



universidad  
de león



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Curso Académico 2015/2016

EFEECTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD DEL  
ENTRENAMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE TRIATLETAS DE NIVEL  
MEDIO

Effect of exercise intensity distribution on performance in well-trained  
triathletes

Autor: Francisco Javier Rodríguez González

Tutor: José A. Rodríguez Marroyo

Fecha: 04/07/2016

VºBº TUTOR

VºBº AUTOR

A mis padres.

Por inculcarme el deporte y sus valores como estilo de vida.

## ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Objetivos	6
Metodología	6
Sujetos	6
Diseño experimental	7
Test realizados	7
Análisis de las sesiones de entrenamiento	9
Análisis estadístico	9
Resultados	10
Discusión	15
Conclusiones	20
Valoración personal	21
Bibliografía	22
Anexos	27

## RESUMEN

**Objetivo:** El principal objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la distribución de la intensidad del entrenamiento, en el rendimiento de triatletas de nivel medio.

**Método:** En el estudio participaron 20 sujetos (media $\pm$ SD; edad, 22.6 $\pm$ 5.3 años) pertenecientes a diferentes equipos de triatlón. En el estudio se realizaron diferentes test para evaluar el rendimiento aeróbico de triatletas, al inicio y después de 12 semanas de entrenamiento. Los sujetos fueron sometidos a un test incremental máximo hasta el agotamiento para determinar el  $VO_{2max}$  y los umbrales ventilatorios (RCT y VT). Además, se evaluó economía/eficiencia de los triatletas en un test submáximo. Todos los test fueron realizados sobre un tapiz rodante y un cicloergómetro. Además, un test de lactato para analizar el umbral aeróbico y anaeróbico fue realizado en la piscina. Finalmente, la carga de entrenamiento, analizada en base a la frecuencia cardiaca y la percepción de esfuerzo, fue cuantificada durante el periodo de entrenamiento realizado.

**Resultados:** Únicamente se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la velocidad máxima y en el RCT en la prueba de carrera. En el test de bicicleta los sujetos mejoraron ( $p < 0.05$ ) la potencia máxima, y en el RCT y VT ( $p < 0.05$ ). También, el  $VO_2$  y el porcentaje del  $VO_{2max}$  al que se determinaron el RCT y VT fueron mejorados ( $p < 0.05$ ). No se encontraron diferencias significativas en los parámetros analizados en el test de economía de carrera ni de pedaleo. No se hallaron diferencias significativas en la velocidad de nado a 2 y 4 mmol $\cdot$ l $^{-1}$  entre el pre-test y post-test. Diferentes correlaciones tanto positivas como negativas intra e interdisciplinarias fueron analizadas.

**Conclusiones:** Los sujetos analizados seleccionaron una distribución del entrenamiento entre umbrales. Doce semanas de entrenamiento fueron suficientes para inducir mejoras en el rendimiento aeróbico evaluado a través de una prueba de esfuerzo. La carga del entrenamiento se relacionó con el aumento de determinados parámetros analizados en el test de carrera y ciclismo. Por último, interferencias entre la distribución de la intensidad del entrenamiento realizada en una especialidad puede afectar al rendimiento de otra especialidad.

**Palabras clave:** Valoración, capacidad aeróbica, carga de entrenamiento, entrenamiento polarizado, umbral aeróbico y anaeróbico.

## ABSTRACT

**Objective:** This study aimed to analyze the effect of exercise intensity distribution on performance in well-trained triathletes. The study included 20 subjects (mean  $\pm$  SD, age 22.6  $\pm$  5.3 years) belonging to different triathlon's teams. Subjects performed several test to assess triathletes' aerobic fitness before and after a training period of 12 weeks. One incremental maximal oxygen uptake test to fatigue and a submaximal test were performed on a treadmill and on an ergometer to assess running and cycling  $VO_{2max}$ , ventilatory thresholds (RCT and VT) and economy/efficiency. In addition, a lactate test to determine the lactate thresholds was also performed in swimming. Finally, during the training period subjects' training load was calculated based on heart rate and rating of perceived exertion.

**Results:** Significant differences were obtained between tests in treadmill ( $p < 0.05$ ) at the maximum speed and RCT. Maximal power output in the RCT and VT ( $p < 0.05$ ), and  $VO_2$  and the percentage of  $VO_{2max}$  at the RCT and VT improved after the training program ( $p < 0.05$ ) during the ergometer test. No significant differences during the running or pedaling economy test were determined. Neither, performance changes were analyzed in swimming speed at 2  $mmol \cdot l^{-1}$  and 4  $mmol \cdot l^{-1}$ . Both positive and negative correlations, intra and inter-disciplinary, were obtained.

**Conclusions:** Subjects select an intensity distribution between thresholds. A training program of 12 weeks induced improvements in triathletes' aerobic fitness assessed with an incremental test. Training load was related to several aerobic fitness variables measured in the running and bicycling tests. Finally, intensity distribution selected in a sport modality can affect to the performance of other modality.

**Keywords:** *Assessment, aerobic capacity, training load, polarized training, aerobic and anaerobic thresholds.*

## INTRODUCCIÓN

La federación Española de Triatlón a través de su reglamento define el Triatlón como “Deporte combinado y de resistencia, en el cual el deportista realiza tres disciplinas en tres segmentos. Estos son: natación, ciclismo y carrera a pie. El orden es el señalado anteriormente y el cronómetro no se detiene durante el tiempo que transcurra la competición”.

Esta disciplina aparece por primera vez en 1975, en San Diego (EEUU), sin embargo no tiene repercusión hasta que en el año 1977 se celebra en Hawaii, (Mallol et al., 2015), surgió como una apuesta entre marines estadounidenses, como consecuencia de no llegar a un acuerdo para participar en la travesía a nado “Waikiki Rough Water Swim” (3.8 km), la vuelta ciclista “Around the Island Bike Race” (180 km) o correr el “Honolulu Maratón” (42.195 km), por ello el Comandante John Collins decidió unir las tres pruebas en una, cuya dureza extrema llevo a catalogarla como Ironman, hombre de hierro. (Ballesteros., 1987; Cejuela et al., 2007).

Desde los años 70, el triatlón ha evolucionado hasta lo que conocemos en la actualidad, existen multitud de formatos y distancias de competición, que hacen más accesible la práctica de esta modalidad multi-deporte a cualquier tipo de población, que cuente con una base física mínima de preparación, llegando a alcanzar, según los datos obtenidos del registro anual del Consejo Superior de deportes (CSD) el número de 16.539 deportistas federados y 866 clubes en el año 2014 en España (Anexo 1).

Debido a la popularización del triatlón, el entorno científico se ve obligado a estudiar con profundidad y precisión materiales, técnicas y métodos de entrenamiento (Mallol et al., 2015), en concreto, del estudio de los factores de rendimiento que están implicados en el proceso de entrenamiento, con el objetivo de proporcionar un mayor conocimiento en el campo del rendimiento deportivo.

Realizando un análisis exhaustivo de los factores de rendimiento deportivo, clasificados por Morante (1995), en siete categorías, se puede llegar a la conclusión que son muchos los factores que influyen en el éxito deportivo, todos son importantes, pero es necesario enfatizar los que afectan directamente como es la adquisición de una condición física óptima, incidiendo especialmente en el entrenamiento de estas capacidades. (García et al., 2003).

Según García Manso (1999) el entrenamiento deportivo es un “Proceso metodológicamente estructurado por el técnico, que consiste en la aplicación de cargas de trabajo que provocan en el deportista la ruptura de su estado mediante una fatiga controlada, la cual tras una adecuada recuperación permite una vuelta a la situación de normalidad que con el tiempo se transforma en adaptaciones que conducen a una mejora del rendimiento”.

En relación a la definición propuesta anteriormente, la carga de trabajo o entrenamiento, es un concepto que determina la exigencia que provocan los estímulos aplicados en el entrenamiento o competición en el organismo del deportista, estas pueden clasificarse en tres tipos según el nivel en el que influyen: carga externa o física, que hace referencia magnitud o cantidad de entrenamiento (volumen, intensidad, densidad); en cargas internas o funcionales, referenciando a las repercusiones de los estímulos en el organismo del deportista (Frecuencia cardíaca, Concentración de lactato, Consumo de Oxígeno...) y carga psicológica, que es la percepción subjetiva que tiene el deportista de la carga, todos estos términos son necesarios para poder llevar a cabo una cuantificación total del trabajo de entrenamiento (Sylta et al., 2014).

Un método extendido en los estudios que tratan de cuantificar cargas de entrenamiento es el propuesto por Banister (1980) denominado Training Impulse (TRIMP) en el que se establece una relación directa entre la duración y la intensidad del ejercicio desarrollado. Un componente de la carga muy relevante a la hora de cuantificar el entrenamiento a través del TRIMP, es la organización de la carga, en concreto, la distribución que adquiere la intensidad en el propio entrenamiento.

Un modelo útil, fiable y sencillo es el TRIMP propuesto por Foster (2001), que utiliza la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) como indicador importante del grado e individualidad del esfuerzo físico, utilizando la escala de Borg como marcador (Borg et al., 1987), consistente en la realización del producto de la duración del ejercicio multiplicado por el coeficiente otorgado en dicha escala. (Mallol et al., 2015).

Entre otros modelos, el más común es el propuesto por Lucía et al. (1999), que desarrollaron el denominado modelo trifásico de distribución de la intensidad, en el que propusieron tres zonas de entrenamiento en función de la frecuencia cardíaca donde aparecían los umbrales ventilatorios en los deportistas, dependiendo de la intensidad del esfuerzo. Una primera zona (Z1) correspondiente al ejercicio de baja intensidad y rendimiento por debajo del primer umbral ventilatorio (VT), una segunda zona (Z2), correspondiente al ejercicio de intensidad moderada y rendimiento entre el primer umbral

ventilatorio (VT) y el umbral de compensación respiratorio (RCT), y una tercera zona (Z3), correspondiente al ejercicio de intensidad alta y rendimiento por encima del umbral de compensación respiratoria (RCT). (Esteve-Lanao et al., 2007).

Por lo tanto el TRIMP establecido por Lucía et al. (1999) consiste en el producto de la duración del ejercicio multiplicado por un coeficiente dependiente de la zona de intensidad donde se ha realizado el trabajo (Coeficiente 1 al trabajo desarrollado en Z1, coeficiente 2 al trabajo desarrollado en Z2 y coeficiente 3 al trabajo desarrollado en Z3), el único requisito para poder utilizar este es modelo la monitorización y registro continuo de la frecuencia cardiaca. (Cejuela et al., 2011).

El análisis de la distribución de la intensidad del entrenamiento ha sido estudiado en multitud de deportes; en atletismo en pruebas desde los 1500m hasta la maratón (Robinson, 1991), en maratón en sujetos keniatas (Billat, 2001), en corredores de fondo (Midley et al., 2006), además en atletas de élite españoles (Esteve-Lanao et al., 2007), y populares (Muñoz et al., 2014). En deportes acuáticos como la natación (Mújika et al., 1995), en remo (Steinacker, 1998; Ingham, 2008; Guellich et al., 2009; Plews et al., 2014; Tran et al., 2015), o deportes de invierno en esquiadores de fondo (Seiler & Kjerland, 2006; Sylta et al., 2014) y patinadores sobre hielo (Yu et al., 2012; Orié et al., 2014.). Sobre las dos ruedas en ciclistas de ruta (Zapico et al., 2007; Rodríguez-Marroyo, 2007; Ronnestand et al., 2014), de pista (Schumacher & Mueller, 2002), y en triatlón (Hue et al., 2008; Neal, 2011; Neal et al., 2013; Pardo, 2014), en distancia Ironman (Muñoz et al., 2013).

Seiler y Kjerland (2006) muestran dos patrones básicos de distribución de la intensidad del entrenamiento que emergen de la literatura. El modelo de entrenamiento umbral, basado principalmente en la realización del ejercicio en el umbral del lactato ( $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  de lactato en sangre) o segundo umbral ventilatorio, que implica intervalos continuos o de ejercicio de intensidad moderada y que es a menudo definido como entrenamiento en “zona 2” (Stoggl & Sperlich, 2015). Algunos estudios que demuestran mejoras significativas entre los sujetos no entrenados siguiendo esta distribución de la intensidad de entrenamiento son (Kindermann et al., 1979; Denis et al., 1984; Londeree, 1997; Gaskill et al., 2001). En contraste está el modelo de entrenamiento polarizado, basado en la realización de proporciones significativas de entrenamiento a intensidad alta ( $>4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  de lactato en sangre) y baja ( $<2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  de lactato en sangre) y solo una pequeña cantidad de trabajo a intensidad umbral o moderada ( $2 < \text{ o } > 4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  de lactato en sangre), esta distribución es a menudo cuantificada como 80:20, donde el 80-75% del trabajo total se realiza a baja intensidad “zona 1”, el 5% del trabajo se realiza a intensidad umbral “zona 2”, y el 15-20% restante se



realiza a alta intensidad “zona 3” (Stoggl & Sperlich, 2015). Existe un limitado número de publicaciones que lo abordan, (Seiler & Kjerland, 2006; Seiler & Tonnessen, 2009; Esteve-Lanao et al., 2007; Seiler, 2010; Laursen et al., 2010; Neal et al., 2013; Muñoz et al., 2014; Stoggl & Sperlich, 2014; Stoggl & Sperlich, 2015).

## OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo fue determinar la relación existente entre la carga y la distribución de la intensidad del entrenamiento en triatletas de nivel medio y las mejoras ergométricas obtenidas en diferentes test de rendimiento.

Como objetivos secundarios de este trabajo nos planteamos:

- Determinar la evolución del rendimiento aeróbico de los triatletas durante la pretemporada.
- Analizar el entrenamiento realizado por los deportistas atendiendo a la percepción subjetiva del esfuerzo y la frecuencia cardiaca.
- Establecer posibles interacciones negativas entre los entrenamientos de las diferentes modalidades deportivas que componen el triatlón (*i.e.*, natación, carrera y ciclismo).

## METODOLOGÍA

### Sujetos

En el estudio participaron 20 triatletas bien entrenados ( $22.6 \pm 5.3$  años) con una experiencia media de  $3.6 \pm 1$  años en el triatlón. La frecuencia de entrenamiento de los sujetos fue de  $6.2 \pm 3.0$  sesiones por semana. Las sesiones de entrenamiento semanales dedicadas a la natación, ciclismo y carrera fueron de  $2.3 \pm 1.5$ ,  $1.5 \pm 1.0$ ,  $2.4 \pm 1.2$ , respectivamente. La mayoría de los sujetos compitieron principalmente a nivel regional. Todos los triatletas cumplieron como criterio de inclusión en el estudio la obligatoriedad de realizar todas las pruebas de valoración propuestas y rellenar una planilla de control del entrenamiento durante el periodo que duró el estudio. Todos los sujetos fueron informados de los objetivos y procedimientos del estudio, participando de manera voluntaria y dando su consentimiento informado antes del inicio del estudio.

## **Diseño Experimental**

El estudio fue dividido en 2 fases. En la primera fase todos los sujetos fueron sometidos a diferentes test para evaluar el nivel de rendimiento en natación, ciclismo y carrera. Los sujetos realizaron una evaluación inicial (inicio de noviembre) y una evaluación final (mitad del mes de febrero) tras 12 semanas de entrenamiento de pretemporada. Estas evaluaciones estuvieron compuestas por un test progresivo máximo realizado en la piscina, sobre un cicloergómetro y un tapiz rodante. Además, se realizaron como parte del calentamiento, antes de la prueba máxima en el cicloergómetro y tapiz rodante un test submáximo para evaluar la economía de pedaleo y carrera. En la segunda parte del estudio, durante las 12 semanas de pretemporada de los triatletas se monitorizó la carga de trabajo y la intensidad de los entrenamientos realizados por los sujetos en base a la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y frecuencia cardiaca (FC).

## **Test realizados**

Los triatletas realizaron un test progresivo y máximo sobre el tapiz y el cicloergómetro (Anexo 2) para determinar su  $VO_2$ max y sus umbrales ventilatorios, lo cual permitió analizar posteriormente las demandas de los entrenamientos en base a la FC. Además, fueron sometidos a un test submáximo para valorar su economía de carrera y pedaleo. Todos los test fueron realizados en la misma sesión de valoración con una recuperación de 30 min entre ellos. El orden de las pruebas (ciclismo, carrera) fue aleatorizada y se respetó el mismo orden en la valoración final. El test submáximo de ciclismo y carrera se realizó después de un calentamiento estandarizado (8 min a 75W o 8  $km \cdot h^{-1}$  en el test de bicicleta y carrera, respectivamente). Los sujetos descansaron 5 min después del calentamiento y antes de realizar las pruebas máximas. Se recomendó a los sujetos realizar un entrenamiento ligero durante el día anterior a la realización de las pruebas.

El test incremental (Anexo 3) sobre el tapiz rodante (h/p/cosmos Pulsar, h/p/cosmos sports & medical gmbh, Nussdorf, Germany) se inició a una velocidad de 6  $km \cdot h^{-1}$  y se aumentó en 1  $km \cdot h^{-1}$  cada 1 min hasta que los triatletas no pudieron mantener la velocidad fijada. Durante toda la prueba se mantuvo una inclinación del tapiz constante del 1%. El test incremental de ciclismo se realizó sobre un cicloergómetro Lode Excalibur (Lode Medical Technology, Groningen, The Netherlands). El test empezó a 75 W y la carga de trabajo aumentó en 25 W cada minuto hasta que el triatleta no pudo mantener una cadencia de pedaleo de 70 rpm. La FC (Polar Vantage NV, Polar Electro Oy, Finland) y los gases respirados (Medisoft Ergocard, Medisoft Group, Sorinnes, Belgium) fueron medidos a lo largo de los test. Los umbrales

ventilatorios fueron identificados de acuerdo a los siguientes criterios (Davis et al., 1985): incremento del equivalente ventilatorio del oxígeno ( $VE \cdot VO_2^{-1}$ ) y la presión end-tidal del oxígeno sin un incremento concomitante del equivalente ventilatorio del dióxido de carbono ( $VE \cdot VCO_2^{-1}$ ) para el umbral ventilatorio (VT), y un incremento del  $VE \cdot VO_2^{-1}$  y  $VE \cdot VCO_2^{-1}$  junto con la disminución de la presión end-tidal del dióxido de carbono para el umbral de compensación respiratoria (RCT).

La prueba de economía (Anexo 4) de carrera consistió en correr a  $13 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  (~70% del  $VO_{2\text{max}}$ ) durante 4 min. La inclinación del tapiz en todas las pruebas fue del 1% para simular así el gasto energético debido a la resistencia del viento (Jones y Doust., 1996). El intercambio de gases (Medisoft Ergocard, Medisoft Group, Sorinnes, Belgium) y la FC (Polar Team, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) fueron registradas continuamente. Para el análisis de datos únicamente se tuvo en cuenta el promedio de los 2 últimos minutos de la prueba. La economía de carrera se expresó en  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$  y se calculó el ratio entre el  $VO_{2\text{max}}$  y la economía de carrera propuesto por Storen et al. (2011).

El test de economía de pedaleo se realizó a una potencia de 215 W (~70% del  $VO_{2\text{max}}$ ) y su duración fue de 4 min. Los triatletas eligieron su cadencia de pedaleo preferida y se requirió que la mantuvieran durante toda la prueba y en los 2 test realizados en el estudio. De igual modo, y para evitar el impacto del costo metabólico por la modificación de la postura de los sujetos durante el test, estos usaron la misma postura (posición erguida con manos sobre las manetas del cicloergómetro) (Heil et al., 1997). La FC (Polar Team, Polar Electro Oy, Kempele, Finland), potencia (Lode Excalibur, Lode Medical Technology, Groningen, The Netherlands),  $VO_2$  y  $VCO_2 \cdot VO_2^{-1}$  (Medisoft Ergocard, Medisoft Group, Sorinnes, Belgium) fueron monitorizados durante toda la prueba, y promediados en los 2 últimos minutos. La eficiencia gruesa fue calculada siguiendo la metodología propuesta por Coyle et al. (1992). La economía de pedaleo fue calculada como el ratio entre el trabajo desarrollado y los litros de  $O_2$  consumidos y fue expresada en  $\text{kJ} \cdot \text{l}^{-1}$  (Moseley et al., 2004).

La prueba de valoración de natación se realizó en piscina cubierta de 25 m de longitud. El protocolo establecido estaba compuesto por un calentamiento estándar para todos los sujetos de 600 metros, ritmo suave, y el test utilizado estaba basado en la propuesta de Mader et al. (1976) que consistía en la realización de dos series de 200 metros, con una pausa intermedia de 20 min de descanso entre ambos. La primera serie se llevó a cabo a una velocidad estimada del 80% del tiempo de su mejor marca personal del año sobre la distancia de 200 metros y la segunda serie se realizó al 100%, es decir al máximo de las posibilidades del sujeto. Se realizó una toma de lactato en la oreja, 1 minuto después de finalizar cada repetición. Se registraron los tiempos obtenidos con un cronómetro manual

(Finis 3x100 Stopwatch, Girona, España) y la concentración de lactato en sangre (Lactate Pro, Lactecoes, London, UK) para ambas intensidades.

### **Análisis de las sesiones de entrenamiento**

Durante las 12 semanas que duró el estudio se analizó el esfuerzo realizado por los sujetos en todos los entrenamientos realizados en base a la FC y la RPE. La FC de todos los entrenamientos de carrera y ciclismo fue grabada cada 5 s (Polar Team II, Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Posteriormente, usando un software específico (Polar Pro Trainer, Polar Electro Oy, Finland), los datos fueron descargados a un ordenador para determinar la intensidad del esfuerzo a través de la FC analizada. Tres zonas de intensidad de esfuerzo fueron establecidas en función de los valores de FC correspondientes al VT y RCT (Lucía et al., 1999; Rodríguez-Marroyo et al., 2009, 2012): zona 1 (Z1) por debajo del VT (zona de baja intensidad), zona 2 (Z2) entre el VT y RCT (zona de moderada intensidad) y zona 3 (Z3) por encima del RCT (zona de alta intensidad). Estas zonas fueron utilizadas para calcular la carga de entrenamiento multiplicando el tiempo de permanencia en Z1, Z2, y Z3 por las constantes 1, 2, y 3, respectivamente (Rodríguez-Marroyo et al., 2009, 2012). Además, la percepción subjetiva del esfuerzo fue obtenida usando la escala de Borg (Borg et al., 1987) aproximadamente 30 minutos después del final de todas las sesiones de entrenamiento (i.e., natación, carrera y ciclismo) (Foster et al., 2001). Se calculó la carga de entrenamiento en función de esta variable multiplicando las puntuaciones de la RPE por la duración de los entrenamientos en minutos (Foster et al., 2001; Rodríguez-Marroyo et al., 2012). Los días que los sujetos no entrenaron se consideraron con una carga de entrenamiento 0.

### **Análisis estadístico**

Los resultados se expresan como media  $\pm$  desviación estándar (SD). Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de la muestra. Los resultados obtenidos en los test iniciales y finales fueron comparados usando una prueba *t* de Student para muestras relacionadas. Las relaciones entre variables fueron determinadas usando el coeficiente de correlación de Pearson (*r*). La magnitud de las correlaciones fue evaluada atendiendo al siguiente criterio:  $<0.3$ , pequeña;  $0.3-0.5$ , moderada y  $>0.5$ , grande. Valores de  $p < 0.05$  fueron considerados como estadísticamente significativos. El software estadístico SPSS+ v.19.0 fue usado para este análisis.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas máximas realizadas en el tapiz rodante. Únicamente se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la velocidad máxima y en el RCT entre ambas pruebas.

Tabla 1. Resultados (media $\pm$ SD) de las pruebas realizadas en el tapiz rodante.

	Test 1	Test 2
Velocidad <sub>max</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	19.1 $\pm$ 1.1	19.8 $\pm$ 1.2*
VO <sub>2max</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	61.5 $\pm$ 8.0	63.3 $\pm$ 8.7
FC <sub>max</sub> (ppm)	191 $\pm$ 10	190 $\pm$ 9
Velocidad <sub>RCT</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	14.9 $\pm$ 1.2	15.4 $\pm$ 1.4*
VO <sub>2RCT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49.7 $\pm$ 7.7	51.3 $\pm$ 9.1
% VO <sub>2max</sub>	80.6 $\pm$ 5.1	81.0 $\pm$ 6.8
FC <sub>RCT</sub> (ppm)	172 $\pm$ 10	170 $\pm$ 9
RPE <sub>RCT</sub>	5.5 $\pm$ 1.1	5.7 $\pm$ 1.2
Velocidad <sub>VT</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	11.2 $\pm$ 1.2	11.5 $\pm$ 1.0
VO <sub>2VT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	37.5 $\pm$ 5.1	38.5 $\pm$ 5.8
% VO <sub>2max</sub>	61.1 $\pm$ 6.3	60.9 $\pm$ 4.8
FC <sub>RVT</sub> (ppm)	147 $\pm$ 11	146 $\pm$ 10
RPE <sub>VT</sub>	2.9 $\pm$ 0.8	3.0 $\pm$ 0.6

RCT, umbral de compensación respiratoria; VT, umbral ventilatorio; RPE, percepción subjetiva del esfuerzo. \*, diferencias significativas entre tests ( $p < 0.05$ ).

Los triatletas mejoraron su rendimiento en el test máximo de bicicleta tras las 12 semanas de pretemporada (Tabla 2). Mejoraron significativamente ( $p < 0.05$ ) la potencia máxima, en el RCT y VT. De la misma manera, se incrementó ( $p < 0.05$ ) el VO<sub>2</sub> y el porcentaje del VO<sub>2max</sub> al que se determinaron el RCT y VT.

Tabla 2. Evolución de los resultados (media $\pm$ SD) obtenidos en el test de esfuerzo realizado en el cicloergómetro.

	Test 1	Test 2
Potencia <sub>max</sub> (W)	363.4 $\pm$ 38.1	380.6 $\pm$ 32.7*
Potencia <sub>max</sub> (W·kg <sup>-1</sup> )	5.5 $\pm$ 0.7	5.7 $\pm$ 0.6*
VO <sub>2max</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	57.3 $\pm$ 5.3	59.8 $\pm$ 8.2
FC <sub>max</sub> (ppm)	183 $\pm$ 13	183 $\pm$ 11
Potencia <sub>RCT</sub> (W)	277.5 $\pm$ 32.3	291.3 $\pm$ 29.6*
Potencia <sub>RCT</sub> (W·kg <sup>-1</sup> )	4.2 $\pm$ 0.5	4.4 $\pm$ 0.6*
VO <sub>2 RCT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	46.1 $\pm$ 4.6	48.9 $\pm$ 7.8*
% VO <sub>2max</sub>	80.6 $\pm$ 5.4	81.8 $\pm$ 5.8
FC <sub>RCT</sub> (ppm)	166 $\pm$ 15	164 $\pm$ 11
RPE <sub>RCT</sub>	6.1 $\pm$ 1.1	5.7 $\pm$ 1.0
Potencia <sub>VT</sub> (W)	178.7 $\pm$ 18.6	195.0 $\pm$ 25.1*
Potencia <sub>RCT</sub> (W·kg <sup>-1</sup> )	2.7 $\pm$ 0.4	3.0 $\pm$ 0.5*
VO <sub>2VT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	34.1 $\pm$ 3.4	37.5 $\pm$ 6.4*
% VO <sub>2max</sub>	59.7 $\pm$ 4.9	62.8 $\pm$ 6.1*
FC <sub>VT</sub> (ppm)	142 $\pm$ 17	142 $\pm$ 14
RPE <sub>VT</sub>	3.0 $\pm$ 0.7	3.0 $\pm$ 0.5

RCT, umbral de compensación respiratoria; VT, umbral ventilatorio; RPE, percepción subjetiva del esfuerzo. \*, diferencias significativas entre tests ( $p < 0.05$ ).

No se encontraron diferencias significativas en los parámetros analizados en el test de economía de carrera (Tabla 3) y pedaleo (Tabla 4). Únicamente se obtuvo una menor ( $p < 0.05$ ) FC en el test de ciclismo realizado tras la pretemporada (Tabla 4).

Tabla 3. Resultados (media $\pm$ SD) obtenidos en el test submáximo de carrera.

	<b>Test 1</b>	<b>Test 2</b>
VO <sub>2</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	44.2 $\pm$ 4.8	43.4 $\pm$ 4.8
FC (ppm)	156 $\pm$ 13	152 $\pm$ 10
Economía (ml·kg <sup>-1</sup> ·km <sup>-1</sup> )	203.5 $\pm$ 21.9	200.5 $\pm$ 22.3
VO <sub>2max</sub> ·economía <sup>-1</sup>	0.303 $\pm$ 0.272	0.316 $\pm$ 0.270
RPE	2.8 $\pm$ 1.1	2.5 $\pm$ 0.8

RPE, percepción subjetiva del esfuerzo.

Tabla 4. Resultados (media $\pm$ SD) obtenidos en el test submáximo de ciclismo.

	<b>Test 1</b>	<b>Test 2</b>
VO <sub>2</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	39.8 $\pm$ 4.3	41.1 $\pm$ 5.4
FC (ppm)	149 $\pm$ 18	143 $\pm$ 15*
Eficiencia Gruesa (%)	23.5 $\pm$ 1.8	23.0 $\pm$ 1.7
Economía (kJ·l <sup>-1</sup> )	4.9 $\pm$ 0.4	4.8 $\pm$ 0.4
RPE	3.4 $\pm$ 0.9	3.1 $\pm$ 0.8

RPE, percepción subjetiva del esfuerzo. \*, diferencias significativas entre tests ( $p < 0.05$ ).

En el test progresivo de natación (Tabla 5), no se hallaron diferencias significativas en la velocidad de nado a 2 mmol·l<sup>-1</sup> (1.00 $\pm$ 0.11 vs. 1.03 $\pm$ 0.10 m·s<sup>-1</sup>) y 4mmol·l<sup>-1</sup> (1.09 $\pm$ 0.12 vs. 1.10 $\pm$ 0.11 m·s<sup>-1</sup>) entre el pre-test y post-test.

Tabla 5. Resultados (medias $\pm$ SD) obtenidos del test progresivo Natación

	<b>Test 1</b>	<b>Test 2</b>
LT <sub>1</sub> (m·s <sup>-1</sup> )	1.00 $\pm$ 0.11	1.03 $\pm$ 0.10
LT <sub>2</sub> (m·s <sup>-1</sup> )	1.09 $\pm$ 0.12	1.10 $\pm$ 0.11

LT<sub>1</sub>, Umbral Láctico 1; LT<sub>2</sub>, Umbral Láctico 2

Durante el periodo de entrenamiento que duró el estudio se analizaron un total de  $74.8 \pm 35.9$  sesiones de entrenamiento;  $28.1 \pm 17.4$  de natación,  $17.5 \pm 11.9$  de ciclismo y  $29.1 \pm 14.2$  de carrera. El volumen de entrenamiento medio por sesión fue de  $69.7 \pm 27.5$ ,  $104.0 \pm 23.7$  y  $45.8 \pm 8.1$  min en natación, ciclismo y carrera, respectivamente. El porcentaje de trabajo de los triatletas en las diferentes zonas de intensidad de esfuerzo analizadas en los entrenamientos de ciclismo fue  $63.0 \pm 25.6$ ,  $31.7 \pm 21.8$  y  $5.3 \pm 8.0\%$  en Z1, Z2 y Z3, respectivamente. El tiempo medio por sesión de permanencia en Z1, Z2 y Z3 fue  $66.7 \pm 31.0$ ,  $37.6 \pm 24.9$  y  $6.3 \pm 9.7$  min. La distribución del entrenamiento en las sesiones de carrera siguió el siguiente patrón:  $32.6 \pm 19.9$  ( $15.2 \pm 7.9$  min),  $48.9 \pm 19.4$  ( $24.5 \pm 13.8$  min) y  $18.4 \pm 16.0\%$  ( $0.7 \pm 1.0$  min) en Z1, Z2 y Z3, respectivamente. La carga de entrenamiento analizada en base a la FC fue mayor ( $p < 0.05$ ) en las sesiones de entrenamiento de ciclismo ( $160.9 \pm 53.2$ ) frente a la hallada en las sesiones de carrera ( $65.7 \pm 25.0$ ).

La intensidad del entrenamiento media analizada en base a la RPE fue de  $4.8 \pm 1.7$  en las sesiones de natación,  $5.3 \pm 1.4$  en los entrenamientos de ciclismo y  $5.8 \pm 1.4$  en los entrenamientos de carrera. La carga de entrenamiento cuando se halló atendiendo a la metodología de la RPE disminuyó en el siguiente orden:  $576.9 \pm 223.5$ ,  $364.8 \pm 185.2$  y  $263.6 \pm 68.6$  en ciclismo, natación y carrera, respectivamente.

El volumen total de entrenamiento de ciclismo, RPE y carga de entrenamiento calculada en base a la RPE se correlacionaron con el aumento del  $VO_2$  y porcentaje del  $VO_{2max}$  al que se identificaron el RCT ( $r = 0.56-0.59$ ,  $p < 0.05$  y  $r = 0.63-0.76$ ,  $p < 0.01$ ) y VT ( $r = 0.69-0.76$ ,  $p < 0.01$  y  $r = 0.66-0.73$ ,  $p < 0.001$ ). Por el contrario estas variables se relacionaron negativamente ( $p < 0.05$ ) con el aumento del rendimiento en la eficiencia gruesa ( $r = -0.45- -0.57$ ) y economía de pedaleo ( $r = -0.45- -0.52$ ). El tiempo total de trabajo en Z3 durante los entrenamientos de ciclismo se correlacionó significativamente ( $p < 0.05$ ) con los porcentajes de cambio del  $VO_{2max}$  ( $r = -0.52$ ), de la potencia en el RCT ( $r = 0.62$ ), y con el porcentaje del  $VO_{2max}$  al que aparece este umbral ( $r = 0.56$ ). El tiempo total de entrenamiento en Z1 se correlacionó negativamente con el cambio analizado en la eficiencia gruesa ( $r = -0.57$ ,  $p < 0.05$ ) y la economía de pedaleo ( $r = -0.50$ ,  $p < 0.05$ ). Similares relaciones se encontraron entre la carga de entrenamiento acumulada durante las 12 semanas de estudio y la eficiencia gruesa y economía de pedaleo ( $r = -0.62$  y  $-0.65$ ,  $p < 0.05$ , respectivamente). Se analizaron interacciones negativas entre el porcentaje de trabajo medio en Z3 en los entrenamientos de carrera y el cambio observado en el  $VO_{2max}$  de la prueba de ciclismo ( $r = -0.50$ ,  $p < 0.05$ ). Así mismo, la carga de trabajo media



analizada en los entrenamientos de carrera afectó al porcentaje de cambio analizado en el RCT ( $r=-0.53$ ,  $p<0.05$ ).

El volumen total de carrera, RPE y carga de entrenamiento en base a la RPE se relacionó significativamente ( $p<0.05$ ) con el aumento del porcentaje del  $VO_{2max}$  al que se identificó el RCT ( $r=0.51$ ,  $0.47$  y  $0.46$ ). El tiempo total de entrenamiento de carrera en Z2 se relacionó ( $p<0.01$ ) con el cambio detectado en el test de carrera en el  $VO_2$  al que aparece el VT ( $r=0.65$ ) y el porcentaje respecto al  $VO_{2max}$  ( $r=0.66$ ). El tiempo total de trabajo en bicicleta en Z2 afectó negativamente a las mejoras de la velocidad máxima ( $r=-0.74$ ). También el tiempo promedio en Z1 de los entrenamientos de ciclismo afectó negativamente a la mejora del  $VO_{2max}$  medido en el tapiz ( $r=-0.57$ ,  $p<0.05$ ).

Por último, únicamente la intensidad media de los entrenamientos realizados en la piscina evaluada a través de la RPE se correlacionó con el porcentaje de cambio en la velocidad de nado a  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $r=0.49$ ,  $p<0.05$ ).

## DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este trabajo de investigación fue que la distribución de la intensidad del entrenamiento que siguieron los sujetos durante todo el periodo de estudio no fue asociada a un modelo de distribución del entrenamiento de tipo polarizado, este modelo sigue un patrón de distribución de la intensidad basado en dedicar la mayoría del tiempo de trabajo en Zona 1 (ejercicio de baja intensidad, rendimiento por debajo del primer umbral ventilatorio), aproximadamente el 80% del total, y una pequeña proporción del trabajo en Zona 3 (ejercicio de alta intensidad, rendimiento por encima del umbral de compensación respiratoria), aproximadamente el 20% del total, abandonando por completo el trabajo entre umbrales en Zona 2 (Esteve-Lanao et al., 2007).

En nuestro caso, la distribución de la intensidad del entrenamiento fue correspondida o asociada a un modelo de tipo umbral, es decir, los sujetos dedicaron la mayor parte del tiempo de entrenamiento a ejercicios en Zona 2, según Esteve-Lanado et al, (2007) a intensidad moderada-alta, comprendida entre el umbral ventilatorio (VT) y el umbral de compensación respiratoria (RCT), en concreto en la disciplina de carrera en porcentaje se obtuvo 32.6, 48.9 y 18.4%, mientras que en la disciplina de ciclismo fue 63.0, 31.7 y 5.3% en Z1, Z2 y Z3 respectivamente, por lo tanto no se ha conseguido alcanzar una proporción tiempo de trabajo a intensidades correspondientes al 80:20% en Zona 1 y Zona 3.

Autores como Muñoz et al, (2014) se ha encargado de comparar los modelos de distribución de la intensidad llegando a la conclusión de que ambos producen mejoras en el rendimiento, tanto el entrenamiento con distribución umbral (45-35-20; en Z1, Z2, Z3) un 3,5%, como el entrenamiento con distribución polarizado (75-5-20; en Z1, Z2, Z3) 5%, siguiendo la misma dinámica, otros estudios como el publicado por Neal et, al (2013) también analizaron las diferencias entre ambos modelos demostrando que se producen mayores adaptaciones adoptando entrenamiento polarizado durante 6 semanas en comparación con entrenamiento umbral, es decir, el primero es más óptimo para la capacitación de adaptaciones a corto plazo, según este estudio la eficacia del entrenamiento polarizado respecto al umbral es mejor debido a la mayor recuperación entre sesiones, una recuperación aguda en Zona 1 es más rápida que en Zona 2, sin embargo la recuperación de una sesión de entrenamiento en Zona 3 no es muy diferente a Zona 2, pero trabajando en Zona 3 se producen como ya habíamos citado anteriormente mejores adaptaciones fisiológicas y más grandes en comparación con entrenamiento en Zona 2, con recuperación similar, es decir estimulando mayores beneficios y considerada como estrategia más eficaz por este autor, además Seiler y Kjerland (2006) y Plews et al. (2014) aportan que el

entrenamiento polarizado reduce el estrés simpático y por lo tanto según Foster et al, (2001) puede reducir el riesgo de sobreentrenamiento.

Los sujetos tuvieron una frecuencia media de entrenamiento regular de 6,2 sesiones por semana durante todo el periodo de estudio; aun así, existe una gran variabilidad interindividual a la hora de contabilizar el número de sesiones totales. Todos los sujetos tenían un nivel de rendimiento medio, pero tanto algunos sujetos de nivel superior dedicaron un mayor frecuencia de entrenamiento, otros por causas externas no entrenaron tan frecuentemente. La disciplina que más veces por semana se entrenó fue la carrera a pie con una frecuencia media de 2,4 sesiones, la siguiente más practicada fue la natación 2,3 sesiones y en último lugar el ciclismo con 1,44 sesiones, esto puede ser debido a las condiciones ambientales y climatología adversa del entorno donde se llevó a cabo el estudio, que no permitía realizar muchas sesiones ni grandes volúmenes de entrenamiento sobre la bicicleta. El tiempo medio de entrenamiento por sesión fue de 69 min en natación. 104 en ciclismo y 45 min en carrera a pie, donde se observaron menores diferencias interindividuales.

En relación a los resultados obtenidos en los test máximos, y realizando un análisis comparativo entre las pruebas iniciales y finales, se ha observado que se han producido mejoras significativas en tapiz rodante en los parámetros de velocidad máxima y velocidad donde aparece el umbral de compensación respiratoria. Estas mejoras a nivel de rendimiento pueden ser debidas al simple hecho de entrenar después de un periodo de descanso y realizar los primeros test en las primeras semanas de pretemporada, independientemente del tipo de entrenamiento, cargas o distribución de la intensidad desarrolladas durante todo el estudio. Estas mejoras de rendimiento no son acompañadas con cambios significativas en el patrón fisiológico de los sujetos, estos datos hacen pensar que 12 semanas de estudio son insuficientes para provocar en el organismo adaptaciones tanto centrales como periféricas, que se reflejen de forma clara en la ergoespirometría realizada durante los test, además el hecho de que los sujetos siguieran un modelo de entrenamiento umbral, es decir, dedicando la mayor parte del tiempo de trabajo en Zona 2, puede ser otra de las causas por las que variables fisiológicas como el consumo de oxígeno no tuvieron modificaciones significativas en tan corto plazo, estudios que apoyan este hecho son los de Helgerud et al. (2007) que proponen que entrenamientos de alta intensidad aeróbica, es decir en Zona 3, aumentan el consumo de oxígeno en comparación con trabajo de volumen y baja intensidad (Zona 1), tanto como en el entrenamiento umbral (Zona 2), donde se mantiene sin cambios; además según Álvarez (2014) el entrenamiento interválico de alta intensidad, denominado HIIT, en el cual se gasta un gran porcentaje de tiempo en Zona 3, es el más adecuado para inducir mejoras en el consumo de oxígeno; para Midgley

(2006) el consumo de oxígeno es considerado uno de los factores más importantes que determinan el rendimiento en pruebas de resistencia, por lo tanto este autor expone que cada sujeto, para obtener mejoras óptimas en el consumo de oxígeno debe entrenar a una determinada intensidad dependiendo de su nivel de rendimiento, fijando que en sujetos bien entrenados, como nos interesa en nuestro caso, es necesario dedicar el tiempo de trabajo de los entrenamientos a intensidades correspondidas entre 70-80%  $VO_{2max}$ , mientras en sujetos de nivel élite entre el 95-100%; en comparación con estos datos, los sujetos analizados mostraron tener el umbral anaeróbico al 81%  $VO_{2máx}$  esto nos hace deducir que nuestros sujetos deberían de haber pasado más tiempo de trabajo en torno al umbral de compensación respiratoria o por encima del mismo (Z2-Z3), en la misma línea Seiler y Tonnesen (2009) promulgan que una distribución de la intensidad 80:20, polarizado, provoca mayores adaptaciones a largo plazo. En nuestro estudio el volumen, la carga y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) se ha correlacionado positivamente con el incremento del porcentaje del  $VO_2$  al que se indica el umbral de compensación respiratoria o anaeróbico, por el contrario el trabajo dedicado en Zona 2 se ha correlacionado de manera positiva con el aumento del  $VO_2$  en el umbral ventilatorio o aeróbico, así como incremento del porcentaje al que se indica dicho umbral.

Siguiendo la misma dinámica, los resultados obtenidos en los test máximos de cicloergómetro, realizando el análisis entre pruebas iniciales y finales donde también ha quedado notorio que se han producido mejoras en el rendimiento, demostrado con la mejora sustancial de los parámetros de potencia máxima al final de la prueba de esfuerzo y potencia que se alcanza en los umbrales, VT y RCT, esto puede ser debido igual que en los test de tapiz a que los sujetos se encontraban en una fase inicial de desentrenamiento después de un periodo vacacional y todo entrenamiento les proporciona una mejora considerable, que además no se asocian a cambios en variables fisiológicas como el consumo de oxígeno máximo o frecuencia cardiaca, por factores como los que hemos citado anteriormente en la disciplina de carrera. Además, hay que tener en cuenta un dato importante, que muestra cambios significativos en la mejora del  $VO_2$  en el umbral aeróbico, así como el aumento del porcentaje al que aparece dicho umbral respecto al consumo máximo de oxígeno, este hecho puede ser consecuencia gracias a la elevada cantidad de volumen de trabajo que se ha realizado en esta disciplina en Zona 1, en total un 63% a intensidades relativamente bajas, por debajo del VT o umbral aeróbico, también se han encontrado correlaciones positivas al comparar el volumen, la carga y la percepción subjetiva del esfuerzo con mejoras en el  $VO_2$  en el umbral de compensación respiratoria y el aumento del porcentaje al que se indica este mismo umbral, esto puede ser consecuencia de otra correlación positiva que ha demostrado que el tiempo que ha se ha pasado en Zona

3 durante los entrenamientos de ciclismo ha beneficiado a la mejora de las variables anteriores, el  $VO_2$  y la potencia en el umbral anaeróbico, el porcentaje al que aparece este umbral

Los resultados obtenidos en la piscina, tras la realización del test de las dos velocidades de Mader (1979), no se distinguen mejoras significativas en los sujetos al comparar los umbrales lácticos entre pruebas iniciales y finales, puede deberse según Seiler y Tonnesen (2009) a que en deportes de alto componente técnico como la natación, piragüismo y esquí, la realización de altos volúmenes de trabajo son necesarios para lograr un dominio técnico de la disciplina, así como adaptaciones fisiológicas. Otro estudio, de Mújika et al. (1995) correlacionó la mejora del rendimiento en natación con el aumento de la carga de entrenamiento o training impulse (TRIMP), en nuestro caso y de acuerdo con el autor anterior creemos que para conseguir ciertas adaptaciones en los diferentes parámetros es necesario realizar trabajo de volumen que proporciona la técnica óptima complementado con trabajo alta intensidad; debido a ello, en nuestro estudio hemos encontrado una correlación positiva entre la intensidad media obtenida a través de la percepción subjetiva del esfuerzo y las mejoras en el la velocidad a la que aparece el segundo umbral láctico.

En cuanto al test submáximo en tapiz rodante y cicloergómetro, no se encontraron mejoras significativas, ni en la economía de carrera ni en la en la eficiencia de pedaleo, en consonancia con Stoggl y Sperlich (2014) donde compararon modelos de entrenamiento polarizado y umbral, no se encontraron diferencias en economía entre las pruebas iniciales y finales. Otros investigadores como Seiler y Tonnesen (2009) en una revisión bibliográfica determinan que varios son los estudios que han utilizado tanto el  $VO_{2max}$  como la eficiencia de trabajo o economía para diferenciar el impacto del entrenamiento, pero los resultados obtenidos son dispares, algunos de ellos no muestran adaptaciones periféricas ni centrales como es nuestro caso, de acuerdo con Nummela (2007) que dicta que estos parámetros han de medirse en un estado estable y a velocidad submáxima, que es una variable dependiente de factores tales como fisiológicos, biomecánicos, antropométricos y ambientales, en este estudio un factor concluyente especialmente en la disciplina de ciclismo ha sido la carga de entrenamiento, el volumen y la percepción subjetiva del esfuerzo de los sujetos, también el tiempo de trabajo dedicado a la Zona 1 o por debajo del primer umbral ventilatorio, que se correlacionaron negativamente con la economía y eficiencia de pedaleo, creemos que la fatiga acumulada durante el periodo pretemporada donde el acumulo de gran carga de entrenamiento puede ser la razón del estancamiento producido en este parámetro, además, según Basset y Howley (2000) en su estudio relacionaron inversamente que un incremento o aumento del consumo de oxígeno, producía una disminución o meseta en la economía y eficiencia y viceversa, consideramos que es necesario introducir entrenamientos

complementarios tanto de técnica de carrera como de pedaleo, también de acondicionamiento físico de fuerza y flexibilidad que son propicios para inducir mejoras más destacadas en esta variable.

Analizando en detalle las posibles interacciones entre las diferentes disciplinas, se ha demostrado que el entrenamiento de la natación no ha influido ni positiva ni negativamente sobre las otras disciplinas, mientras que se han observado interferencias negativas entre la carrera y el ciclismo y viceversa. El entrenamiento de carrera en Zona 3, por encima del umbral de compensación respiratoria ha influido de manera negativa en el consumo máximo de oxígeno en los test de ciclismo, desde la perspectiva contraria el tiempo de entrenamiento en ciclismo en Zona 2, entre umbrales, ha perjudicado a la velocidad máxima en la prueba en el test máximo de carrera a pie, además el tiempo que se ha dedicado en Zona 1, por debajo del umbral ventilatorio aeróbico ha influido negativamente al consumo de oxígeno máximo también en el test de carrera máximo.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se han obtenido en este estudio han sido las siguientes:

- Los triatletas analizados en este trabajo seleccionaron una distribución del entrenamiento entre umbrales. Aproximadamente, el 30% de trabajo se realizó en esta zona.
- Una pretemporada de 12 semanas de duración en los sujetos analizados fue suficiente para valorar cambios en el rendimiento aeróbico (incremento de la potencia máxima y en los umbrales) de las pruebas de carrera y bici.
- Un incremento de la carga de entrenamiento, analizada en base a la RPE, influyó positivamente en la mejora del rendimiento en la carrera y en el ciclismo. La ausencia de mejoras en el rendimiento en la prueba de natación posiblemente sean debidas a la orientación del entrenamiento realizado en esta especialidad. La mayoría de los triatletas que participaron en este estudio orientaron su entrenamiento a la mejora técnica.
- La distribución de la intensidad del entrenamiento seleccionada en una especialidad puede afectar al rendimiento de otra especialidad. Así, el trabajo a alta intensidad en carrera afectó al rendimiento obtenido en ciclismo. Del mismo modo, el trabajo entre umbrales en ciclismo afectó negativamente a las mejoras obtenidas en la carrera. Una correcta distribución de la intensidad del entrenamiento debe ser realizada con el objetivo de no interferir el aumento del rendimiento entre estas modalidades deportivas.

## VALORACIÓN PERSONAL

El triatlón es un deporte que forma parte de mi vida, que me apasiona y que llevo practicando de forma activa un lustro, por ello la propia motivación intrínseca que me generaba este deporte me condicionó en el momento de la elección de realizar este estudio.

Este trabajo de tipo experimental y/o investigación que he desarrollado gracias a mi tutor José A. Rodríguez Marroyo, surgió con el fin de dar respuesta a ciertas inquietudes que transcurrían por mi cabeza, para poder llevar a cabo el estudio con validez y fiabilidad apareció la necesidad de utilizar y recordar conceptos, conocimientos, métodos, procedimientos, técnicas, adquiridos en una multitud de asignaturas cursadas durante los estudios de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, tales como fisiología biomecánica, teoría y metodología del entrenamiento, planificación del entrenamiento, valoración de la condición física y deportes individuales como natación, ciclismo y atletismo, que en conjunto forman las tres disciplinas que componen el triatlón, pero además también apareció la necesidad de conocer y ampliar en profundidad todo lo que ya conocía o no había tenido la suerte de aprender anteriormente, a base de buscar, investigar, leer y volver a empezar de nuevo, porque nunca se sabe todo y siempre hay algo nuevo que aprender.

En mi caso, la curiosidad de conocer al detalle los diferentes métodos y posibilidades de entrenamiento para esta disciplina deportiva y poder asegurar de primera mano, de una forma objetiva, fiable, rigurosa a través de la experiencia propia, adquirida tanto durante la fase de revisión bibliográfica que me ha hecho comprender de forma teórica todos estos aspectos, como de forma práctica a través de la fase experimental de la investigación, que globalmente me han proporcionado la consolidación de dichos conocimientos teóricos así como una soltura y fluidez para aplicar procedimientos prácticos.

Además del propio interés, una de las razones añadidas que me han llevado a desarrollar este estudio es la utilidad que puede ejercer todos los conocimientos y técnicas que he adquirido en el ámbito profesional del rendimiento deportivo, considero que me puede aportar conocimientos acerca de la planificación, valoración y control de los sujetos y adoptar estrategias o conductas concordes a los resultados obtenidos tanto de este estudio de investigación como de la literatura citada.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez, I. (2014). El entrenamiento interválico de alta intensidad para el rendimiento deportivo. Universidad del País Vasco, Trabajo Fin de Grado.
2. Ballesteros, J. (1987). El libro del triatlón. Madrid, España: Arthax S.L
3. Banister, E. & Calvert, T. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 5(3):170-6.
4. Bassett, D. R. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1): 70-84.
5. Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic Interval Training. *Sports Medicine*, 31(1): 13-31.
6. Borg, G.P., Hassmen, P. & Lagerstrom, M. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56: 679-685.
7. Coyle, E.F., Sidossis, L.S., Horowitz, J.F. & Beltz, J.D. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24:782-788.
8. Cejuela, R., Pérez, J.A., Villa, J.G., Cortel, M. & Rodríguez-Marroyo, J.A. (2007). Análisis de los factores de rendimiento en triatlón distancia sprint. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2 (2): 1-25.
9. Cejuela, R. & Seiler, S. (2011). Training load quantification in triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2 (6): 218-232.
10. Davis, J.A. (1985). Anaerobic threshold: a review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(1): 6-21.
11. Esteve-Lanao, J., San Juan, A.F., Earnest, C.P., Foster, C. & Lucía, A. (2005). How do endurance runners actually train? Relationships with the competition performance. *Medicine Science of Sport Exercise*, 37: 496-504.
12. Esteve- Lanao, J., Foster, C., Seiler, S. & Lucía, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21: 943-949.
13. Foster, C., Florhaug, J.A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge, C. A. (2001). New approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15: 109-115.

14. Gaskill, S.E., Walker, A.J., Serfass, R.A., Bouchard, C., Gagnon, J., Rao, D.C., Skinner J.S., Wilmore, J.H. & Leon, A.S. (2001). Changes in ventilatory threshold with exercise training in a sedentary population: the heritage family study. *International Journal of Sports Medicine*, 22 (8): 586–92.
15. García, D. & Herrero, J. (2003). El triatlón: un acercamiento a sus orígenes ya los factores que determinan su rendimiento. *Efdeportes*, 9, 66.
16. García Manso, J., Caballero, J. A. & Navarro, M. (1996). Bases teóricas del entrenamiento deportivo: principios y aplicaciones. Madrid, España: Gymnos.
17. Guellich, A., Seiler, S. & Emrich, E. (2009). Training methods and intensity distribution of young world-class rowers. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 4: 448-460.
18. Heil, D.P., Derrick, T.R. & Whittlesey, S. (1997). The relationship between preferred and optimal positioning during submaximal cycle ergometry. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75:160-165.
19. Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M. & Hoff, J. (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.
20. Hue, O., Galy, O. & Le Gallais, D. (2006). Exercise intensity during repeated days of racing in professional triathletes. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 31: 250–255.
21. Ingham, S.A., Carter, H., Whyte, G.P. & Doust, J.H. (2008). Physiological and performance effects of low- versus mixed-intensity rowing training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40: 579-584.
22. Jones, A.M. & Doust, J.H. (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *Journal of Sports Sciences*. 14 (4): 321-327.
23. Kindermann, W. Simon, G. & Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic determination of work load intensities during endurance training. *European Journal Applied Physiology*, 42: 25–34.
24. Londeree, B.R. (1977). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Medicine Science and Sports Exercise*, 29: 837–843.
25. Lucía, A., Hoyos, J., Carvajal, A. & Chicharro, J.L. (1999). Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *International Journal of Sports Medicine*, 20: 167-172.
26. Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philipp, H., Rost, R., Schurch, P. & Hollman, W. (1979). Zur beurteilung der sportart spezifischen ausdauerleistungsfähigkeit im labor sportarzt. *Sportmed*, 27 (80-88): 109-112.

27. Mallol, M., Cámara, J., Calleja-González, J., Yanci, J. & Mejuto, G. (2015). El Triatlón y el control de la carga mediante la percepción del esfuerzo. *Arch Med Deporte*, 32(3): 94-98.
28. Midgley, A. W., McNaughton, L. R. & Wilkinson, M. (2006). Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? *Sports Medicine*, 36(2): 117-132.
29. Morante, J. C. (1995). La técnica como medio en el proceso de entrenamiento. Red: revista de entrenamiento deportivo, 8(4), 23-27.
30. Moseley, L., Achten, J., Martin, J.C. & Jeukendrup, A.E. (2004). No differences in cycling efficiency between world-class and recreational cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 25:374-379.
31. Mujika, I., Chatard, J.C., Busso, T., Geysant, A., Barale, F. & Lacoste, L. (1995). Effects of training on performance in competitive swimming. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20: 395–406.
32. Muñoz, I., Cejuela, R., Seiler, S., Larumbe, E. & Esteve-Lanao, J. (2013). Training Intensity Distribution During an Ironman Season: Relationship With Competition Performance. *International Journal Sports Physiology and Performance*, 9: 332 -339.
33. Muñoz, I., Seiler, S., Bautista, J., España, J., Larumbe, E. & Esteve-Lanao, J. (2014). Does polarized training improve performance in recreational runners?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2): 265-272.
34. Neal, C.M., Hunter, A.M. & Galloway, S. (2011). A 6-month analysis of training-intensity distribution and physiological adaptation in Ironman triathletes. *Journal of Sports Sciences*, 29(14): 1515–1523.
35. Neal, C. M., Hunter, A. M., Brennan, L., O'Sullivan, A., Hamilton, D. L., DeVito, G. & Galloway, S. D. (2013). Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 114(4): 461-471.
36. Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(2): 1-10.
37. Nummela, A., Keranen, T. & Mikkelsen, L. O. (2007). Factors related to top running speed and economy. *International Journal of Sports Medicine*, 28(8): 655-661.
38. Orié, J., Hofman, N., de Koning, J. J. & Foster, C. (2014). Thirty-eight years of training distribution in olympic speed skaters. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9: 93-99.
39. Pardo, J. (2014). Efecto de la carga del entrenamiento en el rendimiento ergométrico de triatletas aficionados. Universidad de León, Trabajo Fin de Máster.

40. Plews, D.J., Laursen, P.B., Kilding, A.E. & Buchheit, M. (2014). Heart rate variability and training-intensity distribution in elite rowers. *International Journal of Sports Physiological Performance*, 9: 1026–1032.
41. Robinson, D., Robinson, S., Hume, P. & Hoppkins, W. (1991). Training intensity of elite male distance runners. *Medicine and Science and Sport Exercise*, 9 (23): 1078-1082.
42. Rodríguez-Marroyo, J.A., García-López, J., Juneau, C.E. & Villa, J.G. (2009). Workload demands in professional multi-stage cycling races of varying duration. *British Journal of Sports Medicine*, 43: 180-185.
43. Rodríguez-Marroyo J.A., Villa G., García-López J. & Foster, C. (2012). Comparison of heart rate and session rating of perceived exertion methods of defining exercise load in cyclists. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8):2249-2257.
44. Rønnestad, B. R., Hansen, J. & Ellefsen, S. (2014). Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(1), 34-42.
45. Schumacher, Y.O. & Mueller, P. (2002). The 4000-m team pursuit cycling world record: theoretical and practical aspects. *Medicine Science of Sports Exercise*, 34: 1029–1036.
46. 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.
47. Seiler, S. & Kjerland, G.O. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is the re-evidence for an “optimal” distribution? *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports*, 16 (1): 49–56.
48. Seiler, S. & Tønnessen, E. (2009). Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training. *Sport Science*, 13: 32–53.
49. Stöggl, T. & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology*, 33(5): 1-9.
50. Stöggl, T. & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in physiology*, 295(6): 1-14.
51. Storen, O., Helgerud, J. & Hoff, J. (2011). Running stride peak forces inversely determine running economy in elite runners. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (1): 117-123.
52. Steinacker, J.M., Lormes, W., Lehmann, M. & Altenburg, D. (1998). Training of rowers before world championships. *Medicine Science of Sports Exercise*, 30: 1158–1163.
53. Sylta, Ø., Tønnessen, E. & Seiler, S. (2014). From heart-rate data to training quantification: A comparison of 3 methods of training-intensity analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9: 100-107.

54. Tran, J., Rice, A.J., Main, L.A. & Gatin, P. (2015). Profiling the Training Practices and Performance of Elite Rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10: 572-580.
55. Yu, H., Chen, X., Zhu, W. & Cao, C. (2012). A Quasi-Experimental Study of Chinese Top-Level Speed Skaters' Training Load: Threshold Versus Polarized Model. *International Journal Sports Physiology and Performance*, 7(2): 103-112.
56. Zapico, A.G., Calderon, F.J., Benito, P.J., Gonzalez, C.B., Parisi, A. & Pigozzi, F. (2007). Evolution of physiological and haematological parameters with training load in elite male road cyclists: a longitudinal study. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2 (47): 191–196.

## ANEXOS

ANEXO 1. Modalidades, distancias de competición y categorías del triatlón, obtenido del reglamento de la Federación Española de Triatlón 2016.

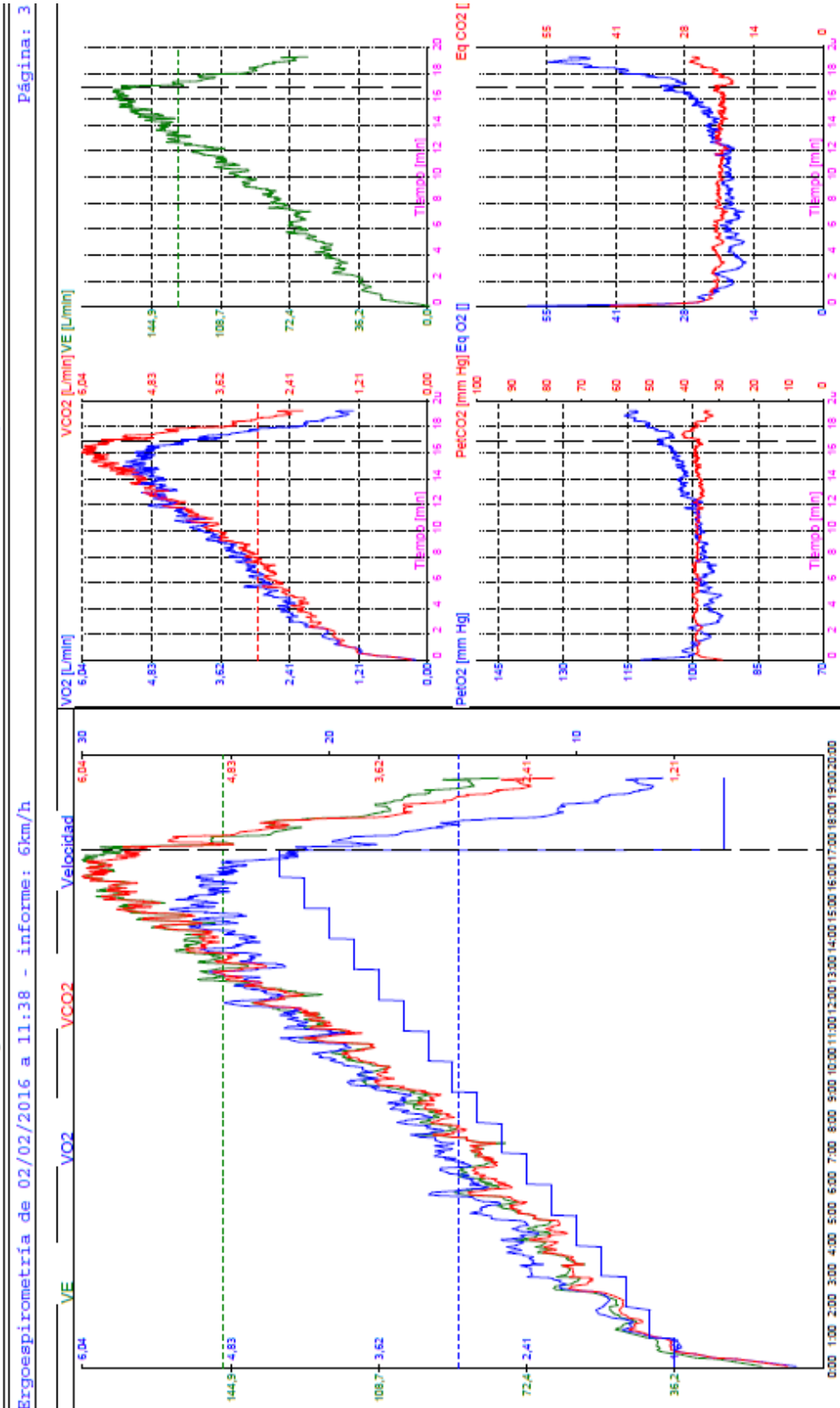
	Natación	Ciclismo	Carrera
Triatlón	1,5 km	40 km	10 km
Triatlón Flash	150 m	4 km	1 km
Triatlón SuperSprint	250 a 500 m	6,5 a 13 km	1,7 a 3,5 km
Triatlón Sprint	750 m	20 km	5 Km
Triatlón Media Distancia	1,9 a 3 km	80 a 90 km	20 a 21 km
Triatlón Larga Distancia	1 a 4 km	100 a 200 km	10 a 42,2 km
Relevo	250 a 300 m	5 a 8 km	1,5 a 2 km

15 – 17 años	Cadete
18 – 19 años	Júnior
20 – 23 años	Sub 23
40 – 49 años	Veterano 1
50 – 59 años	Veterano 2
60 o más años	Veterano 3

ANEXO 2. Pruebas de esfuerzo sobre cicloergómetro y tapiz rodante.



ANEXO 3. Comportamiento de las variables ergoespirométricas analizadas durante los test incrementales máximos realizados.





ANEXO 4. Comportamiento de las variables ergoespirométricas analizadas durante los test submaximales realizados.

Ident. : triatlion  
 Fecha nacim. : 04/12/1995  
 Méd. cabec. :  
 Tabaquismo:  
 Operador:

Peso: 63,9 kg  
 FEV1 [L]: 4,19 L  
 Fact. BTPS: 1,11  
 Humedad: 36,0 %

Ergoespirometría de 02/02/2016 a 11:30 - informe: traje

Página: 2

