempo el TTE para inducir al atleta en una mejor capacidad aeróbica-anaeróbica (Coakley & Passfield, 2018).



**Figura 2.** Potencia- tiempo extraída de la pagina oficial de *Training Peaks*<sup>®</sup> (<https://www.trainingpeaks.com/>)

### 3.2 Perfil fisiológico del ciclista amateur

Es necesario establecer el perfil de ciclista amateur promedio para poder comprender y aplicar correctamente las métricas descritas. Como describe Domínguez (2020) el cicloturismo es un deporte que ha tenido un notable aumento de practicantes en los últimos años. Esto se refleja en el número de licencias federativas que la RFEC (Federación Española de Ciclismo) tramita anualmente. Según los datos que publican, han aumentado hasta un 25% en los últimos 10 años llegando este último año a más de 80000 federados. Este auge ha producido una inflación en los costes de todos los componentes necesarios para su práctica y un aumento del volumen de entrenamiento promedio de los deportistas aficionados.

Distintos autores como Leruite, Morente Sánchez, Martos, Girela, & Zabala (2016) y Zapico, Calderon, Gonzalez, Parisp, & Di Salvo (2007) establecen como ciclista aficionado promedio a un varón de unos  $35 \pm 9,1$  años que realiza un entrenamiento semanal de aproximadamente  $11 \pm 4,6$  horas. Su entrenamiento se basa

principalmente en sesiones de carácter aeróbico con la inclusión de distintos tipos de series para incidir en algunos de los factores de rendimiento. La mayoría de ellos realizan metódicamente los entrenamientos para llegar en óptimo estado forma a alguna cicloturista en la parte central de la temporada que suele ser normalmente los meses de verano y otoño.

En un análisis cuantitativo, Isla (2018) marca el promedio de entrenamiento de un ciclista aficionado en  $100 \pm 20,3$  km con una duración media de  $180 \pm 12,6$  minutos, lo que supone generalmente un trabajo de  $2675 \pm 659,68$  Kj,  $200 \pm 59,1$  TSS, un IF de  $0.7 \pm 0,1$  y una media de  $3 \pm 0,36$  W/Kg de potencia normalizada.

Estudios como van Erp, Foster, & de Koning (2019) y Sanders, Abt, Hesselink, Myers, & Akubat (2017) observan como en ciclistas amateur los valores de potencia relativa evolucionan significativamente a lo largo de un periodo de preparación de tres semanas. Por lo que se puede deducir que en esta categoría se observan deportistas con amplia reserva de adaptación o margen de mejora.

Cabe destacar que este perfil de ciclista raramente se enfrenta a situaciones donde poder producir un esfuerzo de manera más o menos continuas potencias medias máximas en 5 ó 20 minutos (Rønnestad, Hansen, & Nygaard, 2017). Por lo que, aunque sea buen protocolo para establecer conclusiones sobre el rendimiento del deportista, no hay que olvidar otros requerimientos necesarios tales como una alta potencia relativa en largas duraciones de tiempo y en ocasiones una alta producción de potencia en espacios muy cortos de tiempo (Azanza Soto, 2017).

En conclusión, como establece Joyner, M.J., & Coyle, E.F. (2008) la programación del entrenamiento está sujeta a las características del calendario de competición o de

marchas cicloturistas, por ello un programa bien estructurado las semanas previas al pico de forma con un descenso progresivo de la masa corporal y grasa de los deportistas produce una mejora significativa en la potencia relativa desarrollada por el sujeto. Así mismo, se produce una optimización tanto en los parámetros antropométricos como en las variables fisiológicas máximas y submáximas.

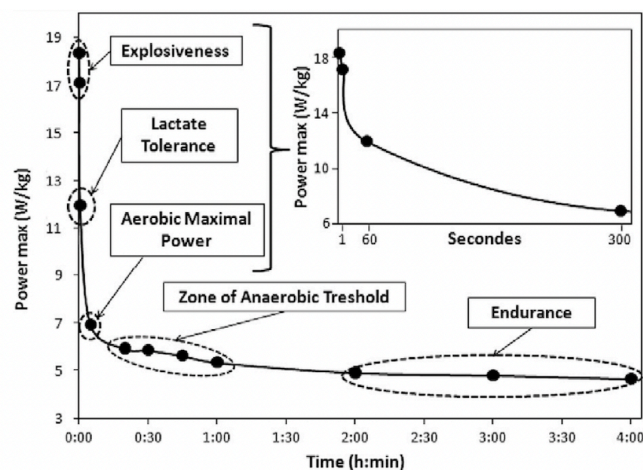
### **3.3 Adaptaciones específicas al entrenamiento**

Tal y como afirman Halson, Bridge, Meeusen, Busschaert, Gleeson, Jones & Jeukendrup, (2002) se deben gestionar muy bien las cargas de entrenamiento y las adaptaciones que esta genera. Realizaron un estudio donde los deportistas realizaron un entrenamiento interválico intensivo. Se observó una disminución en la frecuencia cardiaca máxima ( $FC_{max}$ ) y una disminución en el número y densidad de los receptores adrenérgicos, dando lugar a una menor capacidad en la potencia máxima ( $P_{max}$ ), así como un empeoramiento en los resultados del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2máx}$ ) si el tiempo de recuperación es limitado o está mal distribuido en la planificación de su entrenamiento.

Por otro lado, estudios como Helgerud et al. (2007) observaron que la intensidad óptima para mejorar el  $VO_{2máx}$  supone entrenar muy cerca de ese consumo máximo de oxígeno, por lo que establecen que las mejoras en el  $VO_{2máx}$  son dependientes de la intensidad y la duración del entrenamiento.

Diferentes estudios afirman que la máxima producción de potencia en diferentes duraciones está relacionada con diferentes factores de rendimiento. De esta manera, Leo, Spragg, Podlogar, Lawley, & Mujika (2022) consideran que las potencias desarrolladas en esfuerzos de una duración entre 5 y 15 segundos determinan el

perfil de potencia vinculado con las capacidades neuromusculares de fuerza y velocidad. Esfuerzos de mayor duración entre 30 y 60 segundos se relacionan con el perfil anaeróbico del ciclista. A su vez, la potencia media desarrollada en 5 minutos está ligada a la potencia aeróbica máxima y la producida durante 1 hora (o su estimación con test de menor duración) se aproxima al umbral anaerobio o el MLSS como describen Allen, Coggan & McGregor (2019) donde basadas en estas relación de potencias con parámetros fisiológicos establecen distintas zonas de entrenamiento.



**Figura 3.** Determinación de las diferentes capacidades físicas del ciclista a través del perfil de potencia. Extraído de (Leo, Spragg, Podlogar, Lawley, & Mujika, 2022).

Dependiendo de la planificación que establezca el entrenador cambiarán los tiempos y forma de aplicación de los distintos estímulos necesarios para llegar en óptimo estado de forma a la competición u objetivo marcado a principio de temporada. Pero tal y como establece Arrese (2013) se deben aplicar aquellos métodos de entrenamiento que incidan en la mejora de la zona de eficiencia aeróbica-anaeróbica y eficiencia anaeróbica, así como sus respectivos límites fisiológicos. Estos deben utilizarse de forma aislada y con fatiga, previo trabajo en zonas de menor intensidad. Cabe destacar que los métodos fraccionados a intensidad elevada y

recuperación incompleta, y métodos que simulan la competición, son determinantes para mejorar la capacidad de recuperación entre esfuerzos de elevada exigencia que se requiere.

En definitiva, se busca que el deportista obtenga una mejora en todas las zonas metabólicas, así como mejore sus umbrales ventilatorios y su  $VO_{2m\acute{a}x}$ . También se pretende una mejor capacidad de recuperación y tolerancia láctica para una mejor prestación en las competiciones (Arrese, 2013).

### **3.4 Control y evaluación del rendimiento**

Como se ha destacado en el apartado 3.1 y 3.3, antes de empezar una metodología de entrenamiento, es necesario establecer la reserva actual del deportista para realizar una buena planificación y evitar caer en el síndrome del sobreentrenamiento o no llegar al estímulo necesario para producir las adaptaciones necesarias.

Ante esta necesidad, surgen dos formas de realizar las pruebas para determinar la reserva actual del ciclista. Por un lado, están los test de laboratorio como (González, 2018) o (Piucco, dos Santos, de Lucas, & Dias, 2015) donde se centran en medir la velocidad con un cuentakilómetros, la frecuencia cardiaca con un pulsómetro, la potencia con un potenciómetro, el lactato en sangre con un analizador de lactato y el consumo de oxígeno con un analizador de gases. En estas pruebas se intenta estandarizar lo máximo posible el entorno y las condiciones en las que se realiza. Este control total del entorno hace que sean las pruebas más fiables y precisas para medir los parámetros fisiológicos. Sin embargo, tienen muy poca especificidad ya que se realiza en un cicloergómetro en una habitación cerrada, lo que dista



totalmente de la realidad.

Por este motivo, surge la necesidad de realizar un test de campo donde el ciclista lo realiza con su bicicleta al aire libre, entre sus ventajas se encuentra la mayor accesibilidad y su menor coste económico. Estas pruebas tal y como señalan autores como (McGrath, Mahony, Fleming & Donne, 2019; Montón-García & Rapún-López, 2021) no sirven para medir variables fisiológicas sino rendimiento anaeróbico (en el caso del test se realice a máxima intensidad y tenga una duración entre 30" y 1'30"), rendimiento aeróbico máximo o potencia aeróbica (test entre 3' y 6') y rendimiento de resistencia aeróbica o capacidad aeróbica (test entre 20' y 1 hora).

### **3.4.1 Test de 20 minutos**

Es el test más popular entre los ciclistas amateur. Consiste en realizar veinte minutos a la máxima intensidad que el deportista pueda mantener. Respecto al protocolo a seguir para realizarlo existen varias formas. La más extendida es la que señalan autores como por ejemplo (Allen, Coggan & McGregor, 2019; Villarán Zerda, 2019) argumentan que con la realización de un test máximo durante 20 minutos en una pendiente constante y tendida (entre el 4-6%) y multiplicando el resultado de la potencia media obtenida (en Watios) por 0,95 se obtiene el FTP. Este protocolo es utilizado por la mayoría de los entrenadores por su mayor aproximación al valor real.

Cabe destacar que esta prueba tiene limitaciones como la motivación y capacidad de sufrimiento del deportista, el estado de fatiga, la carretera o las condiciones ambientales en las que se realiza. Es importante destacar que se puede realizar en el

rodillo, pero tal y como describe Cenedezi (2020) tiene limitaciones como la temperatura ambiente o el viento que pueden hacer que se obtengan resultados diferentes a los que se obtienen con los reales.

Tras años de experiencia, Allen & Coggan & McGregor (2019) establecieron una serie de niveles o zonas de entrenamiento de potencia basados en los fundamentos básicos de la fisiología del ejercicio.

Este test es considerado como un buen indicador de la transición aeróbica-anaeróbica y un buen método para establecer las distintas zonas de entrenamiento. (Jobson, Passfield, Atkinson, Barton, & Scarf, 2009). Estudios como Cartón-Llorente (2021) o el de Borszcz, Tramontin, Bossi, Carminatti, & Costa (2018) aceptan la regla de Allen, Coggan & McGregor (2019) donde se extrae el 5% de la potencia media en 20 minutos para determinar el FTP. Estos autores afirman que, aunque en deportistas de élite no es un método fiable ya que difiere según el nivel de entrenamiento, es el método con mayor correlación al umbral funcional en ciclistas amateurs. Destaca el uso del mFTP calculado por el software WKO5® que no está asociado a ese 95% aunque en ocasiones coincide y que lo emplean los ciclistas profesionales ya que permite organizar de manera más precisa las zonas de entrenamiento (Cragulini, 2015).

Cada nivel tiene una serie de características y está comprendido por unos rangos de potencia en relación con el FTP obtenido en la prueba (Pérez, 2016).

**Tabla 2.** *Extraído de Allen, Coggan & McGregor (2019)*

Nivel	Descripción	% FTP	RPE
1	RECUPERACIÓN ACTIVA	<55	<2
2	RESISTENCIA	56-75	2-3
3	TEMPO	76-91	3-4
4	UMBRAL DEL LACTATO	91-105	4-5
5	VO <sub>2</sub> máx	106-120	6-7
6	CAPACIDAD ANAERÓBICA	121-150	>7
7	NEUROMUSCULAR	N/A	MÁXIMA

FTP: Funtional Threshold Power; VO<sub>2</sub> máx: Consumo máximo de oxígeno; RPE: Escala del Esfuerzo Percibido

### 3.4.2 Test de 5 minutos

En aras de buscar otras alternativas del test de FTP se sitúa el test de 5 minutos, autores como Gordillo (2020) afirman que multiplicando la potencia media obtenida en 5 minutos por 0,8 se obtiene un valor de FTP que presenta una elevada correlación con el test de 20 minutos.

Sin embargo, y a falta de más estudios, se observa que estos datos obtenidos fluctúan en función del perfil antropométrico del deportista así como de sus características fisiológicas, de la capacidad anaeróbica, de la fuerza explosiva o de su capacidad aeróbica.

En este sentido, la eficiencia, que depende de factores como la aerodinámica, peso corporal o la resistencia a la fatiga, que adquieren mayor protagonismo conforme aumenta la duración del test, y que por tanto, puede ser otro aspecto que haga disminuir la correlación entre tests (Borszcz, Tramontin, Bossi, Carminatti, & Costa,

2018).

Pinot & Grappe (2014) analizaron durante una temporada los datos de ciclistas profesionales y amateurs con alto nivel. Analizando los resultados, vieron una alta correlación entre la potencia máxima de 5 minutos y la MAP (Potencia Aeróbica Máxima). Teniendo en cuenta estos resultados, realizaron una propuesta para establecer las zonas de entrenamiento utilizando este test. En base a este test Pinot & Grappe (2014) establecen un modelo de 6 zonas de entrenamiento.

Se ha observado en otros estudios como (Vikmoen et al., 2016; Swain, Parrott, Bennett, Branch, & Dowling, 2004) que se puede utilizar como herramienta para estimar el  $VO_{2máx}$  y la capacidad anaeróbica. Estos mismos autores advierten de la posibilidad de sobrestimar o subestimar el FTP en función de las características del ciclista. Este test (tabla 3) puede ser una buena herramienta para evaluar el efecto parcial del entrenamiento (Swain, Parrott, Bennett, Branch, & Dowling, 2004).

**Tabla 3.** Modelo de 6 zonas de entrenamiento basadas en la potencia media de una contrarreloj de 5 minutos. Extraído de Pinot & Grappe (2014).

Zona	Descripción	% MAP
1	BAJA INTENSIDAD	<55
2	INTENSIDAD MODERADA	56-75
3	ALTA INTENSIDAD	76-91
4	$VO_2$ máx	91-105
5	INTENSIDAD SEVERA	106-120
6	FUERZA-VELOCIDAD	121-150

MAP: Potencia Aeróbica Máxima;  $VO_2$  máx: Consumo máximo de oxígeno

## **4. OBJETIVOS**

El objetivo principal de este trabajo es el siguiente:

- Analizar las posibles adaptaciones obtenidas en las distintas zonas de entrenamiento a partir del tiempo de trabajo en las distintas zonas metabólicas.

Además como objetivo secundario se establece:

- Analizar la posible influencia del tipo de trabajo con la mejora específica en las distintas variables medidas.

## **5. METODOLOGÍA**

Para una mejor comprensión de las características del estudio, este apartado se divide en cinco subapartados en los que se abordan las características de la muestra, el material utilizado para la toma de datos, el protocolo seguido durante el registro y las características de los análisis estadísticos empleados.

### **5.1 Diseño**

Se trata de una investigación cuasi experimental, ya que los sujetos no fueron elegidos de manera aleatoria, forman parte de un grupo de ciclistas entrenados por un preparador físico profesional. En esta misma línea, el estudio es de tipo transversal ciego debido a que se analizan datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo donde los sujetos no saben las variables que se estudian y con un diseño pre-post. Se realizó una evaluación inicial y otra final después de un periodo de tres meses. Como variables dependientes del estudio se analizaron diferentes parámetros obtenidos por el software TP así como las horas semanales de

entrenamiento.

Al inicio del estudio, todos los individuos participantes en la investigación fueron debidamente informados de las métricas que se iban a recoger, de la metodología del estudio, de los potenciales riesgos derivados de su participación y de su derecho a abandonar el estudio en cualquier momento. No se les detalló los objetivos para el que se recogían las métricas con la finalidad de conservar la naturaleza del estudio.

De la misma manera, firmaron un consentimiento informado según las directrices éticas del Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón (acta nº 12/2022).

## **5.2 Participantes**

En cuanto a los participantes, se contó con una muestra de doce sujetos (edad  $34,7 \pm 9,85$  años; talla  $1,78 \pm 0,09$  m; peso  $71 \pm 5,06$  kg) que decidieron participar en el estudio de manera voluntaria.

Todos los deportistas fueron entrenados por el mismo entrenador con un programa supervisado.

Para la selección de la muestra fue por conveniencia, por tanto, se utilizaron criterios de muestreo para seleccionar los individuos del estudio. Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

- Ser sujetos sanos y activos.
- Disponer de experiencia en ciclismo de ruta de al menos 1 año.
- Disponer del material propio de un ciclista para la realización de los

entrenamientos.

Y los siguientes aspectos de exclusión:

- No padecer ningún tipo de enfermedad que repercuta o disminuya el rendimiento físico del deportista.
- No tener más de 60 años.
- No estar en periodo de recuperación de alguna lesión músculo esquelética que pueda alterar los resultados del estudio.

El grupo estaba formado por deportistas amateurs con diferentes características y con apreciables diferencias en el rendimiento (Tabla 4). Esto hace que dentro de la muestra haya diferentes perfiles y niveles de condición física, y por tanto siendo una muestra heterogénea.

**Tabla 4.** *Características de la muestra*

	<b>Media + DE</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<i>Edad (años)</i>	34,7 ± 9,85	23	50
<i>Altura (m)</i>	1,78 ± 0,09	1,65	1,98
<i>Peso (kg)</i>	71,72 ± 6,56	57,50	79,90
<i>IMC(kg/m<sup>2</sup>)</i>	22,88 ± 1,64	20,38	25,37
<i>Tiempo de entrenamiento semanal (h)</i>	9h 29min ± 2h 38min	5h 18min	13h 38min
<i>W/kg</i>	4,44 ± 0,72	3,29	5,44
<i>W/kg (TEST 5')</i>	5,39 ± 0,95	4,24	6,85

*DE: Desviación estándar; IMC: Índice de Masa Corporal*

Todos los sujetos fueron informados de la naturaleza y características del estudio, dando su consentimiento y su compromiso escrito. Así mismo, fueron informados posteriormente por escrito, de todos los resultados y conclusiones obtenidas con la

toma y análisis de los datos.

### **5.3 Material**

En este apartado cabe destacar que cada deportista utilizó su propio material para la recogida de datos. Destaca el uso de pulsómetros y potenciómetros en las distintas mediciones. Para una mayor exactitud en los resultados, se han empleado pulsómetros de la marca Garmin® y potenciómetros de la marca SRM Power®.

Para las mediciones de peso y talla se utilizaron una balanza-tallímetro modelo SECA 700 (SECA, Berlín, Alemania).

En lo relativo a las fuentes de información, únicamente se recogen los datos del software de entrenamiento donde aparecen distintas variables relacionadas con la planificación y rendimiento deportivo de los sujetos. Se recogieron datos durante los meses de marzo hasta mayo.

Para la extracción de los datos obtenidos, se utilizó el software Training Peaks® donde cada individuo sincronizó sus dispositivos para facilitar la obtención de esos parámetros necesarios para el estudio.

Posteriormente, una vez obtenidos las variables necesarias y descargados los datos, todos los análisis del rendimiento se llevaron a cabo con el programa informático Golden Cheetah® y los análisis estadísticos con el software de Office Excel® .

### **5.4 Protocolo del estudio**

Se aplicó un estudio experimental realizando distintos tests previamente y a la finalización de un programa de entrenamiento con el fin de examinar las adaptaciones obtenidas en cada una de las zonas de entrenamiento. La intervención



se llevó a cabo a lo largo de tres meses, de febrero (2022) hasta mayo (2022). Los sujetos realizaron un test de 20 minutos y otro de 5 minutos como medida inicial del estudio, a su vez se recogieron los datos de CTL, ATL y TSB para poder establecer el estado de condición física que tenía cada deportista en ese momento. A finales de mayo, se volvieron a realizar los mismos test para poder comparar los resultados y la progresión de cada uno de los atletas.

Para poder establecer conclusiones se midió el tiempo en horas y minutos en todas las zonas de intensidad establecidas. Este tiempo de entrenamiento en las distintas zonas de intensidad, así como el estado de forma del deportista cuantificado por las métricas de CTL, ATL y TSB anteriormente definidas serán fundamentales para poder establecer las mejoras de rendimiento de cada deportista en los diferentes tests realizados.

Se ha registrado la potencia, en watos, y frecuencia cardiaca, en latidos por minuto, de todos los esfuerzos para poder delimitar las zonas de intensidad de cada deportista. En función del porcentaje respecto a su potencia máxima o a su frecuencia cardiaca máxima se determinarán cada una de las franjas de intensidad (Tablas 2 y 3).

El estudio se podría describir de la siguiente manera:

- Descriptivo ya que la información es recolectada sin cambiar el entorno (sin interacción con el participante)
- Analítico porque sacas conclusiones para extrapolar a la población general a partir de una muestra de sujetos.

- Asignación por grupos ya que los grupos estaban previamente establecidos
- Ciego ya que es enmascarado para los sujetos
- Longitudinal porque se hace un seguimiento de los sujetos, tomando valores iniciales y de nuevo midiéndolo al final del estudio.

La evolución del tiempo del estudio (Tabla 5), muestra la toma de datos de los test inicial y final intercalados por tres meses de registro de entrenamiento.

**Tabla 5.** *Cronograma del estudio*

Intervención	Febrero 2022	Marzo 2022	Abril 2022	Mayo 2022
Realización de los test iniciales				
Registro de entrenamiento				
Realización de test finales y análisis de los resultados				

La recogida de datos en los test consta de la talla, el peso, la potencia y frecuencia cardiaca, así como el CTL, ATL y TSB del momento. El registro del entrenamiento consta de la recogida del tiempo transcurrido en cada zona de entrenamiento determinados por la potencia y la frecuencia cardiaca.

## 5.5 Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa informático estadístico Excel, mediante esta herramienta, se aplicó la técnica de estadística descriptiva de las características de la muestra debido a la extracción de medidas de tendencia central como la media y la desviación estándar. Para la estadística inferencial, se realizó en primer lugar la prueba de Prueba de Kolmogorov-Smirnov

para comprobar la normalidad de la muestra y posteriormente se aplicó una correlación de Pearson para conocer las posibles relaciones existentes (positivas o negativas) entre la mejora de cada uno de los test y las zonas de entrenamiento.

## 6. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el presente estudio. Todas las variables cumplen con los criterios de normalidad ( $p > 0,05$ ).

Inicialmente (Tabla 6) se presenta la mejora en watos de cada sujeto en los dos test de potencia que se ha producido durante el trimestre de entrenamientos que se hicieron durante la intervención. Destaca el aumento del 16% en la potencia relativa (W/Kg) en 20 minutos del sujeto 4 y el 14,49% en la potencia relativa en 5 minutos del sujeto 1. El resto de resultados se muestran en la (Tabla 6).

**Tabla 6.** Mejoras individuales en los tests de potencia

Sujeto	Watos medios TEST 20	W/kg 20'	Watos medios TEST 5	W/kg 5'
1	1,27 %	3,62 %	12,40 %	14,49 %
2	1,82 %	0,28 %	1,19 %	0,34 %
3	3,00 %	3,52 %	1,88 %	2,39 %
4	9,52 %	16,00 %	8,36 %	14,76 %
5	0,93 %	0,24 %	0,79 %	1,47 %
6	2,08 %	3,40 %	6,00 %	7,38 %
7	2,02 %	2,70 %	1,02 %	1,70 %
8	1,19 %	1,47 %	1,59 %	1,87 %
9	2,04 %	0,64 %	3,19 %	0,48 %
10	2,35 %	4,57 %	2,73 %	4,96 %
11	0,63 %	0,23 %	2,34 %	3,23 %
12	15,32 %	15,45 %	0,24 %	0,08 %

W/Kg: Watos/kilógramos

Siguiendo esta misma línea, se muestran (Tabla 7) las adaptaciones medias obtenidas durante el periodo de investigación. Destacan como en el apartado anterior las mejoras en la potencia relativa (W/Kg) en 5 minutos ( $1,63 \pm 5,88\%$ ) y 20 minutos ( $0,66 \pm 6,97\%$ ).

**Tabla 7.** *Mejora media en los tests de potencia*

	<b>Media + DE</b>
Wattios medios TEST 20'	$0,48 \pm 1,46 \%$
W/kg 20'	$0,66 \pm 6,97\%$
Wattios medios TEST 5'	$1,16 \pm 1,72\%$
W/kg 5'	$1,63 \pm 5,88\%$

W/Kg: Wattios/kilógramos

Cómo se puede observar en las tablas 6 y 7, ha habido una mejora en todos los tests realizados, esta evolución positiva ha sido generalizada en todos los aspectos medidos, siendo los valores de potencia en cinco minutos los que más han aumentado. Cabe destacar que donde más se aprecia esta mejora es en los valores relativos donde se tiene en cuenta la potencia en función del peso.

A continuación, en la tabla 8, se muestra la conveniencia que tienen las horas de entrenamiento en cada zona de potencia respecto a la potencia obtenida en los diferentes tests.

**Tabla 8.** *Correlación entre las horas de entrenamiento en las distintas zonas de potencia y los tests de potencia*

Zonas de potencia	W 20'	W/kg 20'	W 5'	W/kg 5'
<b>Z1</b>	0,59	0,50	0,59	0,43
<b>Z2</b>	0,07	0,17	0,06	0,16
<b>Z3</b>	0,24	0,31	0,45	0,48
<b>Z4</b>	0,47	0,53	0,69	0,67
<b>Z5</b>	0,07	0,22	0,41	0,50
<b>Z6</b>	0,04	-0,09	0,14	-0,01
<b>Z7</b>	0,35	0,33	0,30	0,25

W: Watios

Cómo se puede apreciar en esta tabla, los entrenamientos en la zona 1 y 4 son los que han obtenido un mayor índice de correlación tanto en los parámetros de potencia de 20 minutos como los de 5 minutos, el resto de valores se reflejan en la tabla 8.

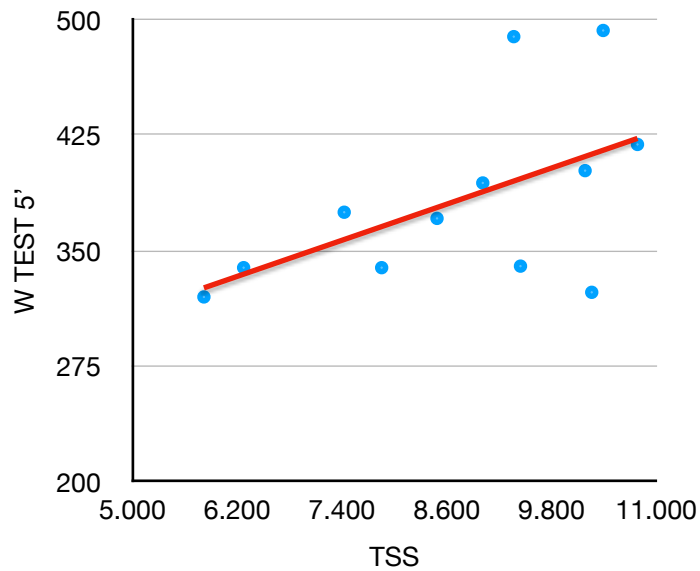
Posteriormente (Tabla 9) se detallan las correlaciones obtenidas del cruce de variables recogidas durante el proceso de entrenamiento y los parámetros de potencia obtenidos por los deportistas al final de la intervención.

**Tabla 9.** *Correlación entre las variables y los test de potencia*

	TSS	CTL	ATL	IF	KJ
<b>W 20'</b>	0,327	0,230	-0,004	-0,537	0,618
<b>W/kg 20'</b>	0,377	0,353	0,375	-0,303	0,594
<b>W 5'</b>	0,540	0,447	0,132	-0,404	0,720
<b>W/kg 5'</b>	0,530	0,516	0,474	-0,139	0,631

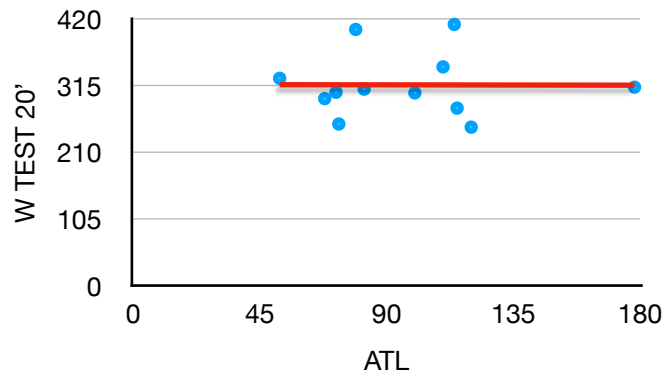
W: Watios; TSS: Training Stress Score; CTL: Chronic Training Load; ATL: Acute Training Load; IF: Intensity Factor; KJ: Kilojulios

Se puede observar como la relación entre TSS y el test de 20 minutos es de 0,33 mientras que respecto al Test de 5 minutos es de 0,54. Lo que establece una correlación directa moderada entre estas dos variables como se muestra en la figura 4.



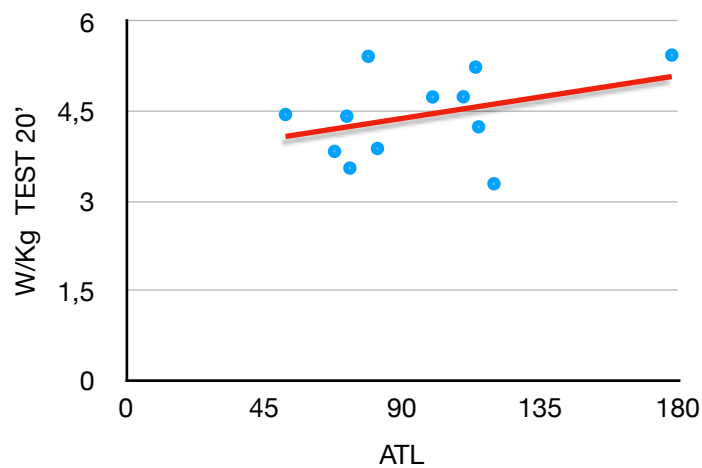
**Figura 4.** *Correlación entre la media de los TSS y valores de potencia en los test de 5 minutos obtenidos.*

En cuanto a la dependencia del ATL respecto a los valores de potencia, se observa en la figura 5 que prácticamente no hay relación entre esta variable y los datos de potencia absolutos, siendo -0,004 y 0,13 para los test de 20 minutos y 5 minutos respectivamente.



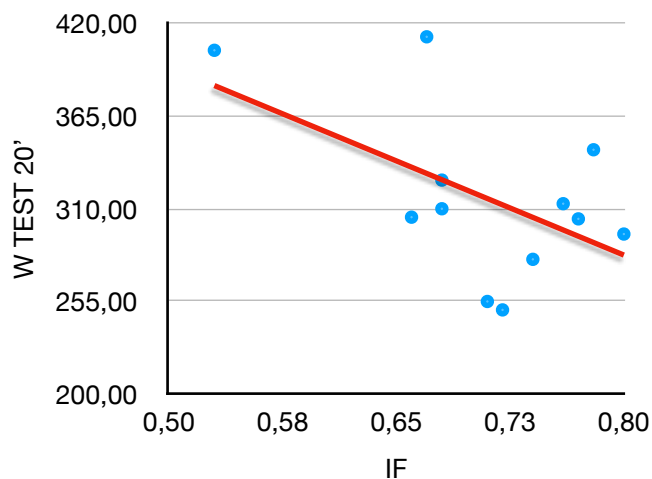
**Figura 5.** Correlación entre la media de los ATL y valores de potencia absolutos en los test de 20 minutos obtenidos.

Sin embargo, para los valores de potencia relativa se aprecia mayor relación, 0,38 y 0,47, siendo este último la potencia relativa en 5 minutos. Estos resultados se muestran en la figura 6.

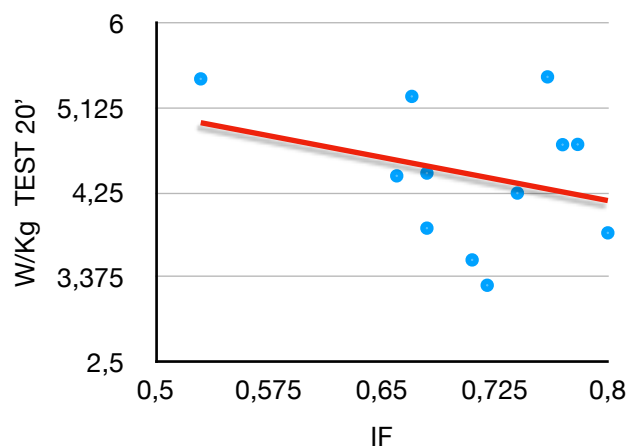


**Figura 6.** Correlación entre la media de los ATL y valores de potencia relativos en los test de 20 minutos obtenidos.

Si nos referimos al Factor de Intensidad, se muestra en la figura 7 y 8 una dependencia inversa moderada en todas las variables. Por tanto, al aumentar los valores de esta variable se observa una disminución de los valores de potencia, tanto absolutos como relativos.



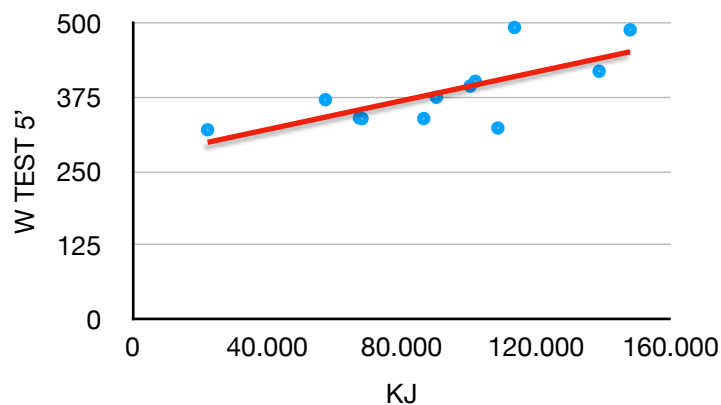
**Figura 7.** *Correlación entre la media del IF y valores de potencia absolutos en los test de 20 minutos obtenidos.*



**Figura 8.** *Correlación entre la media del IF y valores de potencia relativos en los test de 20 minutos obtenidos.*

Por último, en cuanto a los KJ, es la variable donde mayores coeficientes de correlación positiva se observan, llegando en algún caso como la potencia en 5' a 0,72 como se muestra en la figura 9.





**Figura 9.** Correlación entre la media de los KJ y valores de potencia absolutos en los test de 5 minutos obtenidos.

## 7. DISCUSIÓN

El objetivo principal del presente estudio ha sido determinar las adaptaciones obtenidas en las distintas zonas de entrenamiento a partir del tiempo de trabajo en las distintas zonas metabólicas.

En los últimos años, ha habido una mejora significativa en los medios empleados por los entrenadores para planificar el proceso de entrenamiento, y de forma simultánea para cuantificar y evaluar las distintas evoluciones del deportista (Sanders et al., 2018).

Uno de estos softwares profesionales (Training Peaks®) ha sido el utilizado para extraer distintas variables que permitan mejorar la evaluación del proceso de preparación hacia una competición o un objetivo personal de mejora.

En este sentido, los resultados obtenidos en esta investigación muestran una mejora tanto individual como de la muestra ( $315,17 \pm 49,76$  w vs  $316,67 \pm 50,49$  w) en los distintos test de potencia. Este incremento de vatios no ha sido significativo, pero puede servir para mostrar el camino hacia una correcta planificación de las cargas

de trabajo. El reducido periodo de tiempo analizado (tres meses) ha podido influir en que las diferencias no hayan sido significativas, como también se ha comprobado en otras investigaciones (Pérez, 2016; Cenedezi, 2020) donde, entre las limitaciones de sus respectivos estudios, se indica igualmente el poco tiempo de intervención en el entrenamiento para poder extraer conclusiones en cuanto a su planificación.

Otro factor que puede ser causante de una mejora poco significativa es la reserva actual de cada deportista. Arrese (2013) define la reserva actual como el grado de movilización de la reserva total. En este sentido, ese margen de mejora que tenga cada deportista en el momento actual de la temporada puede hacer que el incremento de rendimiento no sea lineal debido a menor capacidad de adaptación.

La mejora más significativa ha sido la potencia relativa al peso ( $1,16 \pm 1,72\%$  w/Kg). Este incremento puede ser debido a una pérdida de peso del deportista durante el periodo analizado ( $71,96 \pm 6,55$  kg vs  $71,72 \pm 6,42$  kg) y debido al gasto energético de los entrenamientos, junto un equilibrio de los nutrientes en la dieta ingerida. Estos elementos, junto al mantenimiento de los valores de potencia o incluso en la mayoría de los casos un aumento de la misma en los diferentes tests hacen que los valores relativos aumenten considerablemente al igual que se observa en el estudio de Mujika (2017).

En segundo lugar y como objetivo principal del estudio, se ha observado que la zona 1 y la zona 4 de potencia (Coggan, 2008) parecen ser las zonas más eficaces para el aumento de potencia tanto en el test de 5 como en el de 20 minutos, y por tanto las que parecen más relevantes para aumentar el rendimiento.

Estos resultados ponen en tela de juicio tendencias actuales de basar los

entrenamientos en la zona 2. Estudios recientes como Kofler, Crichton, Arancibia, & Sepúlveda (2021) ya establecen que un entrenamiento polarizado, alternando altas intensidades (zona 3) con otras más bajas (zona 1) es una alternativa efectiva de combinación de cargas de entrenamiento.

Con estos resultados, puede parecer aconsejable que para incidir en unas determinadas adaptaciones debemos maximizar el tiempo en zona de cada una de las franjas que las producen (Sitko et al., 2021), aunque en la redacción de este trabajo no se ha encontrado evidencia científica que ratifique el principio de maximizar el tiempo en zona.

En este contexto hay que resaltar la diferencia entre el deporte profesional y el ámbito amateur. Como definen otros autores (García-López et al., 2009; Isla Gonzalo, 2018) en sus análisis, el ciclista profesional dispone de todo el tiempo que desee para entrenar y cuando no está entrenando está recuperando de manera efectiva. En el campo aficionado tenemos factores como la jornada laboral, obligaciones familiares, etc. Por tanto, no es adecuado extrapolar entrenamientos o métodos que se utilizan en el campo profesional al ámbito amateur.

A pesar de que podemos mejorar nuestro rendimiento manteniendo la carga de entrenamiento en el corto plazo, si no se aumenta progresivamente la carga, muy probablemente se producirá un estancamiento del rendimiento a largo plazo (Billat, 2002).

La carga de entrenamiento está compuesta por dos elementos principales: volumen e intensidad (Arrese, 2013). Por tanto se puede aumentar la carga manteniendo la intensidad, aunque el tiempo en dicha franja (difícil de aplicar con un tiempo de

entrenamiento reducido) o bien, por el contrario, en caso de un volumen acotado en las zonas más intensas, debido a circunstancias familiares y laborales, aumentar la carga de entrenamiento por el aumento de la densidad (Sitko et al., 2021).

Los argumentos planteados no deben ocultar la importancia que tiene el tiempo de entrenamiento en zona 2, todo lo contrario. Como establecen (Loturco, Ugrinowitsch, Roschel, Tricoli, & González-Badillo, 2013; Moreno Arteta, 2021), el trabajo en dicha zona conlleva adaptaciones extremadamente importantes que permitirán un mayor desarrollo del deportista en el futuro siempre y cuando se garantice paralelamente un aumento progresivo de la carga. De hecho, la principal diferencia entre el entrenamiento que hace un aficionado con 8-10 horas semanales de disponibilidad y un profesional que ejecuta normalmente 25-30 horas semanales de trabajo es la cantidad de horas pasadas a intensidades próximas a la zona 2.

Por tanto, deportista que puedan entrenar 25 horas semanales, su entrenamiento puede basarse en más del 70% del tiempo en zona 2 e inferior y aún así mantener tiempos en zona más que aceptables a intensidades superiores (Azanza Soto, 2017). El peligro radica en aplicar este tipo de planificación en un deportista aficionado con un tiempo limitado para entrenar (Lippi & Sanchis-Gomar, 2020; Oviedo-Caro et al., 2021). Por ello tal y como se muestra en el estudio, parece que un entrenamiento basado en la combinación de la zona 1 y zona 4 parece ser lo más eficaz en deportistas aficionados que entrenan una media de 8-10 horas semanales, evitando así posibles estancamientos en el rendimiento por priorizar el trabajo en zona 2 independientemente del tiempo de entrenamiento semanal.

Otro aspecto interesante que se muestran en los resultados es la relación entre el

entrenamiento entre zona 3 y zona 5 (Coggan, 2008) con la mejora en los valores de potencia en 5 minutos.

Diversos estudios recientes analizan en torno a la distribución del volumen y la intensidad en deportistas de resistencia (Myakinchenko et al., 2020; Treff et al., 2017; Seiller, 2010; Stöggl & Sperlich et al., 2015). Todos establecen un claro aumento del número de sesiones de alta intensidad, desde el período de preparación conforme se acerca el período de competición. Sin embargo, el mantenimiento de sustanciales volúmenes de baja intensidad sigue siendo bastante utilizado. Con este planteamiento, como establecen (Laursen & Jenkins, 2002; Stöggl & Sperlich et al., 2015) el entrenamiento en intensidades entre umbrales (zona 3) combinado con sesiones de baja intensidad (zona 1), desde las primeras semanas de un período de entrenamiento, podría ser más efectivo para mejorar la potencia absoluta y relativa en periodos cortos de tiempo que entrenamientos basados predominantemente en intensidades moderadas (zona 2).

Por último y como objetivo secundario de la intervención, se analizaron las distintas relaciones de las variables generadas por el software de entrenamiento y la mejora del rendimiento en la muestra de ciclistas amateurs.

El TSS es un sistema de puntuación del entrenamiento que contempla tanto la duración como la intensidad del mismo (Cragulini, 2015). En los resultados se observa una relación directamente proporcional entre esta variable y la potencia absoluta en 5 minutos ( $0,53 \pm 0,07$ ). Estos resultados están en la línea de lo planteado por Isla-Gonzalo (2018) donde establece que un proceso de entrenamiento con mayores TSS, siempre y cuando se respeten los periodos de

descanso y recuperación produce una mejora del rendimiento.

Siguiendo esta misma línea, los valores del CTL parecen estar relacionados con una mejora en periodos cortos de esfuerzo ( $0,48 \pm 0,16$ ). Se ha observado una relación directa en los valores absolutos y relativos al peso en el test de 5 minutos. Aunque faltan evidencias científicas en este aspecto, un incremento de este valor, es decir, un aumento de la carga de entrenamiento durante un largo periodo de tiempo (42 días) podría servir para mejorar el rendimiento en esfuerzos cercanos al  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

En cuanto al ATL y al IF se muestra una tendencia inversa, por lo que podría ser interesante disminuir el volumen y la intensidad de entrenamiento la semana previa a una competición o un pico de forma, ratificando así el periodo de *tapering* (Arrese, 2013; Billat, 2002; Zapico, Calderon, Gonzalez, Parisp, & Di Salvo, 2007).

Continuando con la relación de estas dos variables y las adaptaciones obtenidas, destacar los resultados obtenidos en la potencia absoluta desarrollada en 20 minutos. Parece que el ATL no tiene ninguna relación con dicha potencia ( $0,16 \pm 0,01$ ). Sin embargo, el IF se muestra inversamente relacionado ( $-0,4 \pm 0,16$ ). Es decir, aunque faltan otros estudios que lo ratifiquen, disminuir la intensidad en los entrenamientos puede ser efectivo para una mejora en esfuerzos mantenidos un largo periodo de tiempo.

Finalmente, la última variable que puede ser interesante mencionar es el gasto energético medido en kilojulios (KJ). Su elevada relación directa ( $0,64 \pm 0,05$ ) con los datos de potencia deja entrever que cuanto mayor gasto energético, y por tanto mayor esfuerzo en los entrenamientos, mayor es el aumento de la potencia desarrollada, principalmente sobre todo en periodos cortos de tiempo (5 minutos)

(Martínez, 2007; Zapico et al., 2007).

## 8. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos y según los objetivos del estudio, se puede concluir que:

- Una pérdida de peso puede ayudar a mejorar los valores de potencia relativos.
- La zona 1 y zona 4 de potencia parecen ser las más eficaces para mejorar los valores de potencia en 20 minutos en ciclistas amateurs.
- Una combinación de la zona 3 y la zona 5 de potencia puede hacer mejorar los valores de potencia en un corto periodo de tiempo (5 minutos).
- Un entrenamiento eficaz en ciclistas profesionales no tiene por qué ser óptimo en el ámbito amateur.
- El entrenamiento polarizado puede ser apto para la mejora del rendimiento de ciclistas amateur.
- El incremento progresivo de TSS durante la planificación deportiva puede aumentar la potencia en un test de 5 minutos en los ciclistas.
- El CTL aumenta conforme a los valores de potencia en 5 minutos.
- El IF y el ATL se muestran como variables inversamente relacionadas con el aumento de potencia. Aunque esta última variable tiene relaciones menos significativas, ambas pueden ser interesante disminuirlas los días previos a una competición.
- La alta relación directa entre los KJ y los wátios desarrollados, muestra la

posibilidad que un mayor gasto energético durante los entrenamientos este ligado a una mejora del rendimiento.

## **9. PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN**

Como aspectos destacables para futuras investigaciones serian aumentar el tamaño de la muestra para poder establecer conclusiones más certeras sobre los resultados obtenidos, así como poder tener en cuenta una mayor cantidad de variables como por ejemplo lactacidemias o consumo de oxígeno.

Otro aspecto clave para reducir el margen de error seria controlar al máximo las variables ajenas a la intervención propiamente dicha cómo por ejemplo el descanso o la dieta seguida.

## **10. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

En cuanto a las limitaciones encontradas, la diferencia entre los distintos dispositivos empleados por los sujetos para recoger los datos de entrenamiento es una de ellas. Usar distintos pulsómetros o potenciómetros puede llevar a cierto margen de error entre los resultados obtenidos.

Todos los resultados obtenidos deben ser comprobados y ratificados por otro estudio de similar naturaleza debido al poco tamaño de la muestra que impide establecer conclusiones con objetividad.

Por otro lado, destacan otras variantes contaminantes como la dieta de los deportistas, el descanso o la sobrecarga ajena al entrenamiento causada en la gran mayoría, por la jornada laboral. Estos son parámetros difíciles de controlar y estandarizar en todos los sujetos del estudio por lo que pueden causar cierta



contaminación en los resultados.

Cabe destacar también que la muestra no ha sido aleatorizada, viene dada por un entrenador profesional externo a la investigación que proporciona una muestra de doce ciclistas amateurs.

Por último, resaltar el lugar de realización de las pruebas. Éstas fueron realizadas por los deportistas en una subida y unas condiciones distintas. Por tanto, para futuros estudios realizar el test en las mismas condiciones para toda la muestra disminuiría el margen de error.

## **11. AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría agradecer a todos los ciclistas que se han prestado a colaborar en el presente estudio y a su entrenador, Sergio Pérez, por facilitar el proceso de recogida de datos, ya que sin ellos no habría sido posible esta investigación.

Destacar la actitud y constancia diaria de mi tutor Carlos Castellar que me ha guiado y permitido elaborar este trabajo. Su confianza depositada en mí ayudándome día a día ha supuesto un proceso de aprendizaje en todos los aspectos académicos.

Por último, quiero dar las gracias a mis padres por apoyarme durante todo el proceso.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acebedo, R. C., & Medina, L. S. (2015). Monitorización del entrenamiento de carrera utilizando el medidor de potencia stryd.
- Allen, H., Coggan, A. R., & McGregor, S. (2019). *Training and racing with a power meter*. VeloPress.
- Arrese, A. L. (2013). *Manual de entrenamiento deportivo*. Paidotribo.
- Attigala, D. A., Weeraman, R., Fernando, W. W., Mahagedara, M. U., Gamage, M., & Jayakodi, T. (2019). Intelligent trainer for athletes using machine learning. Paper presented at the *2019 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*, pp. 898-903.
- Azanza Soto, J. (2017). Evolución de los parámetros antropométricos y fisiológicos en el ciclismo élite y sub-23.
- Banister, E. W., Calvert, T. W., Savage, M. V., & Bach, T. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Aust J Sports Med*, 7(3), 57-61.
- Barrero, A., Schnell, F., Carrault, G., Kervio, G., Matelot, D., Carré, F., et al. (2019). Control diario del equilibrio en la recuperación de la fatiga con variabilidad de la frecuencia cardíaca en mujeres ciclistas bien entrenadas en el circuito tour de francia-ciencias del ejercicio. *PubliCE*.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. de la teoría a la práctica*. Editorial Paidotribo.
- Borszcz, F. K., Tramontin, A. F., Bossi, A. H., Carminatti, L. J., & Costa, V. P. (2018). Functional threshold power in cyclists: Validity of the concept and physiological responses. *International Journal of Sports Medicine*, 39(10), 737-742.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., et al. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2161-S2170. doi:10.1123/IJSPP.2017-0208 [doi]
- Cartón-Llorente, A. (2021). Potencia mecánica durante la carrera de resistencia: Análisis de sensores portátiles disponibles para su evaluación y aplicación al entrenamiento deportivo de corredores.
- Cenedezi, L. B. (2020). Estudo de caso: Análise longitudinal do limite de potência funcional (FTP) em treinos de ciclismo indoor de um atleta amador de ciclismo.
- Coakley, S. L., & Passfield, L. (2018). Cycling performance is superior for time-to-exhaustion versus time-trial in endurance laboratory tests. *Journal of Sports Sciences*, 36(11), 1228-1234.
- Coggan, A. (2008). *The science of the performance manager*. Training Peaks.
- Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hopper, M. K., & Walters, T. J. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 64(6), 2622-2630.

- Cragulini, F. (2015). Introducción al entrenamiento por potencia.
- Cragulini, F. E. (2013). Control de la carga de entrenamiento en el ciclismo. Paper presented at the *X Congreso Argentino Y V Latinoamericano De Educación Física Y Ciencias (La Plata, 2013)*.
- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *17*(1), 6-21.
- de Lubiano, Guillermo Cuesta Beltrán. (2016). Perfil fisiológico del ciclista y factores determinantes del rendimiento en el ciclista de ruta. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea). *Perfil Fisiológico Del Ciclista Y Factores Determinantes Del Rendimiento En El Ciclista De Ruta*.
- Domínguez Molina, J. A. (2020). Cicloturismo: La red EuroVelo y su paso por España.
- Friel, J. (2012). *The cyclist's training bible* VeloPress.
- García-López, J., Díez-Leal, S., Rodríguez Marroyo, J. A., Larrazábal, J., De Galceano, I. G., & Villa, J. G. (2009). Eficiencia mecánica de pedaleo en ciclistas de diferente nivel competitivo. *Biomecánica*, *17*(2), 9-20.
- González, S. M. (2018). Determinación de la intensidad mediante la monitorización de la potencia a través de test de laboratorio para el entrenamiento en ciclismo indoor. *Determinación De La Intensidad Mediante La Monitorización De La Potencia a Través De Test De Laboratorio Para El Entrenamiento En Ciclismo Indoor*.
- Gordillo, Y. A. (2020). FTP. entrenamiento por potencia en ciclismo: Una revisión bibliográfica. *Sport Training Magazine*, (88), 40-43.
- Guarín García, L. S. (2020). Coherencia fisiológica en ciclistas aficionados.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *44 Suppl 2(Suppl 2)*, 139. doi:10.1007/s40279-014-0253-z [doi]
- Halson, S. L., Bridge, M. W., Meeusen, R., Busschaert, B., Gleeson, M., Jones, D. A., et al. (2002). Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *93*(3), 947-956. doi:10.1152/jappphysiol.01164.2001 [doi]
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, *44*(2), 139-147.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., et al. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(4), 665-671. doi:00005768-200704000-00012 [pii]
- Higuera Viso, T. (2021). Análisis de patrones en deportistas de resistencia. Análisis De Patrones De Deportista De Resistencia,
- Iglesias Pino, J. (2017). Validez de un nuevo medidor de potencia (Power2Max) utilizado en ciclismo: Laboratorio vs competición= validity of a new powermeter

- (Power2Max) used in cycling: Laboratory vs competition.
- Isla Gonzalo, A. (2018). Análisis comparativo de la competición en ciclismo amateur y profesional.
- Javaloyes Torres, A., Sarabia, J. M., Hernández-Davó, J. L., Sabido, R., & López-Gruoso, R. (2017). La utilización de software específico y apps móviles para el control del entrenamiento en deportes cíclicos de resistencia.
- Jobson, S. A., Passfield, L., Atkinson, G., Barton, G., & Scarf, P. (2009). The analysis and utilization of cycling training data. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(10), 833-844. doi:10.2165/11317840-000000000-00000 [doi]
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: *The physiology of champions. The Journal of Physiology*, 586(1), 35-44. doi:jphysiol.2007.143834 [pii]
- Kofler, T. R., Crichton, J. P. Z., Arancibia, J. O., & Sepúlveda, R. Y. (2021). Efecto de dos programas de entrenamiento con diferente distribución de intensidad (polarizada vs umbral) en el rendimiento aeróbico en ciclistas entrenados. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte Y Recreación*, (39), 685-690.
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 32(1), 53-73. doi:320103 [pii]
- Lazarus, B. H., Stewart, A. M., White, K. M., Rowell, A. E., Esmaeili, A., Hopkins, W. G., et al. (2017). Proposal of a global training load measure predicting match performance in an elite team sport. *Frontiers in Physiology*, 8, 930.
- Leo, P., Spragg, J., Podlogar, T., Lawley, J. S., & Mujika, I. (2022). Power profiling and the power-duration relationship in cycling: A narrative review. *European Journal of Applied Physiology*, 122(2), 301-316. doi:10.1007/s00421-021-04833-y [doi]
- Leruite, M., Morente Sánchez, J., Martos, P., Girela, M. J., & Zabala, M. (2016). Análisis del contexto deportivo de ciclistas y triatletas españolas. *International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*.
- Lippi, G., & Sanchis-Gomar, F. (2020). Influence of chronic training workload on the hematological profile: A pilot study in sedentary people, amateur and professional cyclists. *Acta Bio-Medica : Atenei Parmensis*, 91(4), e2020104. doi:10.23750/abm.v91i4.8460 [doi]
- Loturco, I., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Tricoli, V., & González-Badillo, J. J. (2013). Training at the optimum power zone produces similar performance improvements to traditional strength training. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(1), 109-115. doi:jssm-12-109 [pii]
- Malone, S., Roe, M., Doran, D. A., Gabbett, T. J., & Collins, K. (2017). High chronic training loads and exposure to bouts of maximal velocity running reduce injury risk in elite gaelic football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(3), 250-254.

- Marín-Pagán, C., Dufour, S., Freitas, T. T., & Alcaraz, P. E. (2021). Performance profile among age categories in young cyclists. *Biology*, *10*(11), 1196. doi: 10.3390/biology10111196. doi:10.3390/biology10111196 [doi]
- Martínez, C. C. (2007). Factores fisiológicos determinantes en el ciclismo de carretera. *Lecturas: Educación Física Y Deportes*, *114*, 38.
- Martínez, D. L., Borsani, J. M. C., & Carrasco, C. R. (2021). Saturación de oxígeno y test de lactato en ciclistas. *MLS Sport Research*, *1*(2)
- McGRATH, E., Mahony, N., Fleming, N., & Donne, B. (2019). Is the FTP test a reliable, reproducible and functional assessment tool in highly-trained athletes? *International Journal of Exercise Science*, *12*(4), 1334-1345. doi:jes-12-4-1334 [pii]
- Montón García, A., & Rapún López, M. (2021). Efectos del entrenamiento polarizado vs entrenamiento tradicional en el test de ftp en ciclismo.
- Moreno Arteta, O. (2021). Distribución de las intensidades de entrenamiento en deportes de resistencia. aplicación práctica en el ciclismo profesional.
- Mujika, I. (2017). Quantification of training and competition loads in endurance sports: Methods and applications. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(Suppl 2), S29-S217. doi:10.1123/ijsp.2016-0403 [doi]
- Mujika, I., Busso, T., Lacoste, L., Barale, F., Geysant, A., & Chatard, J. C. (1996). Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *28*(2), 251-258.
- Myakinchenko, E. B., Kriuchkov, A. S., Adodin, N. V., Dikunets, M. A., & Shestakov, M. P. (2020). One-year periodization of training loads of russian and norwegian elite cross-country skiers.
- Oviedo-Caro, M. A., Mayolas-Pi, C., Bueno-Antequera, J., Paris-García, F., Murillo-Fuentes, A., Reverter-Masia, J., et al. (2021). Training volume and amateur cyclists' health: A six-month follow-up from coinciding with a high-demand cycling event. *Research in Sports Medicine (Print)*, *29*(4), 373-385. doi:10.1080/15438627.2020.1871349 [doi]
- Pérez, I. M. (2016). Métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento en deportes de resistencia cíclica. *Búsqueda*, *3*(16), 53-63.
- Pinot, J., & Grappe, F. (2014). Determination of maximal aerobic power from the record power profile to improve cycling training. *Journal of Science and Cycling*, *3*(1), 26-32.
- Piucco, T., dos Santos, S. G., de Lucas, R. D., & Dias, J. A. (2015). Nuevo test incremental para patinadores velocistas sobre una superficie plana deslizante: Análisis de fiabilidad y comparación con un test de ciclismo. *Apunts: Medicina De L'Esport*, *50*(186), 57-63.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., & Nygaard, H. (2017). 10 weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences*, *35*(14), 1435-1441. doi:10.1080/02640414.2016.1215499 [doi]

- Sanders, D., Abt, G., Hesselink, M. K. C., Myers, T., & Akubat, I. (2017). Methods of monitoring training load and their relationships to changes in fitness and performance in competitive road cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(5), 668-675. doi:10.1123/ijsp.2016-0454 [doi]
- Sanders, D. (2018). *Monitoring the training process in competitive road cyclists a critical evaluation of intensity and load measures and their ability to inform the training process* Liverpool Hope University.
- Sanders, D., Heijboer, M., Hesselink, M. K., Myers, T., & Akubat, I. (2018). Analysing a cycling grand tour: Can we monitor fatigue with intensity or load ratios? *Journal of Sports Sciences*, *36*(12), 1385-1391.
- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *5*(3), 276-291. doi:10.1123/ijsp.5.3.276 [doi]
- Sippel, M. A. (2010). Cicloturismo: Caso de estudio: Perfil y motivación del cliente alemán en tours de ciclismo de carretera.
- Sitko, S., Cirer-Sastre, R., Corbi, F., & López-Laval, I. (2021). Functional threshold power as an alternative to lactate thresholds in road cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi:10.1519/JSC.0000000000004070 [doi]
- Sitko, S., & Laval, I. L. (2019). *Entrenamiento polarizado en ciclistas de carretera*. 3Ciencias.
- Stöggl, T. L., & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in Physiology*, *6*, 295. doi:10.3389/fphys.2015.00295 [doi]
- Swain, D. P., Parrott, J. A., Bennett, A. R., Branch, J. D., & Dowling, E. A. (2004). Validation of a new method for estimating VO<sub>2</sub>max based on VO<sub>2</sub> reserve. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(8)
- Treff, G., Winkert, K., Sareban, M., Steinacker, J. M., Becker, M., & Sperlich, B. (2017). Eleven-week preparation involving polarized intensity distribution is not superior to pyramidal distribution in national elite rowers. *Frontiers in Physiology*, *8*, 515. doi:10.3389/fphys.2017.00515 [doi]
- van Erp, T., Foster, C., & de Koning, J. J. (2019). Relationship between various training-load measures in elite cyclists during training, road races, and time trials. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(4), 493-500. doi:10.1123/ijsp.2017-0722 [doi]
- van Erp, T., Foster, C., & de Koning, J. J. (2019). Relationship between various training-load measures in elite cyclists during training, road races, and time trials. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(4), 493-500.
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, Ø, Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T., et al. (2016). Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO<sub>2</sub>max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *26*(4), 384-396.

- Villarán Zerda, J. (2019). Validez de las pruebas de umbral ventilatorio y umbral de lactato en ciclistas profesionales.
- Yamamoto, L. M., Klau, J. F., Casa, D. J., Kraemer, W. J., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2010). The effects of resistance training on road cycling performance among highly trained cyclists: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 560-566. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c86583 [doi]
- Zapico, A. G., Calderon, F. J., Gonzalez, C. B., Parisp, A., & Di Salvo, V. (2007). Evolución de los parámetros fisiológicos y hematológicos, según la carga de entrenamiento en ciclistas de ruta de elite de sexo masculino: Estudio longitudinal-G-SE/editorial board/dpto. contenido. PubliCE,