



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Efectos de la distribución de la intensidad de  
entrenamiento en triatletas populares de larga  
distancia: modelo polarizado y modelo entre  
umbrales

Sergio Sellés Pérez



Tesis

**Doctorales**

[www.eltallerdigital.com](http://www.eltallerdigital.com)

UNIVERSIDAD de ALICANTE



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA GENERAL Y DIDÁCTICAS  
ESPECÍFICAS

FACULTAD DE EDUCACIÓN

**EFFECTOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD DE  
ENTRENAMIENTO EN TRIATLETAS POPULARES DE LARGA  
DISTANCIA: MODELO POLARIZADO Y MODELO ENTRE  
UMBRALES**

**SERGIO SELLÉS PÉREZ**

TESIS PRESENTADA PARA ASPIRAR AL GRADO DE DOCTOR POR LA  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

DOCTORADO EN INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

**DIRIGIDA POR:**  
Dr. ROBERTO CEJUELA ANTA





**“La vida es como montar en bicicleta. Para mantener el equilibrio hay que seguir pedaleando”**

Universitat d'Alacant  
ALBERT EINSTEIN  
Universidad de Alicante



## **AGRADECIMIENTOS**

Soy consciente de que la presentación de esta tesis doctoral hubiese sido imposible de no ser por la gran ayuda que he recibido por parte de muchas personas. Espero poder agradecerlos en el futuro con algo más que estas palabras todo el apoyo que he recibido de vuestra parte.

A mis padres, Pepe y Marga, por darme la mejor educación y apoyarme en todas las decisiones que he ido tomando a lo largo de estos años.

A mi hermano pequeño, Alejandro, me esfuerzo por intentar ser un buen ejemplo para él.

A Patri, mi compañera de viaje, habría sido imposible sacar todo adelante sin su apoyo todos estos años.

Al resto de mi familia, todos se han preocupado mucho por mí y me han facilitado las cosas a lo largo de estos años.

A mis amigos “de toda la vida”, porque pasan los años y siguen estando ahí para lo que haga falta.

A mis compañeros de departamento que se han interesado por esta tesis doctoral y me han resuelto varias dudas en todo el proceso de escritura. Vuestra pregunta “¿Cómo va la tesis?” y los ánimos que me habéis dado a lo largo de estos meses han sido importantes para mí.

A mi vicedecano, Juanma Cortell, por confiar en mí y mostrarme siempre un gran apoyo.

A Alberto, por sus horas de maquetación. Una suerte tener amigos como él.

A Luis de Frutos, por controlar gran parte de los entrenamientos de natación.

A Alberto Ferriz, porque empezamos este camino juntos y siempre ha estado disponible para echarme una mano y resolver mis dudas.

A nuestro nutricionista, José Miguel Martínez Sanz, por el asesoramiento nutricional prestado y por preparar la estrategia de alimentación durante la competición.

A Jonathan Esteve-Lanao, por todas sus aportaciones en esta tesis doctoral, por la ayuda con el plan de entrenamiento y por la bibliografía recomendada.

A Pepe Fernández, por ayudarme con todo el proceso estadístico y con las correcciones de la tesis. Espero que sigamos trabajando en muchos más proyectos juntos en el futuro.

A todos los deportistas que participaron en esta tesis doctoral y que han confiado plenamente en nuestro sistema de entrenamiento. Gracias a vuestro esfuerzo se ha podido realizar este trabajo.

A Roberto Cejuela, mi director de tesis, por darme la oportunidad de compartir experiencias únicas en el mundo del triatlón. Él creyó que era capaz de hacer esta tesis doctoral antes de que yo mismo lo hiciese. "All in your mind", amigo.

Esta tesis está respaldada por los siguientes trabajos:

Congresos internacionales:

- Sellés-Pérez, S; Cejuela, R; *Evolution of anthropometric variables and body composition of polarized training model vs threshold training distribution*. XV world conference on kinanthropometry. Universidad Católica de Murcia 2014.
- Sellés-Perez, S.; Esteve-Lanao, J.; Ferriz-Valero, A.; Fernandez-Saez, J.; Cejuela, R. *Training intensity distribution for 5 months: relationship with a half Ironman event performance*. III World Conference of Science in Triathlon. INSEP, París (Francia) 2015.

Artículos:

- Sellés-Pérez., S; Cejuela, R; *La importancia de la distribución de la intensidad en el entrenamiento*. Sport Training Magazine. Julio-agosto 2017.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## ÍNDICE GENERAL

<b>0. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
1.1 EL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO.....	23
1.1.1 Principios generales del entrenamiento deportivo.....	24
1.1.2 Concepto y componentes de la carga de entrenamiento.....	26
1.1.3 La orientación de la carga de entrenamiento .....	30
1.1.4 Planificación y periodización del entrenamiento deportivo.....	30
1.1.4.1 El afinamiento o puesta a punto.....	34
1.1.5 Cuantificación de la carga de entrenamiento.....	36
1.1.5.1 Métodos de cuantificación en función de la fatiga percibida .....	37
1.1.5.2 Trimps (impulsos de entrenamiento).....	38
1.1.5.3 Cuantificación por potencia .....	40
1.1.5.4 Variabilidad de la frecuencia cardiaca.....	40
1.1.5.5 Unidades de entrenamiento.....	42
1.1.5.6 Equivalentes de carga objetiva y subjetiva (ECOs).....	44
1.1.6 Tendencias de entrenamiento en deportes de resistencia .....	46
1.1.6.1 Entrenamiento de baja intensidad y alto volumen (HVT) .....	49
1.1.6.2 Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) .....	52
1.1.6.3 Entrenamiento entre umbrales (THR) .....	53
1.1.6.4 Entrenamiento Polarizado (POL) .....	55
1.1.8 El entrenamiento de fuerza en deportes de resistencia.....	57
1.2 TRIATLÓN DE LARGA DISTANCIA: ORIGEN, EVOLUCIÓN Y FACTORES DE RENDIMIENTO. ....	60
1.2.1 Antecedentes y evolución histórica del triatlón .....	60
1.2.2 Características generales del triatlón.....	64
2.2.2.1 El segmento de natación .....	65
2.2.2.2 El segmento de ciclismo .....	66
2.2.2.3 El segmento de carrera a pie .....	66
2.2.2.4 Transiciones: Natación-Bici (T1) Bici-Carrera (T2) .....	67
1.2.3 Evolución del triatlón popular en España. ....	68
1.2.4 Factores de rendimiento en el triatlón de larga distancia. ....	78
1.2.4.1 El consumo máximo de oxígeno (VO <sub>2</sub> Max).....	79
1.2.4.2 El umbral ventilatorio 2 (VT2) .....	83
1.2.4.3 La eficiencia energética .....	84
1.2.4.4 La capacidad y la potencia anaeróbica .....	87
1.2.4.5 Alimentación e hidratación .....	88
1.2.4.6 Factores ambientales: Termorregulación durante el ejercicio .....	91
1.2.4.7 Exigencia muscular durante el triatlón de larga distancia .....	92
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>95</b>
<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>99</b>
3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y CRONOGRAMA. ....	101
3.2 PARTICIPANTES .....	104
3.3 DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ENTRENAMIENTO.....	105
3.3.1 Entrenamiento de base.....	106
3.3.2 Entrenamiento grupo polarizado .....	108
3.3.3 Entrenamiento grupo entre umbrales. ....	111

3.3.4 Entrenamiento de fuerza .....	114
3.4 TEST.....	116
3.4.1 Test de natación.....	117
3.4.2 Test de ciclismo .....	118
3.4.3 Test de carrera a pie .....	120
3.4.4 Test de 3000 metros.....	121
3.4.5 Composición corporal.....	122
3.5 DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE ENTRENAMIENTO Y CONTROL DEL ENTRENAMIENTO.....	123
3.6 LA COMPETICIÓN MEDIO IM .....	127
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	127
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>129</b>
4.1 DATOS DE LOS PARTICIPANTES, MORTALIDAD EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL ENTRENAMIENTO.....	131
4.2 RESULTADOS DE LOS TEST .....	134
4.2.1 Test de natación.....	134
4.2.2 Test de ciclismo .....	135
4.2.3 Test de carrera a pie.....	143
4.2.4 Test de 3000 metros .....	149
4.2.5 Composición corporal.....	150
4.3 RESULTADOS RELACIONADOS CON EL RENDIMIENTO EN LA COMPETICIÓN .....	151
4.3.1 Intensidad durante la competición.....	151
4.3.2 Correlaciones entre la distribución del tiempo de entrenamiento y el rendimiento en competición.....	155
4.3.3 Correlaciones entre los test de rendimiento y el resultado en la competición.....	157
4.3.4 Rendimiento total en la competición.....	161
4.3.5 Distribución del tiempo de la prueba por segmentos.....	165
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>167</b>
5.1 RENDIMIENTO EN LOS TEST Y COMPOSICIÓN CORPORAL DE LOS DEPORTISTAS.....	169
5.1.1 Test de natación.....	173
5.1.2 Test de ciclismo .....	175
5.1.3 Test de carrera a pie .....	179
5.1.4 Test de 3000 metros.....	181
5.1.5 composición corporal.....	182
5.2 EL RENDIMIENTO EN LA COMPETICIÓN DE MEDIO IM .....	184
5.2.1 Intensidad durante la competición.....	187
5.2.2 Correlaciones entre la distribución del tiempo de entrenamiento y el rendimiento en competición.....	187
5.2.3 Correlaciones entre los test de rendimiento y el rendimiento en la competición.....	190
5.2.4 Rendimiento total en la competición.....	193
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>195</b>
<b>7. LIMITACIONES Y PROPUESTAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>199</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>203</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>230</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Principios especializados del entrenamiento (Adaptado de Issurin, 2014)</i>	25
<i>Tabla 2: Jerarquía y duración de las unidades de la periodización cíclica del entrenamiento. (Issurin, 2014)</i>	31
<i>Tabla 3: Diferencias principales del diseño del entrenamiento basado en el enfoque clásico y el concepto de periodización por bloques. (Adaptado de Issurin, 2007)</i>	33
<i>Tabla 4: Escala de percepción de esfuerzo. (Adaptada de Foster et al., 2001)</i>	38
<i>Tabla 5: Sistema original de Trimps (Banister &amp; Calvert, 1980)</i>	39
<i>Tabla 6: Modelo matemático propuesto para calcular el TSS (Allen &amp; Coggan, 2010)</i>	40
<i>Tabla 7: Unidades de entrenamiento. Nivel de intensidad y su cociente de multiplicación. (Mujika et al., 1996)</i>	43
<i>Tabla 8: Zona de entrenamiento, zonas fisiológicas y cocientes de multiplicación en los ECOs (Cejuela &amp; Esteve-Lanao, 2011)</i>	45
<i>Tabla 9: Justificación de los cocientes de cada modalidad para cuantificar en ECOs (Cejuela &amp; Esteve-Lanao, 2011)</i>	45
<i>Tabla 10: Escala de referencia de ECS (Cejuela &amp; Esteve-Lanao, 2011)</i>	46
<i>Tabla 11: Zona de entrenamiento de la resistencia y tiempo aproximado de entrenamiento en cada zona. (Adaptado de Esteve-Lanao, Cejuela &amp; Luarca en Naclerio, 2010)</i>	48
<i>Tabla 12: Evolución histórica del triatlón.</i>	61
<i>Tabla 13: Pruebas y distancias en triatlón. (Adaptado de Cejuela Anta, 2009)</i>	64
<i>Tabla 14: Número de licencias federativas de triatlón en España por autonomía y sexo. (CSD, 2016)</i>	70
<i>Tabla 15: Evolución del número de participantes y de los tiempos finales de los ganadores y ganadoras de la pruebas de Arenales 113. (Fuente FETRICV Web)</i>	77
<i>Tabla 16: Cronograma de la fase experimental de la tesis doctoral.</i>	102
<i>Tabla 17: Resumen de la carga y el volumen de entrenamiento del periodo de base.</i>	107
<i>Tabla 18: Resumen de la carga y el volumen de entrenamiento promedio completado por el grupo POL.</i>	110
<i>Tabla 19: Resumen de la carga y el volumen de entrenamiento promedio completado por el grupo THR.</i>	112
<i>Tabla 20: Ejercicios realizados para el entrenamiento de la fuerza.</i>	115
<i>Tabla 21: Cálculo de las zonas de natación por ritmo.</i>	124
<i>Tabla 22: Zona de entrenamiento y RPE asociada.</i>	125
<i>Tabla 23: RPE asociada al % de 1 RM (Pincivero et al., 2003)</i>	126
<i>Tabla 24: Descripción de los datos referidos a los participantes.</i>	131
<i>Tabla 25: Comparación del tiempo y de la carga de entrenamiento entre los dos grupos.</i>	133
<i>Tabla 26: Parámetros físicos relacionados con el rendimiento en el segmento de ciclismo.</i>	138
<i>Tabla 27: Parámetros fisiológicos relacionados con el rendimiento en el segmento de ciclismo.</i>	139
<i>Tabla 28: Variables físicas relacionadas con el rendimiento en el segmento de carrera a pie.</i>	145
<i>Tabla 29: Variables fisiológicas relacionadas con el rendimiento en el segmento de carrera a pie.</i>	146

<i>Tabla 30: Cambios en la composición corporal por grupo.</i>	150
<i>Tabla 31: Tiempos promedio (segundos) durante la competición en cada fase fisiológica</i>	151
<i>Tabla 32: Correlación de los tiempos de entrenamiento (segundos) en cada fase fisiológica con tiempo total de competición y el tiempo de cada segmento.</i>	156
<i>Tabla 33: Correlación entre la marca de 800 metros en natación con el tiempo total de la prueba y con el segmento de natación.</i>	157
<i>Tabla 34: Correlación entre la marca de 3000 metros de carrera a pie con el tiempo total de la prueba y con el segmento de carrera a pie.</i>	158
<i>Tabla 35: Correlación entre las variables antropométricas con el tiempo total de la prueba y con el tiempo de cada segmento.</i>	158
<i>Tabla 36: Correlación de las variables físicas y fisiológicas de los test de ciclismo con el tiempo total de la competición y con el tiempo del segmento de ciclismo.</i>	160
<i>Tabla 37: Correlación de las variables físicas y fisiológicas de los test de carrera a pie con el tiempo total de la competición y con el tiempo del segmento de carrera a pie.</i>	160



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Ley de umbral o ley Schultz Arnodt</i>	29
<i>Figura 2: Evolución del número de licencias por año y sexo. (CSD, 2016)</i>	69
<i>Figura 3: Distribución del número de clubes federados por autonomía. (CSD, 2016)</i>	69
<i>Figura 5: Comparativa número de participantes totales de pruebas IM en cada continente. ( Fuente Ironman Web)</i>	72
<i>Figura 6: Comparativa del promedio de participantes por prueba en cada continente. (Fuente Ironman Web)</i>	72
<i>Figura 7: Comparativa número de pruebas distancia IM por continente. (Fuente Ironman Web)</i>	73
<i>Figura 8: Distribución de las pruebas por continente de las pruebas IM. (Fuente Ironman Web)</i>	73
<i>Figura 9: Comparativa de la distribución total de participantes de IM70.3 por continente entre los años 2008 y 2015. (Fuente Ironman Web)</i>	74
<i>Figura 10: Distribución de números de participantes promedio por prueba IM 70.3 por continente. (Fuente Ironman Web)</i>	75
<i>Figura 11: Comparativa número de pruebas Ironman 70,3 por continente. (Fuente Ironman Web)</i>	75
<i>Figura 12: Distribución de los participantes de la prueba Arenales 113 (2014) por categorías.</i>	77
<i>Figura 13: Edad donde se alcanza el pico máximo de rendimiento en triatlón según distancia y sexo. (Adaptado de Knechtle et al.,2014)</i>	78
<i>Figura 14: Valores de VO<sup>2</sup> Max. relativos de referencia de la población élite en diferentes disciplinas deportivas. (Cejuela &amp; Esteve-Lanao, en Naclerio, 2010)</i>	81
<i>Figura 16: Horas totales de entrenamiento por semanas del periodo de base.</i>	108
<i>Figura 17: Distribución de la carga semanal de entrenamiento por segmento durante el periodo de base.</i>	108
<i>Figura 18: Horas totales de entrenamiento por semana en el grupo POL.</i>	110
<i>Figura 19: Distribución de los ECOs por semana en cada segmento en el grupo POL.</i>	111
<i>Figura 20: Horas totales de entrenamiento por semana del grupo THR.</i>	113
<i>Figura 21: Distribución de los ECOs por semana en cada segmento en el grupo THR.</i>	113
<i>Figura 41: Distribución de la intensidad de competición. Grupo THR.</i>	152
<i>Figura 42: Distribución de la intensidad del segmento de natación. Grupo POL.</i>	152
<i>Figura 43: Distribución de la intensidad del segmento de natación. Grupo THR.</i>	153
<i>Figura 44: Distribución de la intensidad del segmento de ciclismo. Grupo POL.</i>	153
<i>Figura 45: Distribución de la intensidad del segmento de ciclismo. Grupo THR.</i>	154
<i>Figura 46: Distribución de la intensidad del segmento de carrera a pie. Grupo POL.</i>	154
<i>Figura 47: Distribución de la intensidad del segmento de carrera a pie. Grupo THR.</i>	155



## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

bLA	Concentración de lactato
Ck	Creatina quinasa
Cm	centímetros
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CSD	Consejo superior de deportes
ds	Desviación estándar
ECOs	Equivalentes de carga objetiva
ECS	Equivalentes de carga subjetiva
FC	Frecuencia cardiaca
FETRI	Federación Española de Triatlón
GE	Grupos de Edad
HIIT	Entrenamiento interválico de alta intensidad
HRV	Variabilidad de la frecuencia cardiaca
HVT	Entrenamiento de baja intensidad y alto volumen
IM	Ironman
ITU	Federación internacional de triatlón
JJOO	Juegos olímpicos
Kg	Kilogramos
Km	Kilómetros
Km/h	Kilómetros por hora
m	Metros
min	Minutos
mMol	milimol
MPLA	Máxima producción de lactato
O <sub>2</sub>	Oxígeno
PAM	Potencia aeróbica máxima
P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub>	Presión final de dióxido de carbono

$P_{ET} O_2$	Presión final de oxígeno
POL	Entrenamiento polarizado
PRO	Categoría élite
RM	Repetición máxima
RPE	Percepción subjetiva del esfuerzo
THR	Entrenamiento entre umbrales
TOLA	Tolerancia al lactato
TRIMPS	Impulsos de entrenamiento
TSS	Training stress score
v	Velocidad
VAM	Velocidad aeróbica máxima
VE	Equivalente ventilatorio
$VE \cdot VCO_2$	Equivalente ventilatorio de dióxido de carbono
$VE \cdot VO_2$	Equivalente ventilatorio de oxígeno
$VO_2$	Consumo de oxígeno
$VO_2$ Max	Consumo de oxígeno máximo
VT1	Primer umbral ventilatorio
VT2	Segundo umbral ventilatorio
<VT1	Por debajo del primer umbral ventilatorio
VT1-VT2	Entre el primer y el segundo umbral ventilatorio
>VT2	Por encima del segundo umbral ventilatorio
W	Vatio

# 0.INTRODUCCIÓN



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## 0. INTRODUCCIÓN

Esta tesis doctoral surge fruto de mi interés por el mundo de entrenamiento deportivo. Pongo en duda que existan muchas áreas de conocimiento en las que se genere la extraña sensación de que a medida que más aprendes y profundizas en ella más parece que tu desconocimiento hacia esa materia aumenta. Pues bien, esto es lo que me lleva ocurriendo con el entrenamiento deportivo desde que comencé a estudiarlo en la universidad. Un mundo de cambio continuo y que necesita de constante actualización, hecho que sin duda te hace intentar superarte y esforzarte para profundizar más en él y así poder evolucionar como entrenador.

El entrenamiento deportivo, si se realiza un símil con el mundo de la medicina, se podría entender como una especie de “píldora o pastilla” que aplicada en su justa medida provocará una adaptación en el organismo que elevará los niveles de rendimiento físico.

No se puede afirmar que haya recetas “mágicas” cuando de entrenamiento deportivo se habla, entre otros motivos porque cuando se trabaja con personas cada una de ellas es diferente y tiene unas características individuales y una predisposición hacia la práctica del ejercicio físico diferente. Esta predisposición o facilidad hacia el ejercicio estará condicionada por factores genéticos, ambientales y sociales.

Aunque en el mundo del deporte no existan esas “recetas mágicas” sí que existe un largo camino recorrido a nivel científico, gracias al trabajo de numerosos investigadores que han tratado de dar respuesta a cuál es la dosis más adecuada de entrenamiento y cuál es la que producirá más adaptaciones fisiológicas y por tanto mayores incrementos en el rendimiento. Estas investigaciones se han multiplicado en las últimas décadas por el interés creciente de la sociedad hacia la práctica de actividad física y deporte. Reflejo de este aumento de interés es el incremento exponencial de participación en eventos y pruebas de resistencia como por ejemplo el triatlón de larga distancia.

Gracias a esas investigaciones los entrenadores ya disponen de una amplia base con la que poder desarrollar sus entrenamientos. Ya tenemos evidencia suficiente sobre numerosos aspectos que provocan el desarrollo de las capacidades físicas y por tanto aumentan el rendimiento. Ejemplo de ello es el papel fundamental que juega la intensidad del ejercicio dentro de las sesiones de entrenamiento o la importancia de acumular volúmenes elevados a baja intensidad en la preparación para pruebas de resistencia, incluso cuando el tiempo de la prueba es mucho menor que el tiempo de una sesión de entrenamiento. Pero ¿cuánto tiempo tengo que dedicar a realizar entrenamientos de elevada intensidad? ¿qué intensidad es la más adecuada? ¿influirá el nivel del deportista a la hora de distribuir la intensidad del entrenamiento? ¿se debe distribuir la intensidad de la misma manera en función de la prueba que se está preparando?. La respuesta a estas preguntas ya es más concreta y no existe un consenso definitivo sobre ellas en la literatura científica, siendo la propia experiencia de los entrenadores la que acaba por decidir sobre estos asuntos.

Con esta tesis doctoral, se pretende intentar ayudar a los entrenadores a la hora de encontrar la distribución óptima del entrenamiento para preparar un evento concreto de larga distancia y con deportistas populares. Las conclusiones extraídas de la misma no buscan considerarse como reglas universales y no deberían extrapolarse a deportistas con diferente nivel y tampoco a otras modalidades deportivas y a otros ámbitos del mundo de la actividad física y el deporte.



# 1. MARCO TEÓRICO

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 El entrenamiento deportivo.

El entrenamiento deportivo ha sido definido por diversos autores a lo largo de las últimas décadas. Se puede entender como un proceso complejo de actividades, planificadas y estructuradas, encaminadas a los objetivos del desarrollo del estado del rendimiento deportivo y la exhibición en situaciones de verificación deportiva, especialmente en las competiciones (Dietrich, Carl, & Lehnertz, 2001).

El entrenamiento deportivo, desde el punto de vista fisiológico, puede interpretarse como un proceso causa efecto o estímulo-reacción. La ejecución de un contenido de entrenamiento, de acuerdo a un programa planificado y dosificado, produce estímulos de movimiento que llevan a adaptaciones morfológicas, funcionales, bioquímicas y psicológicas en el organismo (Miethe, 1981). Con el entrenamiento sometemos a nuestro organismo a una carga o tensión de trabajo, de intensidad, duración y frecuencia suficiente para producir un efecto de rendimiento observable y medible, es decir, una mejora de las funciones que se están entrenando (Astrand & Rodahl, 1986).

Otra definición desde el punto de vista fisiológico más reciente es la aportada por Vrijens (2006). Este autor define el entrenamiento como la repetición de estímulos funcionales que tiene por objeto el desarrollo de la forma y la función del órgano. También señala que por entrenamiento se entiende la preparación de las capacidades físicas, técnicas, tácticas y psíquicas del atleta por medio de las actividades deportivas.

Para finalizar, en su sentido más estricto, se define como la “aplicación de cargas físicas a través de ejercicios físicos con la intención de asegurar una participación satisfactoria en la competición” (Issurin, 2014).

A lo largo de las anteriores definiciones se ha podido comprobar cómo el entrenamiento deportivo se trata de un proceso complejo y multifactorial, cuyo objetivo fundamental es alcanzar un nivel superior al de partida en una capacidad o habilidad determinada y cuyo fin último sería la demostración de dicha habilidad o capacidad en el rendimiento deportivo o competición, buscando así la perfección en el deporte seleccionado. Para que esto se produzca, es necesaria una correcta planificación del entrenamiento. Este término involucrará las medidas necesarias para optimizar, estabilizar y reducirla capacidad de rendimiento, así como la coordinación estructurada de todas estas medidas a corto y largo plazo de realización, planificación y corrección del entrenamiento enfocadas en última instancia a la optimización del rendimiento deportivo (Clemente, 2010; Zintl, 1991).

### **1.1.1 Principios generales del entrenamiento deportivo**

Los principios generales del entrenamiento deportivo son una serie de pautas y reglas, a través de las cuales se dirigen las acciones de los entrenadores y deportistas a la hora de elaborar los esquemas del entrenamiento. La utilización correcta de dichos principios dará como resultado una mejor organización y definición de los contenidos de entrenamientos (Bompa & Haff, 2009; Dietrich et al., 2001).

Existen diferentes clasificaciones de los principios del entrenamiento. Algunos autores realizan una extensa clasificación, superando los 30 principios generales del entrenamiento y diferenciando entre principios pedagógicos y metodológicos (Dietrich et al., 2001). Sin embargo, Vladimir Issurin (2014), en una versión más actualizada de estos principios, reduciéndolos a únicamente 5: Especialización, variedad, interacción de la carga y diseño del ciclo de entrenamiento. En el cuadro siguiente se presentan los llamados “principios especializados del entrenamiento deportivo” con más detalle.

Tabla 1: Principios especializados del entrenamiento (Adaptado de Issurin, 2014)

<b>Principios especializados del entrenamiento</b>	
<b>Especialización</b>	<p>En las primeras fases del desarrollo del deporte olímpico, los deportistas eran capaces de combinar varios deportes. Incluso algunos combinaban los juegos olímpicos de verano y los de invierno o deportes individuales con deportes colectivos. La evolución natural del deporte de competición ha eliminado esta universalidad.</p> <p>El deporte moderno requiere de deportistas muy especializados y altamente motivados para conseguir su objetivo principal en su planificación a largo plazo.</p>
<b>Individualización</b>	<p>Cada deportista posee su propia combinación de capacidades físicas y mentales, que marcarán su desarrollo y su progresión a nivel deportivo. Es tarea del entrenador detectar esas características para elevarlas a su máximo exponente. Además de ello debe reconocer y posiblemente intentar compensar los inconvenientes individuales que presenten y que trabajan en contra de ellos en comparación con otros deportistas. Por último también deberá escoger aquellas competiciones o disciplinas en las que el deportista pueda conseguir los mejores resultados.</p>
<b>Variedad</b>	<p>Según la norma de acomodación, cuanto más acostumbrado esté un deportista a un estímulo menor será su respuesta y por consiguiente, será menor su progresión. Además de ello el sentido común aboga por realizar sesiones diferentes de entrenamiento, con el empleo de nuevos materiales, nuevos ejercicios, nuevos espacios de trabajo, etc. con el objetivo de establecer un programa de entrenamiento más atractivo para el atleta y así mantener elevados sus niveles de motivación.</p>
<b>Interacción de la carga</b>	<p>Este principio alude al hecho de que en el entrenamiento sistemático ninguna sesión de entrenamiento de manera aislada tiene un efecto especial sobre el deportista, sino que el conjunto todas las sesiones están relacionadas con las anteriores. Esta interacción entre las cargas es de gran importancia en la planificación y el análisis del entrenamiento.</p>
<b>Diseño cíclico del entrenamiento</b>	<p>Durante un largo periodo de entrenamiento, muchos componentes del entrenamiento se repiten y vuelven a entrenarse periódicamente.</p>

### **1.1.2 Concepto y componentes de la carga de entrenamiento**

Verjoshanskij (1990), define la carga de entrenamiento como el trabajo muscular que implica en sí mismo el potencial de entrenamiento derivado del estado del deportista, que produce un efecto de entrenamiento que lleva a un proceso de adaptación. La carga de entrenamiento se trata de un estímulo de estrés controlado y apropiado que rompe la homeostasis y da como resultado una adaptación a dos niveles: estructural y fisiológico (Bompa & Haff, 2009). En función del nivel de carga de entrenamiento aplicada y del nivel deportista, el estrés y el desequilibrio consecuente provocado en el organismo será diferente, así como el proceso necesario para la recuperación de dicho estímulo. Las influencias negativas sobre el rendimiento (fatiga) se contraponen a las influencias positivas durante cada carga. Es por ello necesario que las medidas para contrarrestar la fatiga se tengan en cuenta al considerar los efectos de la carga de entrenamiento (Navarro & Oca en Nacleiro, 2010).

Por otra parte Vasconcelos (2005), define la carga de entrenamiento como “la suma de los estímulos efectuados sobre el organismo del atleta”. El mismo autor realiza una distinción entre carga externa y carga interna definiendo la primera como el conjunto de actividades que se le propone al deportista para provocar una serie de adaptaciones en su organismo y la segunda como la respuesta individual que tiene el organismo frente a las exigencias resultantes de la carga externa aplicada.

La exigencia de la carga es la magnitud descriptiva en la metodología del entrenamiento para los tipos de esfuerzo en el entrenamiento (Dietrich et al., 2001). Los llamados componentes de la carga de entrenamiento, los cuales se incluyen dentro de la llamada carga externa, serán las variables que los entrenadores deberán conjugar para realizar la planificación del entrenamiento. Estos componentes de la carga (externa) de entrenamiento serían los siguientes: Tipo de ejercicio, volumen, intensidad, duración y densidad.

- El **ejercicio físico** será la principal herramienta de trabajo de los entrenadores a la hora de planificar las cargas de entrenamiento y marcará el contenido del trabajo que en cada sesión van a realizar los deportistas. Dependiendo del objetivo que se pretenda, los ejercicios se diferencian en magnitud y localización de los músculos involucrados, el grado de fuerza y la potencia de contracciones musculares, la velocidad, la amplitud de los movimientos, el carácter de las contracciones (isométricas, concéntricas, excéntricas), la intensidad y duración de la actividad, y en sus particularidades de coordinación y de actividad de las unidades motoras (Navarro & Oca en Naclerio, 2010).
- **El volumen** de la carga se determina mediante las longitudes de terreno que hay que recorrer, el peso global de las resistencias externas, el número de repeticiones y los tiempos de entrenamiento. Las unidades son: kilómetros, kilogramos, repeticiones, horas y minutos (Dietrich et al., 2001). La progresión del volumen representa un papel importante en la evaluación sistemática de la tolerancia a la carga, lo que a su vez determina la posibilidad de mejora del rendimiento (Vasconcelos, 2005). Para incrementar el volumen de entrenamiento tenemos la opción de incrementar la duración de las sesiones de entrenamiento o la frecuencia con la que se producen las mismas (Wilmore & Costill, 2007).
- Por **intensidad** de entrenamiento se entiende la fuerza relativa de las acciones musculares y la tensión relativa a la que se somete el sistema cardiovascular. Se suele relacionar la intensidad del esfuerzo con la capacidad para generar energía o con el porcentaje de consumo máximo de oxígeno de una persona (Wilmore & Costill, 2007). Las unidades de intensidad de la carga son las siguientes (Dietrich et al., 2001): espacio de tiempo en minutos y segundos, velocidades en metros/segundo, kilómetros/minuto, pero también magnitudes fisiológicas como por ejemplo la frecuencia cardiaca (FC en adelante), miliMol/litro de lactato o vatios; en el entrenamiento de fuerza, el peso en kg, cifras de porcentaje con respecto a una repetición máxima, submáxima o mínima.

- La **duración** de la carga de entrenamiento representa el tiempo durante el cual un único contenido de entrenamiento funciona como elemento transformador sobre el organismo (Starischka, 1988). Las unidades de trabajo son los segundos, minutos y horas. Esta duración dependerá del objetivo y del propio contenido de entrenamiento (Vasconcelos, 2005), es decir, estará directamente relacionada con la intensidad y con el volumen de trabajo planteado en la sesión.
- La **densidad de la carga** se define como la relación entre la carga de trabajo y la recuperación. Las unidades de densidad son el intervalo de tiempo y descansos entre cargas sueltas en segundos o minutos (Dietrich et al., 2001).
- Por último es importante matizar que la **frecuencia** del estímulo también es fundamental a la hora de establecer las cargas de entrenamiento. La frecuencia de estímulos está supeditada a los componentes de la carga de entrenamiento (volumen, intensidad y densidad). Cuanto más elevado sea el valor de estos componentes, menor tendrá que ser el de la frecuencia del estímulo (Grosser, 1986).

La combinación de estos parámetros permitirá que nuestro organismo eleve sus niveles iniciales de condición física previos al proceso de entrenamiento o por el contrario lo llevará a una situación de fatiga excesiva si la combinación de los componentes ha sido demasiado elevada para el nivel del deportista (Hawley & Stepto, 2001).

La carga total de una sesión de entrenamiento puede dividirse en: cargas excesivas, cuando los estímulos superan el límite de la capacidad funcional del organismo y provocan el síndrome de exceso de carga o sobreentrenamiento; cargas entrenables, las cuales provocan una síntesis proteica de adaptación en la dirección específica en que se produce el efecto de entrenamiento; cargas de mantenimiento, las cuales resultan insuficientes para estimular la síntesis proteica de adaptación pero suficientes para evitar los efectos del desentrenamiento; las

llamadas cargas de recuperación resultan insuficientes para evitar el efecto del desentrenamiento, pero tienen un efecto positivo sobre el proceso de regeneración después de una carga entrenable previa; por último las cargas ineficaces son aquellas que no tienen ningún efecto de desarrollo, mantenimiento o recuperación sobre el organismo (Navarro & Oca en Naclerio, 2010).

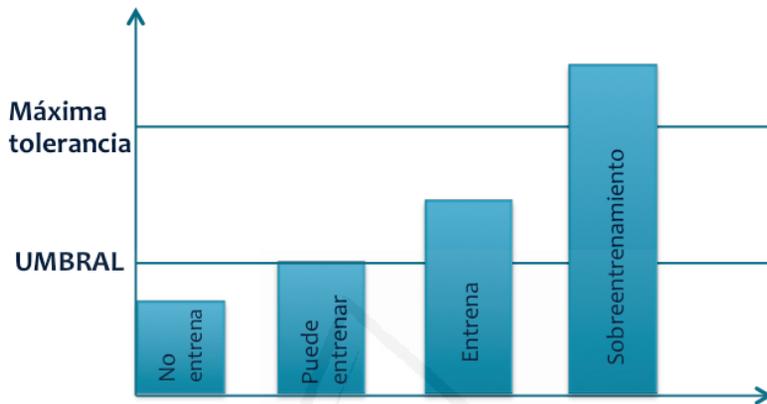


Figura 1: Ley de umbral o ley Schultz Arnodt

El estado de entrenamiento es un estado de adaptación biológica (Platonov, 1995). De una manera general se podría resumir el proceso de entrenamiento en base a 5 conceptos: Estímulo, fatiga, recuperación, supercompensación y adaptación. El objetivo que se busca con la aplicación de una carga de entrenamiento es producir un estímulo en el organismo. Este estímulo provocará un desequilibrio que romperá la llamada homeostasis, sometiendo al organismo a un estrés controlado. Este estímulo y el estrés fisiológico producido deriva en un estado de fatiga. Cuando superamos este proceso de fatiga con los medios de recuperación adecuados (descanso, alimentación...), el estado de condición física es superior al estado inicial con el que habíamos iniciado el proceso de entrenamiento (supercompensación y adaptación).

### **1.1.3 La orientación de la carga de entrenamiento**

La orientación de la carga de entrenamiento es la cualidad o capacidad (física, técnica o táctica) que se busca desarrollar durante una sesión de entrenamiento y a la fuente energética solicitada predominantemente (procesos aeróbicos o anaeróbicos) durante la misma.

Esta orientación se clasifica en selectiva y compleja: es selectiva si únicamente favorece una determinada capacidad y un sistema funcional; es compleja cuando se solicitan diferentes capacidades y sistemas funcionales (Navarro & Oca en Naclerio, 2010).

En el trabajo con cargas complejas se han sugerido las siguientes combinaciones con el objetivo de que se produzcan interacciones positivas (Volkov, 1986): cargas aeróbicas después de cargas de tipo anaeróbico-aláctico; cargas aeróbicas después de cargas anaeróbico-glucolíticas y cargas anaeróbico-glucolíticas después de cargas anaeróbico-alácticas.

Por otra parte las siguientes interacciones provocan interacciones negativas en el proceso de entrenamiento (Bompa & Haff, 2009): cargas anaeróbico-alácticas después de un trabajo de orientación glucolítica; cargas de orientación glucolítica después de grandes volúmenes de orientación aeróbica.

Es importante también matizar que resulta imposible que una carga sea completamente selectiva en su sentido más estricto, puesto que toda actividad física promueve una serie de mecanismos reguladores (continuum energético). No obstante podemos intentar maximizar unas vías, movilizandolas de manera más débil las demás (Navarro&Oca en Naclerio. 2010).

### **1.1.4 Planificación y periodización del entrenamiento deportivo**

El proceso de planificación del entrenamiento es un procedimiento metódico y científico para ayudar a los deportistas a lograr elevados niveles de entrenamiento y rendimiento.

Es la herramienta fundamental para que un entrenador estructure un programa bien organizado (Bompa & Haff, 2009).

Un término estrechamente vinculado con el proceso anterior es el de periodización. Ésta hace referencia a la división del año de entrenamiento en periodos particulares y contenidos bien determinados. Esta división se produce porque un atleta no es capaz de mantener de manera permanente un nivel elevado de rendimiento deportivo (Vasconcelos, 2005).

El entrenamiento periodizado resulta más efectivo que un entrenamiento no periodizado. Esta regla se cumple de igual manera en hombres y en mujeres, así como en deportistas de diferente nivel de rendimiento y edad. Considerar y ordenar de manera lógica variables como la intensidad, volumen y la frecuencia de entrenamientos a la hora de diseñar del programa de entrenamiento se relaciona con mayores incrementos en el rendimiento físico (Rhea & Brandon, 2004).

No existe un consenso universal en cuanto a la nomenclatura relacionada con la planificación y periodización del entrenamiento. Siguiendo la nomenclatura soviética, que difiere en ciertos conceptos de las fuentes anglosajonas y alemanas, se presentan las unidades temporales del entrenamiento en la tabla XX.

Tabla 2: Jerarquía y duración de las unidades de la periodización cíclica del entrenamiento. (Issurin, 2014)

<b>Duración en tiempo</b>	<b>Unidades de entrenamiento</b>
Cuatro años: Periodo entre JJOO	Ciclo cuatrienal (olímpico)
Un año o número de meses	Macro ciclo, puede ser un ciclo anual
Un número de meses como parte de un macro ciclo	Periodo de entrenamiento
Un número de semanas	Mesociclo
Una semana o un número de días	Micro ciclo
Un número de horas (normalmente más de tres)	Entrenamiento o sesión de entrenamiento
Un número de minutos	Ejercicio de entrenamiento

Matveyev estableció el concepto científico de la periodización del entrenamiento deportivo en la década de los 60. Durante varios años se aceptó este modelo como universal para el entrenamiento de toda disciplina deportiva y para todo atleta sin tener en cuenta su nivel competitivo y de rendimiento (Issurin, 2014). En los años 80 surgió entre los entrenadores más laureados del momento un nuevo modelo de planificación que rebatía al anterior, éste sería conocido como modelo de periodización por bloques (Issurin, 2014). A modo de resumen, se presenta la tabla 3 se observa la diferencia entre estos dos modelos.

Por último se hará una breve mención sobre la periodización inversa. Ésta se plantea como un modelo relativamente novedoso y alternativo a la periodización clásica. Este tipo de periodización se estructura en su primera fase con volúmenes de entrenamiento bajos, pero con intensidades elevadas, para progresivamente ir aumentando el volumen y con ello la carga de entrenamiento. De este tipo de periodización se pueden extraer dos diferencias (King, 2000). En primer lugar la organización de la carga del entrenamiento sigue un modelo en el que la intensidad de competición se planifica desde el principio del macrociclo de preparación y el volumen es construido en los siguientes mesociclos. La segunda diferencia radica en evitar el trabajo de preparación general, pues las cargas de trabajo van directamente organizadas en función de la especialidad deportiva. Se considera importante conocer este tipo de periodización, ya que puede ser una alternativa válida en la periodización de deportes de resistencia de larga duración.

Tabla 3: Diferencias principales del diseño del entrenamiento basado en el enfoque clásico y el concepto de periodización por bloques. (Adaptado de Issurin, 2007)

<b>Características del diseño del entrenamiento</b>	<b>Modelo tradicional</b>	<b>Modelo de periodización por bloques.</b>
<b>Principio dominante de la organización de cargas de entrenamiento</b>	Uso complejo de diferentes cargas, orientado a la mejora de muchas capacidades simultáneamente.	Concentración alta de cargas de entrenamiento, dirigiéndolas hacia la mejora de un número mínimo de capacidades objetivo.
<b>Fundamentos científicos del enfoque de la programación</b>	Se tienen en cuenta únicamente los efectos acumulativos del entrenamiento.	Se tienen en cuenta tanto los efectos acumulativos como residuales del entrenamiento.
<b>Secuenciación temporal en el desarrollo de las diferentes capacidades objetivo</b>	Predominantemente simultáneo.	Predominantemente consecutivo
<b>Componente más significativo de cada planificación</b>	Periodos de la planificación: Preparatorio, competitivo y de transición.	Etapa de preparación en la que se combinan tres tipos de bloques de mesociclos: acumulación, transformación y realización.
<b>Participación en las competiciones</b>	Predominantemente en el periodo de competición	Predominantemente al final de cada fase o bloque.
<b>Mecanismos fisiológicos generales</b>	Adaptación a los estímulos simultáneos del entrenamiento que afectan diferentes objetivos.	Superposición de los efectos residuales del entrenamiento producido por la concentración de estímulos de entrenamiento.

### **1.1.4.1 El afinamiento o puesta a punto**

Dentro del proceso de planificación y periodización del entrenamiento resulta importante el enfoque que de el entrenador las semanas previas a una competición objetivo. De esta manera surge el concepto de afinamiento, que se refiere a la estrategia o proceso que los atletas utilizan los días y las semanas previas a una competición principal con el objetivo de alcanzar su pico máximo de rendimiento (Neary, en Mujika 2012). El objetivo del afinamiento es manipular la cantidad y la calidad del entrenamiento para revertir la fatiga inducida por el ejercicio, pero sin que se produzca una pérdida de las adaptaciones ganadas en el entrenamiento (Neary, Martin, Reid, Burnham, & Quinney, 1992).

Las adaptaciones inducidas por esta puesta a punto afectan a varios sistemas: A nivel cardiovascular con mejoras en parámetros como el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2\text{Max}$  en adelante), umbral ventilatorio 2 (VT2 en adelante por las siglas del inglés “ventilatory treshold”) o FC menor ante una potencia dada (Neary, Bhambhani, & McKenzie, 2003; Neary, Martin, & Quinney, 2003); a nivel hormonal, con reducciones en los valores de creatina quinasa (CK en adelante) o modificaciones en el ratio testosterona/cortisol (Flynn et al., 1994; I Mujika, 2010; I Mujika, Chatard, Padilla, Guezennec, & Geysant, 1996); y también efectos a nivel psicológico, modificando el estado de ánimo del deportista. (Berger et al., 1999; Zehsaz, Azarbaijani, Farhangimaleki, & Tiidus, 2011).

Podemos diferenciar dos tipos de puesta a punto: en escalón o progresivo (Bosquet, Montpetit, Arvisais, & Mujika, 2007). La puesta a punto en escalón supone una disminución inmediata y completa del volumen de entrenamiento. Por ejemplo el volumen se reduce un 40% y este volumen es el que se mantiene hasta el último día de la puesta a punto. Dentro de la puesta a punto progresiva podríamos diferenciar la lineal, por ejemplo reduciendo el 5% del volumen diariamente o exponencial, reduciendo por ejemplo el 50% del volumen progresivamente pero teniendo en cuenta los volúmenes de los últimos días.

Un ejemplo de puesta a punto exponencial de un corredor que acumula en sus máximas sesiones de volumen 21 km es reducir el volumen a 14 km, después de dos días a 7 km y así sucesivamente hasta que alcancemos el volumen mínimo establecido en la puesta a punto (García-López & Granado, en Naclerio 2010).

La duración del periodo de puesta a punto es un aspecto fundamental. Los estudios relacionados con la temática que han obtenido mejoras en el rendimiento, utilizaron estrategias de puesta a punto que duraron de 1 a 3 semanas (Costill, King, Thomas, & Hargreaves, 1985; Houmard, Scott, Justice, & Chenier, 1994; Shepley et al., 1992). En un estudio donde se compararon tres duraciones diferentes de puesta a punto en nadadores de competición (Mujika, Busso, et al., 1996) los resultados mostraron mejoras superiores en las puestas a punto de duración de 3 y 4 semanas en comparación con la de 6 semanas.

En cuanto al volumen de entrenamiento, se observaron efectos positivos en un grupo de corredores en carrera de 800 y 1600 metros después de una puesta a punto de 3 semanas en el que el volumen se redujo un 70% (Houmard et al., 1990). Reducciones del 85% en una semana de puesta a punto también resultaron positivas en la economía de carrera y tiempo empleado en un test de 5000 metros (Houmard et al., 1994). Dichos resultados abogan a una reducción considerable del volumen de entrenamiento con valores superiores al 40% para realizar una estrategia de puesta a punto correcta (García-López & Granado, en Naclerio 2010). En cuanto al protocolo empleado, los pocos estudios existentes abogan a favor de realizar una reducción progresiva del volumen, en vez de seguir un protocolo en escalón (Houmard et al., 1990; Zarkadas, Carter, & Banister, 1995).

El mantenimiento de la intensidad durante el periodo de puesta a punto parece clave para garantizar el éxito de este periodo de entrenamiento. Protocolos de puesta a punto que no utilizan intensidades superiores al 60% del  $\text{VO}_2$  Max tienden a mantener o reducir el rendimiento, mientras que en el periodo de puesta a punto en que se entrena a intensidades superiores al 90% se provocan efectos positivos sobre el rendimiento (Houmard & Johns, 1994).

Por último parece fundamental no reducir en exceso la frecuencia de entrenamientos. Houmard y Johns (1994) afirman que la reducción en la frecuencia de entrenamiento no debería ser superior al 50%. Por ejemplo en deportes como la natación, reducir el número de sesiones de entrenamiento puede provocar una pérdida de sensaciones en el agua que se traducirá en una pérdida de eficiencia técnica.

### **1.1.5 Cuantificación de la carga de entrenamiento**

El proceso de entrenamiento puede ser reducido al simple principio de “dosis-respuesta”. La dosis de ejercicio viene determinada por los estímulos de entrenamiento y depende de la interacción de los componentes de las cargas vistos en el apartado anterior. La respuesta a esa dosis de ejercicio es explicada en términos biológicos y se representa como los cambios fisiológicos y metabólicos que contribuyen a mejorar el rendimiento del atleta. Para ser capaz de interpretar la “respuesta” de una sesión de entrenamiento con exactitud es importante cuantificar la “dosis” de ejercicio que el atleta debe asimilar (Lambert en Mújika, 2012).

La cuantificación del entrenamiento deportivo ha sido el objetivo de diversas publicaciones en el campo de las ciencias del deporte (Banister & Calvert, 1980; Borresen & Lambert, 2009; Cejuela & Esteve-Lanao, 2011; Hayes & Quinn, 2009; Illuta & Dimitrescu, 1978; Lucía, Hoyos, Carvajal, & Chicharro, 1999; Morton, Fitz-clarke, & Banister, 1990). En varias de ellas se pueden observar diferentes métodos y propuestas para cuantificar el entrenamiento. A pesar de ello, la falta de medios o de conocimiento, hace que muchos entrenadores no cuantifiquen la carga de entrenamiento de sus deportistas o únicamente realicen un control subjetivo. Ello sin duda limita la capacidad del deportista de llegar a su máximo nivel de rendimiento o incluso puede llegar a perjudicar su estado de salud (Cejuela & Esteve-Lanao, 2011).

A continuación se presentarán algunos métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento que se pueden utilizar con el objetivo de llevar un control más exhaustivo del proceso de entrenamiento:

### **1.1.5.1 Métodos de cuantificación en función de la fatiga percibida**

El primer uso de escalas de esfuerzo percibido (RPE de aquí en adelante por sus iniciales en inglés “rate of perceived exertion”) fue propuesto por el sueco Borg (1975). La escala original fue planteada con unos rangos de 6 a 20, para posteriormente adaptarse de 0 a 10. Ambas están validadas científicamente y se correlacionan indistintamente de manera positiva con la intensidad del ejercicio propuesta (Borresen & Lambert, 2008). En estas escalas el sujeto debe otorgar un valor al esfuerzo desempeñado en una determinada tarea, siendo 0 o 6 el estado de reposo y 10 o 20 la extenuación extrema en función de si utilizamos una escala u otra.

Foster (2001) realizó una de las primeras propuestas formales de cuantificación de la carga de entrenamiento basada en métodos subjetivos. En su método, el deportista responde a la pregunta “¿cómo ha sido tu entrenamiento?” (“*How was your workout?*”) unos 30 minutos después de finalizar la sesión de entrenamiento. Debe otorgar un valor de dureza a la sesión de 0 a 10 para posteriormente multiplicar ese valor por el tiempo total de la sesión de entrenamiento.

Aunque se trata de método de cuantificación sencillo, es útil tanto para cuantificar el trabajo de resistencia como el trabajo de fuerza. Una de sus principales limitaciones es que no tiene en cuenta la variable de la densidad del entrenamiento, puesto que emplea el total de la duración de la sesión sin restar los periodos de descanso. Por este motivo es apropiado para una sesión de trabajo continuo, pero algo limitada para cuantificar los entrenamientos de fuerza (Cejuela & Esteve-Lanao, 2011).

Tabla 4: Escala de percepción de esfuerzo. (Adaptada de Foster et al., 2001)

Puntuación	Descripción
0	Descanso
1	Muy, muy fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Algo duro
5	Duro
6	-
7	Muy duro
8	-
9	-
10	Máximo

La ventaja principal de estos métodos de cuantificación de la carga es que se pueden llevar a cabo de manera sencilla y sin la utilización de ningún medio material. Únicamente sí que parece lógico familiarizar a los deportistas con este tipo de escalas antes de que comiencen a tener validez (Cejuela & Esteve-Lanao, 2011).

#### **1.1.5.2 Trimps (impulsos de entrenamiento)**

Trimps es la abreviatura del inglés “Training impulses”. El método original fue propuesto por Banister y Calvert (1980) y está basado en el aumento de la FC, gradualmente ponderada. Los Trimps son calculados a través del tiempo en minutos, multiplicado por un factor de intensidad, el cual será diferentes en hombres y en mujeres.

Los Trimps originales fueron modificados por el mismo grupo de investigación (Morton et al., 1990). Con el objetivo de hacer más representativa la alta intensidad añadieron una constante en su cálculo.

La última modificación de los Trimps fue realizada por Hayes & Quinn (2009) con el objetivo de corregir algunas limitaciones del original que no hacía diferencias entre el trabajo continuo y el interválico y no consideraba pausas o tipo de recuperación. El principal problema de este último sistema de cuantificación es la complejidad de sus cálculos, además de haber sido testeado en muy pocas ocasiones en pruebas de campo (Cejuela & Esteve-Lanao, 2011).

En la tabla 5 se puede observar el sistema original de trimps propuesto por Bannister y Calvert (1980).

Tabla 5: Sistema original de Trimps (Banister & Calvert, 1980)

<b>Sistema original Trimps</b>	
<b>Trimps</b>	Duración entrenamiento. (minutos) x factor A x $\Delta FC$ x Exponencial (Factor Bx $\Delta FC$ )
<b>Ratio <math>\Delta FC</math></b>	(FC media-FC en reposo)/(FC máxima-FC en reposo)
<b>Mujeres</b>	Factor A= 0,86. Factor B= 1,67
<b>Hombres</b>	Factor A= 0,64. Factor B= 1,92

Lucía et al. (1999) realizaron una propuesta de mayor practicidad, con el objetivo de simplificar el modelo de Trimps original. Basándose en el modelo trifásico (Skinner & McLellan, 1980), se redujeron las zonas de entrenamiento a 3. La primera fase se da por debajo del primer umbral ventilatorio (VT1 en adelante por sus siglas del inglés “ventilatory treshold”). La segunda fase se da entre los dos umbrales ventilatorios (VT1-VT2 en adelante). Por último, la tercera zona se da por encima del segundo umbral ventilatorio. Los minutos en cada una de las zonas serán multiplicados por un valor, el cual será 1 para VT1, 2 para VT1-VT2 y 3 para VT2.

Un ejemplo de cuantificación de la carga por medio de este método para un entrenamiento de ciclismo, donde el deportista ha estado 40 minutos en VT1, 30 minutos en VT1-VT2 y 15 minutos en VT2 es el siguiente:  $40 \times 1 + 30 \times 2 + 15 \times 3 = 145$  Trimps de Lucía.

La simplicidad del método aporta una gran rapidez en la recogida de datos y únicamente sería necesaria la utilización de un pulsómetro. Como limitantes debemos considerar aquellos que le son propios al control del entrenamiento por FC debido a su variación en determinadas condiciones o situaciones (deriva de la FC, estado de hidratación, temperatura o incluso posición en la bicicleta) (Achten & Jeukendrup, 2003).

### 1.1.5.3 Cuantificación por potencia

El llamado training stress score (TSS en adelante) fue propuesto originalmente para el ciclismo (Allen & Coggan, 2010), aunque también se ha empleado con corredores (Wallace, Slattery, & Coutts, 2014). La principal variable empleada es la potencia, a la cual tenemos un acceso relativamente asequible, sobre todo en ciclismo, gracias a los sistemas de medición de la misma que irrumpieron hace unos años en el mercado y que nos permiten una medición continua de la potencia generada (Powertap® o SRM®).

Tabla 6: Modelo matemático propuesto para calcular el TSS (Allen & Coggan, 2010)

<b>Método matemático para calcular el training stress score</b>	
<b>TSS</b>	$(S \times PN \times IR) / (P_{crit} \times 3600) \times 100$
<b>IR</b>	$PN / P_{crit}$
<b>S</b> = Duración de la sesión. <b>P<sub>crit</sub></b> =Potencia crítica (umbral funcional de potencia) <b>PN</b> =Potencia normalizada. <b>IR</b> =Intensidad relativa a la Potencia crítica	

### 1.1.5.4 Variabilidad de la frecuencia cardiaca

En los últimos años la variabilidad de la frecuencia cardiaca ha sido empleada en el mundo del entrenamiento deportivo, con el objetivo de controlar la fatiga de los deportistas y comprobar la asimilación de las cargas de entrenamiento e incluso predecir el rendimiento deportivo (Montesdeoca et al., 2009).

El término de variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV en adelante por sus siglas del inglés “Heart rate variability”) se refiere a los cambios en el tiempo que se producen entre latido y latido en condiciones de reposo. Existe una conexión directa entre actividad física y HRV, viéndose afectada esta última en función del tipo de entrenamiento que se haya realizado (Albinet, Boucard, Bouquet, & Audiffren, 2010) Se considera que la HRV es el resultado de las interacciones entre el sistema autónomo y el cardiovascular (Lerma, Infante, & José, 2000).

El inadecuado equilibrio entre la competición, el entrenamiento y la recuperación, se puede traducir en una merma del rendimiento sin aparente causa patológica (Jidovtseff & Crielaard, 2001). Esta situación es conocida con el nombre de síndrome de fatiga crónica o sobreentrenamiento, el cual es definido por Kreider (1998) como un acúmulo de estrés del entrenamiento y del no-entrenamiento, que se traduce en una disminución del rendimiento de larga duración, acompañado de síntomas fisiológicos y patológicos y cuya recuperación necesita de varias semanas o meses. La variabilidad de la frecuencia cardiaca puede ser importante a la hora de detectar este síndrome de fatiga crónica, puesto que ha sido empleada como herramienta para contrastar el nivel de asimilación de las cargas de entrenamiento en los deportistas. En un estudio llevado a cabo por Furlan et al. (1993) se comparó a un grupo de atletas de resistencia en su periodo de descanso con un grupo de nadadores en el momento de su pico de forma máximo de la temporada. El grupo de nadadores mostró mayores niveles de actividad simpática y parasimpática que el grupo que estaba en periodo de descanso. Este estudio concluyó que el aumento de rendimiento está relacionado con el incremento de la actividad simpática y parasimpática que se produce a lo largo de la temporada. También está recientemente demostrado que los entrenamientos por encima del umbral de lactato afectan negativamente en la recuperación de la HRV, más que aquellos entrenamientos que se realizan por debajo de dicho umbral de resistencia (Plews, Laursen, Kilding, & Buchheit, 2014).

Por todo ello, el control de la HRV podría ser interesante a la hora de optimizar el entrenamiento y planificar su posterior recuperación.

Algunos estudios recientes que relacionan la HRV con marcadores bioquímicos relacionados con el sobreentrenamiento. En esta línea de investigación Sarabia, De La Cruz y Orellana(2012) realizaron un estudio con 23 remeros nivel élite sub 23 del equipo nacional español, correlacionando la variabilidad de la FC, Creatina quinasa (CK en adelante) y urea. Se encontró una relación cualitativa entre parámetros de HRV y CK, la cual sugiere que la actividad parasimpática puede aumentar al mismo tiempo que lo hacen las cargas de trabajo, si estas cargas de entrenamiento no son recuperadas con el deportista. Con el parámetro de la urea no se establecieron relaciones, ya que sus parámetros permanecieron estables durante el tiempo del estudio.

Para finalizar con este apartado, en un estudio de reciente publicación (Saboul, Balducci, Millet, Pialoux, & Hautier, 2015) se plantea un modelo de cuantificación de la carga de entrenamiento a través de la HRV. Los autores relacionan este método con otros comúnmente utilizados por entrenadores y atletas como Trimps de Banister o la escala de Foster. Para ello se controló la HRV del entrenamiento de 11 corredores entrenados de larga distancia durante 2 semanas. Las conclusiones de dicho estudio afirman por un lado que la HRV disminuye inmediatamente después del ejercicio (post 5 minutos) y que este descenso está directamente relacionado con la intensidad de entrenamiento. Por otro lado, el índice de carga de entrenamiento de la HRV ( $TL_{HRV}$ ) está directamente relacionado con los otros dos métodos de cuantificación con los que fue comparado, mostrándose como un instrumento válido para reflejar la carga de entrenamiento en condiciones de campo.

#### **1.1.5.5 Unidades de entrenamiento**

La utilización de escalas de cuantificación de la carga de entrenamiento basadas en frecuencia cardiaca, velocidad o lactato ha sido ampliamente propuesta por diversos autores.

La principal problemática de estas escalas se presenta en el momento de cuantificar intensidades superiores al  $VO_2$  Max, además de que suelen presentar lagunas con respecto al tratamiento de la densidad de la sesión (Cejuela & Esteve-Lanao, 2011).

Un ejemplo que sigue esta línea de trabajo es de las “unidades de entrenamiento” de Mujika et al.(1996). En este método, diseñado específicamente para el control de la carga en natación, se proponen 5 niveles de intensidad correlacionados con la concentración de lactato en sangre (bLA en adelante, por las siglas del inglés “blood lactate”), a los que posteriormente asigna un cociente de multiplicación determinado. Al emplear las concentraciones de Lactato en sangre evita la dependencia de la frecuencia cardiaca y las limitaciones que le son propias.

Tabla 7: Unidades de entrenamiento. Nivel de intensidad y su cociente de multiplicación. (Mujika et al., 1996)

<b>Unidades de entrenamiento</b>	
<b>Nivel de intensidad</b>	<b>Cociente de multiplicación</b>
<b>I</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>2</b>
<b>III</b>	<b>3</b>
<b>IV</b>	<b>5</b>
<b>V</b>	<b>8</b>

Las zonas I,II y III representan zonas de entrenamiento de velocidades inferiores con valores bLA cercanos a los  $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . La zona IV se relaciona con velocidades donde se presente bLA en torno a los  $4 \text{ mMol}\cdot\text{L}$ . Por último la zona V se refiere a zonas de velocidades superiores, donde los valores de bLA rondan los  $6 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Para obtener el cálculo de la carga de entrenamiento se debería multiplicar la distancia de nado en Km en cada una de las zonas de entrenamiento por su coeficiente otorgado. Como ejemplo de cuantificación de la carga para una sesión de 2000 metros en nivel I, 1000 nivel III y 300 nivel V deberíamos realizar los siguientes cálculos:  $2 \times 1 + 1 \times 3 + 0,3 \times 8 = 7,4$  Unidades de entrenamiento.

#### ***1.1.5.6 Equivalentes de carga objetiva y subjetiva (ECOs)***

En la búsqueda de una escala que represente con más fidelidad las diferentes zonas e intensidades de entrenamiento, a la vez que permitan cuantificar un deporte tan complejo como el triatlón, que consta de 3 disciplinas. Roberto Cejuela y Jonathan Esteve-Lanao presentan en 2011 los equivalentes de carga objetiva (ECOs en adelante).

Para la cuantificación objetiva de la carga de entrenamiento, estos autores otorgan unos cocientes de multiplicación en cada una de las zonas de entrenamiento. Dichas zonas de entrenamiento deben ser individuales de cada deportista y para ello se deben realizar los correspondientes test de rendimiento que ayuden a determinarlas. La carga de entrenamiento se obtiene al multiplicar los minutos que el atleta ha pasado en cada zona de entrenamiento durante la sesión y el resultado se debe multiplicar por otro cociente de multiplicación en función de la modalidad deportiva que haya entrenado. Este cociente es 0,75 para la natación, 0,5 para el ciclismo y 1 para la carrera a pie. A la hora de establecer los diferentes cocientes de multiplicación se ha tenido en cuenta el coste energético de la actividad, la dificultad para mantener una técnica estable, el daño muscular y la densidad típica de sesión. Las tablas que se presentan a continuación ayudarán a entender con mayor facilidad este método de cuantificación de la carga.

Tabla 8: Zona de entrenamiento, zonas fisiológicas y cocientes de multiplicación en los ECOs (Cejuela & Esteve-Lanao, 2011)

Zona	Zona metabólica	Cociente de multiplicación
1	<VT1	1
2	VT1	2
3	VT1-VT2	3
4	VT2	4
5	<VT2	6
6	VO2max	9
7	Capacidad Anaeróbica	15
8	Potencia Anaeróbica	50

Tabla 9: Justificación de los cocientes de cada modalidad para cuantificar en ECOs (Cejuela & Esteve-Lanao, 2011)

<b>Cocientes por modalidad para cuantificar los ECOs</b>			
	Natación	Bici	Carrera a pie
<b>Dificultad para mantener la técnica</b>	****	*	**
<b>Daño muscular</b>	*	*	****
<b>Densidad típica de trabajo</b>	*	**	***
<b>Coste energético</b>	***	**	***
<b>Total</b>	9	6	12
<b>Puntuación relativa</b>	0,5	0,75	1
<b>Efecto de la transición</b>		+0,10	+0,15

A estos equivalentes de carga objetiva explicados recientemente, los autores complementan el modelo de cuantificación con un modelo subjetivo, para también considerar la percepción del deportista en la carga global del entrenamiento. Para este caso los autores apuestan, en los llamados “equivalentes de carga subjetivos” (ECS, en adelante), por una escala de 0 a 5, con los valores medias entre los números enteros, siguiendo la línea del rumano Bompa (1995).

Tabla 10: Escala de referencia de ECS (Cejuela & Esteve-Lanao, 2011)

Puntuación	Descripción
0	Descanso
0,5	
1	Carga total suave
1,5	
2	Carga total media
2,5	
3	Carga total alta
3,5	
4	Carga total muy alta
4,5	
5	Competición. Entrenamiento hasta la extenuación o test

### 1.1.6 Tendencias de entrenamiento en deportes de resistencia.

Numerosas modalidades deportivas se caracterizan por el intento de mantener la intensidad más alta de trabajo posible durante un largo periodo de tiempo. Todas estas modalidades, entre ellas se encuentra el triatlón, se engloban dentro de la denominación de deportes de resistencia (García Manso, Navarro, Legido Arce, & Vitoria Órtiz, 2006). Desde un punto de vista conceptual, la resistencia es conocida de manera general como la capacidad que posee un deportista para soportar la fatiga tanto física como psíquica (Weineck, 2005).

Otras definiciones que nos ayudan a clarificar el concepto de resistencia son las aportadas por Fernando Navarro (1998), el cual habla de la resistencia como “la capacidad física y psíquica de soportar la fatiga frente a esfuerzos largos y/o la capacidad de recuperación rápida después de los esfuerzos” o por Harre, (citado en García Manso et al., 2006) que simplifica el término como “la capacidad del deportista para resistir la fatiga”.

En el entrenamiento de la resistencia influye la interacción de los sistemas de producción de energía o potencia, los cuales están estrechamente vinculados al tiempo límite que el atleta puede pasar en cada una de las zonas de entrenamiento (Gastin, 2001). Por ello, se puede afirmar que el factor clave en el entrenamiento de resistencia es el tiempo. La resistencia y su entrenamiento no son intensidad-dependientes, sino también son tiempo-dependientes. Un deportista no es capaz de mantener una intensidad determinada hasta el límite sin un primer incremento del coste energético. En el caso de que el deportista no haya regulado bien sus ritmos de competición esto repercutiría en un descenso de su actividad neuromuscular con su consecuente descenso en la potencia generada y por tanto en la velocidad (Esteve Lanao, Cejuela & Luarca, en Naclerio 2010).

En la tabla 11 se muestran las zonas de entrenamiento. Se establecen a partir de la velocidad aeróbica máxima (VAM en adelante) o potencia aeróbica máxima (PAM en adelante) y de dos umbrales fisiológicos. A pesar que existen numerosas terminologías asociadas, estos umbrales se pueden denominar conocer como primer y segundo umbral ventilatorio. En función de estos marcadores fisiológicos se establecerán de tres a seis zonas de entrenamiento, aunque algunas zonas más amplias pueden llegar todavía a subdividirse en nuevas zonas, dando lugar a propuestas de autores y entrenadores que llegan a utilizar hasta un total de nueve zonas de entrenamiento. A su vez en la siguiente tabla se presentan los valores de tiempo total aproximado que un deportista puede acumular en cada una de las zonas fisiológicas. El hecho de que el deportista pueda acumular más o menos tiempo por sesión en cada una de las zonas estará supeditado a la modalidad deportiva, al nivel del deportista y a los años de experiencia en el entrenamiento. (Esteve-Lanao, Cejuela & Luarca, en Naclerio 2010).

Tabla 11: Zona de entrenamiento de la resistencia y tiempo aproximado de entrenamiento en cada zona. (Adaptado de Esteve-Lanao, Cejuela &amp; Luarca en Naclerio, 2010)

	<b>Zona metabólica</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Tiempo límite*</b>	<b>Tiempo en un entrenamiento (Tiempo neto)</b>
<b>1</b>	<1º Umbral ventilatorio	<VT1	≈6 horas	1 - 6 horas
<b>2</b>	1º Umbral ventilatorio	VT1		1- 4,5 horas
<b>3</b>	Entre VT1 y VT1	VT1-VT2		1 - 3 horas
<b>4</b>	2º Umbral ventilatorio	VT2	≈60 min	30 - 60 min
<b>5</b>	>2º Umbral ventilatorio	>VT2		15 - 35 min
<b>6</b>	Volumen de oxígeno máximo	VAM	≈6 min	6 - 15 min
<b>7</b>	Capacidad anaeróbica láctica	CAP LÁC	≈60 seg	8 - 15 min
<b>8</b>	Potencia anaeróbica láctica	POT LÁC		3 - 4 min

\*Tiempo límite: Tiempo sostenible sin interrupciones a una determinada intensidad. En este caso se utiliza la llamada regla del 6. Importante matizar que el tiempo límite sostenible será individual y dependerá de factores como el deporte practicado, nivel de rendimiento, años de experiencia en entrenamiento, componente genético, etc.

Los atletas no entrenan a la misma intensidad ni con la misma duración cada día. Estas variables son modificadas diariamente con el objetivo de maximizar la capacidad fisiológica del deportista y su estado de salud.

Además de ello, la frecuencia de entrenamiento es otra de las variables críticas que serán modificadas en los deportistas.

Esto se hace evidente sobre todo al comparar jóvenes deportistas de alto nivel, los cuales suelen acumular entre 5 y 8 sesiones de entrenamiento por semana con deportistas de nivel con más experiencia, los cuales entrenan de 10 a 13 sesiones por semana (incluso podrían ser más en función de la modalidad deportiva) en el momento de búsqueda de su máximo pico de forma (Seiler & Tønnessen, 2009).

La manipulación de los componentes de la carga volumen, intensidad y densidad cambia la demanda metabólica dentro de las células musculares, así como el aporte de oxígeno al músculo (Holloszy & Coyle, 1984). El entrenamiento puede ser estructurado de infinitas formas. Sin embargo, los entrenadores tienden a prescribir periodos prolongados de esfuerzo submáximo, moderados periodos de entrenamiento a una intensidad cercana al VT2 o elevadas intensidades de entrenamiento durante cortos periodos de tiempo (Hawley & Stepto, 2001). De manera simplificada se pueden diferenciar cuatro tendencias diferentes a la hora de distribuir la carga de entrenamiento: entrenamiento de baja intensidad y alto volumen, entrenamiento entre umbrales, entrenamiento de alta intensidad y bajo volumen y entrenamiento polarizado.

#### **1.1.6.1 Entrenamiento de baja intensidad y alto volumen (HVT)**

Es complicado comprender cómo entrenamientos a intensidades y velocidades marcadamente bajas durante 3 o 4 horas diarias pueden preparar al atleta para esfuerzos supramáximos de una duración considerablemente menor durante la competición (Costill et al., 1991).

Cuando los deportistas han mantenido su periodo de descanso y retoman los entrenamientos, éstos están caracterizados por largas duraciones y sesiones de baja intensidad (Laursen, 2010). Durante este periodo se producen profundas adaptaciones a nivel musculo esquelético, así como en otros sistemas secundarios, provocando incluso mejoras a nivel mitocondrial, así como en la respiración y la capacidad de las fibras musculares (Holloszy & Coyle, 1984).

Los deportistas de élite entrenan altos volúmenes. En función de la modalidad deportiva practicada estos volúmenes se cuantifican utilizando patrones métricos diferentes. De esta manera ciclistas y corredores, cuantifican su volumen en kilómetros, los nadadores en cientos de metros y los remeros y esquiadores de fondo lo harán teniendo en cuenta las horas totales de entrenamiento (Seiler & Tønnessen, 2009). A lo largo de esta tesis la medida empleada para la cuantificación del volumen de entrenamiento será el tiempo, refiriéndonos tanto a minutos como a horas totales de entrenamiento, para de esta manera unificar criterios y poder compararlo con el resto de estudios.

El volumen de entrenamiento va incrementándose a lo largo de los años. Ya sea bien por el número de sesiones totales por semana como por el incremento del volumen de entrenamiento dentro de la propia sesión, como ocurre en el caso del ciclismo (Seiler & Tønnessen, 2009). Si se toma como referencia los volúmenes totales de los deportistas del más alto nivel en deportes de resistencia éstos son muy elevados. Los ciclistas y remeros cubren volúmenes que rondan las 1000 horas por año; los maratonianos entrenan por encima de las 500 horas anuales; los esquiadores de fondo unas 800 horas; por último nadadores como Michael Phelps, parecen tener volúmenes máximos anuales de hasta 1300 horas de entrenamiento. Parece claro que con estos datos se puede afirmar que el volumen de entrenamiento es importante tanto para el mantenimiento y perfeccionamiento de la técnica como de las adaptaciones fisiológicas en estas disciplinas (Seiler & Tønnessen, 2009).

La eficacia de HVT ha sido demostrada en al menos 3 estudios. En un estudio retrospectivo, en el que se cuantificaron los volúmenes totales, la distribución de la carga y la capacidad física de 21 remeros noruegos con medallas a nivel internacional entre 1970 y 1990 (Fiskerstrand & Seiler, 2004), se observaron mejoras en el  $VO_2\text{Max}$  (+12%) y en el rendimiento en 6 minutos en remoergómetro (+10%). Estos incrementos coincidieron con el incremento del entrenamiento de baja intensidad (<2 mmol/L<sup>-1</sup> de lactato) y alto volumen.

El volumen se incrementó un 20% en este periodo (924-1128 horas anuales) a la vez que también se incrementaron los resultados en el rendimiento de ejercicios a alta intensidad (Fiskerstrand & Seiler, 2004). Por otra parte, un estudio (Esteve-Lanao, San Juan, Earnest, Foster, & Lucia, 2005) analizó la manera de entrenar de los corredores de fondo nivel sub-élite ( $Vo_{2max}=70.0 \pm 7,3 \text{ mL/kg/min}$ ). Los autores encontraron fuertes relaciones entre el tiempo pasado por debajo del primer umbral ventilatorio con el rendimiento en carrera de 4 y 10 kilómetros. Por último, en otro estudio (Ingham, Carter, Whyte, & Doust, 2008) se dividió a 18 remeros británicos con experiencia en dos grupos durante 12 semanas. Uno de ellos entrenó el 100% del tiempo por debajo del umbral de lactato, mientras que el otro realizó el 30% por encima del umbral de lactato y el 70% por debajo. El grupo de HVT mejoró su velocidad e incrementó su umbral láctico en mayor medida que el grupo de entrenamiento mixto. Por ello, a pesar de que ambos grupos mejoraron de manera general su rendimiento en el estudio, se puede afirmar que el entrenamiento continuo de baja intensidad produjo adaptaciones que no fueron observadas en el grupo de entrenamiento mixto.

Otro ejemplo que muestra efectos positivos del entrenamiento a intensidades bajas es el propuesto por Esteve-Lanao et al. (2005). Después de analizar la distribución del volumen de entrenamiento de 8 corredores nivel subélite, los resultados mostraron como el tiempo empleado en la zona 1 de entrenamiento (por debajo de VT1) se relaciona con un mejor rendimiento en competiciones de resistencia de alta intensidad, sobre todo en aquellas cercanas a los 35 minutos de duración.

Es complicado afirmar el efecto inmediato de HVT, debido a la falta de estudios y a la dificultad que encuentran los investigadores a la hora plantear trabajos que observen las adaptaciones de este entrenamiento a largo plazo. A pesar de ello, parece claro que estas sesiones de alto volumen y baja intensidad tienen un efecto positivo en el rendimiento, ya que altos volúmenes de entrenamiento parecen proporcionar una base aeróbica necesaria que facilitará las adaptaciones producidas con el entrenamiento de alta intensidad (Laursen, 2010).

### **1.1.6.2 Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT)**

Es conocida la influencia del HIIT en el rendimiento y en los factores fisiológicos (Laursen & Jenkins, 2002). No obstante la habilidad del atleta para mantener el rendimiento en este tipo de entrenamientos es limitada (Billat, 2001).

Un HIIT se define como la repetición de tandas a alta intensidad de ejercicio (desde VT2 hasta esfuerzos supramáximos que pueden llegar incluso hasta la extenuación), intercalados con periodos de recuperación a baja intensidad o de recuperación total (Hawley, Myburgh, Noakes, & Dennis, 1997)

En atletas bien entrenados el efecto de este tipo de entrenamiento, acompañado de una buena base de entrenamientos de alto volumen y baja intensidad, parece ser extremadamente efectivo (Laursen, 2010). En ciclistas altamente entrenados encontramos varios ejemplos que lo avalan. Por ejemplo en un estudio de 4 semanas de duración que aplicó un protocolo de entrenamiento HIIT con 8 ciclistas élite (Lindsay et al., 1996) se obtuvieron mejoras en el pico de potencia sostenido, la resistencia a la fatiga y el rendimiento en una prueba de 40 km. Otro estudio también con 8 ciclistas altamente entrenados, aunque con una duración algo superior (6 semanas), mostró mejoras en los vatios pico y en la velocidad media ante una distancia de 40 km (Westgarth-Taylor et al., 1997). Stepto et al. en 1999 compararon diferentes metodologías de entrenamiento interválico con un grupo de 20 ciclistas de alto nivel en un total de 6 sesiones distribuidas a lo largo de 3 semanas. Los protocolos HIIT empleados fueron 12x30" al 175% de la PAM, 12x60" al 100% de la PAM, 12x2' al 90% de la PAM, 8x4' al 85% de la PAM y 4x8' al 80% de la PAM. Los protocolos que obtuvieron mejores resultados en los post-test (sprint 25 segundos y 40 km) fueron los protocolos 12x30" al 175% de la PAM y 8x4' al 85% de la PAM (Stepto, Hawley, Dennis, & Hopkins, 1999). En corredores entrenados de media distancia también se encontraron mejoras en el rendimiento de 3000 metros aplicando un protocolo HIIT (8 x 2-3 ' a velocidad de  $VO_2$  Max recuperando 1-1,5') 2 días por semana durante 4 semanas.

Por último, los resultados de otro estudio retrospectivo llevado a cabo con 18 nadadores nivel élite mostraron como la intensidad del entrenamiento fue el factor clave que explicó las mejoras en el rendimiento y no tanto el volumen o la frecuencia del entrenamiento (Mujika et al., 1995).

Apoyándonos en las publicaciones anteriores, se puede afirmar que el entrenamiento con protocolos interválicos de alta intensidad, acompañados además de entrenamientos de alto volumen y baja intensidad a corto plazo producen mejoras en ejercicios tanto intensos como prolongados (Laursen & Jenkins, 2002). A pesar de que el entrenamiento de alta intensidad es capaz de mantener el rendimiento en atletas bien entrenados de resistencia con bajos volúmenes a corto plazo, la importancia de un alto volumen en el entrenamiento no debe ser pasado por alto por los entrenadores cuando nos referimos al alto nivel de competición (Esteve-Lanao et al., 2005; Fiskerstrand & Seiler, 2004; Seiler & Kjerland, 2006).

### ***1.1.6.3 Entrenamiento entre umbrales (THR)***

Sobre el entrenamiento en el umbral o cerca del umbral de lactato o entrenamiento entre umbrales, como es conocido en los deportes de resistencia, la literatura es más reducida, sobre todo cuando nos referimos a estudios que hayan trabajado con población activa y practicante regular de una modalidad deportiva. En el ámbito de la salud, la tendencia es diferente y sí que encontramos algo de bibliografía relacionada con esta distribución de la carga de entrenamiento.

Encontramos una revisión muy completa (Faude, Kindermann, & Meyer, 2009) sobre los umbrales de lactato. Conceptos, test y relaciones de los mismos con el rendimiento deportivo. No obstante no se describe ningún estudio donde se empleara una tendencia de entrenamiento con valores entre los dos umbrales de lactato y se observasen los efectos de la misma.

En un meta-análisis donde se analizaron hasta 34 estudios (Londree, 1997). El objetivo fue determinar la importancia de la intensidad del entrenamiento cercana a los umbrales ventilatorios en sujetos con diferente nivel de condición física. Se concluyó que el entrenamiento a intensidades cercanas a los umbrales de lactato o ventilatorios es un adecuado estímulo para personas sedentarias, pero que una mayor intensidad podría ser necesaria para provocar cambios en sujetos con una buena condición física.

Otras evidencias que muestran que entrenar a intensidades próximas al umbral de lactato podría ser beneficiosos sería un estudio con 16 esquiadores noruegos (Sandbakk, Holmberg, Leirdal, & Ettema, 2011). 8 de ellos competían a nivel élite mundial y acumulaban más volumen de entrenamiento cercano al umbral de lactato ( $3-4 \text{ mMol/L}^{-1}$ ) mientras que los 8 que competían solamente a nivel élite nacional acumulaban un menor porcentaje de esta zona de trabajo, en detrimento de zonas de entrenamiento más elevadas. En otra investigación también llevada a cabo con esquiadores de fondo, se obtuvieron importantes mejoras en la velocidad de carrera al umbral de lactato y en el rendimiento de un test de 20 minutos de carrera en aquellos esquiadores que habían entrenado con intensidades entre  $3-4 \text{ mMol/L}^{-1}$  que aquellos que lo habían hecho a intensidades inferiores  $<3-4 \text{ mMol/L}^{-1}$  (Evertsen, Medbø, & Bonen, 2001).

Los deportistas populares tienden a acumular un alto porcentaje de su volumen de entrenamiento a moderada intensidad. Es común en este tipo de población entrenar de 3 a 5 días por semana unos 45-60 minutos a intensidades cercanas a su umbral de lactato (Seiler & Tønnessen, 2009).

Algunas investigaciones han puesto en duda la validez de esta distribución en la carga del entrenamiento. En una investigación (Esteve-Lanao, Foster, Seiler, & Lucia, 2007) se distribuyeron 12 corredores fueron aleatoriamente en dos grupos. Un grupo enfatizó el entrenamiento de baja intensidad ( $<VT1$ ) y el otro lo hizo acumulando más minutos entre umbrales ( $VT1-VT2$ ). El grupo que focalizó su entrenamiento en baja intensidad aumentó más el rendimiento en una test de 10 km que el grupo que acumuló más minutos a ritmos de moderada intensidad.

Otro estudio más reciente con 30 corredores (Muñoz, Seiler, Bautista, España, & Esteve-Lanao, 2013), también arrojó los mismos resultados al comparar una tendencia polarizada de la distribución de la intensidad del entrenamiento con una tendencia entre umbrales. A pesar de que los dos grupos mejoraron, el grupo que realizó la tendencia polarizada obtuvo mejores resultados en los marcadores relacionados con el rendimiento en deportes de resistencia.

#### **1.1.6.4 Entrenamiento Polarizado (POL)**

Como ya hemos visto anteriormente, la manipulación de los componentes de la carga volumen e intensidad en un periodo corto de plazo es beneficioso en el rendimiento de los deportistas. Tanto una tendencia HVT como una HIIT podrían llevar a la consecución de objetivos en periodos concretos de la preparación y planificación del deportista. No obstante no manipular correctamente estas variables y no realizar una correcta combinación entre alto volumen y la alta intensidad dentro de la planificación induciría un estancamiento del atleta (Laursen, 2010). Se observó como un grupo de 17 corredores bien entrenados, tras reducir el volumen de 45 km a 15 km por semana, aunque introduciendo de 8 a 12 repeticiones de sprint de 30" de 3 a 5 veces por semana, aunque mejoraron los marcadores en el rendimiento del sprint, pero no el rendimiento general en 10 km (Iaia et al., 2008, 2009).

Sobre el 80% del volumen de entrenamiento se acumula a intensidades inferiores al VT1 a unas intensidades cercanas a  $2 \text{ mmol/L}^{-1}$ . El 20% restante del volumen del entrenamiento se distribuirá con entrenamientos entre VT1 y VT2, a una intensidad cercana al umbral de lactato y con entrenamientos a intensidades por encima del VT2, entre el 90-100 del  $\text{VO}_2\text{max}$  y generalmente presentados de manera interválica (Seiler & Tønnessen, 2009).

Seiler y Kjerland (2006) se refieren al término de entrenamiento polarizado o distribución polarizada del entrenamiento ("polarized distribution"), afirmando que puede ser la distribución óptima del volumen y la intensidad.

Esta distribución polarizada se refería al 75-80% de las sesiones de entrenamiento en fase 1 (1,5% en fase 2 (VT1-VT2) y al 15-20% en fase 3 (>VT2). No obstante, esta distribución debería variar en función de los requerimientos competitivos de cada modalidad deportiva y de la distribución de la intensidad durante la competición dentro de las fases 2 y 3 (Seiler & Kjerland, 2006).

Analizando la distribución del volumen de entrenamiento de los maratonianos africanos, los mejores en esta modalidad, se encontró que ésta presentaba una tendencia marcadamente polarizada. El 78% de la distancia total recorrida ( $206 \pm 26$  km) se realizó a velocidades inferiores al ritmo de la maratón. Solamente el 4% se acumuló a velocidades similares a la maratón, mientras que el 18% se realizó a intensidades por encima de ese ritmo de prueba (Billat, Sirvent, Py, Koralsztein, & Mercier, 2003). Intensidades similares en la distribución de la carga de entrenamiento fueron halladas en diferentes análisis retrospectivos con deportistas de resistencia de diferentes modalidades deportivas (Schumacher & Mueller, 2002; Steinacker et al., 1998). Por ejemplo, en esquiadores de fondo de nivel internacional la distribución del volumen de entrenamiento fue la siguiente, en base a la frecuencia cardiaca analizada en más de 300 sesiones de entrenamiento: 75% fase 1, 8% fase 2 y 17% fase 3 (Seiler & Kjerland, 2006).

Otros estudios con diseño experimental también han confirmado la eficacia de este modelo de organización del volumen de entrenamiento en deportes de resistencia como el ciclismo o el atletismo en periodos corto de tiempo. 12 ciclistas entrenados completaron 2 bloques de 6 semanas de entrenamiento separados por un periodo de 1 mes de descanso (Neal et al., 2013). En el bloque 1 la tendencia empleada fue polarizada (80% fase 1 y 20% fase 3). En el bloque 2 realizaron una distribución THR (57% fase 1 y 43% fase 2). El rendimiento en tiempo de 40 km, el pico de potencia sostenida, el umbral de lactato y la capacidad de mantener una alta intensidad mejoró en ambos grupos. En el grupo polarizado las mejoras fueron superiores que en THR, a pesar de entrenar 1 hora menos de media semanalmente. En otra investigación (Muñoz, Seiler, Bautista, & Eteve-Lanao, 2013), se dividió a 30 corredores en 2 grupos de entrenamiento con diferentes tendencias con el objetivo de comprobar el efecto de las mismas sobre una prueba de 10 km.

Un grupo siguió una tendencia POL (75% fase 1, 5% fase 2 y 20% fase 3) y otro THR (45% fase 1, 35% fase 2 y 20% fase 3) durante 10 semanas de entrenamiento. Después del periodo de entrenamiento ambos grupos mejoraron sus valores iniciales, sin encontrarse diferencias significativas entre una y otra tendencia de distribución del entrenamiento. No obstante algunos resultados muestran un efecto superior del entrenamiento en los corredores del grupo con tendencia polarizada.

Por último, un completo trabajo que comparó las 4 tendencias de distribución de la carga de entrenamiento (Stoggl & Sperlich, 2014) también mostró la distribución polarizada como la más efectiva. Se dividieron de manera aleatoria 48 deportistas de resistencia (ciclistas, corredores, triatletas y esquiadores de fondo) de nivel elevado ( $\text{VO}_2 \text{ Max } 62 \pm 7,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) en 4 grupos de entrenamiento. En cada grupo de entrenamiento se llevó a cabo una tendencia de distribución de la carga diferente durante 9 semanas. El grupo Polarizado, incluyó 3 bloques de 3 semanas (2 alto volumen e intensidad y 1 de recuperación). La semana de máxima carga de entrenamiento se realizaron 6 sesiones de entrenamiento: 2 sesiones de 90 minutos a baja intensidad, 2 sesiones de 60 minutos de HIIT y 2 sesiones de 150 a 240 minutos (en función del deporte practicado) de alto volumen y baja intensidad, pero introduciendo de 5 a 8 aceleraciones de 5 segundos, separadas de al menos 20 minutos cada una de ellas. Este grupo fue el que obtuvo los mayores incrementos en las variables relacionadas con el entrenamiento de resistencia ( $\text{VO}_2 \text{ Max}$  pico, tiempo hasta la extenuación, pico de velocidad o potencia y velocidad o potencia a una intensidad de  $4 \text{ mMol/L}^{-1}$ ) en comparación con los resultados previos a la intervención.

### **1.1.8 El entrenamiento de fuerza en deportes de resistencia**

El efecto del entrenamiento de la fuerza ha sido tema de debate hasta hace relativamente pocos años. Los primeros estudios apuntaban a una incompatibilidad en las adaptaciones cardiovasculares y músculo-esqueléticas comprometiéndose el rendimiento cuando los dos tipos de entrenamiento son combinados (Kraemer et al., 1995).

En otros estudios se observaron incrementos en el rendimiento similares con un entrenamiento concurrente (fuerza más resistencia) que con un régimen de entrenamiento por separado (Izquierdo, Häkkinen, Ibáñez, Kraemer, & Gorostiaga, 2005). No obstante, las últimas líneas de investigación confirman que el entrenamiento de fuerza y resistencia de manera conjunta resulta más efectivo que el entrenamiento de resistencia de manera exclusiva (Heggelund, Fimland, Helgerud, & Hoff, 2013; Hoff, Gran, & Helgerud, 2002; Paavolainen, Häkkinen, Hämmäläinen, Nummela, & Rusko, 1999; Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2010).

La influencia del entrenamiento de fuerza en el rendimiento de la resistencia ha sido estudiado tanto en personas entrenadas como no entrenadas, aunque no existen muchos estudios experimentales que hayan estudiado su efecto en deportistas de alto nivel (Aagaard & Raastad, en Mújika 2012). El entrenamiento de fuerza concurrente ha mejorado la capacidad de rendimiento en resistencia de larga duración (más de 15 minutos) en ciclistas de alto nivel a través de un programa de entrenamiento de resistencia (<30 horas semanales) combinado con 2-3 sesiones semanales de fuerza con altas cargas (Aagaard et al., 2011). Por otro lado, cuando el volumen es escaso y la intervención del programa de fuerza es demasiado corta (<8 semanas de duración) añadido a trabajos de intensidades bajas (cargas por debajo del 80% del RM) o trabajos más longevos pero únicamente de un ejercicio y siempre manteniendo una intensidad baja (<60% del RM) no parecen protocolos que repercutan en una mejora del rendimiento en los parámetros relacionados con la resistencia, a pesar de mejorar el RM de los deportistas participantes (Bastiaans, van Diemen, Veneberg, & Jeukendrup, 2001; Bishop, Jenkins, Mackinnon, McEniery, & Carey, 1999; Levin, Mcguigan, & Laursen, 2009).

En deportistas de resistencia de alto nivel el trabajo con cargas elevadas (<85%) y ejercicios explosivos producen mayores efectos sobre el rendimiento que el trabajo de fuerza usando bajas y moderadas cargas (Aagaard & Raastad, en Mújika 2012).

En los últimos años también se ha dado gran importancia a la velocidad de ejecución de los ejercicios de fuerza. Una velocidad de ejecución máxima supone un estímulo superior que inducirá a provocar adaptaciones dirigidas a la mejora del rendimiento deportivo (Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & González-Badillo, 2014)

Los atletas de resistencia, suelen ser rehaceos al entrenamiento de fuerza por el aumento de masa muscular que se le relaciona. Sin embargo, aparecen estudios que afirman que el entrenamiento concurrente produce un aumento de la fuerza sin los correspondientes incrementos en el tamaño de fibra muscular y el área anatómica de la sección transversal del músculo que son típicos del entrenamiento exclusivo de fuerza (Hickson, Dvorak, Gorostiaga, Kurowski, & Foster, 1988; Losnegard et al., 2011).

Es importante recalcar como los mayores beneficios del entrenamiento concurrente en deportistas de resistencia están relacionados a la eficiencia energética o economía. Encontramos ejemplos de estudios en los que el entrenamiento concurrente mejora en mayor medida la economía en comparación con el entrenamiento únicamente de resistencia (Millet, Jaouen, Borrani, & Candau, 2002; Storen, Helgerud, Stoa, & Hoff, 2008). Millet et al (2002) encontraron mejoras en la economía de carrera en triatletas de alto nivel, además de mejoras en la fuerza máxima aunque no en el  $VO_2$  Max después de un programa concurrente de 14 semanas de entrenamiento en comparación con un grupo que únicamente realizó entrenamiento de resistencia. En ciclistas altamente entrenados ( $VO_2$  Max 66-70 ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>) dos días de entrenamiento de fuerza semanales durante 12 semanas provocaron mejoras la economía durante la última hora de un test de 185 minutos, además de incrementar la potencia media en 5 minutos “all-out” después de los 185 minutos de test (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2011). Un último ejemplo sería el estudio de Sunde et al.(2010) donde únicamente 8 semanas de entrenamiento concurrente (3 días por semana) fueron suficientes para obtener mejoras en la economía de ciclistas de buen nivel ( $VO_2$  Max 58-64 ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>).

En conclusión, existen evidencias científicas más que suficientes para afirmar que el entrenamiento concurrente donde se combinan sesiones de fuerza y resistencia, provocan mejoras en el rendimiento de variables relacionadas con la resistencia tanto en personas poco entrenadas, como altamente entrenadas, así como atletas de resistencia de alto nivel.

## **1.2 Triatlón de larga distancia: Origen, evolución y factores de rendimiento.**

El triatlón es definido en el reglamento de competición de la Federación Española de Triatlón (2016)(FETRI en adelante) de la siguiente manera: “El triatlón es un deporte combinado y de resistencia donde se desarrollan sin solución de continuidad natación, ciclismo y carrera a pie, siempre en ese orden y sin parar el cronómetro. El paso de un segmento a otro se denomina transición. El orden es el señalado y el cronómetro no se para durante las transiciones que componen el conjunto de la competición”.

Lo que se pretende en los siguientes apartados será contextualizar de manera general el deporte del triatlón aunque profundizando en mayor medida en el triatlón de larga distancia.

### **1.2.1 Antecedentes y evolución histórica del triatlón**

Las pruebas combinadas serían los antecedentes del triatlón, ya que en éstas consideraban en su clasificación final el resultado de distintos deportes o modalidades. No obstante, la principal diferencia del triatlón con estas pruebas es que se desarrolla de forma consecutiva, mientras que las modalidades de estas pruebas combinadas se realizaban de manera independiente fueran cuales fueran las especiales en las que se competía(Cejuela, 2009; García Bataller, 2016; Ruiz, 2006).

La evolución histórica del triatlón se presenta la siguiente tabla resumen, donde aparecen las fechas y los acontecimientos más relevantes en la historia de este deporte.

Tabla 12: Evolución histórica del triatlón.

<b>Año</b>	<b>Acontecimiento</b>	<b>Referencia</b>
<b>1904</b>	Un evento es llamado triatlón en los JJ.OO. de Saint Louis (EEUU). Consistía en salto de longitud, lanzamiento de peso y una carrera de 100 yardas. También surge el decatón.	(Ruiz, 2006)
<b>1912</b>	En los JJ.OO. de Estocolmo se incluye el pentatlón moderno; es la primera vez que coinciden en una misma prueba las disciplinas de triatlón, al sustituirse en ocasiones los caballos por bicicletas.	(Lehenaff & Bertrand, 2001)
<b>1921</b>	El club natación Petit Perillon, en Marsella (Francia), organiza un evento llamado “carrera de los tres deportes”. Consiste en un segmento de ciclismo de 7 km, uno de carrera a pie de 5 km y para finalizar, 200 metros de natación.	(Tinley, 1999)
<b>1963</b>	Primera referencia que se tiene en España de una prueba similar al triatlón. Se trata del concurso ciclo-nata-cross. Organizado y disputado en Castro Urdiales (Cantabria).	(Ballesteros, 1987)
<b>1972</b>	Primera carrera multideportiva en EEUU. Creada por David Pain, un abogado de San Diego, fundador del movimiento “Masters de carreras”. Se llamó la Dave Pain Birthday Biathlon, y constaba de 4,5 millas de carrera a pie y un cuarto de milla de natación.	(Mora, 2001)
<b>1974</b>	El 25 de Septiembre Johnstine y Shanahan organizan el primer triatlón oficial en Mission Bay, San Diego (EEUU).	(Tinley, 1999)

<b>1978</b>	El 18 de febrero se celebra el primer Ironman, propuesto por John Collins, en Honolulu. Hawái (EEUU).	(Ballesteros, 1987)
<b>1982</b>	El 9 de Abril se funda "The uniates states Triathlon Associaton.	(Cejuela, 2009)
<b>1982</b>	El 12 de septiembre se celebra el primer triatlón que ofrece premio en dinero (Torrey Pines triathlon). Primer triatlón de las series de EEUU ganado por David Scott.	(Mora, 2001)
<b>1982</b>	Se celebra el triatlón de Niza, suponiendo una impulsión del deporte en Europa.	(García Bataller, 2016)
<b>1983</b>	Se funda la British Triathlon Asociation.	(Cejuela, 2009)
<b>1983</b>	La palabra triathlon es añadida en la novena edición del webstrer's New World College Dictionary.	(Cejuela, 2009)
<b>1984</b>	Se celebra el primer triatlón oficial en España. El triatlón de Guadalajara.	(Cejuela, 2009)
<b>1986</b>	Dos competidores españoles del triatlón de Niza organizan una prueba bajo patrocinio, lo cual da comienzo al primer circuito de triatlón en España, siendo éste el año del despegue del triatlón en España.	(Ballesteros, 1987)
<b>1987</b>	Primer triatlón blanco de Reinosa (Cantabria). Componen la competición los segmentos de carrera a pie, ciclismo y esquí de fondo.	(Cejuela, 2009)
<b>1989</b>	Del 31 de Marzo al 1 de Abril. Primer congreso de la ITU, en Avignon (Francia). Es elegido presidente el canadiense Les MacDonald.	(Cejuela, 2009)
<b>1989</b>	Se celebra el 6 de Agosto el primer campeonato del mundo de triatlón en Avignon. Se establece la distancia olímpica para el mismo. 1500 metros – 40 km – 10 km.	(Cejuela, 2009)

<b>1991</b>	El comité olímpico internacional reconoce a la ITU como único cuerpo dirigente del deporte del triatlón en su nonagésimo séptima edición, celebrada en Birmingham (Inglaterra).	(Cejuela, 2009)
<b>1991</b>	Se crea la primera serie de copas del mundo de triatlón	(Cejuela, 2009)
<b>1992</b>	I edición del Ironman de Lanzarote	(Barrero Franquet, 2014)
<b>1994</b>	El comité olímpico internacional añade el triatlón al programa de los JJ.OO. de verano.	(Cejuela, 2009)
<b>1995</b>	El triatlón es añadido a los juegos panamericanos en Mar de Plata (Argentina).	(Cejuela, 2009)
<b>2000</b>	El 16 y el 17 de septiembre el triatlón debuta en los JJ.OO de Sídney (Australia).	(Cejuela, 2009)
<b>2008</b>	La española Marisol Casado es elegida presidenta de la ITU en el congreso celebrado en Madrid (España).	(Cejuela, 2009)
<b>2009</b>	Se cambia el formato de campeonato del mundo, de prueba única al formato "Trial Series". Siete pruebas y una gran final que puntúa el doble que las demás. Resulta campeón del mundo aquel triatleta que consiga mayor número de puntos al final de estas series.	(García Bataller, 2016)
<b>2010</b>	Se disputa la primera prueba de relevos mixtos.	(García Bataller, 2016)
<b>2011</b>	Se celebra el I congreso internacional de ciencia y triatlón en la Universidad de Alicante.	(García Bataller, 2016)
<b>2012</b>	Javier Gómez Noya gana la medalla de plata en los JJ.OO. de Londres. Primera medalla de la historia de este deporte para España.	
<b>2013</b>	Se comienza a incorporar la distancia Sprint en las pruebas que componen el campeonato del mundo.	(García Bataller, 2016)

<b>2013</b>	Se celebra el II congreso internacional de ciencia y triatlón en Magglingen, Suiza.
<b>2015</b>	El triatlón olímpico se incorpora a los Juegos Europeos desarrollados en Baku (Azerbaiyan) (García Bataller, 2016)
<b>2015</b>	Se celebra el III congreso internacional de ciencia y triatlón en París (Francia).
<b>2016</b>	Javier Gómez Noya recibe el premio princesa de Asturias. Por primera vez un triatleta consigue este galardón.

### 1.2.2 Características generales del triatlón.

El triatlón es un deporte de resistencia único, el cual comprende de manera secuencial natación, transición 1 (natación a ciclismo), ciclismo, transición 2 (ciclismo a carrera a pie) y carrera a pie. Las competiciones se pueden agrupar de manera general en dos tipos: corta distancia y larga distancia. A continuación se presenta la tabla, donde se pueden observar las diferentes pruebas en las que se puede competir en triatlón y las distancias empleadas en cada uno de los segmentos.

Tabla 13: Pruebas y distancias en triatlón. (Adaptado de Cejuela Anta, 2009)

<b>Prueba</b>	<b>Natación (metros)</b>	<b>Ciclismo (km)</b>	<b>Carrera a pie (Km)</b>
<b>Supersprint</b>	350	8	2,5
<b>Sprint</b>	750	20	5
<b>Olímpico</b>	1500	40	10
<b>Doble Olímpico</b>	3000	80	20
<b>Larga Distancia</b>	4000	120	30
<b>Medio Ironman</b>	1900	90	21
<b>Ironman</b>	3800	180	42,195

Existen unas reglas universales como por ejemplo la prohibición del uso de sustancias dopantes que favorezcan el rendimiento y la prohibición de cualquier tipo de ayuda externa durante la competición. Otras reglas cambiarán de una carrera a otra como por ejemplo la obligatoriedad o no del uso del neopreno en función de la temperatura del agua (Barrero Franquet, 2014). Si algo diferencia al triatlón de otros deportes, es que se trata de un deporte abierto y condicionado por factores externos como el clima o la orografía donde se va a desarrollar la competición.

A continuación se presentan algunas de las características y normas generales del triatlón en cada uno de los diferentes segmentos.

### ***2.2.2.1 El segmento de natación***

El segmento de natación se desarrolla en aguas abiertas (mares, lagos, océanos, pantanos...). La utilización o no del neopreno estará supeditada a la temperatura del agua. En pruebas donde el segmento de natación supere los 1500 metros su uso estará prohibido por encima de 24,6°C en grupos de edad y de 22°C en competiciones élite, sub 23, Junior y Cadete. Por otra parte se tendrá que utilizar neopreno obligatoriamente por debajo de los 15,9°C. Si la temperatura es inferior a 13°C no se realizará este segmento o se reducirá su distancia, así como si la temperatura del agua supera los 31°C (FETRI, 2016).

Se realiza una salida masiva de todos los participantes bien desde la orilla de la playa o bien directamente desde dentro del agua en el caso de que no se pueda realizar la entrada corriendo desde fuera (pantanos, lagos, puertos marítimos...). Es común que los triatletas empleen menos el batido de pies durante el segmento que otros nadadores con el objetivo de reservar la musculatura del tren inferior para los siguientes segmentos (Delextrat et al., 2003).

### **1.2.2.2 El segmento de ciclismo**

El segmento ciclista tiene lugar en carreteras asfaltadas, dando una o varias vueltas a un circuito delimitado y cortado al tráfico. El perfil orográfico del segmento será diferente en función de la organización de la prueba, pudiendo tener o no dificultades montañosas, aunque por regla general la mayoría de circuitos no cuentan con largos puertos de montaña (García Bataller, 2016). Los triatletas pueden usar bicicletas de carretera o bicicletas específicas para triatlón de larga distancia, usualmente optimizada mediante componentes aerodinámicos (acople). De manera obligatoria todos los deportistas deben llevar el casco durante el segmento con su número de dorsal visible en la parte delantera y lateral. En la parte trasera de la bicicleta también se distinguirá el número de dorsal mediante una pegatina que irá colocada en la tija. Además de ello, de manera normativa los triatletas deberán llevar el dorsal girado hacia la parte trasera de su cuerpo durante este segmento para que pueda ser perfectamente visible (Barrero Franquet, 2014).

Sin duda la norma que condiciona el segmento de ciclismo en larga distancia es la prohibición de ir a rueda de otro participante o realizar “drafting”. Se deben mantener al menos 7 metros de diferencia por delante y 3 metros lateralmente con otro triatleta durante todo el segmento ciclista. La regla de “no drafting” repercutirá en una carrera menos táctica y más individual (Barrero Franquet, 2014). La regla “no drafting” adoptada por las pruebas de larga distancia difiere con las pruebas de distancia olímpica o sprint donde se ha optado por la realización de “drafting” favoreciendo así realizar el segmento ciclista en grupo o pelotón con las ventajas que ello puede suponer.

### **1.2.2.3 El segmento de carrera a pie**

La carrera a pie se suele disputar en un circuito próximo al área de transición. Normalmente se realizará sobre asfalto, aunque también existen triatlones donde parte del circuito se realiza sobre caminos o pistas de tierra.

El dorsal de los participantes, al contrario que en la bicicleta, deberá ir en la parte delantera del cuerpo del triatleta durante este último segmento. Suelen encontrarse varios puntos de avituallamiento a lo largo del recorrido para que los deportistas puedan tomar alguna bebida en su tránsito (García Bataller, 2016).

#### **1.2.2.4 Transiciones: Natación-Bici (T1) Bici-Carrera (T2)**

La transición es un lugar cerrado donde tiene lugar el cambio de una disciplina a otra y donde los deportistas pueden dejar el material necesario para realizar cada uno de los segmentos. Su acceso está restringido exclusivamente a los participantes de la prueba, además de existir normas específicas que se deben cumplir dentro de esta área. Existen dos transiciones durante una prueba: De natación a ciclismo (T1) y de ciclismo a carrera (T2). Suele haber una única zona habilitada para realizar las dos transiciones, aunque también es común encontrar triatlones donde existen dos áreas diferentes de transición una para realizar la T1 y otra para la T2 (Cejuela, 2009).

Durante la T1, el triatleta se quita el traje de neopreno (en el caso de haberlo utilizado durante la prueba), deja las gafas de nadar y se pone el casco, coge la bicicleta en la mano y sale con ella en la mano corriendo hasta el lugar donde el juez le dé la señal para montar en la misma. En la T2, el triatleta se desmonta, corre con la bicicleta hasta su zona indicada para dejarla, se quita el casco y se pone las zapatillas de correr (Cejuela, 2009). Algunos autores como Sleiver y Rowlands (1996) y Hue, Le Gallais, Chollet, Boussana y Prefaut (1998), han cuantificado las últimas tres acciones descritas en menos de 8 segundos en triatletas élite.

La importancia de las transiciones en el rendimiento final de la prueba es inversamente proporcional al tiempo total de la competición. Por ello, en los triatlones de larga distancia la importancia del tiempo empleado en las transiciones será menos determinante (aunque también importante) que en triatlones de distancia sprint u olímpica, donde una transición lenta puede provocar que el triatleta se quede sin opciones de disputar la competición.

### 1.2.3 Evolución del triatlón popular en España.

Durante las tres últimas décadas se ha producido un aumento de un 15% en la práctica deportiva de las personas residentes en España (García Ferrando & Llopis Goig, 2010). Este aumento de práctica deportiva viene principalmente impulsado a través del deporte popular, acercándose cada vez más a los diferentes niveles sociales (Sánchez & López-gullón, 2016).

El triatlón no ha ido al margen de este crecimiento aumentando su número de practicantes multiplicando por siete su número de licencias desde el año 2000 hasta el 2015. Si se analizan los datos expuestos en el anuario de estadística nacional (CSD, 2016) en el año 2015 se ha alcanzado el máximo número de licencias con 29.739 suponiendo un 0,8% del total de licencias deportivas de España. Estos datos sin duda revelan la importante evolución que se ha producido en el triatlón a nivel nacional. De esas 29.739 licencias solamente 69 pertenecen a deportistas de alto nivel reconocidos por el CSD y la gran mayoría de ellas pertenecen a deportistas calificados como populares.

De las 29.739 licencias un total de 24.723 (83,1%) serían masculinas y 5.016 (16,9%) femeninas (CSD, 2016).

En cuanto a la distribución de licencias por autonomías, con 5.386 Cataluña se encuentra en primera posición, seguidas por la Comunidad de Madrid (4.003 licencias) y la comunidad valenciana (3.834 licencias). Las comunidades autónomas con menos licencias de España serían Cantabria (373 licencias), Melilla (320) y Ceuta (73).

En 2015 también se ha alcanzado el número máximo de clubes (1.121 clubes), apareciendo más de 250 nuevos clubes con respecto al año 2014 (866 clubes) (CSD, 2016).

En las tablas que se presentan a continuación se aprecia de manera más detallada la situación actual del deporte en España y la evolución en los últimos años del mismo.

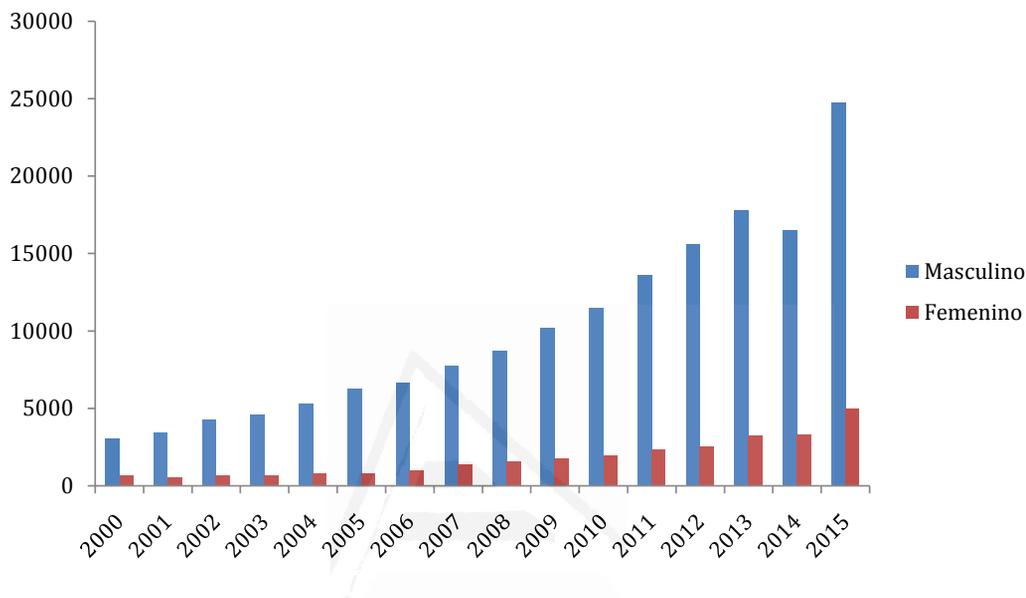


Figura 2: Evolución del número de licencias por año y sexo. (CSD, 2016)

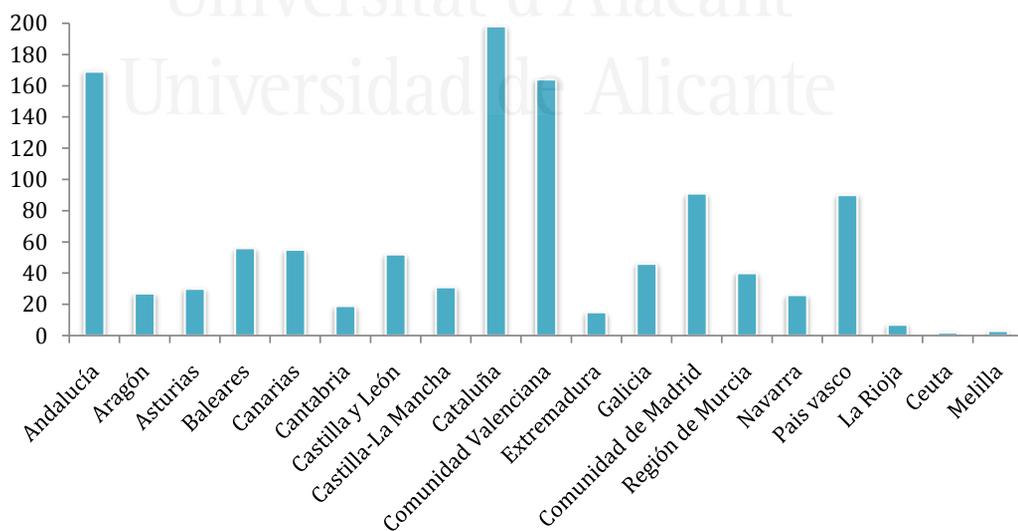


Figura 3: Distribución del número de clubes federados por autonomía. (CSD, 2016)

Tabla 14: Número de licencias federativas de triatlón en España por autonomía y sexo. (CSD, 2016)

CCAA	Masculino	Femenino	Total
Andalucía	2.816	470	3.286
Aragón	674	119	793
Asturias	426	86	512
Baleares	991	137	1.128
Canarias	968	218	1.186
Cantabria	336	37	373
Castilla y León	996	193	1.189
Castilla-La Mancha	703	141	843
Cataluña	4.527	859	5.386
Comunidad Valenciana	3.170	664	3.834
Extremadura	369	79	448
Galicia	1.451	350	1.801
Comunidad de Madrid	3.219	784	4.003
Región de Murcia	919	219	1.138
Navarra	788	308	1.096
País Vasco	2.124	285	2.409
La Rioja	123	21	144
Ceuta	24	2	26
Melilla	100	44	144

El triatlón de la larga distancia también ha ido evolucionando de manera paralela junto con el deporte, popularizándose en gran medida en los últimos años (Zaryski & Smith, 2005). Prueba de ello es la evolución del número de pruebas y la gran cantidad de participantes que toman la salida en estas competiciones a lo largo de todo el mundo.

La marca Ironman® (IM en adelante) se trata de la empresa que organiza mayor número de eventos de triatlón de larga distancia. En las siguientes tablas e ilustraciones se puede observar la evolución desde el año 2008 al 2015 de dichas pruebas, así como de la aumento de participación en las mismas.

En el caso del número total de participantes en pruebas de distancia IM, se observa como la participación se ha multiplicado casi por dos en los últimos siete años. En el año 2008 38204 triatletas estuvieron inscritos en alguna prueba IM, mientras que en 2015 fueron hasta 71351.

De todos los participantes del año 2015, únicamente un 2% de los mismos lo hicieron en categoría élite (PRO en adelante) y el 98% restante formaba parte de alguna de las categorías de grupos de edad (GE en adelante). En dichas categorías compiten aquellos participantes que no tienen una dedicación exclusiva al deporte y deben compaginar los entrenamientos con sus obligaciones laborales y familiares.

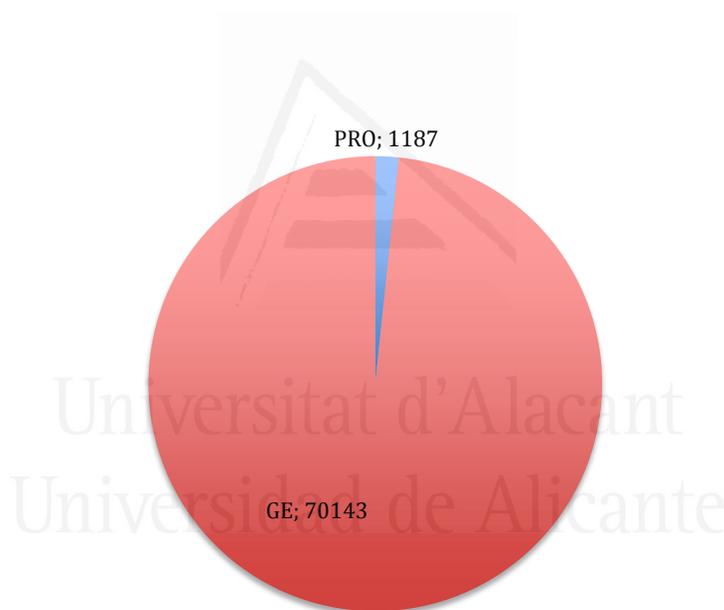


Figura 4: Distribución del número total de participantes del año 2015 en pruebas IM. (Fuente Iroman Web)

En la figura 5 se observa la participación en pruebas IM por continente. Se observa como el continente donde las pruebas de distancia IM cuentan con mayor número de participantes sería Norte América, seguido de Europa.

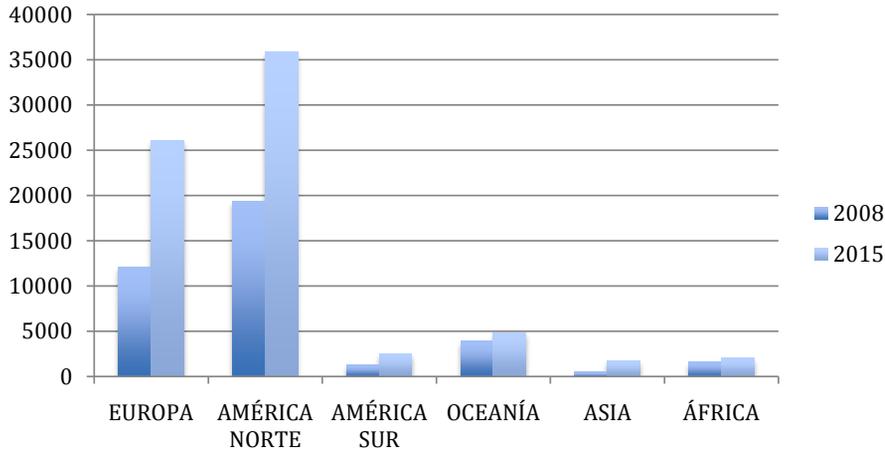


Figura 5: Comparativa número de participantes totales de pruebas IM en cada continente. ( Fuente Ironman Web)

En todos los continentes, a excepción de América del Norte, también se ha producido un incremento del número de participantes promedio que participa en estas pruebas. Si en 2010 se contaba con unos 2000 participantes por prueba, en el año 2015 la participación media en pruebas IM es de 2100 participantes. Esto se trata de un dato bastante relevante, ya que a pesar del incremento del número de competiciones en distancia IM también se ha incrementado el número de participantes en cada uno de esos triatlones.

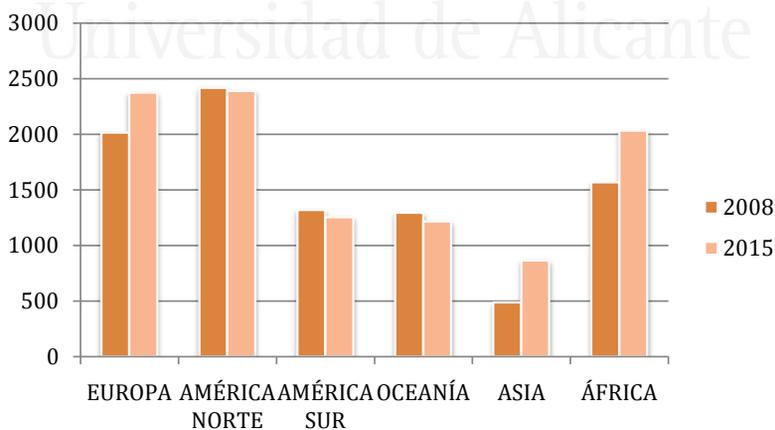


Figura 6: Comparativa del promedio de participantes por prueba en cada continente. (Fuente Ironman Web)

El número de pruebas totales también se ha incrementado exponencialmente en todos los continentes, exceptuando África, que sigue contando con un único IM en Sudáfrica. Los continentes donde más pruebas distancia IM se realizan son Europa y América del Norte. Estos continentes organizan más del 70% de pruebas de esta distancia, quedando el resto del porcentaje repartido entre el resto de continentes.

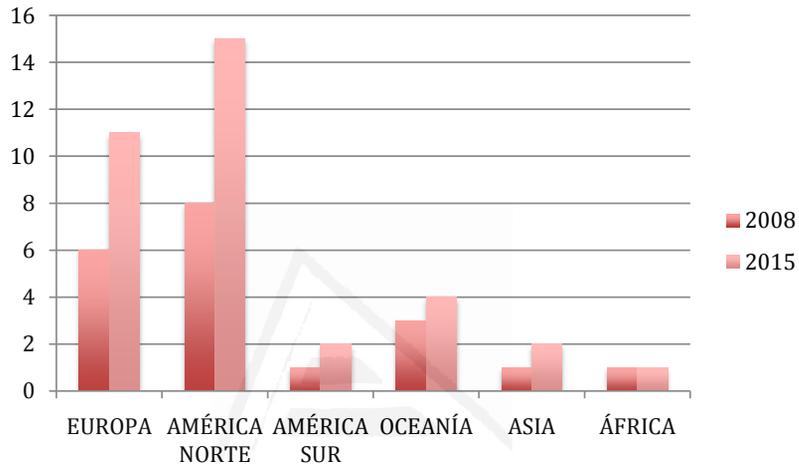


Figura 7: Comparativa número de pruebas distancia IM por continente. (Fuente Ironman Web)

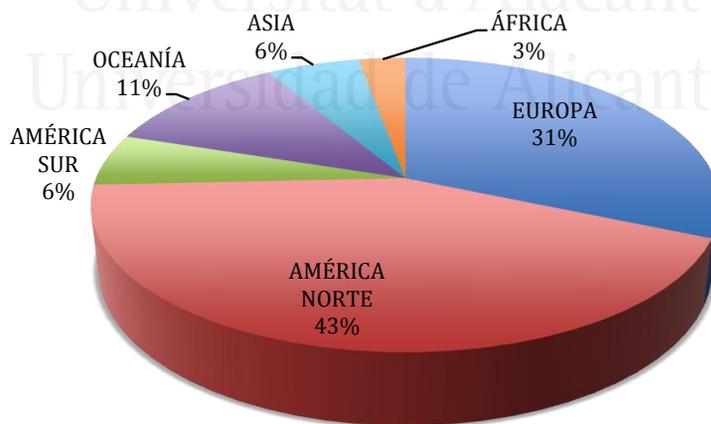


Figura 8: Distribución de las pruebas por continente de las pruebas IM. (Fuente Ironman Web)

Si con los datos aportados con la distancia IM ya se ha podido observar el aumento de la participación popular en las pruebas de larga distancia, el caso de las pruebas IM 70,3 (distancia medio IM) es todavía mucho más claro, convirtiéndose en una de las distancias con mayor popularidad entre los triatletas de grupo de edad.

En el caso del IM, la participación total en categoría PRO era de un 2%, mientras que en IM 70,3 esa participación no llega al 1%, existiendo incluso pruebas que no cuentan con ningún deportista inscrito en dicha categoría. En el año 2015 las pruebas IM 70,3 contaron con un total de 124728 de los cuales solamente 2224 de ellos lo hicieron en categoría PRO. América del norte y Europa son los continentes que cuentan con mayor número totales de participantes.

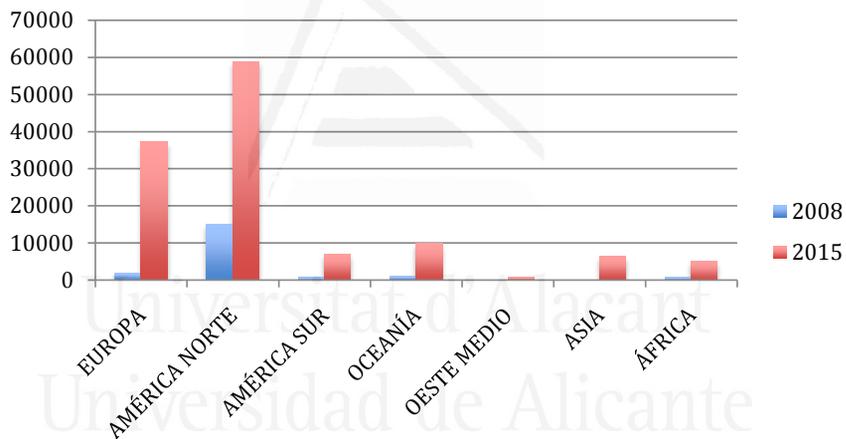


Figura 9: Comparativa de la distribución total de participantes de IM70.3 por continente entre los años 2008 y 2015. (Fuente Ironman Web)

En el caso de las pruebas IM 70,3 sí que se observa un aumento en todos los continentes de los participantes promedio por prueba. Destaca el caso de Oeste Medio, Asia y África. En los dos primeros no había participantes ya que no se realizaba ninguna prueba de esta distancia y en África existen dos pruebas de esta distancia, ambas realizadas en Sudáfrica, que cuentan con una gran popularidad actualmente.

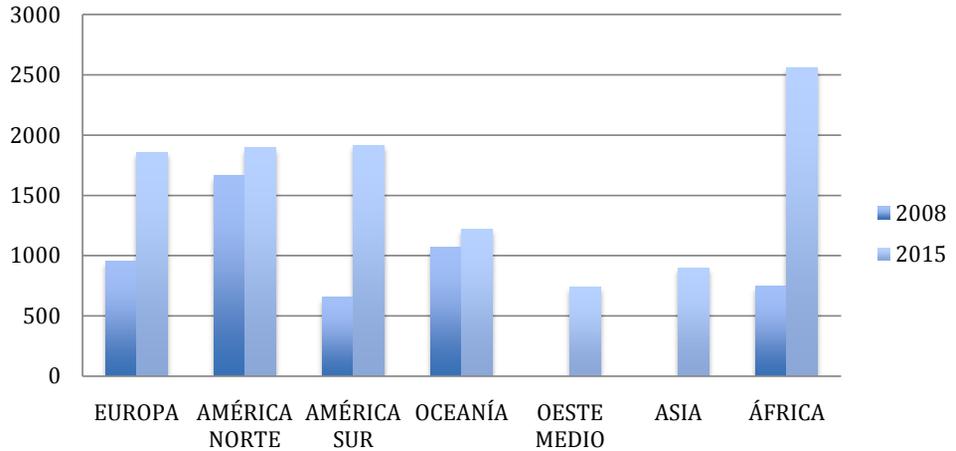


Figura 10: Distribución de números de participantes promedio por prueba IM 70.3 por continente. (Fuente Ironman Web)

El número de pruebas IM 70,3 se ha incrementando de manera exponencial, incluso en mayor medida que las pruebas distancia IM. Si en el año 2008 se daban en todo el mundo un total de 14 IM 70,3, en el año 2015 son 75 las pruebas que organiza la marca IM de esta distancia. A pesar de que se han ampliado a todos los continentes, al igual que en el caso de pruebas distancia IM, serán tanto en América del Norte como en Europa los continentes que albergan más eventos de esta índole.

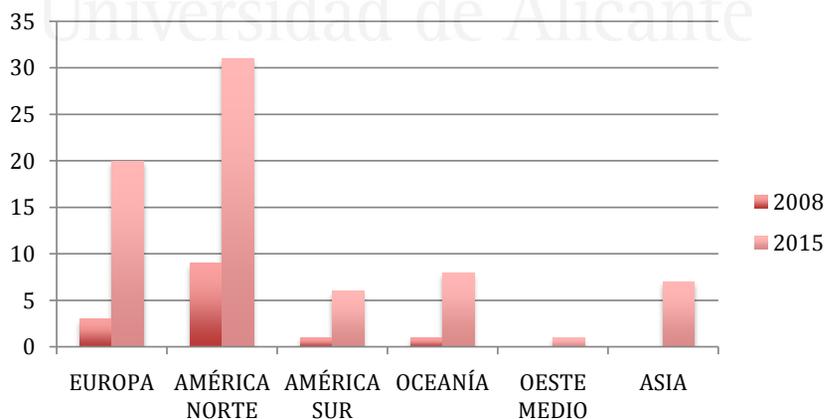


Figura 11: Comparativa número de pruebas Ironman 70,3 por continente. (Fuente Ironman Web)

En cuanto al incremento de estas pruebas en España, ha seguido la misma línea que en todo el mundo. En el año 2008, únicamente en España la marca IM realizaba la mítica prueba distancia IM Lanzarote. En la actualidad en España solamente la marca IM realiza 6 pruebas en Lanzarote, Mallorca y Barcelona, realizándose las dos distancias (IM e IM70,3). Además de ello han incrementado en gran medida el número de pruebas organizadas por otras empresas que cubren estas distancias.

Si observamos el caso concreto de la prueba distancia medio IM “Arenales 113”, celebrada en la provincia de Alicante, se ha llegado hasta multiplicar por 12 el número de participantes desde el año 2005. El año 2014 ha sido el de mayor participación, alcanzándose la cifra de 1278 inscritos a la prueba.

Los grupos de edad más numerosos en el año 2014 es el G.E 35-39 con 353 triatletas en categoría masculina y el G.E 30-34 en la femenina con 25 deportistas. En segundo lugar se encuentran los G.E 30-34 en hombres con 251 participantes y 35-39 en mujeres con 15 triatletas. El tercer grupo con más participación se trata del G.E 40-44 tanto en categoría masculina con 246 deportistas como en la femenina con 15 deportistas. La suma de estos grupos supone el 72% de todos los triatletas, tanto hombres como mujeres, que estaban inscritos a la prueba.

Estos datos son coincidentes con los resultados de otros estudios (Lepers, Sultana, Bernard, Hausswirth, & Brisswalter, 2010; Meili, Knechtle, Rüst, Rosemann, & Lepers, 2013) que concluyen que la participación de los triatletas de G.E en triatlones tanto de corta y larga de distancia se ha incrementado en las últimas dos décadas.

Tabla 15: Evolución del número de participantes y de los tiempos finales de los ganadores y ganadoras de la pruebas de Arenales 113. (Fuente FETRICV Web)

Año	Participación masculina	Participación Femenina	Tiempo del ganador	Tiempo de la ganadora
2005	93	5	4:02:16	4:46:14
2006	235	13	4:01:10	5:06:04
2007	330	35	4:01:17	5:03:44
2008	265	20	6:13:21	7:12:15
2009	490	34	4:03:21	5:05:35
2010	651	39	4:04:34	5:07:12
2011	868	45	4:02:15	4:31:55
2012	788	53	4:02:28	4:38:31
2013	1040	80	3:40:07	4:10:30
2014	1197	81	4:02:11	4:42:14
2015	606	44	3:49:21	4:20:35
2016	786	59	3:49:18	4:18:30

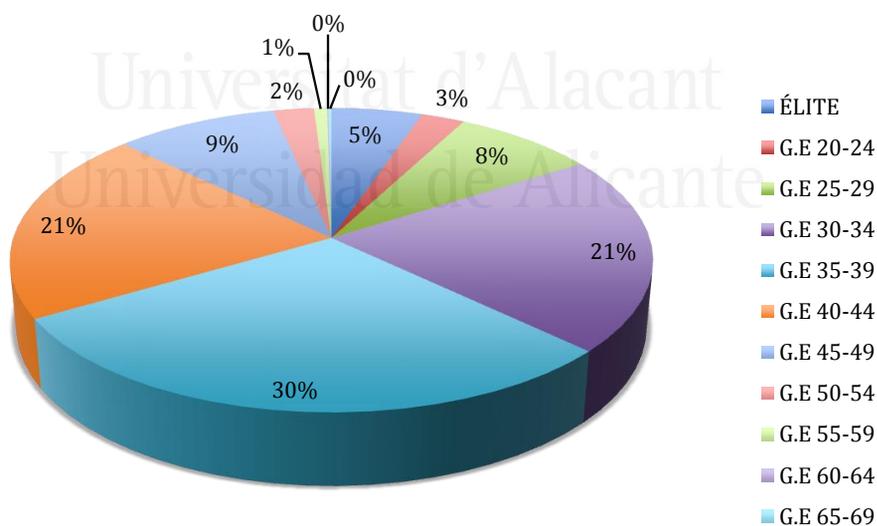


Figura 12: Distribución de los participantes de la prueba Arenales 113 (2014) por categorías.

Por último también se puede afirmar que la edad en la que los atletas alcanzan el pico de máximo rendimiento va siendo superior a medida que la distancia de la prueba se va incrementando. En distancia olímpica, los participantes masculinos alcanzan su pico de máximo rendimiento con una edad de unos 27 años ( $27,1 \pm 4,9$ ), en distancia medio IM lo hacen a los 28 años ( $28,0 \pm 3,8$ ) mientras que en distancia IM se produce un salto y se alcanza el pico de máximo rendimiento a los 35 años ( $35,1 \pm 3,6$ ). En cuanto a las participantes femeninas el pico de máximo rendimiento en distancia olímpica se alcanzaría en torno a los 26-27 años ( $26,6 \pm 4,4$  años), en distancia medio IM sería entre 31 y 32 años ( $31,6 \pm 3,4$ ) y en la distancia IM sería entre los 34 y 35 años ( $34,4 \pm 4,4$ ) (R. Knechtle, Rüst, Rosemann, & Knechtle, 2014).

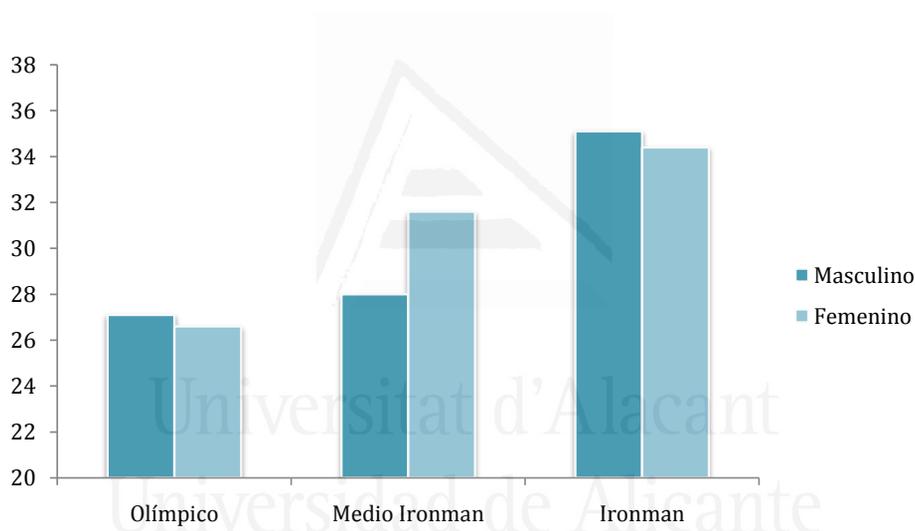


Figura 13: Edad donde se alcanza el pico máximo de rendimiento en triatlón según distancia y sexo. (Adaptado de Knechtle et al.,2014)

#### 1.2.4 Factores de rendimiento en el triatlón de larga distancia.

Algunos investigadores definen los eventos de ultra-resistencia como todo esfuerzo continuo que supere las 4 horas de duración (Kreider, 1991). No obstante, otros autores consideran pruebas de ultra-resistencia a aquellas pruebas superiores a las 6 horas (Zaryski & Smith, 2005).

Para no caer en errores terminológicos, esta tesis a triatlón de larga distancia, para considerar aquellos factores de rendimiento que serán limitantes en las distancias IM y medio IM.

Desde el punto de vista fisiológico se pueden diferenciar principalmente 4 factores de rendimiento que afectan a los deportes de resistencia (Acevedo & Goldfarb, 1989; Coyle, 1995; O'Toole & Douglas, 1995; Sjödín & Svedenhag, 1985; Tanaka et al., 1986): El  $VO_2$  Max, la eficiencia energética, el VT2 y la potencia anaeróbica. A continuación se observará cuales de éstos influirán en mayor medida en los triatlones de larga distancia.

Por otra parte también será determinante a la hora de obtener un alto rendimiento en los triatlones de larga distancia otra serie de factores que se enumeran a continuación. Una preparación física a largo plazo, una nutrición e hidratación suficientes (tanto los días previos como durante el evento) la aclimatación previa a los factores estresantes ambientales (temperatura y humedad) y la fortaleza psicológica (Zaryski & Smith, 2005).

#### **1.2.4.1 El consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ Max)**

El  $VO_2$  Max es definido por Wilmore y Costill (2007) como el ritmo más alto de consumo de oxígeno alcanzable durante la realización de ejercicios máximos o agotadores. Se trata de la máxima capacidad del organismo para absorber el oxígeno y utilizarlo por el sistema muscular durante el ejercicio de alta intensidad (Bassett & Howley, 2000a). Desde hace más de 90 años que se conoce que el consumo de oxígeno aumenta de forma directamente proporcional a la intensidad del ejercicio, de forma que al llegar a un cierto nivel de intensidad éste se estabiliza (meseta del  $VO_2$  Max) y no aumenta prácticamente a pesar del incremento de la carga de trabajo (Hill & Lupton, 1923).

Desde el punto de vista funcional, el  $\text{VO}_2$  depende de varios factores que se encargan de transportar el oxígeno desde los pulmones hasta el sistema muscular para ser utilizado en el proceso de obtención de energía necesaria para la realización de ejercicio físico (Navarro Valdivielso, 1998).

A pesar de que existen métodos indirectos para la evaluación del  $\text{VO}_2$  Max (Navarro Valdivielso, 1998), los más utilizados en investigación son protocolos de medición directos (espirometría), continuos y con velocidades incrementales hasta la extenuación del deportista. Doherty, Nobbs y Noakes, (2003) propusieron tres criterios a la hora de valorar si un deportista había alcanzado un esfuerzo máximo: la consecución de la meseta de  $\text{VO}_2$  Max, un cociente respiratorio de 1,1 o mayor o alcanzar como mínimo una FC superior al 95% de su FC máxima teórica en función de su edad. Por otro lado, de esta investigación también se concluyó que se produce una ausencia de la meseta del  $\text{VO}_2$  Max en deportistas poco entrenados, alcanzándose solamente dicha meseta en los atletas con valores elevados de  $\text{VO}_2$  Max.

El entrenamiento de resistencia ayuda a mejorar el  $\text{VO}_2$  Max, aumentando la capacidad de suministrar y consumir más oxígeno. En personas no entrenadas previamente se han observado incrementos en el  $\text{VO}_2$  Max entre un 15-20% después de un programa de entrenamiento de 6 meses. Estos incrementos en los niveles del  $\text{VO}_2$  Max permiten al deportista ejecutar actividades que impliquen la resistencia con un nivel de esfuerzo más alto o a una velocidad superior, aumentando de esta manera su potencial de rendimiento (Wilmore & Costill, 2007).

El  $\text{VO}_2$  Max también se representa por medio del consumo de oxígeno por unidad de tiempo, ya sea en términos absolutos ( $\text{L}/\text{min}^{-1}$ ) o relativos ( $\text{ml}/\text{kg}^1/\text{min}^{-1}$ ). De manera más específica se puede afirmar que el  $\text{VO}_2$  Max se representaría no por un consumo, sino por la velocidad o potencia asociada al momento en que se produce una meseta del  $\text{VO}_2$  conociéndose a esta como VAM o PAM (Cejuela & Esteve-Lanao, en Naclerio 2010).

Se suele utilizar la expresión en términos relativos ( $\text{ml}/\text{kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ ), para facilitar la comparación entre deportistas con diferentes antropometrías. Ya se ha nombrado anteriormente que los deportistas no entrenados encuentran grandes dificultades para alcanzar la meseta que indica el  $\text{VO}_2$  Max. Sujetos entrenados pueden alcanzar y mantener esta meseta del  $\text{VO}_2$  de 3 a 9 minutos, provocando que el esfuerzo sea siempre predominantemente aeróbico y no anaeróbico (Gastin, 2001).

Las diferencias en valores de  $\text{VO}_2$  Max oscilan considerablemente entre sujetos entrenados y no entrenados. Los primeros pueden llegar hasta a cuadruplicar la cifra de sujetos sedentarios ( $75\text{-}85 \text{ ml}/\text{kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$  Vs  $20\text{-}40 \text{ ml}/\text{kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ ). En las siguientes figuras y tablas se pueden observar valores de  $\text{VO}_2$  Max alcanzados por deportistas de élite de diferentes modalidades deportivas vinculadas con la resistencia y valores de referencia de  $\text{VO}_2$  Max de la población sedentaria que reafirman la información anterior. Los hombres más entrenados también muestran valores más elevados que las mujeres más entrenadas, si se toman como referencia valores de población élite de la figura 14.

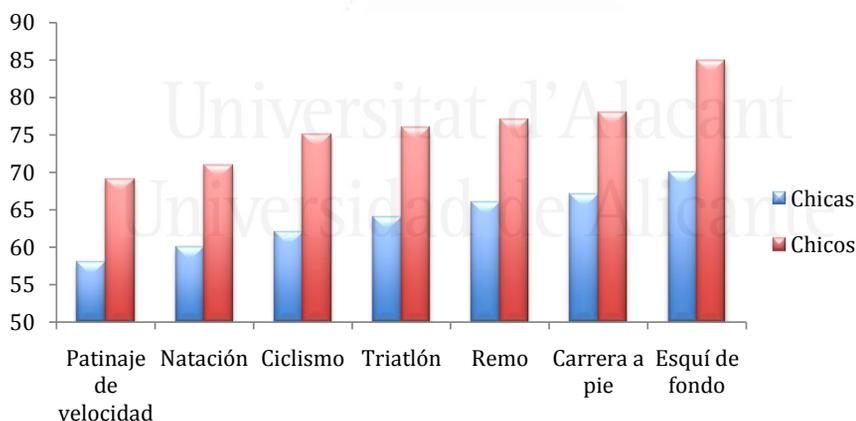


Figura 14: Valores de  $\text{VO}_2$  Max. relativo de referencia de la población élite en diferentes disciplinas deportivas. (Cejuela & Esteve-Lanao, en Naclerio, 2010)

No se puede afirmar que la persona con mayor consumo máximo de oxígeno vaya a ser el ganador de la prueba, ya que existen otros factores determinantes.

Sin embargo sí que parece claro afirmar que son necesarios alcanzar valores mínimos elevados de  $VO_2$  Max para poder pertenecer a la élite de los deportes de resistencia.

Con el entrenamiento se pueden llegar a producir importantes incrementos en los valores de  $VO_2$  Max en personas poco entrenadas. Sin embargo, es importante matizar que el  $VO_2$  Max tiende a estabilizarse después de varios años de entrenamiento sistemático. Un estudio llevado a cabo con 32 deportistas de alto nivel de resistencia y evaluados durante 4 años concluye que en los corredores con mayor edad prácticamente no se aprecian cambios en el  $VO_2$  Max a lo largo de este periodo, mientras que sí que se produjeron cambios en los atletas más jóvenes, incrementándose su  $VO_2$  Max y su rendimiento general (Legaz, Serrano, Mallén, & Munguía, 2005).

La fase más sensible para el entrenamiento del  $VO_2$  Max parece situarse en los meses posteriores al pico de aceleración de crecimiento, por lo que será un factor clave a entrenar por los técnicos de las categorías inferiores si quieren alcanzar el máximo rendimiento de sus deportistas en el futuro (Balyi & Hamilton, 2004).

El  $VO_2$  Max también resulta determinante en la recuperación de esfuerzos breves pero muy intensos (Tomlin, Wenger, & Dona L. Tomlin, 2001), situaciones a que el triatleta de larga distancia podría enfrentarse si por ejemplo en el circuito existen pendientes pronunciadas ya sea en el segmento de ciclismo o de carrera a pie.

Para concluir se puede afirmar que el  $VO_2$  Max es un factor determinante en pruebas de corta duración y limitante en pruebas de larga duración, ya que en éstas últimas otros factores como la economía o el umbral anaeróbico también tendrán un gran protagonismo (Cejuela & Esteve-Lanao, en Naclerio 2010).

### **1.2.4.2 El umbral ventilatorio 2 (VT2)**

El VT2 es también conocido en la literatura como índice de resistencia (Péronnet & Thibault, 1987) o umbral anaeróbico. Este último término fue acuñado por Wasserman y Mclroy (1964) para describir un aumento repentino del CO<sub>2</sub> que reflejaba un incremento en la participación metabolismo anaeróbico. No obstante, sería correcto matizar que este umbral se produce a intensidades de transición aeróbica-anaeróbica, por lo que es un error interpretarla como una intensidad en la que el ejercicio pasa de ser aeróbico a anaeróbico, ya que se puede aguantar este esfuerzo, según el nivel de entrenamiento entre 15 y 60 minutos, siendo el esfuerzo asociado a estas duraciones predominantemente aeróbico (Cejuela & Esteve-Lanao, en Naclerio 2010).

Cuando la intensidad del ejercicio aumenta y se va a aproximando a valores máximos, aparece un punto donde la ventilación se incrementa desproporcionadamente en comparación con el consumo de oxígeno. A este momento se le conoce como “punto de máxima tensión ventilatoria tolerable”. Si se continúa incrementando la intensidad, el aporte de oxígeno a los músculos no puede ser sostenida solamente por los requerimientos de oxígeno de la oxidación y comienza a obtenerse oxígeno a partir de la glucólisis. Esto ocasionará una mayor acumulación de ácido láctico (Wilmore & Costill, 2007).

La técnica más precisa para la identificación del VT2 implica el control del equivalente ventilatorio para el oxígeno ( $VE \cdot VO_2$ ) y el equivalente ventilatorio para el dióxido de carbono ( $VE \cdot VCO_2$ ) que es la proporción entre la cantidad de aire respirado y la cantidad de dióxido de carbono producido (Wilmore & Costill, 2007).

Este umbral representa una zona metabólica crítica en el rendimiento. Resulta determinante en el rendimiento en base a la velocidad a la que pueda ser alcanzado y en base al porcentaje del VO<sub>2</sub> Max al que se comienza a acumular lactato (Billat, 2001).

Existe una relación entre el VT2 y la concentración de lactato en sangre. Heck et al. (1985) relacionaron el valor de  $4 \text{ mMol}\cdot\text{L}^{-1}$  con la intensidad a la que se producía en VT2. Por otro lado fue Mader (1976) quien asoció por primera vez el VT1 al valor de  $2 \text{ mMol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Estas dos fases diferenciadas muestran un estado del lactato en torno a los  $2 \text{ mMol}$  y otro no estable en torno a los  $4 \text{ mMol}$ , dando lugar a una zona intermedia de transición que estaría relacionada con la zona fisiológica situada entre el VT1 y el VT2. Las 3 zonas de intensidad derivadas de la aparición de estos dos umbrales conformarían el llamado modelo trifásico de Skinner y McLellan (1980).

No obstante existen excepciones en esta relación entre lactato y VT2. Por ejemplo las personas con la enfermedad de McArdle son incapaces de incrementar los niveles de lactato y de hidrógeno en sangre debido a una falta de fosforilasa muscular. Muestran un claro VT2 a medida que se va incrementando la intensidad pero los valores de lactato en sangre permanecen siendo los mismos que los valores de reposo (Wilmore & Costill, 2007).

En los triatlones de larga distancia la incapacidad de mantener una intensidad de VT2 es evidente debido a su duración y a sus repercusiones fisiológicas (Nassis & Geladas, 2002). Por ello, Laursen y Rhodes (2001) hacen referencia al llamado "umbral de ultraresistencia". Éste se sitúa algo por debajo del VT2 y se considera la zona de intensidad objetivo para alcanzar el máximo rendimiento durante una prueba de ultraresistencia.

#### **1.2.4.3 La eficiencia energética**

Los términos economía de movimiento o eficiencia mecánica también son empleados en la literatura para referirse al concepto de eficiencia energética, aunque se observan algunos matices que se considera oportuno matizar para aclarar el concepto. La eficiencia garantizaría el éxito, mientras que la economía permitiría el ahorro energético y muscular, el cual será fundamental para el éxito en pruebas de larga y muy larga duración (Navarro Valdivielso, 1998).

La economía representa la relación entre el resultado de una actividad y los gastos sufridos para conseguir el resultado. Nos referiremos a ella en términos cuantitativos. Existen dos elementos principalmente que determinan la economía de un movimiento como son la efectividad mecánica del trabajo muscular y la eficacia de utilización de la energía mecánica (Utkin, 1988).

Otros autores como Shepard y Astrand (2007), se refieren a ella como la potencia metabólica relativa o la energía necesaria para ejecutar un trabajo determinado. Habitualmente se mide en base al porcentaje del  $VO_2$  Max que supone un determinado esfuerzo. Por ello se puede afirmar que la eficiencia energética está estrechamente vinculada a los conceptos anteriores de  $VO_2$  Max y VT2.

Son numerosos los factores que afectarán a la economía de movimiento. Se podría hacer una distinción entre factores extrínsecos como la temperatura, humedad, material empleado... y factores intrínsecos de diferente categorización (antropométricos, psicológicos, biológicos, cinemáticos...) (Shephard & Astrand, 2007). Además de ello, se debe tener presente que el nivel economía que pueda presentar un deportista vendrá determinada el nivel de especificidad de la evaluación (por ejemplo si se mide un nadador se debería evaluar su economía nadando y no en un tapiz rodante corriendo) y al grado de entrenamiento que el sujeto tenga en su disciplina deportiva (Navarro Valdivielso, 1998).

Los sujetos más entrenados resultan más económicos que los menos entrenados (Navarro Valdivielso, 1998). La economía de carrera además resulta ser específica para la velocidad de carrera en competición. Los maratonianos resultan ser más económicos cuando la velocidad de carrera es más baja. A medida que la velocidad se incrementa los mediofondistas muestran una mejor eficiencia energética que los atletas de distancias superiores (Brisswalter & Legros, 1992). Por tanto, parece claro la utilidad de medir la economía de carrera a intensidades y velocidades próximas a la competición, más que a velocidades submáximas elegidas arbitrariamente (Jones & Carter, 2000).

Para poder comparar la economía de diversos corredores a varias velocidades se emplea un índice que evalúa el coste energético por distancia recorrida y lo relaciona al consumo y la velocidad ( $\text{VO}_2 \cdot \text{kg}$  de peso para correr 1 km) (Cejuela & Esteve-Lanao, en Naclerio 2010). En las últimas tendencias en la medición de la economía se hace presente la importancia del cociente respiratorio a la hora de establecerla, siendo la medición del coste unitario energético ( $\text{Kcal O}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{Km}^{-1}$ ) el mejor reflejo del gasto energético durante la carrera (Fletcher, Esau, & Macintosh, 2009).

En ciclismo para medir la eficiencia energética se suele utilizar la eficiencia mecánica bruta, conocida como “gross efficiency” (Jeukendrup, Craig, & Hawley, 2000) o como el ratio entre trabajo realizado y la energía invertida (Cejuela & Esteve-Lanao, 2010). La cadencia, parece un factor importante en la economía, aunque su influencia depende del nivel. De manera generalizada, los individuos con más fibras tipo I tienden a seleccionar cadencias más elevadas de manera natural. Sin embargo, cuando los ciclistas de bajo nivel realizan cargas constantes inferiores a los 300W, parece que las cadencias bajas (entre 50 y 70 rpm) resultan más económicas (Cejuela & Esteve-Lanao, en Naclerio 2010).

Por último los factores antropométricos también están directamente relacionados con la eficiencia energética. En la disciplina de carrera a pie, donde se debe transportar el peso corporal, una elevada ectomorfia, un escaso porcentaje de grasa, además de el índice de masa corporal (IMC en adelante), el peso y el peso libre de grasa son factores que afectan al rendimiento (Cejuela & Esteve-Lanao, 2010). En ciclistas con biotipo rodador, con un IMC en torno a 22, suelen ser más eficientes a la hora de mantener intensidades cercanas al VT2, mientras que los ciclistas con biotipo escalador (IMC=19-20) suelen ser capaces de activar rápidamente su sistema cardiorrespiratorio, elevándolo a niveles cercanos al  $\text{VO}_2$  Max y de tolerar concentraciones más elevadas de ácido láctico en dinámicas de esfuerzos repetidos (Lucía, Hoyos, Pérez, & Chicharro, 2000).

#### **1.2.4.4 La capacidad y la potencia anaeróbica**

A partir del  $VO_2$  Max, la única manera para poder incrementar más la intensidad del esfuerzo consiste en elevar la participación de la energía proveniente de fuentes anaeróbicas. El  $VO_2$  y la FC dejan de ser válidos como marcadores a estas intensidades, puesto que ya se encuentran en valores máximos. El único referente para tal intensidad fisiológica es el Lactato (Cejuela & Esteve-Lanao, en Naclerio 2010).

Es habitual en el campo del entrenamiento que se utilicen indistintamente los términos de capacidad glucolítica, capacidad láctica, tolerancia al lactato (TOLA), así como los de potencia glucolítica, potencia láctica o máxima producción de lactato (MPLA) (Cejuela & Esteve-Lanao, en Nacleiro 2010).

La capacidad anaeróbica consiste en la habilidad de mantener un largo tiempo un tiempo de esfuerzo predominantemente anaeróbico, mientras que la potencia anaeróbica se relaciona con la habilidad de generar mucha energía por unidad de tiempo.

En esfuerzos de alta intensidad de hasta dos minutos, el metabolismo anaeróbico tiene un mayor porcentaje de participación que el aeróbico. A los 2 minutos aproximadamente, la contribución de cada uno de los sistemas es del 50%, elevándose el porcentaje de participación del sistema aeróbico a medida que van pasando los minutos (Astrand, Rodahl, Dahl, & Stromme, 2010).

En pruebas de medio fondo (desde 800 a 5000), sí que parece claro que la aportación anaeróbica al ejercicio es un factor clave que determina el rendimiento como demostraron Spencer y Gatin(2001). No obstante estos autores también concluyen que la aportación del sistema aeróbico es mayor en los eventos de atletismo en pista de lo que tradicionalmente se había considerado.

En cuanto a la importancia de la potencia y la capacidad anaeróbica dentro del triatlón, sí que ha quedado constancia de la misma en triatlones de corta distancia (Cejuela, 2009), donde los “demarrajés” en el segmento ciclista o un sprint en un final igualado son algunos ejemplos que demuestran la importancia de introducir esta variable del rendimiento dentro de los contenidos del entrenamiento. Sin embargo para pruebas de mayor duración (<90' – 6 horas) como los triatlones de larga distancia la mejora de la capacidad y potencia anaeróbica no supondría un objetivo específico del entrenamiento, mientras que los parámetros anteriormente estudiados (potencia aeróbica, economía y VT2) sí que lo serían (Navarro Valdivielso, 1998).

#### **1.2.4.5 Alimentación e hidratación**

Uno de los objetivos fundamentales en las pruebas de ultra resistencia y por tanto en los triatlones de larga distancia será el consumo de comida y bebida durante la competición con el objetivo de mantener la homeostasis y el nivel de rendimiento (Laursen & Rhodes, 2001). Una inadecuada estrategia nutricional con un insuficiente aporte calórico puede repercutir en una fatiga crónica, exceso de pérdida de peso durante el evento y dificultad para mantener el nivel de rendimiento (Applegate, 1989). Un balance adecuado entre energía utilizada y energía ingerida, unido a la capacidad de asimilar esa alimentación a un elevado ritmo son factores muy relacionados con el éxito en los triatlones de larga distancia (O'Toole & Douglas, 1995).

Los eventos de más de 90 minutos de duración comprometen las reservas de glucógeno muscular del deportista. Por ello los triatletas deben prepararse para el evento normalizando los depósitos musculares de glucógeno de 12 a 36 horas previas al evento, siendo los hidratos de carbono los nutrientes más importantes para el desempeño exitoso de la competición (Burke, 2010).

La ingesta de hidratos de carbono es fundamental tanto los días previos al evento como durante la propia competición, ya que aportan una fuente alternativa de energía cuando el glucógeno muscular disminuye, consiguiendo de esta manera que no se produzca un declive en el rendimiento (Coyle, Coggan, Hemmert, & Ivy, 1986).

Durante eventos de más de 5 horas de duración, parece adecuado un aporte de hidratos de carbono de 30 a 60 gramos por hora (de 0,5 a 1 gramo por kg de peso por hora). Cada deportista deberá experimentar para encontrar un programa de alimentación que se ajuste a las características propias de la competición en la que está participando (Burke, 2010). La manera más simple de reabastecerse de nutrientes energéticos es a través de bebidas deportivas con un alto porcentaje de hidratos de carbono y de electrolitos, las cuales además ayudan al deportista ante una posible deshidratación. No obstante en triatlones de larga duración es común aprovechar en el segmento de ciclismo para ingerir alimentos sólidos como barritas energéticas o plátanos y el segmento de carrera para ingerir geles deportivos.

Si la alimentación es fundamental para evitar un descenso de rendimiento, de la misma forma lo es la hidratación, ya que una incorrecta ingesta de líquidos durante una prueba puede tener mayores consecuencias que la mera reducción del rendimiento. Una pérdida de agua de entre el 9% y el 12% del peso corporal puede provocar la muerte (Wilmore & Costill, 2007).

El ejercicio físico acelera la pérdida de agua. Con el ejercicio físico se eleva la temperatura corporal y la sudoración aumenta con el objetivo de evitar un sobrecalentamiento. En el ejercicio, también se incrementa la producción de agua gracias al incremento del metabolismo oxidativo. No obstante la cantidad producida de agua, durante el ejercicio de máxima intensidad, tiene un efecto pequeño sobre la deshidratación, siendo mucho mayor la cantidad perdida por sudoración que la producida (Wilmore & Costill, 2007).

Incluso cambios mínimos en el porcentaje de agua corporal repercutirán en el rendimiento. Cuando una persona se deshidrata más de un 2% de su peso corporal, tanto la frecuencia cardiaca como la temperatura del corporal se elevan durante el ejercicio. El declive en el rendimiento irá en aumento progresivamente con niveles mayores de deshidratación (Sawka, 1992).

La ingesta de líquidos del ejercicio tiene claros efectos positivos sobre el rendimiento. Cuando los deportistas se deshidratan durante varias horas de carrera sobre un tapiz rodante en ambiente caluroso y sin reposición de fluidos, sus frecuencias cardiacas se incrementan de forma sostenida durante el transcurso del ejercicio, aunque la intensidad no aumente. Además de ello, son incapaces de completar 6 horas de ejercicio si no reponen líquidos de manera continuada. La ingesta de agua en pequeñas cantidades previene la deshidratación y mantiene más bajos sus ritmos cardiacos (Barr, Costill, & Fink, 1991). Las bebidas frías favorecen el enfriamiento del cuerpo. No obstante, incluso las bebidas con una temperatura cercana a la corporal protegen al cuerpo del sobrecalentamiento (Wilmore & Costill, 2007).

La pérdida de agua durante el ejercicio también puede alterar el equilibrio entre aguas y electrolitos con rapidez, ya que el sudor humano es un filtrado del plasma de la sangre, por lo que contiene sustancias que se hallan en ella como el sodio, el cloro, el potasio, el magnesio y el calcio (Wilmore & Costill, 2007). Por ello los suplementos para el reemplazo de electrolitos, sobre todo de sodio, suelen ser consumidos por los triatletas durante los eventos de larga duración (Burke, 2010).

Una correcta hidratación resulta imprescindible para el desarrollo del máximo rendimiento durante un triatlón de larga distancia. Sin embargo, un exceso en la ingesta de líquidos no solamente mermará el rendimiento del deportista, sino que puede llegar hasta a comprometer su vida. En años recientes, se han informado varios casos de hiponatremia en deportistas de ultra resistencia (Noakes et al., 1990).

Desde el punto de vista clínico, la hiponatremia se define como la concentración de sodio en sangre por debajo del nivel normal (136-143 mmol/L). Los síntomas de la hiponatremia se suceden en varias fases: debilidad, desorientación, epilepsia y coma, si la condición no se corrige (Wilmore & Costill, 2007). La suplementación con bebidas con alto contenido en sodio puede ayudar a prevenir esta hiponatremia. Sin embargo, aunque los casos de hiponatremia se producen tanto por baja hidratación como por sobrehidratación, parece que es el segundo caso, la “intoxicación” de agua, el que predomina en los deportes de larga distancia (Noakes et al., 2005). El reemplazo de bebidas con alto contenido en sodio durante el ejercicio no contrarresta este factor de riesgo importante en la aparición de la hiponatremia (Burke, 2010).

#### **1.2.4.6 Factores ambientales: Termorregulación durante el ejercicio**

El calor resulta necesario para mantener las temperaturas necesarias para el mantenimiento de la vida, no obstante éste puede afectar negativamente al triatleta de larga distancia cuando las temperaturas a las que se desarrolla el evento son elevadas (Barrero Franquet, 2014). Cuando la tasa de producción de calor excede de la capacidad del deportista para liberarlo del cuerpo, la temperatura central se eleva (Laursen, 2011). Durante el ejercicio se pueden llegar a alcanzar temperaturas que superan los 40°C (Gorostiaga, 2004), siendo la sudoración y el incremento del flujo sanguíneo las respuestas del organismo para contrarrestar este incremento en la temperatura corporal (Chicharro, 2006). El organismo siempre intenta mantener su parte central en condiciones estables, por lo que dirige la sangre más caliente a la parte más externa del cuerpo gracias a la vasodilatación (Silverthorn, 2014).

El calor influye directamente en el rendimiento del deportista al provocar un aumento de la concentración de lactato, frecuencia cardiaca, ventilación pulmonar y percepción subjetiva de esfuerzo (Rodríguez & Jiménez, 2002).

Ya se ha visto anteriormente como la pérdida de peso corporal por deshidratación durante la competición compromete el rendimiento del deportista.

En ambientes calurosos, aún es más rápida esta deshidratación, informándose pérdidas de peso de entre 1,7 y 3,9 kg en triatletas de distancia medio IM en una prueba con condiciones elevadas de calor y una temperatura corporal al finalizar la prueba cercana a los 39°C (Baillot & Hue, 2015).

Con el objetivo de obtener un buen desempeño en un triatlón de larga distancia que se desarrolla en un ambiente caluroso parece acertado realizar un proceso de aclimatación previo a estas condiciones. La aclimatación previa al calor provocará efectos positivos a nivel fisiológico como la reducción del porcentaje consumo de oxígeno y de la concentración de los niveles de lactato a una potencia dada, además de favorecer el ahorro de glucógeno muscular (Lorenzo, Halliwill, Sawka, & Minson, 2010).

El entrenamiento durante los meses de calor, así como un programa de aclimatación al calor previo a la competición puede ayudar a los triatletas a alcanzar un elevado rendimiento en triatlones de larga distancia que se desarrollen en ambientes calurosos. Además de ello, también parece interesante realizar intervalos de alta intensidad al comienzo de las sesiones que se desarrollen en este ambiente con el objetivo de elevar más rápido la temperatura corporal (Nybo, en Mujika 2012).

#### **1.2.4.7 Exigencia muscular durante el triatlón de larga distancia**

Un calambre muscular es definido como un espasmo doloroso en el músculo que ocurre durante o inmediatamente después del ejercicio (Schwellnus, Derman, & Noakes, 1997). En la larga distancia es común que aparezcan en la musculatura del tren inferior como gemelos, cuádriceps o isquiotibiales. Tradicionalmente se había asociado su aparición al calor, la deshidratación o la pérdida de electrolitos (Armstrong et al., 2007; Eichner, 2007). No obstante en otros estudios con corredores (Schwellnus, Nicol, Laubscher, & Noakes, 2004) o triatletas de larga distancia (Schwellnus, Drew, & Collins, 2011) no se han encontrado relaciones entre la aparición de calambres y un estado de deshidratación o cambios en el balance de electrolitos.

En este último estudio se mostró como la historia de calambres que habían sufrido los atletas anteriormente y una carrera excesivamente rápida al principio de la maratón fueron los principales predictores de calambres musculares de 210 triatletas en el IM de Sudáfrica. Por ello parece acertado recomendar a los triatletas que mantengan velocidades cercanas o ligeramente inferiores a las que han realizado en sus entrenamientos, con el objetivo de evitar una fatiga que derive en calambres musculares (Laursen, Watson, Abbiss, Wall, & Nosaka, 2009; Laursen, 2011).

En los eventos de larga duración está informada la aparición de daño muscular en los participantes (Margaritis, Tessier, Verdera, Bermon, & Marconnet, 1999), el cual merma la función de músculo, provocando un descenso en el rendimiento (Gibala, MacDougall, Tarnopolsky, Stauber, & Elorriaga, 1995). El daño muscular se caracteriza por dolor muscular, pérdida en la función muscular y reducción de la capacidad aeróbica (Nosaka et al., 2010; Suzuki et al., 2006). Además de ello, se produce independientemente del nivel de rendimiento, pudiendo ocurrir también en deportistas altamente entrenados debido a sus altos ritmos de carrera, a un mayor porcentaje de masa muscular y a un tiempo más reducido de caminar en este tipo de eventos en comparación con triatletas de menor nivel (Laursen, 2011). No obstante, también es importante matizar que el periodo de recuperación de ese daño muscular producido será menor en los triatletas de alto nivel, siendo aproximadamente una semana el tiempo que necesita un triatleta altamente entrenado para recuperarse de una triatlón de distancia IM (Nosaka et al., 2010).

La mayoría del daño muscular que se produce en el triatlón de larga distancia viene provocado por las contracciones excéntricas del segmento de carrera a pie (Farber, Schaefer, Franey, Grimaldi, & Hill, 1991). El tiempo del segmento de carrera a pie se correlaciona altamente con el tiempo final de la prueba (Laursen et al., 2007). Por ello, resulta fundamental realizar entrenamientos específicos de carrera después de la natación y la bicicleta, para adaptar la musculatura a las demandas de la competición los cuales provocarán adaptaciones que ayudarán a reducir el daño muscular (Laursen, 2011).





## **2.OBJETIVOS**

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## 2. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden conseguir con la realización de esta tesis doctoral son los siguientes:

- Comparar los efectos sobre los factores de rendimiento relacionados con los deportes de resistencia de dos modelos de distribución de la carga de entrenamiento en triatletas populares: Entrenamiento entre umbrales y entrenamiento polarizado.
- Comparar los efectos de dos programas de entrenamiento sobre el rendimiento en una competición de triatlón de larga distancia
- Describir dos modelos de preparación diferentes en cuanto a la distribución de la intensidad de entrenamiento para una prueba de distancia medio IM en triatletas populares.
- Describir la intensidad de competición en triatletas populares durante un evento de medio IM

En relación a los objetivos planteados con anterioridad las hipótesis de investigación son las siguientes:

- Seguir una distribución de la intensidad del entrenamiento polarizada y entre umbrales provoca efectos diferentes en el rendimiento de triatletas populares de larga distancia.
- Una distribución de la intensidad del entrenamiento con un alto porcentaje de entrenamiento en la zona  $<VT1$  tiene un efecto positivo sobre los factores de rendimiento de un triatlón distancia medio IM
- En un triatlón de distancia medio IM la intensidad predominante de competición será la situada entre los umbrales ventilatorios.





## **3.METODOLOGÍA**

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño de la investigación y cronograma.**

Esta tesis responde a una metodología de análisis cuantitativo siguiendo un diseño cuasi-experimental.

Los triatletas siguieron un entrenamiento guiado y planificado durante un total de 20 semanas. Se comenzó realizando un plan de base de 7 semanas que fue común para todos los triatletas. Todos los pre-test se realizaron la última semana del periodo de base.

Los triatletas entrenaron de manera específica, en función del grupo de entrenamiento asignado, siguiendo un modelo de distribución polarizado o un modelo de distribución entre umbrales de la carga de entrenamiento durante un total de 13 semanas. Durante la semana 12 del periodo específico se realizaron los post-test para comprobar el efecto del entrenamientos sobre el rendimiento. La semana 13 del periodo específico, la última de intervención, coincidió con la competición objetivo del estudio: el triatlón distancia medio IM "Arenales 113", disputado en Arenales del Sol (Elche). Con esta prueba se dio por concluida la fase experimental del estudio.

En la tabla 16 aparece de manera resumida el cronograma con las diferentes fases y actuaciones que se realizaron a lo largo de la fase experimental de la tesis:

Tabla 16: Cronograma de la fase experimental de la tesis doctoral.

Fecha	Procedimientos y test
26/11/2013	Reunión informativa con todos los posibles participantes del estudio y entrega de los consentimientos informados.
26/11/2013 - 08/12/2013	Recogida de consentimientos informados y selección de los participantes en base a los criterios de inclusión para participar en el estudio.
09/12/2013	Comienzo del periodo de entrenamientos de base
11/12/2013 - 13/12/2013	Test de 3000 a todos los participantes.
20/01/2014 - 26/01/2014	Pre-test y distribución de los grupos
27/01/2014	Comienzo de la fase específica de entrenamientos.
14/04/2014 - 20/04/2014	Post-test
26/04/2014	Prueba distancia medio IM y fin de la fase experimental del estudio.

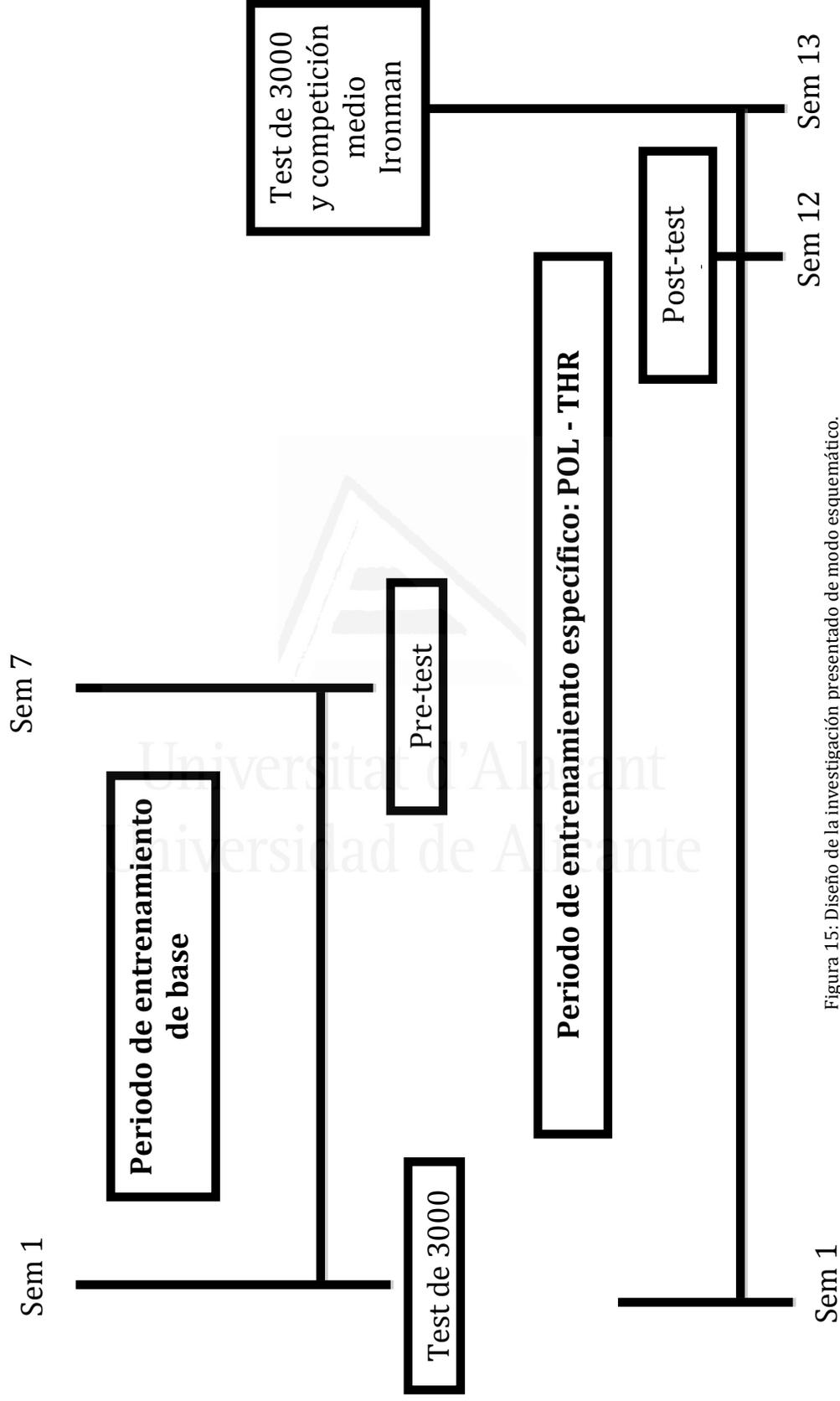


Figura 15: Diseño de la investigación presentado de modo esquemático.

### 3.2 Participantes

Los criterios de inclusión para participar en el estudio fueron los siguientes:

- Tener entre 20 y 40 años.
- 1 año mínimo de entrenamiento previo en triatlón.
- Realizar en el test de 3000 metros entre 10 y 14 minutos.
- Rellenar diariamente la hoja Excel de carga objetiva y subjetiva de entrenamientos.
- Completar un total de la carga de entrenamiento de entre el 95% y el 105%.
- Haber realizado al menos 2 triatlones de distancia sprint u olímpica antes de comenzar con el periodo de entrenamientos de base.
- Realizar un periodo de transición de 3 semanas antes de comenzar con el entrenamiento de base.

Un total de 24 triatletas populares comenzaron con el periodo de entrenamientos de base. Durante este periodo 6 de los participantes abandonaron el estudio (2 de ellos por lesión, 3 de ellos al no poder completar el volumen de entrenamiento exigido debido a la falta de disponibilidad horaria y 1 por no cumplir los criterios de inclusión después del test de 3000 metros). La muestra final quedó reducida a un total de 18 triatletas (edad= 29,5 ±6,41 años; peso= 72,93 ±5,65 kg; altura= 176,56 ±6,20 cm; VO<sub>2</sub> Max= 56,92 ±5,78 ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>). Estos deportistas comenzaron la fase específica de entrenamientos. Fueron divididos en base a dos modelos de distribución de la intensidad del entrenamiento diferentes: 9 triatletas formaron parte del grupo polarizado (POL en adelante) y 9 formaron parte del grupo llamado entre umbrales (THR en adelante, por la abreviatura del inglés threshold). La distribución de los participantes en los dos grupos se realizó de manera aleatoria por conveniencia, para equiparar el nivel de los grupos. Se atendieron los siguientes criterios para realizar la clasificación: valores antropométricos, edad, marca en el test de 3000, años de experiencia en entrenamiento de triatlón y VO<sub>2</sub> Max obtenido en los test tanto de ciclismo como de carrera a pie.

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado previamente al inicio de la investigación. En este consentimiento aparecían los fines de la investigación así como los métodos y procedimientos que se iban a emplear en ella. Además, la metodología de esta tesis doctoral fue revisada y aprobada por el comité de ética de la Universidad de Alicante.

### **3.3 Descripción del plan de entrenamiento.**

El periodo total de entrenamiento tuvo una duración de 20 semanas. Todos los deportistas previamente debían haber realizado 3 semanas de transición, en las que cesaban sus entrenamientos y realizaban un descanso total. Las 7 primeras semanas se realizó un periodo de entrenamiento de base, el cual fue común para todos los deportistas. Las siguientes 13 semanas se realizó el entrenamiento específico en el que se dividió a los deportistas en dos grupos. Cada grupo siguió una distribución de la intensidad del entrenamiento diferente. Por un lado, 9 deportistas realizaron una distribución de la carga polarizada (grupo POL) entrenando gran parte del volumen por debajo del primer umbral ventilatorio y por encima del mismo, reduciendo considerablemente el porcentaje de entrenamiento entre los dos umbrales ventilatorios (84,04% <VT1, 5,04 VT1-VT2 y 10,88% >VT2). Por otra parte, los otros 9 triatletas (grupo THR) acumularon más volumen de entrenamiento entre los dos umbrales ventilatorios (76,96% <VT1, 20,05% VT1-VT2 y 2,69% >VT2).

La cuantificación del plan de entrenamiento se realizó con el modelo de cuantificación de equivalentes de carga objetiva y subjetiva (ECOs) propuesto por Cejuela y Esteve-Lanao en 2011. Se ha considerado el método oportuno, ya que se trata de un modelo específico de cuantificación para triatlón (véase apartado 1.1.5 “cuantificación de la carga de entrenamiento”). Por otro lado, la distribución de la intensidad aparece expuesta en base al modelo trifásico de Skinner y McLellan (1980). En este modelo las zonas de entrenamiento se reducen a 3 fases: la primera fase se sitúa por debajo del primer umbral ventilatorio (VT1), la segunda fase se sitúa entre umbrales (VT1-VT2) y la tercera fase se desarrolla a intensidades superiores al segundo umbral ventilatorio (VT2).

Se planificó el mismo volumen, en tiempo total de entrenamiento (155 horas), para los dos grupos. Sin embargo, a nivel de cuantificación de la carga de entrenamiento, el grupo POL presentaba una mayor carga objetiva de manera teórica (ECOs), provocada por el cociente aplicado a las zonas de elevada intensidad de este método de cuantificación.

El periodo de base se compuso de un total de 52 sesiones de entrenamiento de resistencia (sin incluir las sesiones de control y test). 19 fueron de natación, 14 de ciclismo y 19 de carrera. El volumen en tiempo por segmento se distribuyó de manera equitativa.

El periodo específico de entrenamiento fue compuesto por un total de 106 sesiones para el grupo THR y 107 sesiones para el grupo POL. En natación y ciclismo ambos grupos realizaron el mismo número de sesiones (28 natación y 34 ciclismo). En carrera a pie el grupo POL realizó una sesión más por segmento con el objetivo de igualar el volumen de entrenamiento en minutos de los dos grupos (THR 44 sesiones y POL 45 sesiones). En ambos grupos, la primera mitad del periodo específico de entrenamiento se dio una mayor prioridad al desarrollo del segmento de natación y ciclismo. La segunda mitad del periodo específico se buscó realizar una mayor carga de entrenamientos en el segmento de carrera a pie.

Además, todos los deportistas completaron un total de 36 sesiones de entrenamiento de fuerza. 14 de ellas se realizaron en el periodo de base y 22 en el periodo específico. En este caso no hubo diferencias entre el plan de fuerza realizado por el grupo POL y por el grupo THR.

### **3.3.1 Entrenamiento de base**

El periodo de entrenamiento de base tuvo una duración de 7 semanas divididas en dos mesociclos. La distribución total del volumen de entrenamiento en minutos durante este periodo fue de 88% por debajo del VT1, 10% entre VT1 y VT2 y únicamente un 2% por encima del VT2.

En cuanto a la distribución de los ECOs por segmento fue de un 26% de carga para la natación, 31% para el ciclismo y 43% para carrera a pie. Se observa un incremento progresivo tanto del volumen como de la carga de entrenamiento durante estas primeras semanas de entrenamiento. El objetivo principal de este periodo de entrenamiento fue realizar un acondicionamiento físico básico y crear una base de trabajo aeróbico para posteriormente poder desarrollar entrenamientos de intensidades más elevadas durante el periodo específico.

En las siguientes tablas y figuras se puede observar de una forma más detallada los valores de carga de entrenamiento y volúmenes realizados en esta primera fase del entrenamiento.

Tabla 17: Resumen de la carga y el volumen de entrenamiento del periodo de base.

Semana	ECOs	Tiempo	% ECOs	% ECOs	% ECOs
	Totales	(Horas)	<VT1	VT1-VT2	>VT2
1	182,5	4,2	100	0	0
2	358,25	7,1	79	21	0
3	464,25	8,3	77	23	0
4	419,75	9,2	88	12	0
5	638	11,2	66	27	7
6	651,25	7,2	56	36	8
7	PRE-TEST				

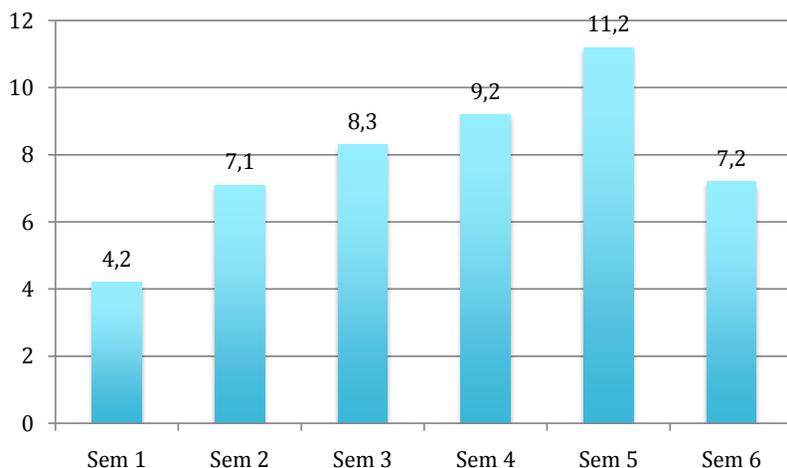


Figura 16: Horas totales de entrenamiento por semanas del periodo de base.

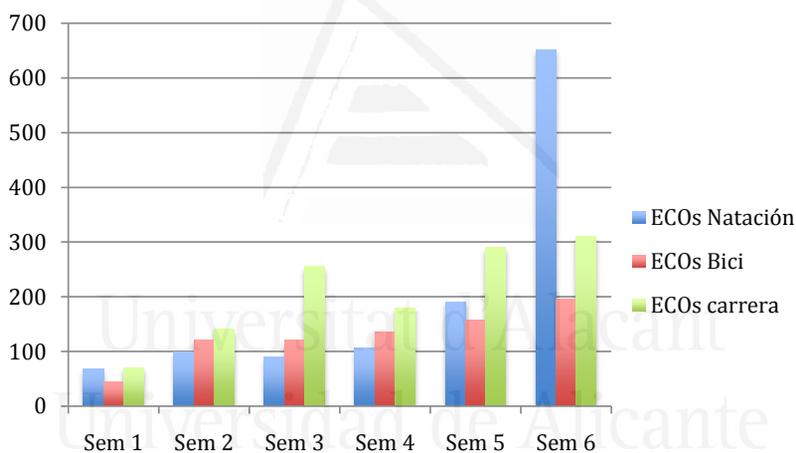


Figura 17: Distribución de la carga semanal de entrenamiento por segmento durante el periodo de base.

### 3.3.2 Entrenamiento grupo polarizado

El grupo polarizado, durante un total de 13 semanas, debía seguir una distribución de la intensidad teórica del 80% por debajo del VT1, 5 % para la zona situada entre VT1 y VT2 y 15% por encima del VT2.

La distribución final media realizada por los deportistas finalmente fue de 84,04% <VT1, 5,04% VT1-VT2 y 10,88% >VT2. La carga de entrenamiento fue de 10208 ECOs. Éstos fueron distribuidos por segmentos de la siguiente manera: 28% segmento de natación; 38% segmento de ciclismo; 34% Segmento de carrera a pie. El 82% del tiempo de entrenamiento de natación se realizó en la zona <VT1, el 4% en la zona VT1-VT2 y el 13% >VT2. Por otra parte el segmento de ciclismo se distribuyó en 82% (<VT1), 6% (VT1-VT2) y 12% (>VT2). Por último el segmento de carrera siguió una distribución del 85% (<VT1), el 3% (VT1-VT2) y un 12% (>VT2).

Las 13 semanas fueron divididas en 3 mesociclos de entrenamiento. Los 2 primeros mesociclos tuvieron una duración de 4 semanas y el último mesociclo una duración de 5 semanas, en los que se incluían los post-test, la puesta a punto y la competición medio IM con la que finaliza el periodo de intervención.

Se puede apreciar una dinámica ondulante de la carga de entrenamiento a lo largo de las semanas, siendo en el comienzo de cada mesociclo donde se observa una reducción de la carga de entrenamiento. Cualquier fase en la que se aumente el trabajo debe ir precedida por una fase de descarga en la que los deportistas reducen su nivel de entrenamiento (Bompa & Haff, 2009). Las últimas tres semanas se realiza la puesta a punto de la competición. En ella se observa un descenso del volumen y de la carga de entrenamiento para favorecer que los deportistas consigan alcanzar su pico máximo de rendimiento en la competición (Bosquet et al., 2007).

En la tabla 18 se observa la distribución de la carga de entrenamiento, los ECOs totales y el volumen en horas por semana del grupo POL. Además en la figura 18 se aprecia la distribución del volumen semanal y en la figura 19 aparece la distribución de la carga de entrenamiento (ECOs) por segmento de manera semanal de este grupo.

Tabla 18: Resumen de la carga y el volumen de entrenamiento promedio completado por el grupo POL.

Semana	ECOs Totales	Tiempo (Horas)	% ECOs <VT1	% ECOs VT1-VT2	%ECOs >VT2
1	710,75	11,2	62,5	6,3	31,2
2	943,5	11,8	58,5	12,8	28,7
3	947,25	14,1	55	2,3	42,7
4	1100,25	15,5	53,8	3,8	42,4
5	860,75	15,2	73,4	0	26,6
6	984,25	14,6	63,8	1,1	35,1
7	940,62	11,4	52,1	0	47,9
8	945,62	15,2	61,3	0	38,7
9	619,5	9,8	59,2	0	40,8
10	825,5	14,4	65,7	7,7	26,6
11	679	9,5	53,5	0	46,5
12	POST-TEST				
13	188,75	3,6	72,3	11,7	16

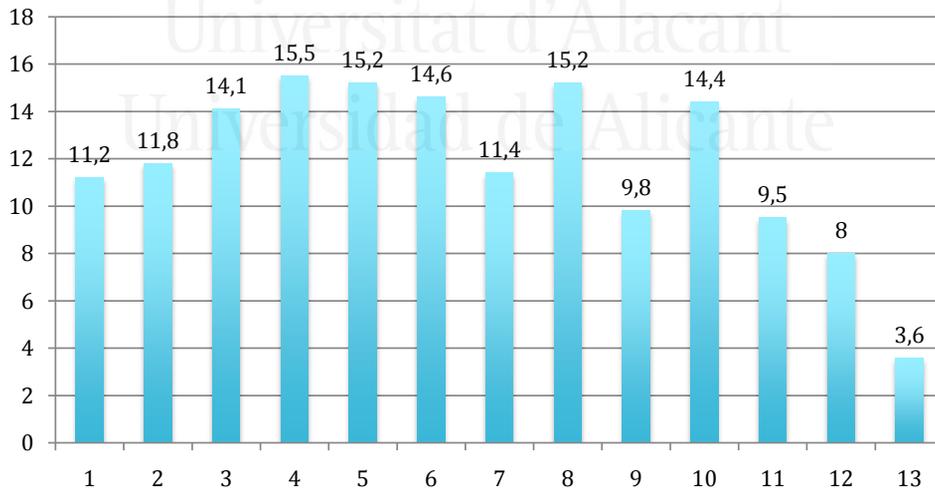


Figura 18: Horas totales de entrenamiento por semana en el grupo POL.

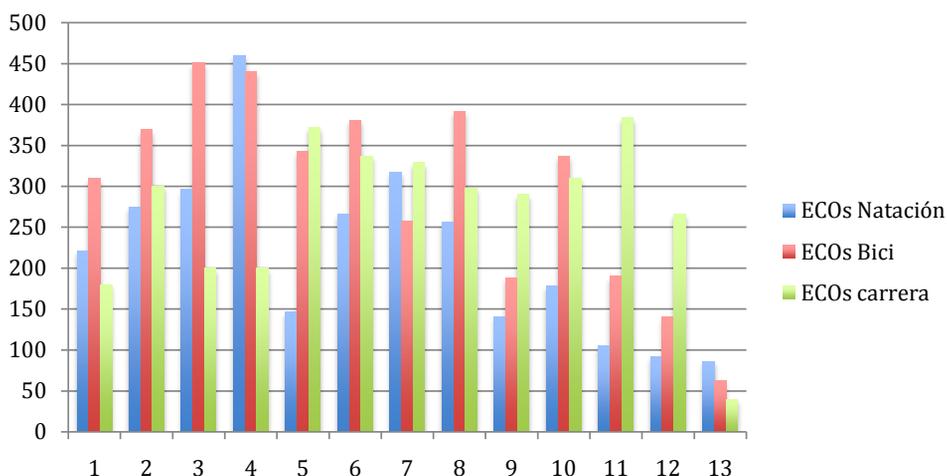


Figura 19: Distribución de los ECOs por semana en cada segmento en el grupo POL.

### 3.3.3 Entrenamiento grupo entre umbrales.

El grupo THR completó un total de 13 semanas de entrenamiento específico. La distribución teórica de la intensidad de entrenamiento era del 80% del volumen en la zona <VT1, el 15% en la zona VT1-VT2 y 5% en la zona >VT2. La distribución media final completada por los deportistas difirió levemente, realizando el 76,96% <VT1, el 20,05% VT1-VT2 y 2,69% >VT2. La carga media total de entrenamiento del grupo THR fue de 9766 ECOs. Un 25% de esta carga total de entrenamiento se correspondió con el segmento de natación, un 39% con el segmento de ciclismo y un 36% con el segmento de carrera a pie.

La distribución del tiempo total de entrenamiento dentro del segmento de natación fue del 73% <VT1, 23% VT1-VT2 y 4% >VT2, la del segmento de ciclismo fue de 77% <VT1, 20% VT1-VT2 y 3% >VT2 y por último la de carrera a pie fue de 81% <VT1, 18% VT1-VT2 y el 1% >VT2.

Las 13 semanas fueron divididas en 3 mesociclos de entrenamiento, siguiendo el mismo esquema realizado con el grupo de entrenamiento polarizado.

También se observa una dinámica de ondulación de la carga de entrenamiento como sucedía en el entrenamiento del grupo polarizado.

En la tabla 19 se observa la distribución de la carga de entrenamiento, los ECOs totales y el volumen en horas por semana del grupo THR. Además en la figura 20 se aprecia la distribución del volumen semanal y en la figura 21 aparece la distribución de la carga de entrenamiento (ECOs) por segmento de manera semanal de este grupo.

Tabla 19: Resumen de la carga y el volumen de entrenamiento promedio completado por el grupo THR.

Semana	ECOs	Tiempo	% ECOs	% ECOs	%ECOs
	Totales	(Horas)	<VT1	VT1-VT2	>VT2
1	688,75	11,1	63,7	18,7	17,6
2	920,5	12,2	49,4	15,9	34,7
3	837,25	14,6	67,3	17,2	15,5
4	1009	16,9	64,4	11,2	24,4
5	850,25	15,8	78,8	21,2	0
6	897,25	13,8	60,3	39,7	0
7	905,5	12,2	47,2	43,3	9,5
8	1040,25	15,1	43,5	48,7	7,8
9	588,75	10,2	82,7	9,1	8,2
10	806	12,5	66,1	33,9	0
11	642,75	9,0	57,3	42,7	0
12	POST-TEST				
13	169,25	3,6	82,2	18,8	0

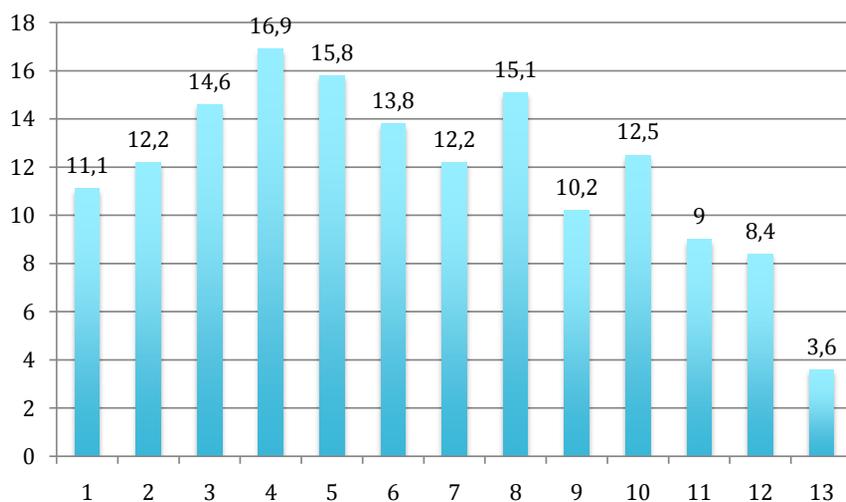


Figura 20: Horas totales de entrenamiento por semana del grupo THR.

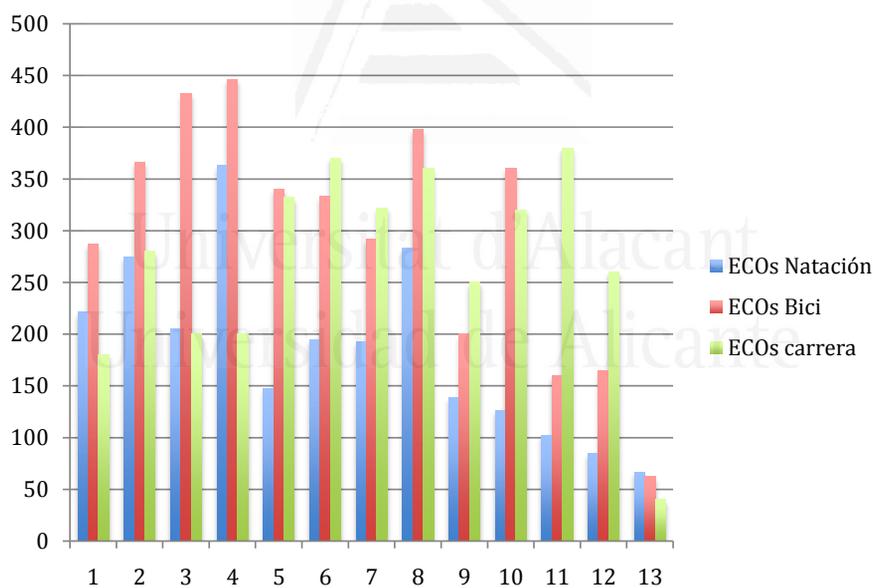


Figura 21: Distribución de los ECOs por semana en cada segmento en el grupo THR.

### **3.3.4 Entrenamiento de fuerza**

Todos los deportistas realizaron el mismo plan de fuerza. En este caso no se realizaron distinciones entre el grupo que realizó una distribución polarizada de la intensidad y el grupo que acumuló un mayor porcentaje de entrenamiento en la zona metabólica de competición.

Durante las 20 semanas totales que conformaron el periodo de entrenamiento se realizaron 36 sesiones de fuerza (14 en el periodo de base y 22 en el periodo específico). Además se realizaron 5 sesiones más de fortalecimiento de la zona abdominal y del complejo lumbo-pélvico (Core) de manera complementaria durante el último mesociclo del periodo de entrenamiento.

Los participantes presentaban diversos niveles de experiencia, en cuanto al entrenamiento de fuerza se refiere. Por este motivo, los ejercicios que se prescribieron durante el periodo de entrenamiento siempre fueron los mismos y se realizaron en máquinas guiadas. Únicamente cambiaron los pesos y las velocidades de ejecución con que éstos debían ser realizados.

Para la selección de los ejercicios de fuerza se siguió como guía las recomendaciones de Klion y Jacobson (2013) y se combinaron tanto ejercicios que involucraban musculatura del tren superior como del tren inferior. Los primeros buscando una mayor transferencia al segmento de natación y los segundos buscando la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones en los segmentos de ciclismo y carrera a pie. Además de estos ejercicios se realizó un trabajo específico de la zona media con predominio de ejercicios isométricos, el cual estaba presente en la mayoría de sesiones.

Los ejercicios que compusieron el plan de entrenamiento de fuerza se presentan en la tabla 20.

Tabla 20: Ejercicios realizados para el entrenamiento de la fuerza.

Principales	Complementarios
Prensa	Remo (máquina)
Jalón dorsal	Press Hombros
Curl Femoral	Psoas Iliaco
Press Pectoral	
Extensión de rodilla	
Gemelo-sóleo (flexo- extensión de tobillo)	

Se dividió en ejercicios principales y complementarios. Los segundos se debían realizar al finalizar la sesión en el caso de disponer de tiempo, aunque únicamente se debían realizar 1 o 2 series de trabajo de estos ejercicios.

Durante el plan de base predominaron los entrenamientos de “fuerza resistencia cargas-bajas”, aunque en las últimas semanas se comenzaron a realizar sesiones de “fuerza-resistencia cargas altas” (Nacleiro, 2010). Los porcentajes de carga estimados evolucionaron desde trabajos al 40% del RM hasta el 70% del RM. Las primeras semanas se realizaron de 2 a 3 series con repeticiones entre 15 a 25 repeticiones con porcentajes bajos de carga. Este entrenamiento evolucionó hasta sesiones de 4 series de 10 repeticiones con mayor porcentaje de carga en la última semana del periodo de base. En cuanto a la velocidad de ejecución durante este periodo, se realizaron entrenamientos a velocidad 1”/1” (1 segundo movimiento concéntrico y 1 segundo excéntrico) y a velocidad 1”/2”. En este último caso se enfatiza en el movimiento excéntrico descendiendo la velocidad de ejecución del mismo, con el objetivo de favorecer la prevención de lesiones (Fyfe & Stanish, 1992; Dooly, & Matthew, 2009). Además en la mayoría de estos entrenamientos también se realizó una batería de ejercicios de fortalecimiento del complejo lumbo-pélvico (Core), también con el objetivo de favorecer la estabilidad del raquis y prevenir las lesiones derivadas de la práctica repetitiva de las modalidades que componen el triatlón (Hill & Leiszler, 2011).

La primera semana del periodo específico de entrenamiento se continuó con el trabajo de fuerza resistencia cargas altas, con el objetivo principal de mejorar los niveles de fuerza dinámica máxima de los deportistas (Storen et al., 2008). Se mantienen los porcentajes de 75% del RM y se realizan 3 series de 8 repeticiones a una velocidad de ejecución 1"/1". El resto de semanas de los mesociclos 1 y 2 se combinan 2 tipos de entrenamiento de fuerza: Por un lado, se mantienen entrenamientos de fuerza-resistencia cargas bajas, con cargas de hasta el 60% y trabajos de 2 a 4 series de 12 a 15 repeticiones. Se realizan entrenamientos a velocidades 1"/1" y también 1"/2" con los objetivos de prevención a nivel lesional que se comentaron anteriormente. Por otro lado, se realizan entrenamientos de fuerza-potencia o resistencia a la fuerza-velocidad. En esta caso se trabajará con cargas entre el 60-70%, 3-4 series de 6 a 8 repeticiones buscando la mayor velocidad de ejecución posible en la fase concéntrica. Este entrenamiento se realizó con el objetivo de mejorar la potencia muscular y la economía y eficiencia energética en los participantes, sin la necesidad de realizar repeticiones cercanas hasta el fallo muscular (González-Badillo, Gorostiaga, Arellano, & Izquierdo, 2005; Izquierdo et al., 2006).

En el comienzo del último mesociclo se continúa con la misma tendencia combinando sesiones de fuerza-explosiva con sesiones de fuerza resistencia cargas bajas. Las últimas 3 semanas del periodo específico del periodo de entrenamientos, coinciden con la puesta a punto para la competición. En ellas se reduce a una sesión por semana de entrenamiento de fuerza, en esta caso con cargas estimadas en torno al 60% del RM, de 2 a 3 series de 12 a 15 repeticiones. Estas sesiones se realizan con el objetivo de mantenimiento de las ganancias de fuerza producidas a lo largo de todo el plan, pero se busca prioriza la recuperación del deportista para realización de los test de rendimiento y para la competición objetivo.

### **3.4 Test**

La última semana del periodo de base se realizaron 3 test (pre-test), uno por cada modalidad de triatlón, con el objetivo de establecer las zonas de entrenamiento de los deportistas.

Los post-test se realizaron en la semana 12 del periodo de entrenamiento específico, en este caso con el objetivo de comprobar los cambios provocados por el entrenamiento y establecer las nuevas zonas de entrenamiento para la competición. Los test se realizaron en la semana 7 de entrenamiento de base, dejando las primeras semanas para la estabilización de parámetros fisiológicos como la frecuencia cardiaca o el VO<sub>2</sub> Max, ya que se ha observado como éste parámetro aumenta principalmente en las primeras semanas de práctica de ejercicio físico regular (Green, Jones, Ball-Burnett, Farrance, & Ranney, 1995). Además de ello se realizaron 2 test de 3000 metros y medidas antropométricas a todos los participantes. A continuación se detalla de manera específica los protocolos y materiales empleados en cada uno de los test.

### **3.4.1 Test de natación**

Para evaluar el rendimiento en natación pre y post se realizó un test de 800 metros (Sweetenham & Atkinson, 2003) en piscina homologada por la federación valenciana de natación de 25 metros. A través de este test también se estableció el índice de eficacia de los deportistas (Rodríguez Solano, 2005). Este índice permite relacionar algunas variables antropométricas determinantes en la natación, como la altura, con el tiempo total de nado en una distancia. Es válido para cualquier distancia y permite comparar el nivel de eficacia en natación de dos deportistas diferentes o de un mismo deportista a lo largo de la temporada. Cada deportista debía completar los 800 metros en el menor tiempo posible intentando mantener una velocidad constante en los parciales de cada 100. El inicio del test se realizó desde dentro de la piscina.

En base a las indicaciones que Tanner y Gore (2013) proponen para los test realizados con nadadores élite se adaptó un mismo protocolo de calentamiento para todos los participantes. Este calentamiento consistía en 10 minutos de nado variado a baja intensidad (RPE 1-2) y 4 x 25 metros cada 1 minuto de nado progresivo.

El test lo realizaban dos deportistas a la vez cada uno utilizando una calle de manera individual.

El test se iniciaba de manera simultánea para los dos participantes, pero cada uno de ellos comenzaba el test desde un extremo diferente de la piscina. Para el control del tiempo, dos investigadores contaban los metros y se encargaban de controlar el tiempo que el deportista tardaba en completar la distancia. No se le permitió a ninguno de los participantes utilizar dispositivos que le diesen información sobre los tiempos parciales que estaban realizando o sobre sus ritmos de nado. Los investigadores únicamente se encargaban de realizar una señal visual (alzando el brazo) a los participantes cuando faltaban 100 metros para finalizar el test.

Los test se desarrollaron bajo las condiciones de humedad y temperatura de agua que de manera reglamentaria deben cumplir las piscinas de uso público de la comunidad valenciana (Decreto 97/2000. Regulación de las normas higiénico-sanitarias y de seguridad de las piscinas públicas y de los parques acuáticos). Temperatura de agua entre 24º y 28º y humedad relativa entre el 60-70%.

El material utilizado para la realización de los test fueron dos cronómetros especiales de natación marca "Finish®".

### **3.4.2 Test de ciclismo**

En ciclismo se realizó un test incremental mediante análisis de gases con el objetivo de establecer los umbrales ventilatorios y calcular las zonas de entrenamiento de los deportistas en este segmento. Se realizó un protocolo en rampa, donde el deportista debía incrementar la intensidad en 5 vatios cada 12 segundos hasta llegar a la extenuación. El punto de partida para comenzar el test fue 50 vatios para todos los participantes (Lucía et al., 2000; Muñoz, Cejuela, Seiler, Larumbe, & Esteve-Lanao, 2014).

Para la realización de la prueba, fueron necesarios los siguientes equipamientos: un sistema telemétrico y portátil de medición de gases (Cosmed® K4b 2, Italia), 1 rodillo marca “elite®” modelo “crono fuid elasto gel”; 1 rueda con sistema de medición de potencia “powertap®”

La FC durante el test se registro con el propio analizador de gases, utilizando la banda de pulsómetro “polar T34” (Electro Polar®, Finlandia) vinculada al mismo. Además de estos materiales, cada deportista aportó su propia bicicleta para la realización de la prueba.

Para determinar que el deportista había realizado un esfuerzo máximo y había alcanzado su potencia aeróbica máxima se determinó que se cumpliesen al menos 2 de estos 3 criterios (Doherty et al., 2003): consecución de la meseta de  $VO_2$ , un cociente respiratorio de 1,1 o mayor o alcanzar como mínimo una FC superior al 95% de su FC máxima teórica en función de su edad utilizando la siguiente fórmula:  $208 - 0,7 \times \text{edad}$  (Tanaka, Monahan, & Seals, 2001).

Durante la prueba fueron medidas las siguientes variables: Consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), ventilación pulmonar (VE), equivalente ventilatorio de oxígeno ( $VE \cdot VO_2^{-1}$ ), equivalente ventilatorio de dióxido de carbono ( $VE \cdot VCO_2^{-1}$ ) y presión final parcial de oxígeno ( $P_{ET} O_2$ ) y de dióxido de carbono ( $P_{ET} CO_2$ ).

Se consideró como valor de  $VO_2$  Max en ciclismo como aquel valor de  $VO_2$  máximo mantenido durante al menos 30 segundos, desechándose valores pico puntuales obtenidos.

El establecimiento del VT1 se determinó por un aumento del  $VE \cdot VO_2^{-1}$  y de la  $P_{ET} O_2$  sin que se produjese un incremento del  $P_{ET} CO_2$ . Para el establecimiento del VT2 se tuvo en cuenta un incremento tanto del  $VE \cdot VO_2$  como del  $VE \cdot CO_2^{-1}$  (Doherty et al., 2003).

Todos los deportistas siguieron el mismo protocolo de calentamiento, el cual consistió en pedalear durante 5 minutos a una intensidad entre 50 y 100 vatios (Tanner & Gore, 2013). Siguiendo a los autores anteriores, los ciclistas élite realizaban un calentamiento de 5 minutos a 150 vatios. Debido a que el nivel de los triatletas era considerablemente menor se optó por mantener el tiempo de calentamiento pero reducir la intensidad del mismo.

Los test se realizaron en una sala con sistema de ventilación y extracción adecuado para asegurar unas condiciones estándar de humedad y temperatura.

### **3.4.3 Test de carrera a pie**

Un test de campo en pista de atletismo, homologada por la Real Federación Española de Atletismo, fue el escogido para evaluar la carrera a pie. Se realizó un protocolo incremental en el que los deportistas debían incrementar su velocidad en 0,3 km/h cada 200 metros. El test se trata de una adaptación del test UMTT-Brue, en el que se aumenta de velocidad 0,25 km/h cada 30 segundos (Brue, 1985). Este test a su vez supone una adaptación más lineal del test original UMTT de la universidad de Montreal (Boucher & Leger, 1980), en el que se incrementaban 1 km/h cada 2 minutos.

Durante el desarrollo del protocolo se utilizó, al igual que en el segmento de ciclismo, un analizador portátil de gases (Cosmed® K4 b2, Italia) y su banda de FC. Además se empleó un arnés específicamente diseñado para transportar el equipamiento de medición de gases, unas balizas, un cronómetro marca "Finish®" y un silbato.

Se colocaron balizas cada 50 metros. Los participantes debían adecuar al ritmo a las indicaciones sonoras que señalaba uno de los investigadores. De esta manera, el deportista debía pasar junto a la marca visual de manera coincidente con la señal sonora producida por un silbato. El test se detenía cuando el deportista no era capaz de mantener la velocidad marcada por el investigador a través de las señales sonoras, no llegando a menos de 2 metros de la baliza.

Para determinar los umbrales ventilatorios y para confirmar que el deportista habían alcanzado su VO<sub>2</sub> Max en carrera a pie se aplicaron los mismos criterios y protocolos que en el análisis del test de ciclismo.

Basándonos en las recomendaciones aportadas por Conconi et al. (1996) y por Behm y Chaouachi (2011) se diseñó un protocolo de calentamiento que fue seguido por todos los participantes. Este consistió en 10 minutos de carrera continua a baja intensidad (RPE 1-2 sobre 10) y 4 progresiones de 20 metros. Entre el rodaje de 10 minutos y las 4 progresiones los deportistas realizaron una batería de estiramientos dinámicos los cuales estaban habituados a realizar en el momento previo a las sesiones de fuerza.

Todos los test se realizaron con una temperatura comprendida ente los 16 y los 25°C y con una velocidad media de viento inferior a los 12 km/hora.

#### **3.4.4 Test de 3000 metros**

Se realizaron un total de 2 test de 3000 metros en la pista de atletismo. La semana 1 del periodo de entrenamiento de base se realizó el primero y la semana 13 el segundo.

El objetivo del test era cubrir la distancia de 3000 metros en el menor tiempo posible, intentando mantener una velocidad constante en todo el recorrido. Para evitar influencias debidas al estímulo competitivo, las salidas de los participantes se daban cada 30 segundos (Saugy et al., 2014).

Los tiempos de los participantes fueron controlados y contrastados por 3 entrenadores diferentes, los cuales utilizaron 3 cronómetros marca "Finish®".

En el momento previo a la realización del test, los participantes realizaron un protocolo de calentamiento similar al descrito para el test de carrera a pie.

Todos los test se realizaron bajo las mismas condiciones ambientales descritas anteriormente en el apartado de los test de carrera a pie.

### **3.4.5 Composición corporal**

Para la estimación de la composición corporal se realizaron medidas antropométricas a todos los participantes durante la semana 7 del periodo de base y durante la semana 12 del periodo de entrenamientos específicos (los mismos días que tuvieron lugar los test de ciclismo).

Para la valoración antropométrica se siguieron las normas técnicas de medición recomendadas por el “International Working Group of Kinanthropometry, según la metodología descrita por Ross y Marfell-Jones (1991) y adoptadas por la “International Society for the Advancement of Kinanthropometry” (2011) (ISAK).

La recogida de los datos personales necesarios para la valoración antropométrica fue realizada por un medidor ISAK nivel III y por un anotador ISAK nivel I. En las mediciones se atendió al error técnico de medición (ETM en adelante) intraobservador indicado por la ISAK (2011) el cual se trata de un 5% de error para pliegues cutáneos y de 1% para perímetros y diámetros.

Además de las medidas básicas de talla y peso, se recogieron las siguientes medidas: pliegues cutáneos (subescapular, tricipital, bicipital, cresta iliaca, supraespinal, abdominal, muslo anterior y pierna medial); perímetros (brazo relajado, brazo contraído, muslo frontal y pierna máxima); diámetros óseos pequeños (biepicondíleo del húmero, biestiloideo y bicondíleo del fémur). También se calculó el sumatorio de 8 pliegues cutáneos, la masa grasa mediante las ecuaciones de Withers et al (1987), la masa muscular mediante la propuesta de Lee et al. (2000) y la masa ósea por las fórmulas propuestas por Rocha (1975).

Todas las medidas fueron realizadas el día correspondiente al test de ciclismo a las 8:00 a.m, en condiciones de ayuno. Se realizaron en una sala ventilada bajo unas condiciones estándar de temperatura y humedad.

Se utilizó como material antropométrico homologado y calibrado previamente: tallímetro de pared (precisión 1 mm); báscula “Tanita”®(precisión 100 g); paquímetro de diámetros óseos pequeños “Holtain”® (precisión 1 mm); plicómetros “Holtain”® (precisión 0,2 mm); cinta métrica flexible “Rosscraft”®; material complementario (lápiz demográfico para marcar al sujeto) y banco antropométrico de 40x50x30 cm.

Por último es importante matizar los participantes no tuvieron un programa de nutrición individualizado y su alimentación no fue controlada durante el proceso de intervención. No obstante, todos los participantes tuvieron una reunión conjunta con un nutricionista (JMM) donde recibieron unas pautas generales de alimentación para el proceso de entrenamiento.

### **3.5 Determinación de las zonas de entrenamiento y control del entrenamiento.**

Tras la realización de los pre-test se calcularon, de manera individual, las zonas de entrenamiento en cada una de las modalidades de todos los participantes. Se siguió el modelo de Cejuela y Esteve-Lanao (2011), a través del cual se obtuvieron hasta 8 zonas de entrenamiento(véase tabla 8).

El test de natación fue calculado en base al tiempo obtenido en el test de 800. Se calculó el tiempo parcial medio por cada 100 metros, considerándose este resultado como el ritmo del deportista en la zona 4. En el siguiente cuadro se presenta el porcentaje aplicado en cada una de las zonas, considerando la zona 4 como el 100% del tiempo.

Tabla 21: Cálculo de las zonas de natación por ritmo.

Porcentaje	zona
125%	1
120%	2
110%	3
100%	4
90%	5
80%	6
75%	7
70%	8

Las zonas de ciclismo y carrera a pie fueron calculadas por medio de la determinación de los umbrales ventilatorios. El protocolo para la obtención de VT1 y VT2 fue explicado en el apartado anterior. Se asoció a cada una de las zonas de entrenamiento un rango de FC, un rango de potencia (para el segmento de ciclismo) y un rango de velocidad (para el segmento de carrera a pie). La zona 6 se corresponde con la FC máxima obtenida en las dos disciplinas y con la potencia máxima alcanzada en el test en ciclismo (PAM) y con la velocidad máxima alcanzada en el test de carrera (VAM).

Durante el periodo de base el control del entrenamiento fue a través de la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE). Se adaptó una escala de 0-10 (Borg, 1982), en la que se asignó un valor a cada una de las zonas de entrenamiento. La zona 7 (capacidad anaeróbica) y 8 (potencia anaeróbica) no aparecen reflejadas en la escala RPE, ya que únicamente se realizaron ciertos ejercicios en natación a esta intensidad. En ellos se pedía a los participantes que realizasen el ejercicio a la máxima velocidad posible.

En la siguiente tabla se puede observar la escala utilizada por los participantes durante las primeras semanas de entrenamiento.

Tabla 22: Zona de entrenamiento y RPE asociada.

Zona de entrenamiento	RPE
1	1-2
2	3-4
3	5-6
4	7
5	8-9
6	10

En el control del segmento de natación se realizó a través de tiempos parciales en cada zona y por RPE de los sujetos. Además de ello, estos tiempos eran ajustados por el entrenador en función del ejercicio a realizar (por ejemplo en un ejercicio de batido de pies).

En el segmento de ciclismo, el control del entrenamiento se llevo a cabo por frecuencia cardiaca. Se utilizaron 18 dispositivos Polar (Polar Electro®, Finlandia) modelo RCX5. Se tuvo en cuenta el comportamiento lineal de la FC (Astrand & Rodahl, 1986; Wilmore & Costill, 2007) en los entrenamientos de alta intensidad y por ello los participantes de POL controlaron la intensidad a través de potencia. Se utilizaron 9 ruedas de potencia con sistema de medición "Powertap®".

Para el segmento de carrera a pie, el control del entrenamiento también se realizó por medio de FC. Los entrenamientos que involucraban repeticiones cortas a elevada intensidad se realizaron en la pista de atletismo y se controlaron siempre por velocidad. Se siguió esta metodología de trabajo para atender al comportamiento lineal de la FC.

El entrenamiento de fuerza, tanto en el periodo de base como en el específico, se controló mediante RPE de los participantes entre la primera y la tercera repetición (Naclerio et al., 2011). Para la estimación de los pesos se utilizó la siguiente tabla en la que aparece asociada la percepción del sujeto a un porcentaje de la RM.

Tabla 23: RPE asociada al % de 1 RM (Pincivero et al.,2003)

<b>RPE</b>	<b>% de 1RM</b>
<b>0-1</b>	<30%
<b>2</b>	30%
<b>3</b>	40%
<b>4</b>	50%
<b>5</b>	60%
<b>6</b>	70%
<b>7</b>	80%
<b>8</b>	90%
<b>9</b>	95%
<b>10</b>	100%

Para el control y seguimiento del entrenamiento se siguieron diferentes estrategias. En primer lugar, todos los participantes debían rellenar un diario de entrenamientos en una hoja de cálculo Excel. En ella tenían que anotar los minutos completados en cada zona y además indicar el valor de ECS a primera hora de la mañana y a los 20 minutos de finalizar cada sesión, además de anotar algún comentario (en el caso de que lo considerasen oportuno). De esta manera se buscaba recopilar los datos tanto objetivos como subjetivos del periodo de entrenamiento. Por otro lado, las sesiones de ciclismo y carrera a pie debían ser registradas en sus respectivos dispositivos de control de pulso y potencia y posteriormente volcadas en la aplicación “polarpersonaltrainer”. En el caso de la natación, las sesiones eran siempre presenciales y controladas por los entrenadores (LF, SS o RC). Además de ello, la mayoría de sesiones de elevada intensidad de carrera a pie también se realizaron de manera presencial y fueron supervisadas por los entrenadores.

### **3.6 La competición medio IM**

La planificación del entrenamiento se realizó con el objetivo de preparar un medio IM. El objetivo de todos los participantes era cubrir la distancia de 1,9 km nadando, 90 km en ciclismo y 21 km de carrera a pie en el menor tiempo. Para afrontar dicha prueba todos los participantes recibieron un plan nutricional específico con las indicaciones de hidratación y alimentación que debían seguir durante la competición.

La prueba se desarrolló el sábado 26 de Abril de 2014 desde las 8:00 de la mañana. La temperatura durante la competición osciló desde los 18 hasta los 27°C, con una velocidad media de viento de 19 km/h, aunque se llegaron a alcanzar valores máximos sostenidos de hasta 33 km/h y ráfagas de 51 km/h durante el transcurso del segmento de ciclismo y carrera a pie.

Se utilizó un sistema de cronometraje electrónico por chip en el tobillo (cronometrajes “Championchip levante”), tomándose como referencia los tiempos oficiales de la prueba.

Por último el control de la intensidad durante la competición se realizó por FC con pulsómetros marca Polar (Polar Electro®, Finlandia) modelo RCX5. Posteriormente se procedió al análisis de los datos registrados mediante la aplicación “polarpersonaltrainer”.

### **3.7 Análisis estadístico**

Para el análisis y la organización de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS 17.0 y la hoja de cálculo Microsoft Excel.

Para comprobar que los dos grupos de entrenamiento eran similares en las variables utilizadas en la división de los grupos de entrenamiento se compararon mediante el contraste no paramétrico de la U de Mann - Whitney ya que no pudimos asumir normalidad en las variables debido al tamaño muestral pequeño.

Se realizó una descripción de la muestra mediante frecuencias y porcentajes para las variables categóricas y de medias, desviación estándar, mínimo, mediana y máximo para las variables continuas.

Se midió el cambio de los tiempos de los distintos test antes y después del entrenamiento mediante el estadístico  $d$  de Cohen que mide el tamaño del efecto. Un tamaño del efecto  $<0,2$  se consideró trivial, de  $0,3$  a  $0,6$  se consideró pequeño,  $<1,2$  moderado y  $>1,2$  grande (Hopkins, 2006). Y para detectar diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de los dos grupos de entrenamiento, se usó el test no paramétrico para muestras relacionadas de Wilcoxon.

Aunque el tamaño muestral es pequeño, debido a que se puede asumir que el tiempo de entrenamiento afecta al rendimiento en competición, para medir la relación entre los tiempos de entrenamientos y el rendimiento en competición se ha usado el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ).



## **4.RESULTADOS**

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## 4. RESULTADOS

En este apartado serán presentados los resultados obtenidos en esta tesis. Se presentarán estructurados en dos partes diferenciadas. Por un lado los datos referentes a los test de laboratorio y campo que relacionaron la distribución de la intensidad del entrenamiento con diferentes variables que influyen en el rendimiento del triatlón. Por otro lado aparecerán los resultados que relacionan la distribución de la intensidad del entrenamiento con el rendimiento obtenido en la competición objetivo del estudio.

### 4.1 Datos de los participantes, mortalidad experimental y descripción del entrenamiento.

Los datos de los dos grupos de entrenamiento aparecen resumidos en la tabla 24. No existen diferencias significativas entre grupos en ninguna de las variables.

Tabla 24: Descripción de los datos referidos a los participantes.

	POL (n=9)	THR (n=9)	P
<b>Edad (años)</b>	29,1 ± 6,58	28,46 ± 6,9	0,8
<b>Altura (cm)</b>	177,6 ± 7,59	176,3 ± 4,89	0,9
<b>Peso (kg)</b>	73,2 ± 6,03	72,62 ± 5,58	0,8
<b>IMC</b>	23,81 ± 1,13	23,58 ± 0,85	0,3
<b>Años de experiencia</b>	2,44 ± 2,9	2,22 ± 2,04	0,9
<b>Marca test de 3000 metros (segundos)</b>	690,1 ± 111,26	716,8 ± 61,7	0,8
<b>Vo2 Max carrera a pie (ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>)</b>	56,1 ± 6,3	57,8 ± 5,4	0,6
<b>Vo2 Max ciclismo (ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>)</b>	55,9 ± 7,2	53,7 ± 4,4	0,5

\* Contraste no paramétrico de la U de Mann - Whitney.

Un total de 3 sujetos (2 sujetos del grupo POL y 1 sujeto del grupo THR) no registraron correctamente los datos del entrenamiento y no cubrieron al menos el 95% de la carga de entrenamiento. Por este motivo, no fueron incluidos en el análisis estadístico de los resultados. Finalmente el tratamiento de los resultados se realizó con un total de 7 sujetos en el grupo POL y 8 sujetos en el grupo THR.

Los datos referidos al entrenamiento completado por cada uno de los grupos aparecen resumidos en la tabla 25.

Por otro lado, 2 sujetos (1 en el grupo POL y 1 en THR) no pudieron finalizar por diferentes motivos la competición objetivo del estudio. Estos dos sujetos fueron excluidos en el análisis de los datos que relacionaban la distribución de la intensidad del entrenamiento con el rendimiento en competición.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Tabla 25: Comparación del tiempo y de la carga de entrenamiento entre los dos grupos.

	POL				THR				p**		
	Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	Media	ds*	Mínimo		Mediana	Máximo
ECOs Totales	785,23	244,93	188,75	860,75	1100,25	751,23	234,92	169,25	806,25	1040,25	0,7
ECOs Nat	218,54	108,03	86,25	221,25	459,75	184,60	86,14	66,75	192,75	363,00	0,4
ECOs cic	297,00	120,31	62,50	337,00	451,00	295,54	116,64	62,50	333,00	446,00	0,9
ECOs CP	269,69	93,93	40,00	298,00	384,00	268,77	96,02	40,00	280,00	380,00	0,9
Tiempo (en horas)	11,87	3,51	3,60	11,80	15,50	11,95	3,59	3,60	12,20	16,90	0,9
%<VT1	84,04	3,96	74,50	84,50	89,60	76,96	7,61	62,90	76,10	90,70	<b>0,007</b>
%VT1-VT2	5,04	3,76	0,00	4,70	13,10	20,05	7,61	9,30	18,40	32,00	<b>&lt; 0,001</b>
%>VT2	10,88	3,74	6,70	10,00	19,70	2,69	3,37	0,00	0,40	9,90	<b>&lt; 0,001</b>

\*Desviación estándar. \*\*Contraste no paramétrico de la Un de Mann-Whit

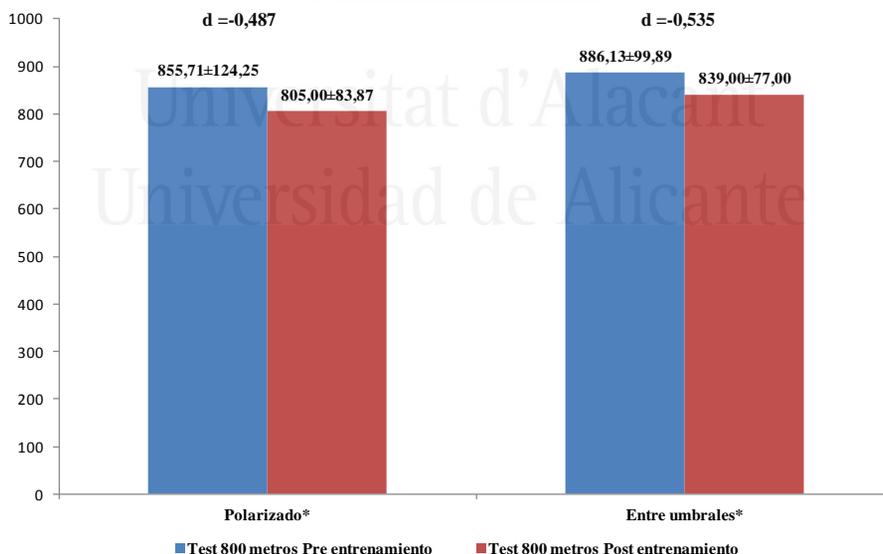
## 4.2 Resultados de los test

### 4.2.1 Test de natación

En las figuras 22 y 23 se realiza una comparación del rendimiento de los deportistas en el test natación antes y después del periodo de entrenamiento específico.

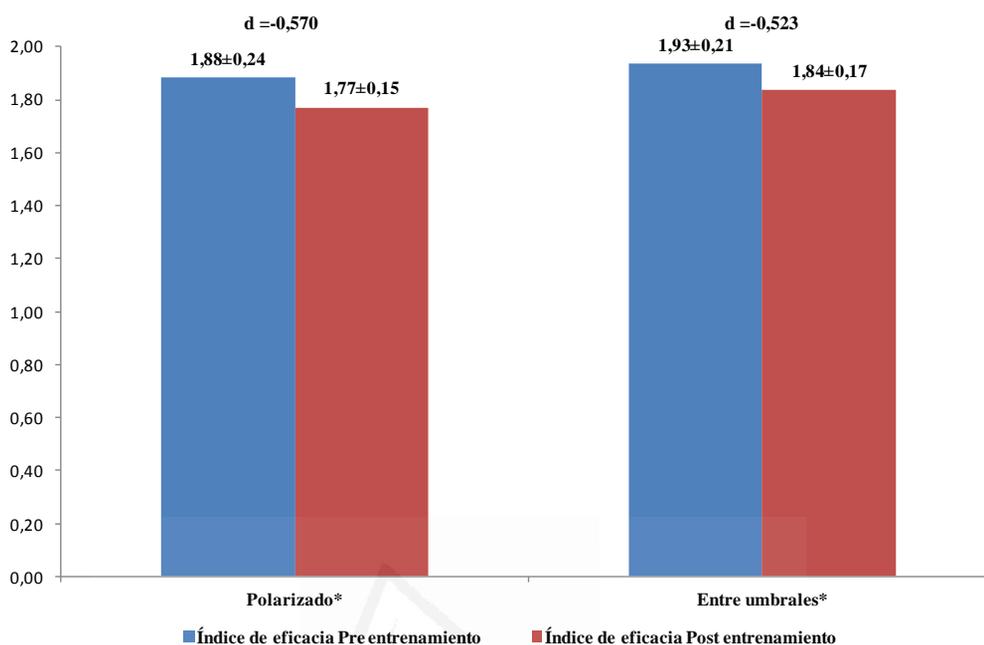
Tanto en el grupo POL como en el grupo THR se aprecia un descenso estadísticamente significativo tanto en el tiempo del test de 800 metros como en el índice de eficacia.

En ambos grupos el tamaño del efecto se considera bajo tanto en el tiempo del 800 como en el índice de eficacia. El tamaño del efecto se presenta en negativo ya que un mayor descenso en el tiempo que los triatletas emplean en recorrer los 800 metros muestra un mayor tamaño del efecto. Lo mismo ocurre en el índice de eficacia donde a medida que el valor se acerca a 0 muestra un mejor índice de eficacia.



\*  $p < 0,05$  en el contraste no paramétrico de Wilcoxon de muestras relacionadas.

Figura 22: Comparación del tiempo (segundos) del test de 800 metros por grupo.



\*  $p < 0,05$  en el Contraste no paramétrico de Wilcoxon de muestras relacionadas.

Figura 23: Comparación del índice de eficacia del test de 800 metros por grupo.

#### 4.2.2 Test de ciclismo

En las tablas 26 y 27 se muestran los cambios inducidos por el entrenamiento en diferentes variables relacionadas con el rendimiento en el segmento de ciclismo.

La tabla 26 se muestra la comparativa de variables físicas analizadas en los test de rendimiento de ciclismo pre y post al proceso de entrenamiento específico.

En el grupo POL aparecen diferencias estadísticamente significativas en los vatios absolutos alcanzados en  $VO_2$  Max, vatios absolutos en VT2, vatios absolutos en VT1 y vatios relativos al peso en  $VO_2$  Max.

Por otro lado el grupo THR muestra un aumento estadísticamente significativo en todas las variables analizadas: vatios absolutos en VO<sub>2</sub> Max, vatios absolutos en VT2, vatios absolutos en VT1, vatios relativos al peso en VO<sub>2</sub> Max, vatios relativos al peso en VT2 y vatios relativos al peso en VT1.

Se aprecia un tamaño del efecto moderado en los vatios absolutos a diferentes intensidades fisiológicas en los dos grupos: vatios en VO<sub>2</sub> Max, vatios en VT2 y vatios en VT1. No obstante, en el caso de los vatios absolutos en VT1, el grupo THR presenta un tamaño del efecto muy cercano a los valores considerados para un tamaño del efecto grande ( $d=1,120$ ).

En referencia al tamaño del efecto de los vatios relativos al peso. El grupo POL presenta un tamaño grande del efecto en la relación W/kg en VO<sub>2</sub> Max, mientras que el grupo THR presenta un tamaño del efecto moderado. En la relación W/kg en VT2 y VT1 se produce la situación contraria. El grupo THR presenta un tamaño grande del efecto en estos valores y el grupo POL moderado.

En la tabla 27 se muestra la comparativa de variables fisiológicas analizadas en los test de rendimiento de ciclismo pre y post al proceso de entrenamiento específico.

En el grupo POL se aprecia un incremento significativo de las variables de VO<sub>2</sub> Max relativo (ml/kg/min<sup>-1</sup>), VO<sub>2</sub> relativo en VT2, VO<sub>2</sub> relativo en VT1 y VO<sub>2</sub> absoluto en VT2. El grupo THR muestra un incremento significativo en las mismas variables que el grupo POL y además en el porcentaje al que sitúa el VT2, en VO<sub>2</sub> Max absoluto y en VO<sub>2</sub> absolutos en VT1. Por otro lado, se observa un incremento de la eficiencia en VT2 y VT1 en ambos grupos, aunque éste no es estadísticamente significativo.

En cuanto al tamaño del efecto. Se observa un tamaño del efecto moderado en el VO<sub>2</sub> Max relativo del grupo POL y bajo en el grupo THR.

Un tamaño del efecto moderado se observa en ambos grupos en los parámetros de  $VO_2$  relativo en VT2,  $VO_2$  relativo en VT1, porcentaje del  $VO_2$  Max al que sitúa el VT2,  $VO_2$  Max absoluto,  $VO_2$  absoluto en VT2 y  $VO_2$  absoluto en VT1.

En el parámetro de eficiencia en VT2 se observa un tamaño del efecto mínimo en el grupo POL y bajo en el grupo THR. Situación opuesta ocurre con la eficiencia en VT1, donde el tamaño del efecto es bajo en el grupo POL y mínimo en el grupo THR.

En las figuras 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32 se observa de manera gráfica los cambios inducidos por el proceso de entrenamiento en ambos grupos y se establece la diferencia porcentual en varios parámetros relacionados con el rendimiento en los test de ciclismo.

El grupo THR muestra incrementos porcentuales superiores en la mayoría de variables analizadas: vatios absolutos a intensidad de  $VO_2$  Max, de VT2 y de VT1; vatios relativos al peso a intensidad de  $VO_2$  Max, de VT2 y de VT1; además de  $VO_2$  relativo a intensidad de VT2 y VT1. Únicamente el grupo POL muestra un incremento porcentual en referencia al  $VO_2$  Max relativo.

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Tabla 26: Parámetros físicos relacionados con el rendimiento en el segmento de ciclismo.

	POL							THR						
	Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**	Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**
W en VO <sub>2</sub> MAX	PRE	321,43	36,14	270,00	320,00	375,00		330,00	40,62	280,00	327,50	410,00		
	POST	344,29	28,20	305,00	340,00	380,00	0,713	359,38	27,05	320,00	362,50	410,00	0,867	0,02
W en VT2	PRE	255,00	33,91	210,00	260,00	305,00		249,38	32,56	190,00	255,00	300,00		
	POST	275,71	23,88	245,00	280,00	315,00	0,717	275,63	31,90	225,00	280,00	320,00	0,815	0,01
W en VT1	PRE	193,57	34,00	140,00	200,00	240,00		187,50	28,03	145,00	192,50	230,00		
	POST	217,86	20,99	200,00	210,00	260,00	0,878	215,00	21,21	180,00	217,50	245,00	1,120	0,01
W/kg en VO <sub>2</sub> Max	PRE	4,45	0,37	3,90	4,42	5,17		4,64	0,55	4,11	4,38	5,73		
	POST	4,85	0,30	4,34	4,86	5,20	1,196	5,10	0,40	4,69	5,03	5,81	0,970	0,01
W/kg en VT2	PRE	3,57	0,53	3,00	4,00	4,00		3,50	0,53	3,00	3,50	4,00		
	POST	3,86	0,38	3,00	4,00	4,00	0,627	4,00	0,00	4,00	4,00	4,00	1,387	0,04
W/kg en VT1	PRE	2,57	0,53	2,00	3,00	3,00		2,50	0,53	2,00	2,50	3,00		
	POST	3,00	0,58	2,00	3,00	4,00	0,768	3,13	0,35	3,00	3,00	4,00	1,404	0,02

\* Desviación estándar. \*\*Contraste no paramétrico de Wilcoxon de muestras relacionadas.

Tabla 27: Parámetros fisiológicos relacionados con el rendimiento en el segmento de ciclismo.

		POL						THR							
		Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**	Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**
VO <sub>2</sub> Max (ml/kg <sup>-1</sup> /min)	PRE	52,57	3,51	48,00	52,00	59,00	0,697	0,04	54,13	4,97	49,00	52,50	62,00	0,469	0,02
	POST	55,29	4,19	50,00	54,00	62,00			56,75	6,07	49,00	56,00	65,00		
Vo <sub>2</sub> VT2 (ml/kg <sup>-1</sup> /min)	PRE	44,57	5,19	38,00	45,00	53,00	0,922	0,04	44,88	4,58	40,00	43,50	52,00	0,857	0,01
	POST	48,71	3,82	43,00	49,00	54,00			49,13	5,25	44,00	46,50	56,00		
Vo <sub>2</sub> VTI (ml/kg <sup>-1</sup> /min)	PRE	37,86	6,31	28,00	38,00	45,00	0,856	0,04	37,63	4,41	32,00	36,50	45,00	1,120	0,01
	POST	42,29	3,99	36,00	42,00	47,00			42,25	3,88	38,00	41,00	48,00		
%VT2 (%VO <sub>2</sub> )	PRE	84,43	5,13	76,00	87,00	90,00	1,029	0,1	83,00	6,46	73,00	83,00	91,00	0,671	0,02
	POST	88,71	3,15	84,00	90,00	93,00			86,75	4,74	78,00	86,50	92,00		
%VTI (%VO <sub>2</sub> )	PRE	79,50	4,48	73,08	81,63	84,62	0,252	0,4	82,67	5,60	70,49	84,91	88,46	-0,251	0,2
	POST	80,68	4,84	75,00	81,13	88,00			81,58	2,91	76,67	82,52	85,00		
VO <sub>2</sub> Max Absoluto (l/min <sup>-1</sup> )	PRE	3705,71	400,23	3261,00	3564,00	4332,00	0,632	0,1	3855,13	355,55	3380,00	3821,50	4400,00	0,743	0,02
	POST	3963,86	414,68	3439,00	4043,00	4537,00			4165,13	462,36	3542,00	4049,00	4800,00		
VO <sub>2</sub> VT2 Absoluto (l/min <sup>-1</sup> )	PRE	3264,00	518,64	2634,00	3100,00	3895,00	0,683	0,03	3221,00	354,33	2607,00	3139,00	3752,00	0,882	0,02
	POST	3547,14	301,12	3205,00	3511,00	3963,00			3521,88	330,07	3064,00	3459,00	3996,00		
VO <sub>2</sub> VTI Absoluto (l/min <sup>-1</sup> )	PRE	2782,14	556,59	1996,00	2869,00	3401,00	0,620	0,1	2704,63	325,03	2077,00	2707,00	3120,00	1,059	0,01
	POST	3047,86	279,87	2776,00	2971,00	3451,00			3008,13	249,94	2572,00	3023,50	3292,00		
Eficiencia VT2 (%)	PRE	22,71	1,38	21,00	23,00	25,00	0,241	0,6	22,25	1,04	21,00	22,00	24,00	0,451	0,3
	POST	23,00	1,00	22,00	23,00	25,00			22,75	1,16	22,00	22,00	25,00		
Eficiencia VTI (%)	PRE	20,29	1,50	19,00	20,00	23,00	0,492	0,1	20,00	1,69	17,00	20,50	22,00	0,296	0,5
	POST	21,00	1,41	19,00	21,00	23,00			20,38	0,74	20,00	20,00	22,00		

\* Desviación estándar. \*\* Contraste no paramétrico de Wilcoxon de muestras relacionadas.

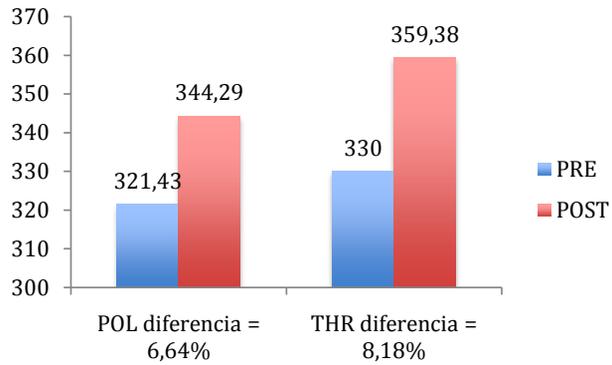


Figura 24: Vatios absolutos en  $VO_2$  Max

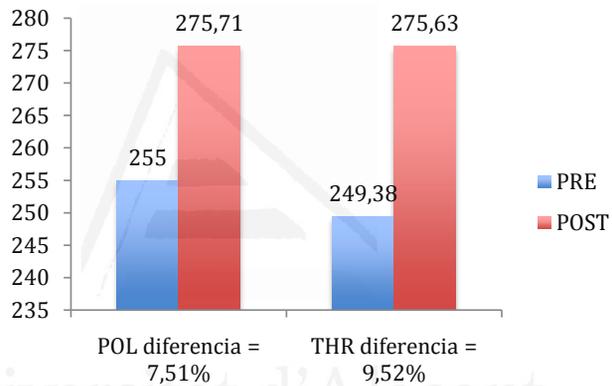


Figura 25: Vatios absolutos en VT2

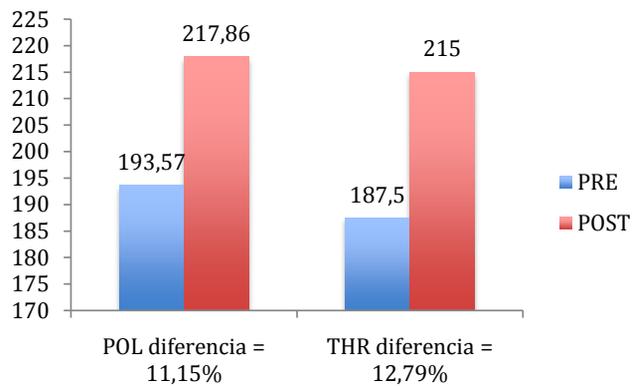


Figura 26: Vatios absolutos en VT1

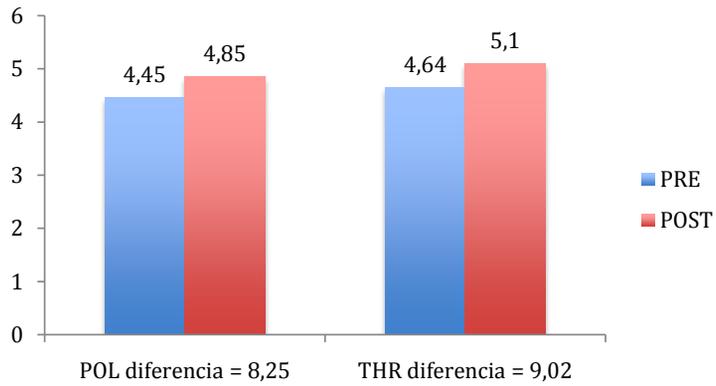


Figura 27: Vatios relativos al peso en VO<sub>2</sub> Max

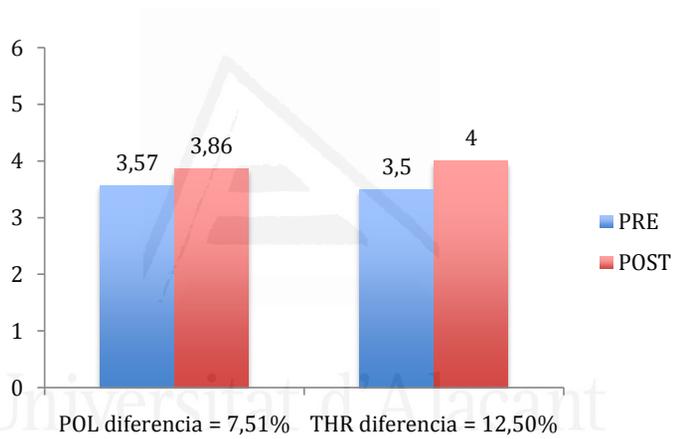


Figura 28: Vatios relativos al peso en VT2

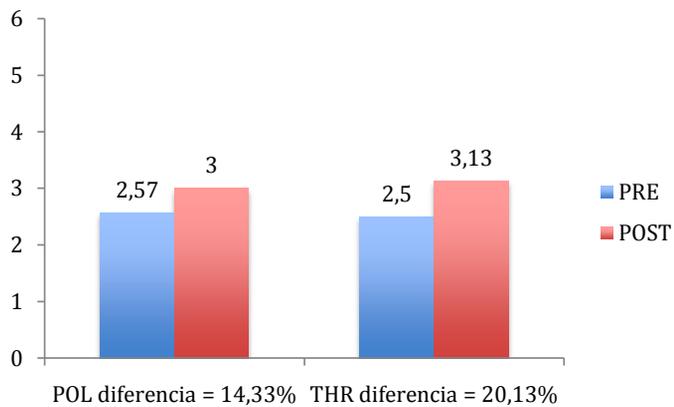


Figura 29: Vatios relativos al peso en VT1

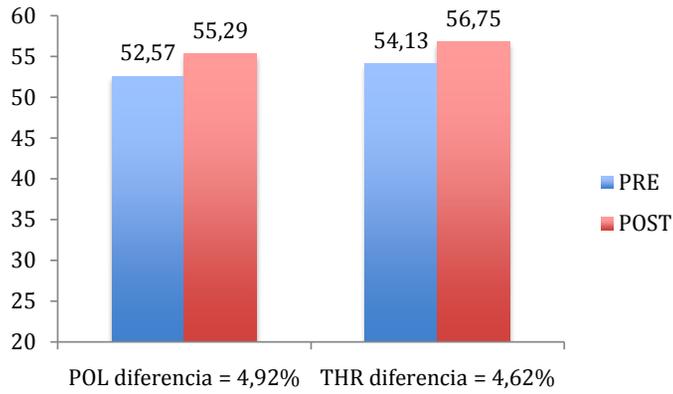


Figura 30: VO<sub>2</sub> Max relativo (ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>)

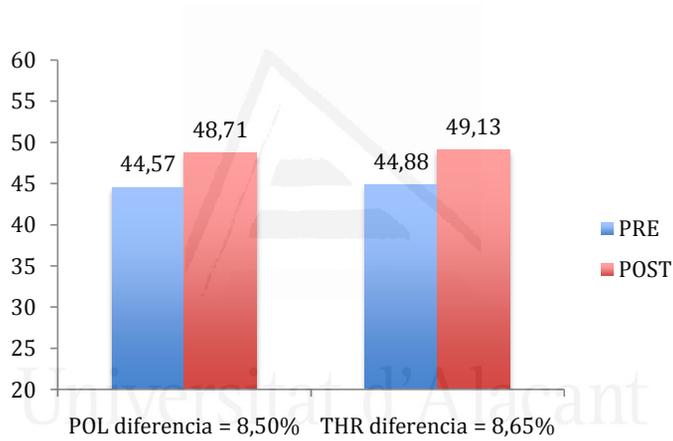


Figura 31: VO<sub>2</sub> relativo en VT2 (ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>)

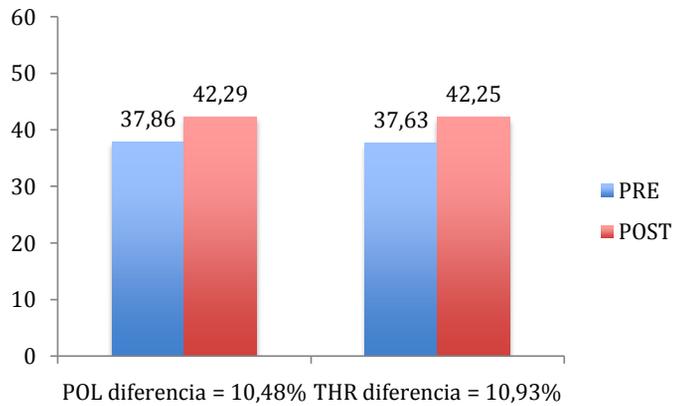


Figura 32: VO<sub>2</sub> relativo en VT1 (ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>)

### 4.2.3 Test de carrera a pie.

En las siguientes tablas y figuras se observan los datos obtenidos tras la realización de los test incrementales en carrera a pie.

En la tabla 28 se presentan los datos relativos a los parámetros físicos relacionados con el rendimiento en la carrera a pie. Se observan diferencias estadísticamente significativas en ambos grupos en la velocidad a intensidad de VT2 y en la velocidad a intensidad de VT1. Sin embargo en la velocidad a intensidad de VO<sub>2</sub> Max únicamente se aprecian diferencias significativas en el grupo THR y no en el grupo POL. El tamaño del efecto es mínimo en el parámetro de velocidad a intensidad de VO<sub>2</sub> Max en el grupo POL y bajo en el grupo THR. En los parámetros de velocidad a intensidad de VT2 el tamaño del efecto es moderado en ambos grupos. Lo mismo ocurre con la velocidad a intensidad de VT1, donde el tamaño del efecto también es moderado tanto en el grupo POL como en el grupo THR.

En la tabla 29 se muestran los datos relativos a los parámetros fisiológicos relacionados con el rendimiento de carrera a pie. Únicamente se observan diferencias estadísticamente significativas en el grupo THR en cuanto al porcentaje de VO<sub>2</sub>Max relativo al que se sitúa el VT1. El tamaño del efecto es mínimo o bajo en todos los parámetros a excepción del porcentaje del VO<sub>2</sub> Max al que se sitúa el VT1 y el VT2. En el primer parámetro se aprecia un tamaño del efecto moderado en ambos grupos. Por otro lado, en el porcentaje del VO<sub>2</sub> Max relativo al que se sitúa el VT2 se observa un tamaño del efecto moderado en el grupo THR.

Por último en las figuras 33, 34, 35, 36, 37 y 38 se muestran los cambios porcentuales en los parámetros tanto físicos como fisiológicos de los test de carrera a pie.

En los parámetros físicos el grupo POL experimentó un incremento porcentual superior en la variable de velocidad asociada a las intensidades tanto de VO<sub>2</sub> Max como de VT2 y VT1.

En los parámetros fisiológicos, el grupo THR experimentó un incremento porcentual mayor del  $\text{VO}_2$  Max relativo y del  $\text{VO}_2$  relativo en VT2 que el grupo POL. En el  $\text{VO}_2$  relativo en VT1 fue el grupo POL el que obtuvo un mayor incremento a nivel porcentual.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Tabla 28: Variables físicas relacionadas con el rendimiento en el segmento de carrera a pie.

	POL						THR							
	Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**	Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**
v V02 Max (km/h)	PRE 16,07 POST 16,30	1,01 0,92	14,70 15,40	16,30 16,00	17,80 17,50	0,238	0,20	16,26 16,48	0,87 0,82	15,10 15,30	16,30 16,60	17,50 17,50	0,252	0,02
v VT2 (km/h)	PRE 13,99 POST 14,59	0,62 0,64	13,00 13,90	14,20 14,20	14,50 15,70	0,951	0,03	14,39 14,80	0,75 0,58	13,30 14,20	14,35 14,80	15,70 16,00	0,623	0,01
v VT1 (km/h)	PRE 12,44 POST 12,96	0,66 0,21	11,50 12,70	12,70 13,00	13,00 13,30	1,096	0,04	12,81 13,19	0,58 0,53	12,10 12,70	12,70 13,00	13,90 13,90	0,679	0,04

\*Desviación estándar. \*\*Contraeste no paramétrico de Wilcoxon de muestras relacionadas.

Tabla 29: Variables fisiológicas relacionadas con el rendimiento en el segmento de carrera a pie.

	Polarizado						Entre umbrales							
	Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**	Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**
VO <sub>2</sub> Max (ml/kg <sup>-1</sup> /min <sup>-1</sup> )	PRE 54,71	4,35	49,00	54,00	62,00	0,086	0,70	56,50	4,78	51,00	55,50	63,00	0,233	0,3
	POST 55,14	5,46	49,00	53,00	64,00			57,63	4,87	51,00	59,00	65,00		
VO <sub>2</sub> VT2 (ml/kg <sup>-1</sup> /min <sup>-1</sup> )	PRE 48,57	3,91	44,00	48,00	56,00	0,271	0,90	51,00	4,41	46,00	49,50	57,00	0,369	0,2
	POST 49,57	3,51	46,00	48,00	55,00			52,63	4,41	47,00	53,50	60,00		
VO <sub>2</sub> VT1 (ml/kg <sup>-1</sup> /min <sup>-1</sup> )	PRE 43,43	3,26	38,00	44,00	47,00	0,309	0,90	46,63	4,21	42,00	45,50	54,00	0,089	0,7
	POST 44,29	2,29	42,00	44,00	49,00			47,00	4,21	42,00	45,50	54,00		
%VT2 (%VO <sub>2</sub> )	PRE 88,86	2,48	86,00	90,00	92,00	0,356	0,3	90,25	1,16	88,00	90,00	92,00	0,813	0,1
	POST 90,14	4,34	84,00	92,00	94,00			91,25	1,28	89,00	91,50	93,00		
%VT1 (%VO <sub>2</sub> )	PRE 60,01	6,25	47,50	62,50	65,00	0,600	0,5	69,68	7,10	58,30	70,40	78,90	0,811	0,01
	POST 63,43	5,17	54,70	63,90	68,90			74,74	5,43	67,20	73,85	82,40		
VO <sub>2</sub> Max Absoluto (l/min <sup>-1</sup> )	PRE 3952,29	485,82	3325,00	4200,00	4602,00	0,222	0,4	4031,13	374,42	3530,00	4015,50	4500,00	0,177	0,3
	POST 4057,57	464,96	3366,00	4300,00	4500,00			4093,75	334,43	3700,00	4057,00	4561,00		
Vo2 VT2 Absoluto (l/min <sup>-1</sup> )	PRE 3553,43	441,96	3100,00	3489,00	4200,00	0,210	0,9	3643,50	310,70	3270,00	3635,00	4060,00	0,359	0,1
	POST 3645,00	431,01	3131,00	3800,00	4219,00			3756,88	319,24	3371,00	3773,50	4288,00		
Vo2 VT1 Absoluto (l/min <sup>-1</sup> )	PRE 3171,29	453,25	2601,00	3200,00	3700,00	0,081	0,6	3350,88	369,28	2783,00	3317,00	3863,00	-0,008	0,7
	POST 3202,86	324,60	2713,00	3290,00	3650,00			3348,25	272,61	3023,00	3391,50	3819,00		
Eficiencia VT2 (ml/kg/km)	PRE 204,86	18,88	180,00	207,00	232,00	-0,080	0,60	212,88	15,51	190,00	214,00	242,00	0,041	0,9
	POST 203,43	16,78	182,00	203,00	228,00			213,50	15,02	191,00	215,00	232,00		
Eficiencia VT1 (ml/kg/km)	PRE 210,71	12,11	196,00	213,00	230,00	-0,566	0,2	218,00	10,86	203,00	215,00	235,00	-0,376	0,2
	POST 203,71	12,58	185,00	203,00	226,00			213,63	12,26	194,00	214,50	233,00		

\* Desviación estándar. \*\*Contraste no paramétrico de Wilcoxon de muestras relacionadas.

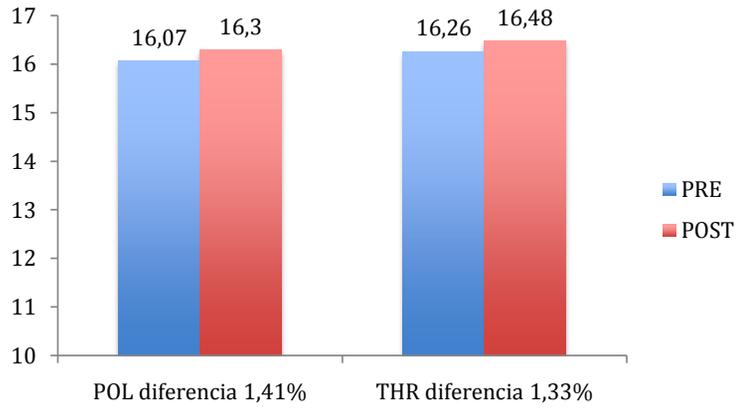


Figura 33: Velocidad en VO<sub>2</sub> Max (Km/h)

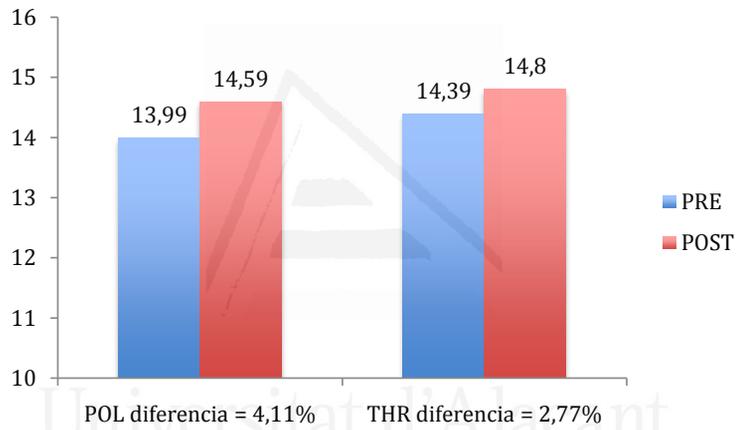


Figura 34: Velocidad en VT2 (Km/h)

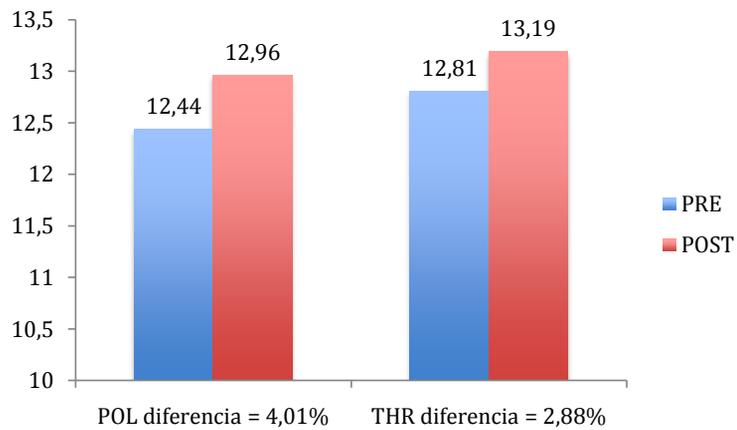


Figura 35: Velocidad en VT1 (Km/h)

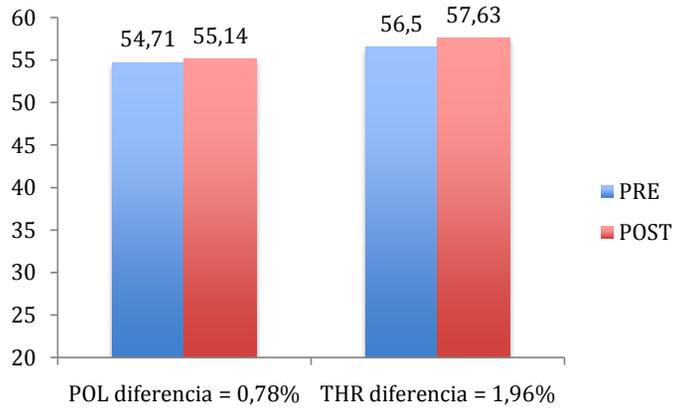


Figura 36: VO<sub>2</sub> Max relativo (ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>)

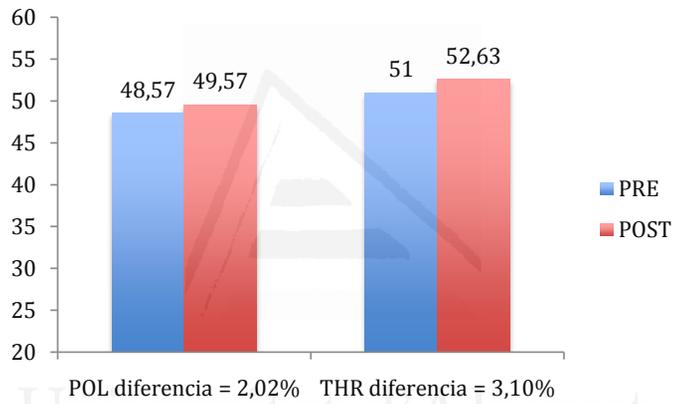


Figura 37: VO<sub>2</sub> relativo en VT2 (ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>)

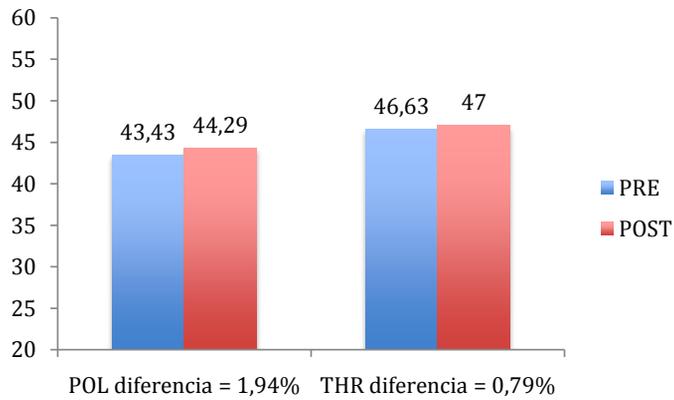


Figura 38: VO<sub>2</sub> relativo en VT1 (ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>)

#### 4.2.4 Test de 3000 metros.

En la figura 39 se aprecia el rendimiento del test de 3000 metros de carrera a pie.

En ambos grupos se observa un descenso significativo del tiempo que los participantes tardaron en cubrir la distancia de 3 km en ambos grupos (grupo POL  $p=0,04$  y grupo THR  $P=0,01$ ).

El tamaño del efecto en ambos casos es moderado. En este caso el tamaño del efecto se muestra en números negativos porque a mayor descenso del tiempo mayor será el tamaño del efecto.

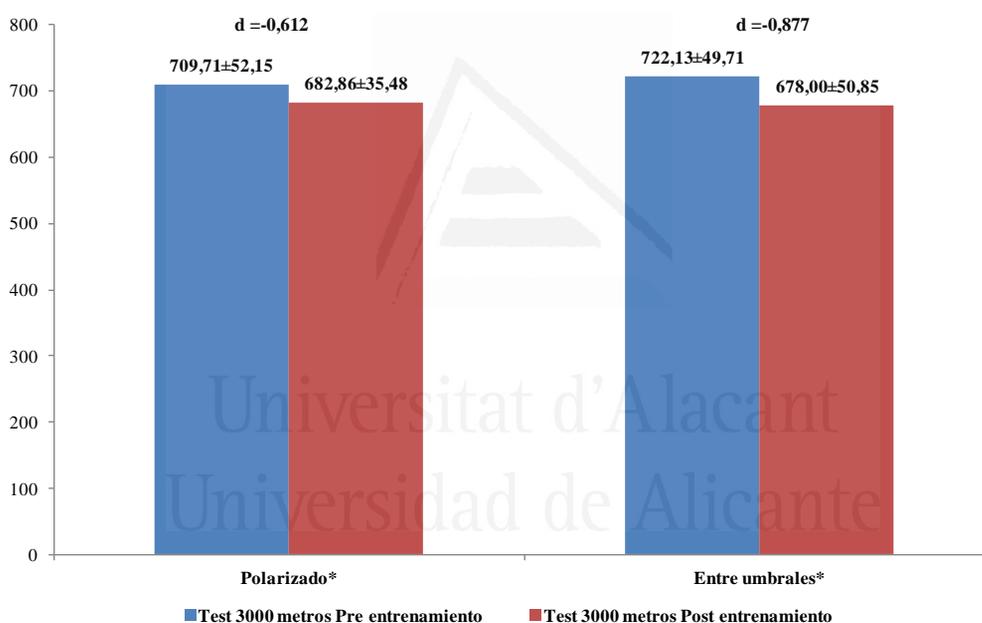


Figura 39: Comparativa del test de 3000 metros por grupo.

#### 4.2.5 Composición corporal

En la figura 30 se observan los datos referidos a las variables antropométricas analizadas antes y después del periodo de entrenamiento específico.

Se observan diferencias estadísticamente significativas en el descenso del porcentaje de masa grasa del grupo THR. En el resto de variables no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en estos valores.

Por último, el tamaño del efecto en todos los parámetros analizados es mínimo o pequeño.

Tabla 30: Cambios en la composición corporal por grupo.

		POL						
		Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**
Peso (kg)	PRE	72,27	5,27	66,70	71,90	79,80	-0,198	0,3
	POST	71,16	5,91	63,00	70,30	81,20		
Sum Pliegues (mm)	PRE	90,03	28,86	60,00	89,60	140,20	-0,410	0,2
	POST	80,37	17,97	56,40	77,30	104,30		
%Grasa	PRE	12,53	4,51	6,13	11,98	19,68	-0,278	0,2
	POST	11,43	3,37	5,60	10,78	14,84		
% Masa muscular	PRE	44,42	2,41	42,53	43,22	48,81	0,067	0,8
	POST	44,60	2,91	42,43	43,25	50,36		
		THR						
		Media	ds*	Mínimo	Mediana	Máximo	d de Cohen	p**
Peso (kg)	PRE	71,24	3,99	64,30	71,50	76,70	-0,133	0,2
	POST	70,66	4,60	64,20	70,70	78,10		
Sum Pliegues (mm)	PRE	61,93	22,94	37,70	52,55	102,90	-0,099	0,2
	POST	59,63	23,39	36,00	51,25	100,90		
%Grasa	PRE	9,56	2,74	5,90	9,45	13,90	-0,128	<b>0,05</b>
	POST	9,22	2,59	5,83	9,08	13,75		
% Masa muscular	PRE	44,24	1,10	42,68	44,54	45,91	0,104	0,2
	POST	44,36	1,28	42,82	44,72	46,44		

\* Desviación estándar. \*\*Contraste no paramétrico de Wilcoxon de muestras relacionadas.

### 4.3 Resultados relacionados con el rendimiento en la competición.

#### 4.3.1 Intensidad durante la competición.

En la tabla 31 se presenta la distribución de la intensidad de competición en segundos tanto por segmentos como del total de la prueba.

Tabla 31: Tiempos promedio (segundos) durante la competición en cada fase fisiológica

	Natación	Ciclismo	Carrera a pie	Total en la competición
<b>Todos los participantes</b>				
< VT1	1226,62 ± 717,56	5294,32 ± 3123,08	2197,96 ± 2377,54	8718,91 ± 4504,07
VT1 - VT2	1123,00 ± 704,11	5044,68 ± 2429,27	4209,13 ± 1708,53	10376,81 ± 2862,15
>VT2	96,38 ± 243,58	690,05 ± 881,47	864,15 ± 895,43	1650,58 ± 1656,80
<b>Total del segmento</b>	<b>2446 ± 248,36</b>	<b>11029,08 ± 678,39</b>	<b>7271,23 ± 676,33</b>	<b>20746,31 ± 1423,04</b>
<b>POL</b>				
< VT1	1392,32 ± 603,93	5898,04 ± 3264,21	3216,26 ± 2609,35	10507,47 ± 4397,76
VT1 - VT2	1038,85 ± 762,57	4556,21 ± 2367,89	3223,42 ± 1724,8	8817,63 ± 2340,38
>VT2	0	633,25 ± 868,48	789,32 ± 947,6	1422,57 ± 1653,33
<b>Total del segmento</b>	<b>2431,17 ± 191,53</b>	<b>11087,5 ± 772,27</b>	<b>7229 ± 638,7</b>	<b>20747,67 ± 1502,55</b>
<b>THR</b>				
< VT1	1083,85 ± 821,43	4776,88 ± 3423,48	1325,13 ± 1925,03	7185,87 ± 4302,96
VT1 - VT2	1195,85 ± 762,57	5463,38 ± 2586,72	5054,02 ± 1246,84	11713,26 ± 2702,69
> VT2	179 ± 318,14	738,73 ± 958,88	928,28 ± 919,19	1846,02 ± 1765,08
<b>Total del segmento</b>	<b>2458,71 ± 303,95</b>	<b>10979 ± 645,82</b>	<b>7307,43 ± 756,03</b>	<b>20745,14 ± 1472,66</b>

Desde la figura 40 hasta la figura 47 se aprecia la distribución porcentual de intensidad durante la competición por grupo. Se puede apreciar la distribución tanto del total de la prueba como de cada segmento.

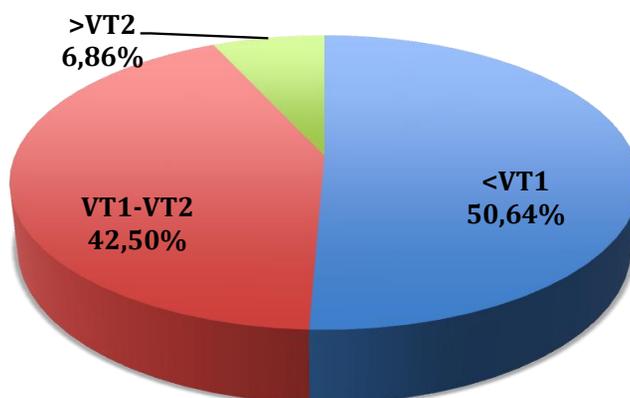


Figura 40: Distribución de la intensidad de competición del grupo POL.

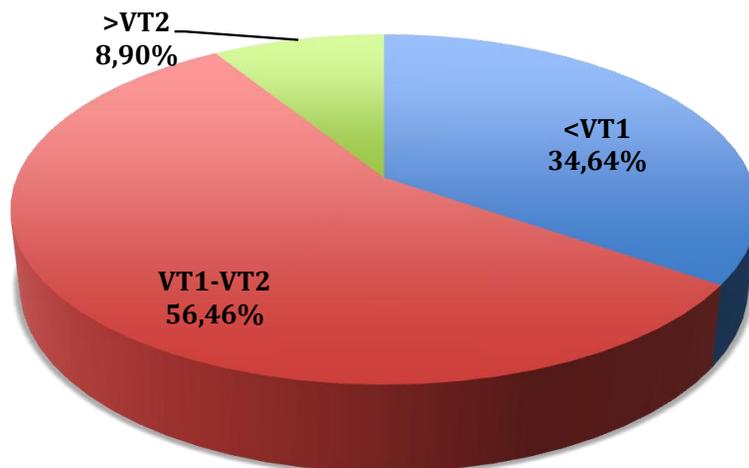


Figura 41: Distribución de la intensidad de competición. Grupo THR.

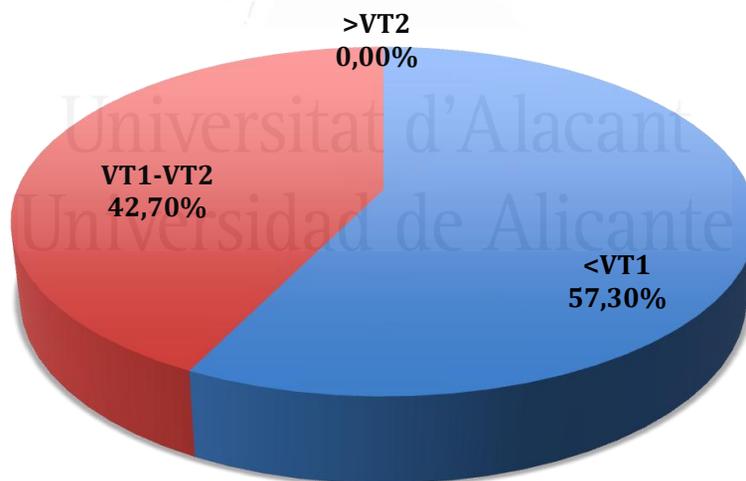


Figura 42: Distribución de la intensidad del segmento de natación. Grupo POL.

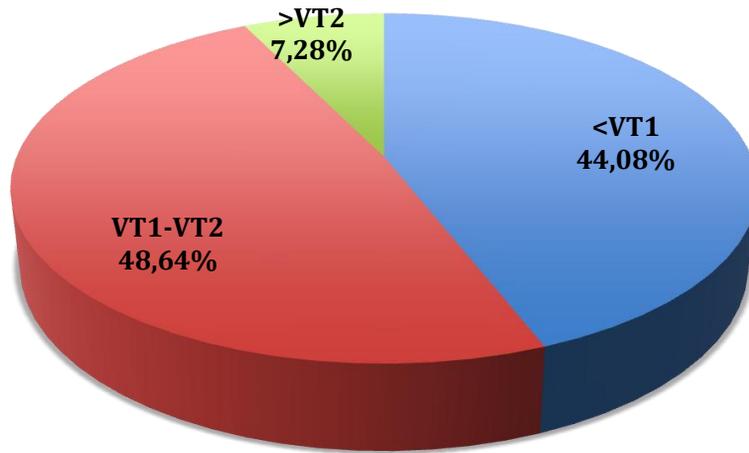


Figura 43: Distribución de la intensidad del segmento de natación. Grupo THR.

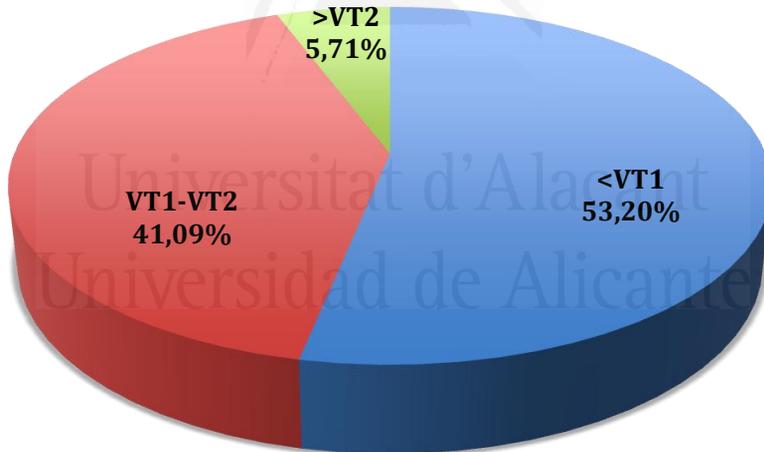


Figura 44: Distribución de la intensidad del segmento de ciclismo. Grupo POL.

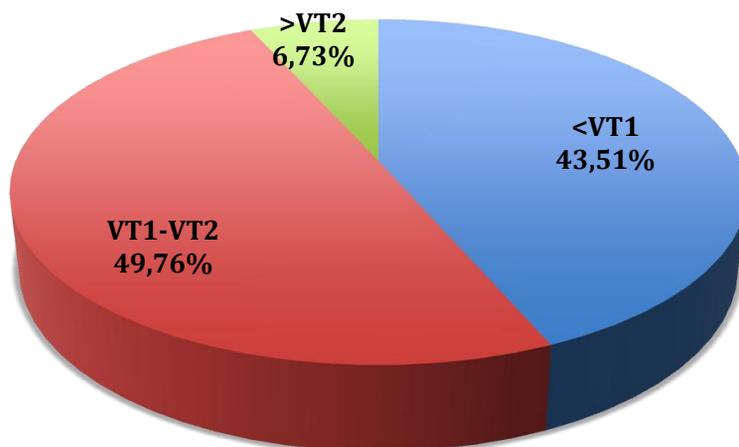


Figura 45: Distribución de la intensidad del segmento de ciclismo. Grupo THR.

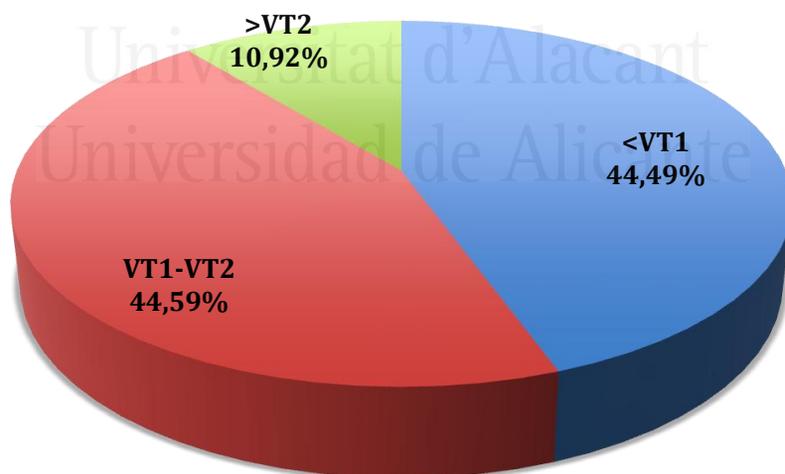


Figura 46: Distribución de la intensidad del segmento de carrera a pie. Grupo POL.

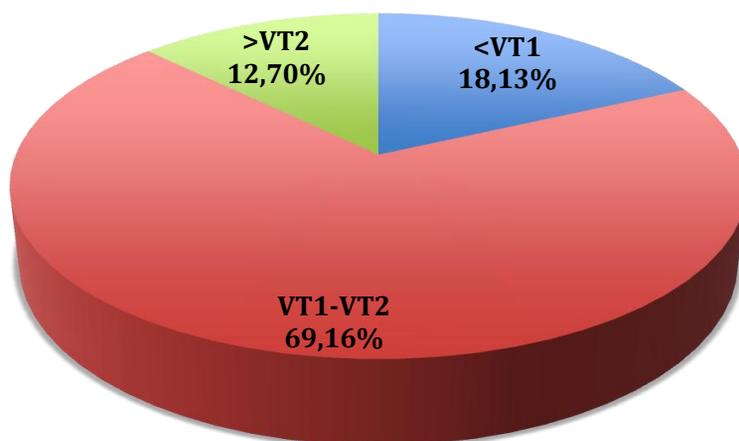


Figura 47: Distribución de la intensidad del segmento de carrera a pie. Grupo THR.

#### 4.3.2 Correlaciones entre la distribución del tiempo de entrenamiento y el rendimiento en competición.

En la tabla 32 se observa la correlación entre el volumen total de entrenamiento en segundos del grupo en las diferentes zonas de entrenamiento y el tiempo total empleado en la competición y en cada uno de los segmentos de la prueba.

En el grupo POL se observa una correlación directa estadísticamente significativa entre el tiempo acumulado <VT1 y el tiempo empleado en el segmento de natación en la prueba. Además, en el grupo POL se aprecia una correlación inversa entre el tiempo total de entrenamiento en VT1-VT2 y el tiempo de la natación de la competición.

En el tiempo empleado en el segmento de ciclismo también se observa una correlación inversa estadísticamente significativa con el volumen de entrenamiento en VT1-VT2 en el grupo POL.

En el grupo THR el volumen de entrenamiento en VT1-VT2 se correlaciona inversamente de manera estadísticamente significativa tanto con el tiempo empleado en el segmento de carrera a pie como con el tiempo total de la competición. Por el contrario, el volumen de entrenamiento >VT2 en el grupo THR se correlaciona significativamente de manera directa con el tiempo empleado en el segmento de carrera a pie y con el tiempo total de la competición.

Tabla 32: Correlación de los tiempos de entrenamiento (segundos) en cada fase fisiológica con tiempo total de competición y el tiempo de cada segmento.

	Tiempos totales de competición			
	Natación	Ciclismo	Carrera	Total en la competición
<b>Todos los participantes</b>				
< VT1	0,043	0,191	0,058	0,126
VT1 - VT2	-0,013	-0,155	0,016	-0,068
>VT2	-0,064	0,103	-0,018	0,030
<b>Tiempo total de entrenamiento de</b>	<b>-0,073</b>	<b>0,031</b>	<b>0,119</b>	<b>0,058</b>
<b>POL</b>				
< VT1	<b>0,521*</b>	0,337	0,259	0,350
VT1 - VT2	<b>-0,616*</b>	<b>-0,536*</b>	-0,170	-0,427
>VT2	-0,156	-0,136	-0,139	-0,149
<b>Tiempo total de entrenamiento de</b>	<b>0,040</b>	<b>-0,059</b>	<b>0,096</b>	<b>0,015</b>
<b>THR</b>				
< VT1	0,033	0,171	0,241	0,205
VT1 - VT2	-0,445	-0,389	<b>-0,513*</b>	<b>-0,526*</b>
> VT2	-0,057	0,427	<b>0,683*</b>	<b>0,526*</b>
<b>Tiempo total de entrenamiento de</b>	<b>-0,128</b>	<b>0,098</b>	<b>0,167</b>	<b>0,102</b>

\* p< 0,05.

### 4.3.3 Correlaciones entre los test de rendimiento y el resultado en la competición.

En las tablas 33, 34, 35, 36 y 37 se muestran las correlaciones existentes entre los post-test de rendimiento de las diferentes disciplinas y el tiempo de la prueba total y el empleado en los diferentes segmentos.

En la tabla 33 se observan las correlaciones entre el post-test de 800 metros en natación y el índice de eficacia con el tiempo total del segmento de natación. Se observan correlaciones directas estadísticamente muy significativas entre la marca realizada en el test de 800 y el tiempo total del segmento de natación y el tiempo total de la competición. Por otro lado, el índice de eficacia se correlaciona con el tiempo total del segmento de natación de manera estadísticamente muy significativa y de manera estadísticamente significativa con el tiempo total de la competición.

Tabla 33: Correlación entre la marca de 800 metros en natación con el tiempo total de la prueba y con el segmento de natación.

	Test 800	Índice de eficacia
<b>Tiempo total de natación</b>	0,877***	0,859***
<b>Tiempo total de competición</b>	0,781**	0,675*

\* p< 0,05. \*\* p< 0,01. \*\*\* p< 0,001.

En cuanto al test de 3000 y su correlación con el segmento de carrera a pie y con el total de la prueba. En la tabla 34 se observan correlaciones estadísticamente significativas entre la marca del test de 3000 con el tiempo empleado en el segmento de carrera a pie. Sin embargo, la marca del test de 3000 no se correlacionará de manera estadísticamente significativa con el tiempo total de la prueba.

Tabla 34: Correlación entre la marca de 3000 metros de carrera a pie con el tiempo total de la prueba y con el segmento de carrera a pie.

	<b>Test de 3000 post</b>
<b>Tiempo total de carrera</b>	0,563*
<b>Tiempo total de competición</b>	0,492

\* p&lt; 0,05.

A nivel antropométrico y de composición corporal. En la tabla 35 se observa una correlación directa estadísticamente significativa entre el porcentaje de masa grasa y el tiempo empleado en el segmento de carrera a pie. También se observan altas correlaciones, aunque no estadísticamente significativas, entre el porcentaje de masa grasa y el tiempo total de competición y el sumatorio de pliegues y el tiempo de carrera.

Tabla 35: Correlación entre las variables antropométricas con el tiempo total de la prueba y con el tiempo de cada segmento.

	<b>Tiempo en natación</b>	<b>Tiempo ciclismo</b>	<b>Tiempo en carrera</b>	<b>Tiempo total</b>
Peso	0,103	-0,180	-0,139	-0,134
Estatura	0,262	-0,151	-0,235	-0,138
∑ de pliegues	0,106	0,332	0,419	0,376
% de masa grasa	0,069	0,418	0,594*	0,494
Masa muscular	0,047	-0,139	-0,360	-0,229

\* p&lt; 0,03.

En la tabla 36 se aprecian las correlaciones entre los resultados del test de ciclismo con el tiempo de este segmento en la competición y con el tiempo total de la prueba. Se observan correlaciones inversas estadísticamente significativas entre los vatios obtenidos a intensidad de VO<sub>2</sub> Max y el tiempo del segmento ciclismo y el tiempo total de la competición. También se observan correlaciones inversas estadísticamente significativas entre los vatios a intensidad de VT2 y el tiempo del segmento de ciclismo y el tiempo total de la prueba.

Por último en la tabla 37 se correlacionan los datos obtenidos en el test de carrera a pie con el tiempo en el segmento y con el tiempo total de prueba. Al igual que sucedía en el segmento de ciclismo, se aprecian correlaciones inversas estadísticamente significativas entre la velocidad a intensidad de VO<sub>2</sub> Max y el tiempo del segmento de carrera a pie y el tiempo total de la competición.

Lo mismo ocurre con la velocidad a intensidad de VT2, la cual se correlaciona inversamente de forma estadísticamente significativa con el tiempo empleado en el segmento de carrera a pie y con el tiempo total requerido para completar la prueba.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Tabla 36: Correlación de las variables físicas y fisiológicas de los test de ciclismo con el tiempo total de la competición y con el tiempo del segmento de ciclismo.

	W VO <sub>2</sub> MAX	W VT2	W VT1	VO <sub>2</sub> Max	VO <sub>2</sub> VT2	VO <sub>2</sub> VT1	%VT2 (%Vo2)	%VT1 (%Vo2)	VT2 (w/kg)	VT1 (w/kg)	VO <sub>2</sub> Max Absoluto	VO <sub>2</sub> VT2 Absoluto	VO <sub>2</sub> VT1 Absoluto	Eficiencia VT2	Eficiencia VT1
Tiempo total de ciclismo	-0,647*	-0,569*	-0,236	-0,316	-0,280	-0,297	0,097	0,033	-0,495	-0,069	-0,359	-0,292	-0,457	-0,370	0,367
Tiempo total de competición	-0,574*	-0,578*	-0,334	-0,341	-0,371	-0,411	-0,014	-0,202	-0,561	-0,212	-0,216	-0,328	-0,528	-0,351	0,304

\* p< 0,05.

Tabla 37: Correlación de las variables físicas y fisiológicas de los test de carrera a pie con el tiempo total de la competición y con el tiempo del segmento de carrera a pie.

	v VO <sub>2</sub> Max	v VT2	v VT1	VO <sub>2</sub> Max	VO <sub>2</sub> VT2	VO <sub>2</sub> VT1	%VT2 (%Vo2)	%VT1 (%Vo2)	VO <sub>2</sub> Max Absoluto	VO <sub>2</sub> VT2 Absoluto	VO <sub>2</sub> VT1 Absoluto	Eficiencia VT2	Eficiencia VT1
Tiempo total de carrera	-0,710*	-0,643*	-0,430	0,140	-0,039*	-0,112	-0,391	0,124	0,008	-0,195	-0,187	0,365	0,178
Tiempo total de competición	-0,647*	-0,592*	-0,293	0,091	-0,044	-0,039	-0,262	0,163	0,019	-0,176	-0,127	0,319	0,181

\* p< 0,05.

#### 4.3.4 Rendimiento total en la competición

En las siguientes figuras se puede observar el rendimiento en competición de los participantes en función del grupo de entrenamiento.

En las figuras 48, 49 y 50 se aprecian la distribución total del tiempo en los diferentes segmentos de la prueba. No se observan diferencias estadísticamente significativas en el tiempo total de competición entre el grupo POL y el grupo THR ( $p=0,9$ ) y tampoco en ninguno de los tres segmentos (natación  $p=0,7$ ; ciclismo  $p=0,8$ ; carrera a pie  $p=0,8$ ). En el segmento de natación los participantes del grupo POL tardaron una media de  $2471,16 \pm 191,53$  segundos, mientras que el grupo THR empleó  $2458,71 \pm 303,98$ . El grupo POL realizó el segmento de ciclismo en un promedio de  $11087,5 \pm 772,26$  y el grupo THR en  $10979 \pm 645,82$  segundos. Por último, para el segmento de carrera a pie el grupo POL completó el segmento en un promedio de  $7229 \pm 638,7$  segundos mientras que el grupo THR lo hizo en  $7307,42 \pm 756,03$  segundos.

En la figura 48, que hace referencia al tiempo empleado en el segmento de natación, se puede apreciar se aprecia como el grupo POL es más compacto, ya que sus componentes tiempos totales de natación más homogéneos en comparación con el grupo THR.

La mitad de componentes del grupo POL empleó un mayor tiempo total de natación que la mitad de componentes del grupo THR. En el grupo THR se observa el mejor tiempo en el primer segmento, pero también destaca un participante de este grupo que hizo con diferencia el peor tiempo de todos los triatletas participantes en el estudio.

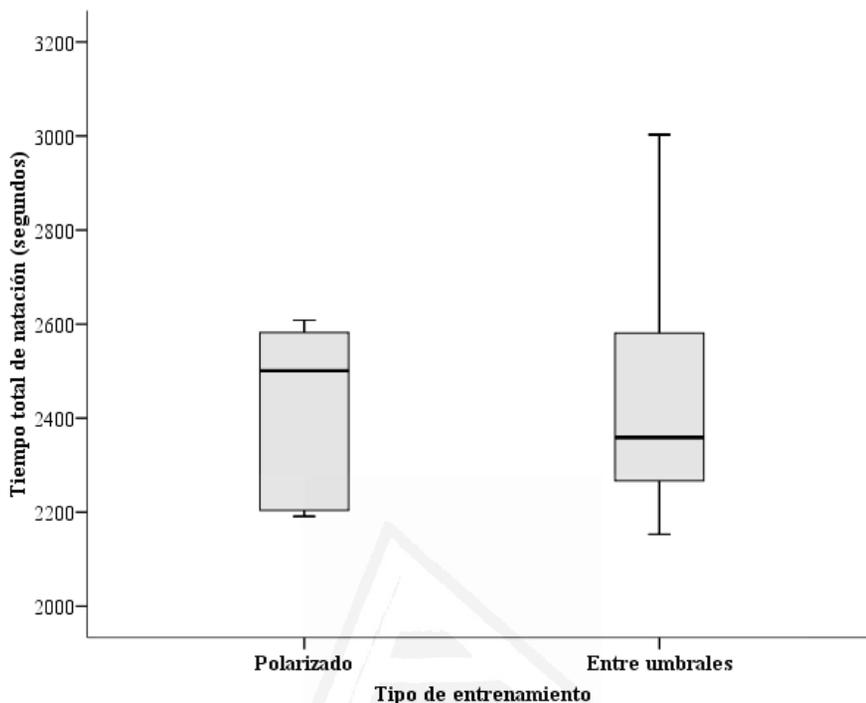


Figura 48: Distribución del tiempo total (segundos) en el segmento de natación durante la competición, por grupo

En esta figura 49, referente a los tiempos de los participantes en el segmento de ciclismo se observa una mayor heterogeneidad, ya que se observa una mayor dispersión entre los componentes de cada grupo.

La mitad de componentes del grupo POL tiene mejores tiempos en el segmento de ciclismo aunque el peor tiempo del grupo THR es mejor que el de algunos de los componentes del grupo polarizado. Al igual que sucede en la natación, destaca un participante del grupo entre umbrales que presenta una marca muy buena en el segmento de ciclismo comparada con las marcas del total de componentes de los dos grupos.

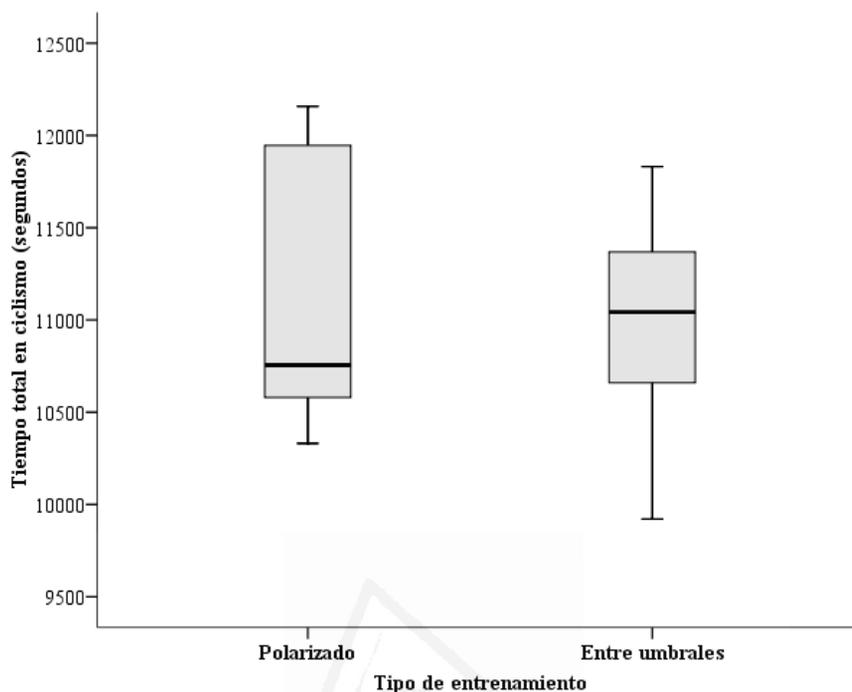


Figura 49: Distribución del tiempo total (segundos) en el segmento de ciclismo durante la competición, por grupo

Al igual que en la figura anterior, en la figura 50 se aprecia como ambos grupos son heterogéneos en el segmento de carrera a pie. Es apreciable la dispersión entre los componentes de cada grupo.

Hay una mitad del grupo polarizado que tiene mejores tiempos en relación con la otra mitad.

La mitad de componentes del grupo POL emplea menos tiempo en el segmento de carrera, aunque el peor tiempo del grupo THR es mejor que el de algunos de los componentes del grupo polarizado. En el grupo THR resalta un tiempo total de carrera a pie bajo en comparación del total de componentes de los dos grupos.

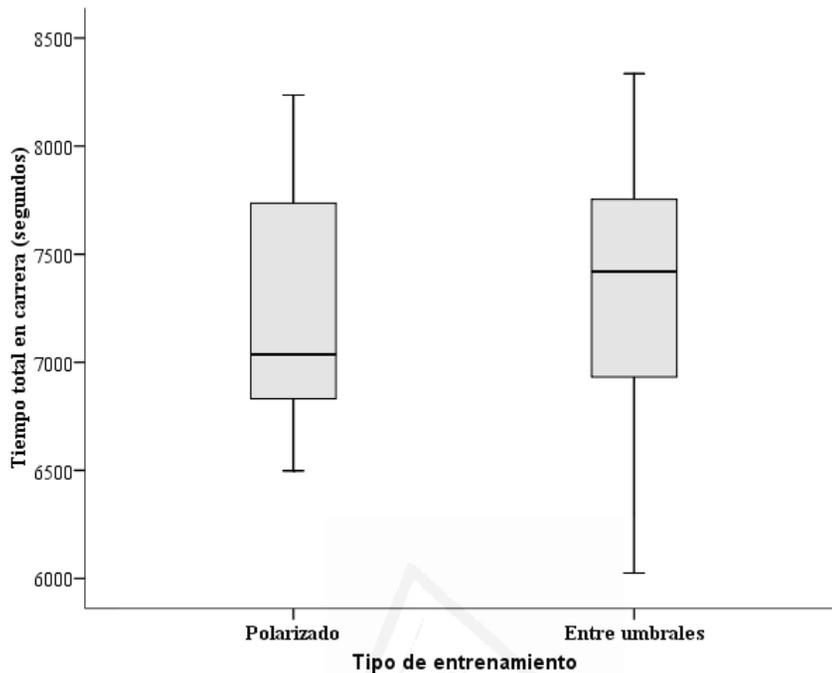


Figura 50: Distribución del tiempo total (segundos) en el segmento de carrera a pie durante la competición, por grupo

En la figura 51 aparece la distribución del tiempo total de la competición por grupos. No se observan diferencias estadísticamente significativas en el tiempo total que los participantes tardaron en realizar la competición entre el grupo POL ( $20747,67 \pm 1502,55$  segundos) y el grupo THR ( $20745,14 \pm 1472,65$ ).

Se mantienen los mismos patrones observados anteriormente. El grupo polarizado es más homogéneo que el grupo entre umbrales. Hay una mitad de componentes del grupo polarizado con tiempos mejores que el grupo entre umbrales aunque la otra mitad se aleja de estos tiempos.

Destaca el tiempo total de competición de uno de los participantes del grupo entre umbrales, el cual es bajo en comparación del total de componentes de los dos grupos.

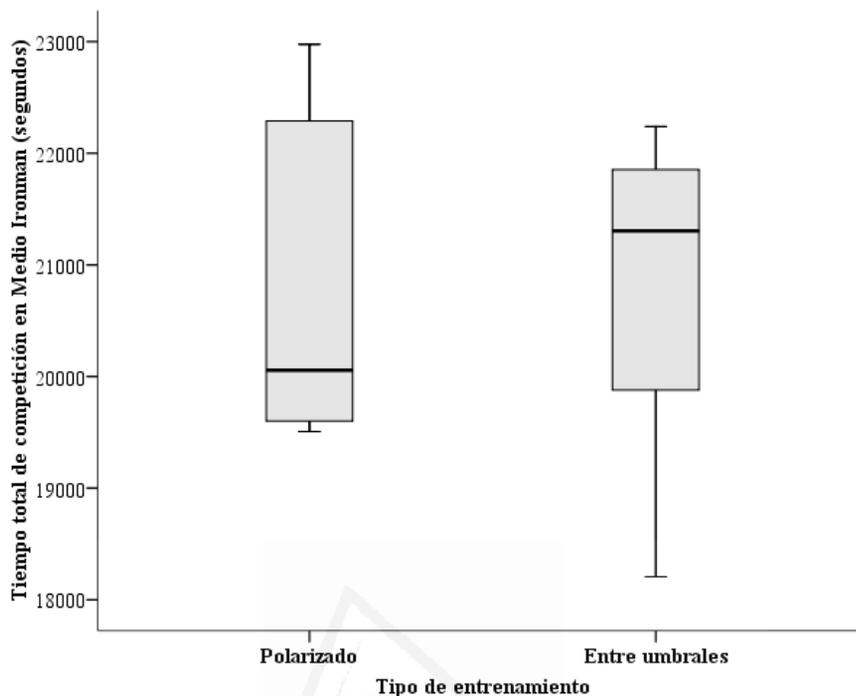


Figura 51: Distribución del tiempo total (segundos) de competición, por grupo.

#### 4.3.5 Distribución del tiempo de la prueba por segmentos.

En la figura 52 se observa la distribución del tiempo total de la prueba en cada uno de los 3 segmentos de todos los participantes. En este caso no se realiza una diferenciación entre el grupo de entrenamiento POL y el grupo de entrenamiento THR.

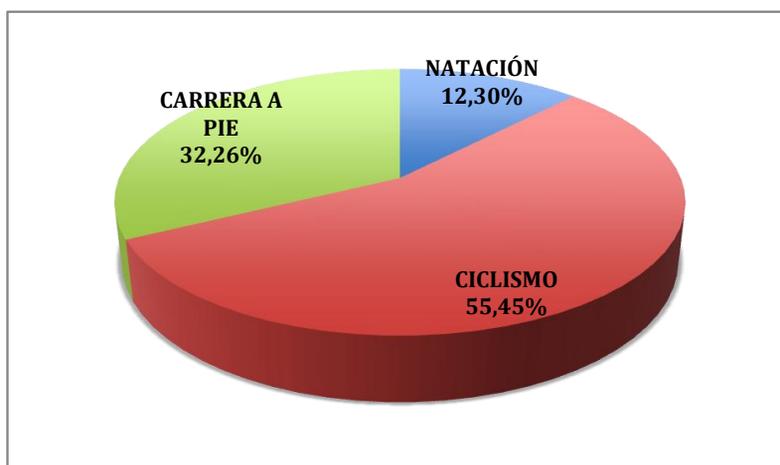


Figura 52: Distribución del tiempo total de la prueba en cada segmento.





## **5. DISCUSIÓN**

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Rendimiento en los test y composición corporal de los deportistas.

Seiler y Kjerland (2006) reflejaron como la distribución óptima del entrenamiento un 75% del volumen (tiempo) por debajo de  $2\text{mMol}^{-1}$  un 5% entre  $2\text{-}4\text{ mMol}^{-1}$  y un 20% por encima de  $4\text{ mMol}^{-1}$  para esquiadores de fondo. Esta distribución de la intensidad, conocida como polarizada, ha mostrado tener importantes beneficios en otras modalidades deportivas y en atletas con diferentes niveles de rendimiento. (Billat, Demarle, Slawinski, Paiva, & Koralsztein, 2001; Esteve-Lanao et al., 2005; Lucía et al., 2000; Muñoz et al., 2014; Schumacher & Mueller, 2002). El modelo polarizado muestra la necesidad de acumular grandes volúmenes de trabajo a baja intensidad para evitar la fatiga residual los días de entrenamiento intenso. Tanto en el programa del grupo POL como del grupo THR de esta tesis, se observa la importancia de acumular un elevado porcentaje del volumen de entrenamiento por debajo de VT1. En ambos grupos se aprecia un incremento significativo de numerosas variables relacionadas con el rendimiento después del proceso de entrenamiento tanto a nivel físico (potencia y velocidad) como fisiológico ( $\text{VO}_2\text{ Max}$ , VT2, VT1). Por ello coincidiendo con los estudios citados anteriormente, en esta tesis se confirma que un porcentaje elevado de trabajo a baja intensidad, combinado con un menor porcentaje de entrenamiento a intensidades superiores, se asocia a mejoras significativas en el rendimiento.

Existe un fuerte consenso en cuanto a que parte del éxito de los deportistas de resistencia radica en realizar sobre el 80% del entrenamiento en zonas de baja intensidad ( $<\text{VT1}$ ). Sin embargo, el modo de distribuir el 20% restante todavía está sometido a debate. Existen varios estudios que han observado los efectos de combinar el entrenamiento extensivo de baja intensidad con ejercicios de alta intensidad (Billat et al., 2001; Billat, Flechet, Petit, Muriaux, & Koralsztein, 1999; Fiskerstrand & Seiler, 2004; Seiler, Jøranson, Olesen, & Hetlelid, 2013).

También se ha intentado determinar qué protocolos de alta intensidad resultan más efectivos (Laursen, Shing, Peake, Coombes, & Jenkins, 2002; B. R. Rønnestad, Hansen, Vegge, Tønnessen, & Slettaløkken, 2015; Stepto et al., 1999) o cuál es la manera más óptima de planificar y periodizar los entrenamientos de alta intensidad (Breil, Weber, Koller, Hoppeler, & Vogt, 2010; Sylta et al., 2017). No obstante, pocos son los estudios que han hecho énfasis en comparar los efectos de una distribución polarizada con una distribución de la intensidad entre umbrales.

Únicamente se han encontrado 4 estudios de diseño experimental previos a esta tesis que realmente comparen el efecto de una distribución de la intensidad polarizada con una distribución en la que se acumula un mayor porcentaje de volumen de entrenamiento entre los umbrales fisiológicos (Esteve-Lanao et al., 2007; Muñoz et al., 2013; Neal, Hunter, & Galloway, 2011; Stöggl & Sperlich, 2014). Dos de estos estudios se realizaron con deportistas con un elevado nivel de rendimiento. Por un lado Esteve-Lanao et al. (2007), que comparó los efectos de una distribución polarizada con una distribución que acumulaba un mayor porcentaje de entrenamiento entre umbrales en 12 corredores nivel sub-élite. Por otro lado, el estudio Stöggl y Sperlich (2014), dividió a un total de 48 deportistas de resistencia, también con un buen nivel de rendimiento ( $62 \text{ ml/kg}^1/\text{min}^{-1}$ ), en 4 grupos de entrenamiento que siguieron diferentes distribuciones de la intensidad del entrenamiento (THR, POL, HVT y HIIT) durante 9 semanas. Los otros dos estudios se realizaron con deportistas de nivel inferior, el cual se asemeja en mayor medida al nivel de los participantes de esta tesis. Neal et al. (2013), realizaron dos bloques de entrenamiento. Uno con una distribución polarizada y otro con una distribución entre umbrales. Se compararon los efectos de cada bloque de entrenamiento en 12 ciclistas entrenados. Por último Muñoz et al. (2014), realizaron otro estudio de intervención, en el que se comparó el efecto del entrenamiento polarizado y el entrenamiento entre umbrales, dividiendo en dos grupos de entrenamiento diferente a 30 corredores populares.

A la hora de comparar los resultados de los estudios previamente citados con los obtenidos en esta tesis se debe tener en cuenta el tiempo de intervención, el nivel de los participantes y la modalidad practicada, ya que únicamente en esta tesis se realiza la intervención en un deporte tan complejo como el triatlón. Los participantes deben elevar su nivel de rendimiento en tres segmentos, entre los que se producen diferentes interacciones durante el proceso de entrenamiento y durante la competición (Delextrat, Brisswalter, Hausswirth, Bernard, & Vallier, 2005; Millet et al., 2002; Millet & Vleck, 2000; Wu, Peiffer, Brisswalter, Nosaka, & Abbiss, 2014).

En el segmento de natación ambos grupos mejoraron significativamente su marca de 800 metros en piscina, sin observarse diferencias entre ambos grupos. Parece que el entrenamiento presencial dirigido por un entrenador, la mejora de técnica y el aumento de los niveles de fuerza por el programa de entrenamiento de fuerza, que siguieron los dos grupos por igual, pueden ser suficientes para incrementar el desempeño de los triatletas populares en el segmento de natación. En triatletas con un nivel bajo de rendimiento en el segmento de natación parecen más importantes otros aspectos relacionados con la técnica (Costa, Barbosa, Morais, Miranda, & Marinho, 2017), la fuerza (Berryman et al., 2017) o la sensibilidad en el agua, que la distribución de la intensidad del entrenamiento que se realice.

En los parámetros relacionados con el rendimiento de ciclismo, se observa como el entrenamiento polarizado tuvo una mayor incidencia en la potencia asociada a la intensidad de  $VO_2$  Max. Sin embargo el grupo THR incrementó en mayor medida la potencia asociada a los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2) que el grupo POL. En la preparación de una prueba de larga distancia, donde se debe mantener una intensidad submáxima durante un tiempo prolongado (Muñoz et al., 2014), tendría más sentido incidir en la mejora de los umbrales y en la potencia asociada a los mismos. Por este motivo, parece más adecuado utilizar una distribución de la intensidad del entrenamiento entre umbrales en triatletas populares de larga distancia para mejorar el desempeño en el segmento de ciclismo durante una prueba de medio IM.

Por el contrario, en el segmento de carrera a pie, se aprecia como la distribución polarizada de la intensidad del entrenamiento incrementó en mayor medida la potencia asociada a los umbrales ventilatorios, mientras que la distribución entre umbrales tuvo un efecto superior sobre el  $VO_2$  Max y su velocidad asociada. Siguiendo la misma línea de discusión que en el segmento de ciclismo, puede que una tendencia polarizada sea más efectiva en la preparación de la carrera a pie de una prueba de larga distancia, al haber mejorado más los umbrales ventilatorios y su velocidad asociada en mayor medida que una distribución entre umbrales. En deportistas de alto nivel o altamente entrenados el modelo de distribución de la intensidad polarizado ha demostrado tener más beneficios sobre las variables de resistencia (Billat et al., 2001; Helgerud et al., 2007; Stöggl & Sperlich, 2014), mientras que en un modelo entre umbrales ha incrementado los valores de  $VO_2$ , y los umbrales ventilatorios en personas desentrenadas (Londree, 1997). Por este motivo, un mayor tiempo de experiencia en alguno de tres segmentos ha podido influir en los resultados obtenidos. El nivel de los deportistas debe ser tenido en cuenta a la hora de seleccionar la distribución de la intensidad del entrenamiento y en el caso del triatlón incluso la experiencia previa en cada modalidad debe condicionar la planificación del entrenamiento.

La marca del test de 3000 metros en pista de atletismo descendió de manera significativa en ambos grupos. No obstante, este descenso fue superior en el grupo THR. Esta mejora se podría relacionar con un aumento del  $VO_2$  Max, que fue estadísticamente significativo en el grupo THR pero no en el grupo POL. En deportistas de bajo nivel métodos de entrenamiento a intensidades por debajo del VT2 pueden ser suficientes para estimular el  $VO_2$  Max (Esteve-Lanao, 2007).

A nivel de composición corporal, se aprecian mejoras en diferentes parámetros relacionados con el rendimiento en deportes de resistencia (descenso del peso, descenso masa grasa y aumento de la masa muscular) tanto en el grupo POL como en el grupo THR. Sin embargo, únicamente se observa un descenso estadísticamente significativo del porcentaje de masa grasa en el grupo THR.

En el estudio de Stöggel y Sperlich (2014), el grupo que siguió una distribución HIIT fue el único que redujo significativamente su peso total. No hace referencia al resto de variables de la composición corporal lo cual dificulta que se comparen los resultados de ese estudio con los obtenidos en esta tesis doctoral.

### **5.1.1 Test de natación**

Tanto el grupo POL como el grupo THR mejoró de manera significativa el tiempo empleado en completar los 800 metros.

A nivel porcentual, el descenso en el tiempo fue prácticamente similar en ambos grupos. A pesar de que el volumen de entrenamiento de natación (25% del volumen total) fue menor en comparación con las otras dos modalidades, se obtuvieron mejoras porcentuales superiores que en muchos de los parámetros de las otras dos disciplinas. La explicación de esta mayor mejora porcentual puede estar condicionada por el bajo nivel inicial de los participantes en el segmento, en comparación con el nivel de los participantes en ciclismo y carrera a pie (American College of Sports Medicine., 2000). Por tanto, el volumen no parece haber sido una variable clave en la mejora, ya que los participantes de este estudio acumulaban de 2 a 3 días de entrenamiento por semana entre 2000 y 3000 metros por sesión. No se pueden realizar comparaciones con los volúmenes de entrenamiento de otros estudios de intervención consultados (Costill et al., 1991; Machado et al., 2011; Mujika et al., 1995). En estos estudios los participantes se tratan en su mayoría de nadadores élite o competitivo. Los entrenamientos para estas poblaciones son de mínimo 5 días por semana y con volúmenes medios de entre 4000 y 9000 metros por sesión.

En cuanto a la intensidad del entrenamiento, un estudio de Dalamitros et al.(2010) comparó el efecto de realizar entrenamientos con intervalos cortos o largos en natación con 24 ex-nadadores. Tanto el grupo de intervalos cortos (50 metros) como el del grupo de intervalos largos (100 metros) mejoraron sus marcas en las distancias de 100 y 400 metros de manera significativa ambos grupos. En esta tesis también mejoraron de manera estadísticamente significativa, tanto el grupo POL como el grupo THR, el tiempo en cubrir la distancia de 800.

No obstante, los entrenamientos realizados en el estudio de Dalamitros son considerados de elevada intensidad y solamente el grupo POL realizó intervalos de entrenamiento semejantes en esta tesis doctoral.

Todos los entrenamientos del segmento de natación se realizaron bajo la supervisión de alguno de los entrenadores (SS, LF o RC), los cuales corregían de manera individual posibles defectos técnicos e incidían en la técnica de nado.

El rol de los entrenadores es determinante a la hora de focalizar la atención de los atletas hacia aspectos relevantes del rendimiento y ayudar así a aumentarlo (Schefke & Gronek, 2010; Wulf & Prinz, 2001). Los estímulos aportados por el entrenador pueden ayudar a mejorar la calidad de movimientos automáticos (Stoate & Wulf, 2011). Por ello, el entrenamiento de 2 o 3 sesiones semanales de entrenamiento (entre 2000 y 3000 metros por sesión) de natación parecen ser suficiente estímulo para incidir en aspectos como la destreza técnica y la sensibilidad en el agua para deportistas con poco nivel de entrenamiento en natación. Este aumento técnico podría ser una de las claves en la mejora de todos los participantes en este segmento (Costill et al., 1985).

Por último el entrenamiento de fuerza realizado indistintamente por todos los participantes del estudio puede ser otro aspecto relevante en las mejoras obtenidas en el segmento de natación. El entrenamiento de fuerza en sujetos con poca experiencia provoca incrementos en la fuerza dinámica máxima y en la resistencia muscular (Bishop et al., 1999; Deschenes & Kraemer, 2002; Komi, 1992; H. Tanaka & Swensen, 1998). Existen evidencias en diferentes estudios que relacionan estas variables (fuerza dinámica máxima y resistencia muscular) con incrementos en el rendimiento de natación (Aspenes, Kjendlie, Hoff, & Helgerud, 2009; Gatta et al., 2015; Sadowski, Mastalerz, Gromisz, & NiŹnikowski, 2012).

### 5.1.2 Test de ciclismo

El grupo POL como el grupo THR mejoraron su rendimiento tanto en los parámetros físicos como fisiológicos relacionados con el rendimiento en ciclismo.

Un incremento significativo de los vatios tanto absolutos como relativos a intensidad de  $VO_2$  Max se pueden observar en los dos grupos. Estos resultados coinciden con otros estudios de intervención de similar duración en los que también se incrementó la potencia asociada al  $VO_2$  Max de ciclistas de diferentes niveles de rendimiento (Rønnestad et al., 2014; Sassi, Impellizzeri, Morelli, Menaspà, & Rampinini, 2008; O. Sylta et al., 2016).

Tanto en los vatios absolutos como en los relativos al peso a intensidad del  $VO_2$  Max se observa un tamaño del efecto moderado en ambos grupos. No obstante en los vatios relativos en grupo POL presenta un tamaño del efecto superior con un valor muy cercano a un tamaño grande del efecto. Estos resultados coinciden con el estudio de Neal et al. (2013) donde el tamaño del efecto en un grupo de 12 ciclistas bien entrenados fue superior en la variable de potencia aeróbica máxima cuando realizó una distribución polarizada de la intensidad del entrenamiento que cuando realizó una distribución entre umbrales.

El grupo THR experimentó un mayor incremento en la potencia relativa asociada al VT2, observándose diferencias estadísticamente significativas, un tamaño del efecto grande y un mayor porcentaje de mejora que el grupo POL, en el cual esta variable no fue estadísticamente significativa. Estos datos difieren claramente con los encontrados por Neal et al. (2013). En este estudio los ciclistas mejoraron de manera estadísticamente significativa sus vatios a intensidad del umbral de lactato 2 cuando realizaron una distribución polarizada de la intensidad. Cuando realizaron una distribución entre umbrales no se observaron diferencias estadísticamente significativas en este parámetros. Además el tamaño del efecto fue pequeño cuando los ciclistas realizaron la distribución entre umbrales y moderado cuando realizaron la distribución polarizada.

A pesar de que los participantes del estudio de Neal et al. (2013) tenían un nivel similar a los de nuestro estudio ( $\approx 4,5$  w/kg), fueron los mismos ciclistas ( $n=6$ ) los que realizaron un primer bloque de entrenamiento polarizado y posteriormente un bloque de entrenamiento entre umbrales. Aunque se espaciaron los dos bloques de entrenamiento con 4 semanas de transición, es posible que el primer bloque de entrenamiento polarizado condicionase los resultados del segundo bloque de entrenamiento entre umbrales. En nuestro diseño de estudio la diferencia en los resultados podría venir dada por un proceso de intervención más prolongado, ya que en nuestro estudio los participantes completaron un total de 11 semanas de intervención entre pre y post-test.

Con esto se sugiere que para un entrenamiento a más corto plazo (6 semanas) una distribución polarizada parece tener mayores beneficios en ciclistas de nivel medio, pero que a más largo plazo, una distribución entre umbrales podría suponer incrementos mayores en el porcentaje de los vatios alcanzados en VT2. Además de ello, en nuestro diseño de estudio se realizaron 3 semanas de transición y 7 semanas de entrenamiento de base con el objetivo de que el entrenamiento anterior realizado por los triatletas interfiriese lo menos posible en resultados. Otra investigación que muestra resultados opuestos a los hallados en nuestro estudio sería el realizado con 18 remeros de élite por Ingham et al. (2008). En este caso el llamado grupo mixto, que acumuló un mayor volumen a intensidades entre los umbrales lácticos obtuvo incrementos inferiores de la potencia asociada en los umbrales lácticos. Concretamente el grupo mixto aumentó un 2% en la potencia a  $2 \text{ mMol}^{-1}$  de lactato, mientras que el grupo llamado "Low" la aumentó un 10%. La potencia asociada a  $4 \text{ mMol}^{-1}$  se incrementó un 5% y en el grupo "Low" un 14%. La diferencia de nivel de rendimiento entre los participantes del estudio de Ingham (remeros élite) y nuestro estudio (triatletas populares), así como la influencia de la modalidad deportiva practicada podrían ser los factores que expliquen la diferencia de resultados.

En ambos grupos se observa una mejora significativa de los vatios absolutos alcanzados a intensidad de VT1.

Este resultado podría resultar del alto porcentaje de volumen de entrenamiento que tanto el grupo THR como el grupo POL completaron a una intensidad por debajo del VT1 (Laursen, 2010). En los vatios relativos a esta intensidad únicamente en el grupo THR se aprecian diferencias significativas. El tamaño del efecto también es superior tanto en los vatios absolutos como relativos a intensidad de VT1. El tamaño del efecto, al igual que ocurría con los vatios relativos a intensidad de VT2, se clasifica como grande para el grupo THR y moderado para el grupo POL. Además, a nivel porcentual el grupo THR incrementó sus vatios relativos al peso en un 5,8% más que el grupo POL. Estos resultados podrían ser debidos a un descenso estadísticamente significativo en el porcentaje de masa grasa en el grupo THR.

En estudios como el de Bell et al. (2017) o Lucia et al. (2000) se describen porcentajes de masa grasa con valores entre 4,6 y 9,5% de grasa corporal en ciclistas élite, por lo que un porcentaje bajo de masa grasa se presenta como un factor de rendimiento en ciclismo. No obstante, la mejoría superior del grupo THR en los vatios relativos en VT1 se puede atribuir principalmente a la diferente distribución de la intensidad del entrenamiento que realizaron ambos grupos en nuestro estudio. En una investigación (Nalcakan, 2014), se dividió a un grupo de 15 jóvenes físicamente activos en dos grupos de entrenamiento. Uno de ellos realizó un entrenamiento continuo a intensidad submáxima y el otro realizó un entrenamiento interválico de sprint. En el grupo de entrenamiento continuo se encontraron aumentos estadísticamente significativos en la eficiencia gruesa. No se pueden comparar directamente nuestros resultados con los de este estudio tanto por la diferencia del nivel de los participantes como por los protocolos de entrenamiento realizados. No obstante, sí que podemos observar un indicio de que el entrenamiento continuo a una intensidad submáxima obtiene mayores beneficios sobre la eficiencia gruesa (relacionada con la intensidad asociada a los umbrales ventilatorios) que otros protocolos de entrenamiento de mayor intensidad.

A nivel fisiológico, se observa un incremento estadísticamente significativo del  $VO_2$  Max relativo alcanzado en ciclismo. Este incremento es significativo en los dos grupos. El tamaño del efecto es pequeño en el grupo THR y moderado en el grupo POL. A nivel porcentual el grupo POL incrementó su  $VO_2$  Max un 0,3% más que el grupo THR. Estos resultados podría explicar el tamaño del efecto grande que el grupo POL obtuvo en los vatios obtenidos a intensidad de  $VO_2$  Max. Estos datos coinciden con otros estudios, en los que el una distribución de entrenamiento polarizada (Stöggl & Sperlich, 2014) o protocolos de entrenamientos interválicos de alta intensidad (Helgerud et al., 2007) se asocian a mayores incrementos en el  $VO_2$  Max relativo y en la potencia asociada  $VO_2$  Max que otras modalidades de entrenamiento que utilizan intensidades moderadas.

Se observan incrementos significativos en el  $VO_2$  relativo empleado a intensidad tanto de VT1 como de VT2 en ambos grupos. Estos incrementos podrían estar relacionados con las mejoras que ambos grupos han obtenido en la potencia asociada a intensidad de VT1 y VT2.

Por otra parte, en el grupo THR se observa un incremento significativo del porcentaje de  $VO_2$  al que se encuentra el VT2. Este incremento se puede asociar al incremento estadísticamente significativo de los vatios relativos al peso a intensidad de VT2 que experimenta el grupo THR. En el grupo POL el porcentaje de  $VO_2$  al que se encuentra el VT2, y los vatios relativos al peso en esta intensidad no se incrementan de manera estadísticamente significativa. CITA

El entrenamiento polarizado parece haber tenido un efecto superior a nivel de  $VO_2$  Max y los vatios asociados a esta intensidad. Sin embargo una distribución de la intensidad entre umbrales ha incidido en mayor medida en la potencia asociada a la intensidad de VT1 y VT2. Estos incrementos han ido acompañados de un superior porcentaje de mejora en los parámetros fisiológicos referentes a los umbrales, tanto en el  $VO_2$  relativo empleado en VT1 y VT2, como en el porcentaje en el que se encuentra el VT2.

En eventos de larga distancia (más de 4 horas de duración) el rendimiento depende de la habilidad del deportista para mantener esfuerzos a una intensidad submáxima por un periodo prolongado de tiempo (Muñoz et al., 2014). Varios autores limitan a 60 minutos de trabajo continuo a intensidad de VT2, incluso en deportistas altamente entrenados y con niveles elevados de motivación (Aunola, Alanen, Marniemi, & Rusko, 1990; Beneke, 2003; Billat et al., 2003; Billat, 1996). Por este motivo, parece más importante favorecer el desarrollo de los valores asociados a los umbrales ventilatorios que incidir en el propio  $VO_2$  Max, ya que durante una competición de medio IM no se alcanzarán los valores de potencia asociados a esta intensidad.

Por último, un aspecto a tener en cuenta en los resultados obtenidos es el entrenamiento cruzado (Foster et al., 1995; Millet et al., 2002). La mayoría de estudios de intervención únicamente se centran en potenciar el rendimiento de una única disciplina deportiva (Denadai, Ortiz, Greco, & de Mello, 2006; Gourgoulis, Valkoumas, Boli, Aggeloussis, & Antoniou, 2017; Rønnestad et al., 2014; Skovgaard, Almquist, & Bangsbo, 2017; Sylta et al., 2017). En nuestro estudio el rendimiento en el segmento de ciclismo también puede estar condicionado por los entrenamientos de carrera a pie y viceversa (Carey, Tofte, Pliego, & Raymond, 2009; Etxebarria, Anson, Pyne, & Ferguson, 2014). Se han encontrado pocos estudios que se han referido a la distribución de la intensidad de entrenamiento en triatletas (Muñoz et al., 2014; Neal et al., 2011) y no se ha encontrado ninguno que haya realizado un diseño experimental comparando dos modelos de distribución de la intensidad del entrenamiento diferentes en este deporte de manera exclusiva.

### **5.1.3 Test de carrera a pie**

En el test incremental de carrera a pie tanto el grupo POL como el grupo THR incrementaron su velocidad a intensidades de VT2 y VT1 de manera estadísticamente significativa. No obstante el tamaño del efecto, a pesar de clasificarse como moderado en estas variables, fue considerablemente superior en el grupo POL.

Por ello, una distribución de entrenamiento polarizada muestra una tendencia a obtener mayores beneficios en la velocidad asociada a los umbrales que el grupo que realizó una distribución de entrenamiento poniendo mayor énfasis entre umbrales. Estos resultados coinciden con otros estudios de intervención que se han realizado tanto con corredores (Muñoz et al., 2013) como con deportistas de resistencia de diferentes modalidades (Stöggl & Sperlich, 2014) en los que una distribución polarizada de la intensidad obtuvo mayores beneficios sobre el rendimiento.

Por el contrario, únicamente el grupo THR obtuvo un incremento estadísticamente significativo de su velocidad asociada al  $VO_2$  Max. Este incremento se puede relacionar con un mayor porcentaje de mejora en el  $VO_2$  Max relativo del grupo THR respecto al grupo POL (Bassett & Howley, 2000b; Brandon, 1995).

En el grupo POL este incremento no fue estadísticamente significativo. No obstante, a nivel porcentual, la mejora de la velocidad asociada al  $VO_2$  Max fue la que menos se incrementó en los dos grupos en comparación con la velocidad asociada a VT2 o VT1. Además el tamaño del efecto en este parámetro fue mínimo en los dos grupos.

A nivel fisiológico, tanto en el grupo POL como en el grupo THR los porcentajes de mejora fueron menores en el segmento de carrera a pie con respecto al de ciclismo, donde se observan incrementos porcentuales superiores en  $VO_2$  Max, VT2 y VT1. Los menores incrementos de estos valores en carrera a pie podrían explicarse por un mayor tiempo de experiencia de entrenamientos en este segmento, ya que la mayoría de los participantes habían sido corredores populares antes de iniciarse en entrenamiento de triatlón. Otro factor que también ha podido influir en que los incrementos mostrados en el segmento de ciclismo sean superiores a los de carrera a pie es un mayor volumen total de entrenamiento de ciclismo con respecto a las otras dos modalidades.

En el segmento de carrera a pie, la diferencia porcentual media de los diferentes parámetros comparados fue prácticamente similar en los dos grupos (POL=2,38 y THR=2,14). En el estudio de Muñoz et al. (2014) donde se comparó una distribución de la intensidad entre umbrales y otra polarizada a pesar de encontrarse diferencias significativas entre grupos, se observa un porcentaje de mejora de un 5% para el grupo de entrenamiento polarizado y de un 3,5% en el grupo de entrenamiento entre umbrales. En este caso, como afirma el autor, esta diferencia porcentual sí que podría ser determinante desde el punto de vista del rendimiento. En nuestro estudio, se observa una ligera tendencia superior de mejora del grupo POL con respecto al grupo THR, aunque no tan marcada como en el estudio de Muñoz et al (2014) y no tan determinante en el rendimiento.

#### **5.1.4 Test de 3000 metros.**

En ambos grupos se observa un descenso estadísticamente significativo del tiempo en recorrer 3000 metros. En el grupo THR se observa un tamaño del efecto superior que en el grupo POL, aunque ambos tamaños del efecto se clasifican como moderados. A nivel porcentual también se observan diferencias a favor de la distribución de la intensidad entre umbrales. El grupo POL mejoró su marca en un 3,78%, mientras que el grupo THR lo hizo en un 6,11%. La mejora superior de este parámetro en el grupo THR con respecto al grupo POL podría asociarse a las diferencias encontradas en la velocidad a intensidad de VO<sub>2</sub> Max (Grant, Corbett, Amjad, Wilson, & Aitchison, 1995), ya que éstas fueron estadísticamente significativas en el grupo THR, mientras que en el grupo POL no. El test de 3000 metros se realizó la primera semana de base de entrenamientos y la última semana de intervención del estudio. Por ello, es importante matizar que el descenso de esta marca también está condicionada por las primeras semanas de entrenamiento de base, que fueron similares en los dos grupos.

Diferentes estudios utilizaron el 3000 metros con el objetivo de comparar los incrementos de rendimiento entre diferentes protocolos de entrenamiento (Saugy et al., 2014).

En otros estudios de carrera a pie, se utilizaron distancias más específicas o incluso competiciones de 10 km para comparar los efectos de diferentes distribuciones de la intensidad del entrenamiento (Esteve-Lanao et al., 2007; Muñoz et al., 2013). Por un lado, en el estudio de Esteve-Lanao (2007) se comparó una distribución polarizada (80/10/10) con una distribución entre umbrales (65/25/10) durante 5 meses en un grupo de corredores sub-élite. A pesar de que ambos grupos mejoraron de manera significativa su marca en 10,4 km, el grupo polarizado descendió su marca una media de  $157 \pm 13$  segundos y el grupo entre umbrales  $121 \pm 7,1$  segundos. Por otra parte, en el estudio de Muñoz et al. (2014) el descenso en el tiempo en cubrir la distancia de 10 km descendió un 5% en el grupo que realizó la modalidad polarizada (77/3/20) y un 3,5% en el grupo que entrenó mayor volumen entre umbrales (46/35/19).

No obstante, los resultados de estos estudios son difícilmente comparables con los de esta tesis ya que el tiempo de intervención del estudio, la modalidad deportiva practicada, la distancia sobre la que se evalúa el rendimiento o el nivel de los participantes fueron diferentes.

### **5.1.5 composición corporal**

Únicamente se observa un descenso estadísticamente significativo en el porcentaje de masa grasa del grupo THR. En el resto de parámetros las diferencias no son estadísticamente significativas y el tamaño del efecto es mínimo o pequeño en todas las variables analizadas. Numerosos estudios relacionan la práctica de actividad física y deporte con cambios en la composición corporal (Ballor & Keeseey, 1991; Trapp, Chisholm, Freund, & Boutcher, 2008). En nuestro estudio, siguiendo la misma línea, se aprecian pequeños cambios en la composición corporal en todos los parámetros analizados. Estos cambios se observan tanto en el grupo POL como en el grupo THR (descenso del peso, descenso del sumatorio de pliegues cutáneos, descenso del porcentaje de masa grasa y aumento del porcentaje de masa muscular). La no significatividad de la mayoría de estos resultados ha podido estar afectada por el hecho de que la alimentación no fuera estrictamente controlada durante el proceso de intervención.

Únicamente se dieron unas pautas generales de alimentación a todos los deportistas por igual. Además de ello, no se hicieron antropometrías a los deportistas justo después del periodo de transición, sino que se hicieron después de todo el periodo de base. Por tanto, los cambios antropométricos producidos en las primeras semanas de entrenamiento no se midieron. Es probable que si se hubiesen realizado las antropometrías al comienzo del periodo de base, hubiésemos encontrado mayores diferencias entre los grupos, ya que muchos los estudios consultados sobre cambios en la composición corporal tienen una duración de entre 4 y 12 semanas (Elmer, Laird, Barberio, & Pascoe, 2016; Forbes et al., 2016; Geliebter et al., 1997; Zhang et al., 2017).

En los últimos años han surgido numerosas publicaciones (Racil et al., 2013; Skelly et al., 2014; Trapp et al., 2008; Tremblay, Simoneau, & Bouchard, 1994) que muestran como los protocolos de alta intensidad (HIIT) tienen un efecto superior sobre la composición corporal que otros protocolos de entrenamiento a baja o moderada intensidad. Parece que sesiones de entrenamiento de alta intensidad y corta duración elevan el coste energético tanto durante el ejercicio como en reposo de igual manera que sesiones de menor intensidad pero de mayor duración (Skelly et al., 2014). Por este motivo, el entrenamiento polarizado podría haber tenido un mayor efecto sobre la composición corporal que el entrenamiento entre umbrales. Sin embargo, en nuestro estudio fue únicamente el grupo THR el que experimentó un descenso estadísticamente significativo del porcentaje de masa grasa. Es importante matizar que en la mayoría de los estudios anteriormente citados los participantes eran físicamente inactivos y padecían sobrepeso. De hecho en un meta-análisis de reciente publicación (Batacan, Duncan, Dalbo, Tucker, & Fenning, 2017), se afirma que el entrenamiento de HIIT tiene efectos sobre el VO<sub>2</sub> Max en personas que no padecen sobrepeso, pero no se observan efectos relevantes sobre la composición. Sin embargo en personas inactivas y con sobrepeso, además de mejoras en el VO<sub>2</sub> Max, también se observan reducciones significativas en la composición corporal. La intervención de todos estos estudios era igual o superior a las 12 semanas.

## 5.2 El rendimiento en la competición de medio IM

Todos los deportistas participantes en el estudio realizaron un elevado porcentaje del tiempo de la competición medio IM a una intensidad situada entre VT1 y VT2. Por tanto, la intensidad a la que se desarrolla un evento de distancia medio IM se clasifica en moderada intensidad, entendiéndose por una intensidad moderada aquellos esfuerzos que se realizan en el umbral láctico o por debajo de él (Greco, Caputo, & Denadai, 2008). Por ello, el proceso de entrenamiento para una prueba con estas características irá encaminado a obtener unas adaptaciones gracias a las cuales los deportistas sean capaces de sostener una intensidad submáxima (cercana a VT2) durante un tiempo prolongado en la competición.

En diferentes estudios se ha informado como los deportistas de alto nivel acumulan un porcentaje del volumen de entrenamiento reducido al ritmo específico de la competición (Billat et al., 2001). Esta podría ser una de las principales diferencias, a la hora de estructurar los entrenamientos, entre los deportistas de élite y los deportistas populares. Los deportistas del grupo THR permanecieron un mayor porcentaje del tiempo de la prueba a intensidad VT1-VT2, lo cual indica que una mayor cantidad de volumen a ritmos e intensidades próximas a las reproducidas en la competición podría haber favorecido que los deportistas que siguieron la distribución THR pudiesen mantener una intensidad más elevada durante una competición medio IM que los participantes del grupo POL.

Tanto en el grupo POL como en el grupo THR se puede observar una correlación inversa estadísticamente significativa entre el tiempo acumulado en VT1-VT2 y el rendimiento de la competición. Concretamente, los deportistas del grupo POL que entrenaron más tiempo entre VT1-VT2 fueron los que mejor tiempo consiguieron en el segmento de ciclismo. En el grupo THR ocurrió lo mismo pero con el segmento de carrera a pie y con el tiempo total de competición, siendo los deportistas que más volumen acumularon entre VT1-VT2 los que presentaron mejores tiempos en el último segmento y en el tiempo total de la carrera. Estos resultados difieren de los encontrados por Muñoz et al (2014) y Neal et al (2011).

En estos casos aquellos deportistas que acumularon menos tiempo en la zona VT1-VT2 fueron los que obtuvieron mejor rendimiento. No obstante, si se analiza la distribución de la intensidad de esos estudios, en ambos casos se presenta un modelo entre umbrales de la intensidad. Las diferencias, por tanto, responden más a la cantidad de volumen a intensidad <VT1, que puede ayudar a reducir el estrés del sistema simpático y evitar el sobreentrenamiento (Seiler & Kjerland, 2006). En caso de acumular excesivo porcentaje del volumen en la zona VT1-VT2 (más de un 25%) en detrimento de <VT1, se pueden elevar los niveles de fatiga y condicionar los entrenamientos posteriores y las competiciones (Esteve-Lanao et al., 2007; Muñoz et al., 2014).

Por ello, algunos autores recomiendan una única sesión de entrenamiento a intensidad de VO<sub>2</sub> Max y otra a intensidad próxima al VT2 por semana, puesto que puede ser suficiente para obtener mejoras en el rendimiento (Billat, Flechet, Petit, Muriaux, & Koralsztein, 1999).

Correlaciones significativas fueron observadas entre el test de 800 metros en piscina y el rendimiento en el segmento de natación. Lo mismo ocurrió con el test de 3000 metros en la pista de atletismo y el desempeño en el segmento de carrera a pie durante la prueba. Por tanto, el test de 800 metros de natación en piscina puede ayudar a predecir el rendimiento del segmento de natación en un triatlón de medio IM, a pesar de que la distancia a recorrer sea el doble y se realice en aguas abiertas y en las condiciones propias del triatlón (salida masiva, uso de neopreno...). El test de 3000 metros también puede ser un indicador del rendimiento del segmento de carrera a pie, a pesar de que la distancia a recorrer sea mucho mayor y se realice con la fatiga acumulada en el segmento de ciclismo (Hue, Le Gallais, Chollet, Boussana, & Préfaut, 1997).

La correlación estadísticamente significativa entre el porcentaje de grasa y el rendimiento obtenido en el segmento de carrera a pie refuerza la importancia de tener un bajo porcentaje de grasa en aquellas disciplinas en las que se debe transportar el peso corporal, debido a su estrecha relación con la economía de carrera (Saunders, Pyne, Telford, & Hawley, 2004).

Por este motivo, una de las preocupaciones de los entrenadores de triatlón debe ser la reducción de porcentaje de peso graso en sus deportistas y en este sentido el grupo que realizó una distribución de la intensidad THR fue el que obtuvo diferencias significativas después del proceso de intervención.

En el segmento de ciclismo los vatios a intensidad de  $VO_2$  Max y de VT2 se correlacionaron inversamente con el tiempo de la competición. Por este motivo, parece fundamental elevar los vatios a intensidad de VT2, ya que es la intensidad cercana a la competición, pero también parece importante elevar los niveles de potencia aeróbica máxima.

Para conseguir elevar la potencia asociada a VT2 la distribución THR se mostró como una distribución más efectiva, sin embargo para mejorar los vatios a intensidad de  $VO_2$  Max fue la distribución POL. Una tendencia donde predomine una distribución THR pero realizando también algunos entrenamientos con repeticiones a elevada intensidad (<VT2) como intervalos cortos de 15-45 segundos (Rønnestad, Hansen, Vegge, Tønnessen, & Slettaløkken, 2015) podría favorecer la consecución de ambos objetivos. De esta manera en un plan de entrenamiento para deportistas populares se podrían combinar algunas sesiones que sigan este tipo de metodología con rodajes de larga duración y baja intensidad y con entrenamientos donde se acumule volumen a intensidades VT1-VT2.

En el segmento de carrera a pie también se aprecia como la velocidad asociada al  $VO_2$  Max y al VT2 se correlaciona inversamente con el tiempo de competición. En este caso fue la distribución polarizada la que presentó mayores beneficios con respecto a la velocidad asociada al VT2 y la distribución entre umbrales la que lo hizo a la velocidad asociada al  $VO_2$  Max. Parece importante que en el plan de entrenamiento de triatletas populares se combinen sesiones de intensidad elevada (<VT2) como de intensidad moderada, ya que ambas producirán unas adaptaciones positivas en el rendimiento (Billat, 2001). La predominancia de una u otras sesiones dependerá del nivel del deportista y de sus puntos más débiles que se deban potenciar (Esteve-Lanao, 2007).

Por último, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en referencia al tiempo total empleado en completar la prueba objetivo y tampoco en ninguno de los 3 segmentos. El número reducido de participantes de la tesis y los numerosos factores que afectan en el resultado final de un triatlón de larga distancia provocan que no se puedan extraer conclusiones claras sobre cuál de las dos tendencias de entrenamiento resulta más efectiva para obtener el mejor tiempo en pruebas de medio IM.

### **5.2.1 Intensidad durante la competición**

Uno de los objetivos que persigue el entrenamiento es poder mantener durante más tiempo una determinada intensidad (McLellan, Cheung, & Jacobs, 1995). De hecho, una de las principales diferencias entre sujetos entrenados y desentrenados es la capacidad sostener intensidades tanto máximas como submáximas durante un tiempo más prolongado (Caputo, Mello, & Denadai, 2003). El mayor volumen de entrenamiento específico acumulado entre VT1 y VT2 (zona de intensidad predominante en la competición) del grupo THR con respecto al grupo POL puede ser el responsable de que el grupo THR fuera capaz de permanecer durante más tiempo en la competición a intensidad entre VT1 y VT2. No obstante, hacen falta más investigaciones que afirmen que la intensidad desarrollada durante los entrenamientos condiciona la intensidad empleada durante la competición.

### **5.2.2 Correlaciones entre la distribución del tiempo de entrenamiento y el rendimiento en competición.**

En el grupo POL, se observa una correlación inversa estadísticamente significativa entre el tiempo de entrenamiento en VT1-VT2 y el tiempo del segmento de natación durante la competición. También dentro del grupo POL se observa una correlación inversa entre el tiempo de entrenamiento en VT1-VT2 con el tiempo del segmento de ciclismo, siendo los deportistas que entrenaron más minutos entre umbrales de este grupo, los que realizaron un tiempo menor en el segmento de ciclismo durante el medio IM.

En el grupo THR, se puede observar lo mismo pero con el rendimiento del segmento de carrera a pie y con el total de la competición. Existe una elevada correlación entre tiempo de entrenamiento en VT1-VT2 con el tiempo del segmento de carrera a pie y con el rendimiento final de la prueba. Sin embargo, se observa una alta correlación directa entre el tiempo de entrenamiento en la zona >VT2 y el tiempo de la carrera a pie y del total de la prueba.

En este caso, los deportistas del grupo THR que más tiempo de entrenamiento acumularon por encima de VT2 fueron los que peor tiempo realizaron tanto en el segmento de carrera a pie como en el total de la competición y los que más tiempo de entrenamiento acumularon entre umbrales los que mejor rendimiento obtuvieron.

Estos resultados difieren de los encontrados por Muñoz et al. (2014) o por Esteve-Lanao et al. (2017). En estos estudios se asoció el tiempo de entrenamiento en la zona <VT1 con un mejor rendimiento en IM y maratón. Incluso en el estudio de Muñoz et al. (2014) un elevado volumen de entrenamiento de ciclismo entre umbrales se correlacionó con un peor rendimiento en una prueba IM. No obstante, este trabajo presenta una distribución media de la intensidad del entrenamiento del 68% del tiempo en la zona <VT1, alejándose del 80% que varios autores proponen como el porcentaje óptimo de volumen a baja intensidad (Esteve-Lanao et al., 2007; Ingham et al., 2008; Mujika, 2014; Seiler & Kjerland, 2006). El resto del volumen se distribuyó en un 28% entre VT1 y VT2 y únicamente un 4% en la zona <VT2. Por tanto, se puede afirmar que la distribución de entrenamiento descrita por Muñoz et al. (2014) responde a un modelo entre umbrales. En esta tesis, tanto el grupo POL como el grupo THR acumularon un mayor porcentaje de trabajo a baja intensidad, acercándose a los valores propuestos de referencia.

En otro estudio realizado por Neal et al (2011), se describió la distribución de la intensidad de entrenamiento de un periodo de 6 meses en un grupo de 10 triatletas populares y los efectos de esta distribución a nivel fisiológico.

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que el efecto de la distribución del entrenamiento es pequeño a corto plazo. La distribución de la intensidad del entrenamiento fue de 69% por debajo del primer umbral de lactato, 25% entre el segundo umbral de lactato (el punto en el que se produce un incremento exponencial) y 9% por encima del segundo umbral de lactato. Al igual que ocurre en el estudio de Muñoz et al. (2014) se describe un modelo entre umbrales de distribución de la intensidad.

Mújika (2014) presenta la planificación del entrenamiento de una triatleta en su periodo de preparación para los juegos olímpicos de Londres 2012. La distribución de la intensidad del entrenamiento se realizó teniendo en cuenta los umbrales individuales de lactato. En cada segmento la distribución de la intensidad del entrenamiento descrita fue la siguiente: natación 74%, 16% y 10%; ciclismo 88%, 3% y 10%; carrera a pie 85%, 8% y 6,7%. Aunque no podemos hablar de un modelo definido de distribución de la intensidad, sí que se observa como el porcentaje por debajo del primer umbral de lactato se acerca más al 80%, coincidiendo de esta manera con la distribución planteada en nuestro estudio para los dos grupos. También se observa un mayor porcentaje de entrenamiento por encima del segundo umbral de lactato o punto de acumulación de lactato en el estudio de Mújika con respecto a los estudios de Muñoz (2014) y Neal et al. (2011).

No se han encontrado referencias sobre distribución de la intensidad del entrenamiento para pruebas de esta distancia. Es una práctica bastante común en la preparación para pruebas IM, incluir alguna prueba distancia medio IM en mitad de la preparación. Posiblemente, analizando las distribuciones de los estudios de Muñoz et al. (2014), Neal et al. (2011) y Esteve-Lanao et al. (2017) estos deportistas de distancia IM realizan una distribución THR y realizan las pruebas medio IM entrenando bajo esta distribución de la intensidad. Sin embargo algunos triatletas de élite de corta distancia también incluyen pruebas de esta distancia en su preparación. En este caso, como se observa en el estudio de Mújika (2014), realizaran estas pruebas entrenando en base a un modelo más polarizado, destinando un mayor porcentaje del tiempo de entrenamiento a intensidades por encima del VT2.

### 5.2.3 Correlaciones entre los test de rendimiento y el rendimiento en la competición.

El test de 800 metros se correlacionó de manera estadísticamente muy significativa con el rendimiento en el segmento de natación en ambos grupos. Por ello, parece que la distancia de 800 metros, aunque no cubra ni la mitad de la distancia que los triatletas deben realizar en la competición, puede ayudar a predecir el rendimiento del segmento de natación en un triatlón distancia medio IM en triatletas populares que no demuestran un desempeño elevado en esta modalidad. Además de ello, la marca en el test de 800 también se correlaciona directamente y de manera estadísticamente significativa con el tiempo total de la competición, siendo en este caso los que mejor marca tuvieron en el test de 800 metros los que mejor rendimiento obtuvieron en la prueba.

Sería interesante realizar futuras investigaciones, con deportistas populares, en las que se analizara si un mayor rendimiento en el segmento de natación durante una prueba de medio IM puede condicionar de manera positiva el desarrollo de los otros segmentos, a pesar de que el porcentaje del tiempo empleado en el primer segmento de la prueba es considerablemente menor que el segmento de ciclismo y la carrera a pie.

Por otro lado, el test de 3000 metros de carrera a pie se correlacionó de manera estadísticamente significativas con el segmento de carrera a pie pero no con el tiempo total del medio IM. Existen modelos matemáticos que predicen el tiempo de prueba en base a resultado obtenido en pruebas de otras distancias en carrera a pie (Martin & Coe, 1997). En este caso es complicado que el tiempo obtenido en el test de 3000 metros prediga el tiempo que se realizará en la media maratón de un medio IM, ya que el tiempo empleado en este segmento estará condicionado por numerosos factores que no están presentes en una prueba de atletismo de media maratón, donde sí que se podría predecir el tiempo de la prueba a través de modelos matemáticos. Sin embargo, sí que se ha observado una alta correlación entre el test de 3000 metros y la media maratón del medio IM. Sería interesante comprobar estas correlaciones con una mayor muestra, así como con niveles más elevados de rendimiento.

Por tanto, el tiempo empleado en un test de 3000 metros puede ayudar a los entrenadores atener una referencia sobre el rendimiento del segmento de carrera a pie en triatletas populares durante una prueba de medio IM, aunque la distancia a recorrer en la prueba sea muy superior (21 km) y se realice con la fatiga provocada por el segmento de ciclismo (Guezennec, Vallier, Bigard, & Durey, 1996; Hausswirth, Bigard, & Guezennec, 1997; Hue et al., 1997). El entrenamiento específico de transiciones pudo tener un efecto positivo haciendo que los corredores más rápidos no viesen su rendimiento excesivamente afectado por la fatiga provocada por el segmento de ciclismo (Hue, Valluet, Blanc, & Hertogh, 2002). No obstante, no existe un consenso definitivo en la literatura científica sobre la necesidad de incorporar estas sesiones de entrenamiento dentro del programa de preparación (Millet & Vleck, 2000).

A nivel antropométrico, se aprecia una correlación estadísticamente significativa, entre el porcentaje de masa grasa con el tiempo total de carrera a pie. También se aprecian correlaciones altas, aunque no estadísticamente significativas, entre el sumatorio de pliegues cutáneos con el tiempo del segmento de carrera a pie y entre el porcentaje de grasa y el tiempo total de la prueba. Estos datos refuerzan otros aportados por otros autores (Saunders, Pyne, Telford, & Hawley, 2004) que recalcan la importancia de la influencia de la masa grasa en la economía de movimiento en aquellas disciplinas en las que se debe transportar el peso corporal. En el segmento de ciclismo las correlaciones con el peso no han sido estadísticamente significativas. Posiblemente haya influido que el circuito de bicicleta de la prueba fuese predominantemente llano y no se encontraran ni pendientes excesivamente pronunciadas ni puertos de montañas, ya que los ciclistas con morfotipo “escalador” son predominantemente más livianos que los de morfotipo “rodador” (Lucia, Hoyos, & Chicharro, 2001).

En cuanto al ciclismo, tanto los vatios a intensidad de  $VO_2$  Max como de VT2 se correlacionan inversamente con el rendimiento en el segmento de ciclismo y con el rendimiento total en la prueba., siendo los triatletas que obtuvieron valores más elevados en la potencia asociada a estas intensidades fueron los más rápidos en completar el segmento de ciclismo y el total de la prueba.

Estos datos refuerzan la idea de que en el entrenamiento para una prueba de medio IM parece bastante importante elevar la potencia asociada al VT2, ya que gran parte del segmento de ciclismo se desarrolla a intensidades cercanas a esta potencia. Sin embargo y a pesar de que durante una competición de larga duración el objetivo sea mantener una intensidad submáxima durante un tiempo prolongado, la mejora de la potencia asociada al VO<sub>2</sub>Max también puede ser interesante, ya que valores más elevados asociados a esta intensidad demostraron tener una elevada correlación con el rendimiento de la prueba. Recordamos que el efecto del entrenamiento polarizado en la potencia asociada tanto a la intensidad de VO<sub>2</sub> Max fue superior que el entrenamiento entre umbrales. Sin embargo la mejora de los umbrales ventilatorios fue superior en el grupo entre umbrales que en el polarizado.

Al igual que sucede en el segmento de ciclismo, en la carrera a pie se observan correlaciones inversas estadísticamente significativas entre la velocidad asociada al VO<sub>2</sub> Max y al VT2 con el tiempo del segmento y con el tiempo total de la prueba. Los triatletas que mostraron mayores valores en las velocidades asociadas a estas intensidades son los que menos tiempo emplearon en el segmento tiempo de carrera a pie y en el total de la prueba. Por tanto al igual que sucede con el segmento de carrera a pie parece importante incidir sobre el desarrollo del VT2 y de la velocidad asociado al mismo, pero también en la velocidad aeróbica máxima. En el caso de la carrera a pie entrenamiento polarizado se asoció a unos mayores beneficios en el desarrollo de los umbrales, mientras que el para el desarrollo de la velocidad a intensidad de VO<sub>2</sub> Max, el efecto del entrenamiento entre umbrales fue ligeramente superior con respecto al entrenamiento polarizado.

En el estudio de Muñoz et al. (2014), el tiempo en el segmento de carrera a pie y del total de la prueba IM se correlacionó inversamente con el ritmo en VT1 y en VT2 de los test de en carrera, mientras que la potencia asociada al VT2 en bici se correlacionó inversamente con el tiempo total de prueba. Las diferencias entre estos resultados y los obtenidos en esta tesis se podrían explicar la distancia de la prueba, ya que los participantes del estudio de Muñoz et al. (2014) cubrieron el doble de distancia en la competición.

#### 5.2.4 Rendimiento total en la competición

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en cuanto a los tiempos empleados en la competición medio IM, así como en los tres segmentos de la prueba.

El grupo POL presentó unos tiempos más homogéneos en la prueba, mientras que THR mostró una mayor dispersión en los tiempos de los participantes, debido a que un deportista realizó un tiempo considerablemente menor que el resto. En el caso de que el deportista del grupo THR no hubiese participado en el estudio, el grupo polarizado habría obtenido un tiempo significativamente mejor que el grupo THR. No obstante, la muestra final del estudio al quedar tan reducida limita extraer conclusiones claras. Además se debe tener en cuenta que el resultado de una prueba en concreto, aunque puede ser de ayuda, no se puede tomar como referencia para decidir cuál de las dos distribuciones de la intensidad del entrenamiento resulta más efectiva. Es importante considerar en este sentido que en una prueba como un triatlón y más de larga distancia son muchos los factores que pueden afectar al rendimiento de la competición (Laursen & Rhodes, 2001).

El tiempo de prueba de los triatletas populares que han participado en esta tesis es considerablemente mayor que en otros estudios que han analizado el rendimiento en pruebas de distancia medio IM. Un estudio (Knechtle, Rüst, Rosemann, & Lepers, 2012) analizó las mejores marcas del IM 70.3 de Suiza tanto en grupos de edad como en élite de 2007 a 2010. Los mejores tiempos de los deportistas nivel élite fueron de 24,5 minutos (1470 segundos) para el segmento de natación, 134,1 minutos (8046 segundos) en ciclismo y 70,5 minutos en la carrera a pie (4230 segundos). Al comparar estos datos con los de esta tesis, se observa como los tiempos de los triatletas populares que participaron en esta tesis emplearon un 40% más del tiempo en el segmento de natación que los deportistas nivel élite, un 27% más en el segmento de ciclismo y un 42% más en la carrera a pie. Para el tiempo total de prueba, los deportistas participantes de esta tesis emplearon un 31% más de tiempo en completar la prueba que los registros informados en deportistas de élite (Knechtle et al., 2012).

Se debe tener en cuenta que son tiempos comparados de dos pruebas diferentes y aunque se cubra la misma distancia, las características específicas de la prueba (perfil, desnivel, temperatura, viento...) condicionaran los tiempos de los deportistas.

Si se comparan los tiempos de los participantes de la tesis con los 5 mejores tiempos de la misma prueba, se observa como en el segmento de natación necesitaron un 34% más de tiempo para completar el segmento de natación, un 28% más para el segmento de ciclismo y 33% más para la carrera a pie. Se puede apreciar como hay una mayor diferencia porcentual de tiempo perdido en los segmentos de natación y carrera a pie en comparación con el segmento de ciclismo de los deportistas populares con respecto a los mejores deportistas de esta distancia, a pesar de que en tiempo absoluto será el segmento de ciclismo donde se pierda un mayor tiempo total. El patrón técnico en natación (Ferreira, Barbosa, Costa, Neiva, & Marinho, 2016; Leblanc, Seifert, Baudry, & Chollet, 2005) y la fatiga acumulada en la carrera a pie tras el segmento de ciclismo (Guezennec et al., 1996; Gregoire P Millet & Vleck, 2000) pueden influir en estas diferencias porcentuales de tiempo entre los deportistas populares y los de nivel élite.

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## **6. CONCLUSIONES**

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## 6. CONCLUSIONES

En relación a los objetivos propuestos, las principales conclusiones a las que se ha llegado en esta tesis doctoral son las siguientes:

- La distribución de la intensidad de entrenamiento afecta de diferente manera a los parámetros relacionados con el rendimiento en pruebas de resistencia en triatletas populares de larga distancia.
- Para el desarrollo del rendimiento en natación el entrenamiento de manera presencial, el desarrollo técnico y/o el aumento de la fuerza muscular parece ser más determinante que seguir una distribución de la intensidad de entrenamiento específica.
- En ciclismo, una distribución THR tiene un efecto superior sobre la potencia asociada a los umbrales ventilatorios mientras que una distribución POL sobre la potencia asociada al  $VO_2$  Max.
- En carrera a pie, la distribución POL tuvo un efecto superior en el desarrollo de la velocidad asociada a los umbrales y THR en la velocidad asociada al  $VO_2$  Max. Sin embargo, las diferencias entre THR y POL no fueron tan grandes como en ciclismo.
- Ambas distribuciones de la intensidad de entrenamiento provocan cambios en la composición corporal, pero sólo estos cambios son significativos en la reducción de porcentaje graso en el grupo THR.
- La intensidad de esfuerzo durante una prueba medio IM predominantemente es entre los umbrales ventilatorios.
- La potencia en ciclismo y la velocidad en carrera asociada a VT2 y a  $VO_2$  Max se correlacionaron con un mejor rendimiento en los respectivos segmentos y en el tiempo total de una prueba MI.





## **7. LIMITACIONES Y FUTURAS PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN**

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## **7. LIMITACIONES Y FUTURAS PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN**

La principal limitación de esta tesis doctoral es la escasa muestra final con la que se realizaron los análisis de los datos. Es de una gran dificultad realizar estudios longitudinales, en los que se deben controlar numerosas variables diariamente. Si el estudio se realiza con deportistas populares, los cuales deben entrenar un alto número de horas por semana sin descuidar su familia y a su trabajo, las dificultades se multiplican. Reflejo de ello es la alta mortalidad experimental de la tesis.

A todo ello se añaden las limitaciones propias del entrenamiento que pueden suceder durante el transcurso de una sesión y que provocan la imposibilidad de completar al 100% el programa teórico programado.

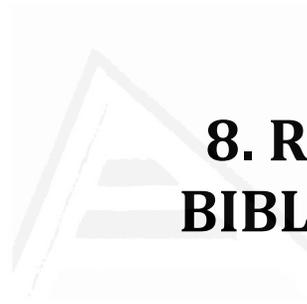
Además, en este tipo de estudios, donde el programa de entrenamiento es homogéneo para grupos, se descuida la individualidad del entrenamiento, ya que no se adaptan las sesiones a las necesidades específicas de cada deportista.

Futuros trabajos deben seguir investigando sobre cuáles son los métodos y los programas de entrenamiento más efectivos para deportistas populares, debido a los pocos estudios que existen con este tipo de personas.

También se debe continuar investigando sobre cuáles son los modelos de distribución de la intensidad y de periodización del entrenamiento más efectivos para las pruebas de larga distancia en triatlón con una muestra mayor y dentro del nivel popular o grupos de edad, con diferentes niveles y experiencia (avanzado, medio y principiante).

Por último, se deben comparar en diferentes modalidades deportivas de resistencia y larga duración, ya que los factores de rendimiento de otros deportes pueden ser diferentes.





## **8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aagaard, P., Andersen, J. L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J. L., Crameri, R., ... Kjaer, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), 298-307.
- Acevedo, E. O., & Goldfarb, A. H. (1989). Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(5), 563-568.
- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517-538.
- Albinet, C. T., Boucard, G., Bouquet, C. A., & Audiffren, M. (2010). Increased heart rate variability and executive performance after aerobic training in the elderly. *European Journal of Applied Physiology*, 109(4), 617-624.
- Allen, H., & Coggan, A. (2010). Training and racing with a power meter. *VeloPress*.
- American College of Sports Medicine. (2000). *Manual de consulta para el control y la prescripción de ejercicio*. Barcelona: Paidotribo.
- Applegate, E. (1989). Nutritional concerns of the ultraendurance triathlete. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, S205-208.
- Armstrong, L. E., Casa, D. J., Millard-Stafford, M., Moran, D. S., Pyne, S. W., & Roberts, W. O. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(3), 556-572.
- Aspenes, S., Kjendlie, P.-L., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 357-365.
- Astrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Stromme, S. B. (2010). *Manual de fisiología del ejercicio*. Editorial Paidotribo.
- Astrand, P., & Rodahl, K. (1986). *Fisiología del trabajo físico*. Argentina: Médica panamericana.
- Aunola, S., Alanen, E., Marniemi, J., & Rusko, H. (1990). The relation between cycling time to exhaustion and anaerobic threshold. *Ergonomics*, 33(8), 1027-1042.

- Baillot, M., & Hue, O. (2015). Hydration and thermoregulation during a half-ironman performed in tropical climate. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(2), 263–268.
- Ballesteros, J. (1987). *El Libro del triatlón*. Madrid:Arthax.
- Ballor, D. L., & Keeseey, R. E. (1991). A meta-analysis of the factors affecting exercise-induced changes in body mass, fat mass and fat-free mass in males and females. *International Journal of Obesity*, 15(11), 717–726.
- Balyi, I., & Hamilton, A. (2004). Long-term athlete development: trainability in childhood and adolescence: windows of opportunity, optional trainability. *Victoria, British Colombia: National Coaching Institute and Advanced Training and Performance*, 8.
- Banister, E., & Calvert, T. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences.*, 5, 170–176.
- Barr, S. I., Costill, D. L., & Fink, W. J. (1991). Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(7), 811–7.
- Barrero Franquet, A. (2014). *Ultra-endurance triathlon: heart rate-bases intensity profile, energy balance, muscle damage and race performance*.
- 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.
- Bastiaans, J. J., van Diemen, A. B., Veneberg, T., & Jeukendrup, A. E. (2001). The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 86(1), 79–84.
- Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British Journal of Sports Medicine*, 51(6), 494–503.
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2633–2651.

- Bell, P. G., Furber, M. J. W., Van Someren, K. A., Antón-Solanas, A., & Swart, J. (2017). The physiological profile of a multiple tour de france Winning Cyclist. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *49*(1), 115–123.
- Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology*, *89*(1), 95–99. <http://doi.org/10.1007/s00421-002-0783-1>
- Berger, B. G., Motl, R. W., Butki, B. D., Martin, D. T., Wilkinson, J. G., & Owen, D. R. (1999). Mood and cycling performance in response to three weeks of high-intensity, short-duration overtraining, and a two-week taper. *Sport Psychologist*, *13*, 444–457.
- Berryman, N., Mujika, I., Arvisais, D., Roubeix, M., Binet, C., & Bosquet, L. (2017). Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance: A Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–27.
- Billat, V. L., Demarle, a, Slawinski, J., Paiva, M., & Koralsztein, J. P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(12), 2089–2097.
- Billat, V. L., Flechet, B., Petit, B., Muriaux, G., & Koralsztein, J. P. (1999). Interval training at VO<sub>2</sub>max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *31*(1), 156–63.
- Billat, V. L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J. P., & Mercier, J. (2003). The concept of maximal lactate steady state: A bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine*, *33*(6), 407–426.
- Billat, V. L. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *22*(3), 157–75.
- Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Medicine*, *31*(2), 75–90.
- Bishop, D., Jenkins, D. G., Mackinnon, L. T., McEniery, M., & Carey, M. F. (1999). The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *31*(6), 886–91.
- Bompa, T., & Haff, G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training*. Human Kinetics.

- Borg, G. (1975). Perceived exertion. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2, 131–153.
- Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377–381.
- Borresen, J., & Lambert, M. (2008). Quantifying Training Load: A Comparison of Subjective and Objective Methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 16–30.
- Borresen, J., & Lambert, M. (2009). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Medicine*, 39 (9), 779–795.
- Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D., & Mujika, I. (2007). Effects of tapering on performance: A meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1358–1365.
- Boucher, R., & Leger, L. (1980). An Indirect Continuous Running Multistage Field Test: The Universite de Montreal Track Test\*. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 5(2), 77–84.
- Brandon, L. J. (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 19(4), 268–77.
- Breil, F. A., Weber, S. N., Koller, S., Hoppeler, H., & Vogt, M. (2010). Block training periodization in alpine skiing: effects of 11-day HIT on VO<sub>2</sub>max and performance. *European Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1077–1086.
- Brisswalter, J., & Legros, P. (1992). Comparaison du cout energetique dans trois populations de coureurs de longues et de moyennes distances. *Science & Sports : Journal Des Sciences de L'homme En Mouvement*, 7(4), 223–228.
- Brue, F. (1985). Une Variante du test de piste progressif et maximal de Leger et Boucher pour la precise et facile de la vitesse maximale aerobie. *Federación Francesa de Atletismo*, 25–30.
- Burke, L. (2010). *Nutrición en el deporte: un enfoque práctico*. Médica Panamericana.
- Caputo, F., Mello, M. T., & Denadai, B. S. (2003). Oxygen Uptake Kinetics and Time to Exhaustion in Cycling and Running: a Comparison Between Trained and Untrained Subjects. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 111(5), 461–466.

- Carey, D. G., Tofte, C., Pliego, G. J., & Raymond, R. L. (2009). Transferability of running and cycling training zones in triathletes: implications for steady-state exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23(1), 251–258.
- Cejuela, R. (2009). *Análisis de los factores de rendimiento en triatlón olímpico. Aplicación a los contenidos de la Asignatura Deportes Individuales: Triatlón*. Universidad de Alicante.
- Cejuela, R., & Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 218–232.
- Clemente, V. (2010). *Efectos de la distribución y secuencia en la organización de distintas tareas de entrenamiento para la mejora de la resistencia aeróbica*. Universidad de Castilla La Mancha.
- Conconi, F., Grazi, G., Casoni, I., Guglielmini, C., Borsetto, C., Ballarin, E., Manfredini, F. (1996). The Conconi test: Methodology after 12 years of application. *International Journal of Sports Medicine*, 17(7), 509–519.
- Costa, M. J., Barbosa, T. M., Morais, J. E., Miranda, S., & Marinho, D. A. (2017). Can concurrent teaching promote equal biomechanical adaptations at front crawl and backstroke swimming? *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 19(1), 81–88.
- Costill, D., King, D., Thomas, R., & Hargreaves, M. (1985). Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67(5), 292.
- Costill, D., Kovalski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R., & King, D. (1985). Energy Expenditure During Front Crawl Swimming: Predicting Success in Middle-Distance Events. *International Journal of Sports Medicine*, 6(5), 266–270.
- Costill, D., Thomas, R., Rogers, R., Pascoe, D., Lambert, C., Barr, S., & Fink, W. (1991). Adaptations to swimming training.pdf. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23, 371–377.
- Coyle, E. F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 23, 25–63.
- Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hemmert, M. K., & Ivy, J. L. (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 61(1), 165–172.

- CSD. (2016). Anuario de Estadísticas Deportivas 2016. *Consejo Superior de Deportes*, 1–209.
- Dalamitros, A., Zaferidis, A., Toubekis, A., Tsalis, G., Pelarigo, J., Manou, V., & Kellis, S. (2010). The effects of short- and long-interval protocols on swimming performance, aerobic adaptations and technical parameters: a training study. *The Journal of Strength & Conditioning Research.*, 30(10), 2871–2879.
- Delextrat, A., Brisswalter, J., Hausswirth, C., Bernard, T., & Vallier, J.-M. (2005). Does prior 1500-m swimming affect cycling energy expenditure in well-trained triathletes? *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquée*, 30(4), 392–403.
- Delextrat, A., Tricot, V., Bernard, T., Vecruyssen, F., Hausswirth, C., & Brisswalter, J. (2003). Drafting during swimming improves efficiency during subsequent cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(9), 1612–1619.
- Denadai, B. S., Ortiz, M. J., Greco, C. C., & de Mello, M. T. (2006). Interval training at 95% and 100% of the velocity at  $V_{O_{2\max}}$ : effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31(6), 737–743.
- Deschenes, M. R., & Kraemer, W. J. (2002). Performance and Physiologic Adaptations to Resistance Training. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11), 3–16.
- Dietrich, M., Carl, K., & Lehnertz, C. (2001). *Manual de metodología de entrenamiento deportivo* (1ª Ed.). Barcelona: Paidotribo.
- Doherty, M., Nobbs, L., & Noakes, T. D. (2003). Low frequency of the “plateau phenomenon” during maximal exercise in elite British athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 89(6), 619–23.
- Eichner, E. R. (2007). The role of sodium in “heat cramping”. *Sports Medicine*, 37(4–5), 368–70.
- Elmer, D. J., Laird, R. H., Barberio, M. D., & Pascoe, D. D. (2016). Inflammatory, lipid, and body composition responses to interval training or moderate aerobic training. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3), 601–609.
- Esteve-Lanao, J. (2007). *Periodización y Control del Entrenamiento en Corredores de Fondo.Control*. Universidad Europea de Madrid.

- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 943–949.
- Esteve-Lanao, J., Moreno-Pérez, D., Cardona, C. A., Larumbe-Zabala, E., Muñoz, I., Sellés, S., & Cejuela, R. (2017). Is Marathon Training Harder than the Ironman Training? An ECO-method Comparison. *Frontiers in Physiology*, 8, 298.
- Esteve-Lanao, J., San Juan, A. F., Earnest, C. P., Foster, C., & Lucia, A. (2005). How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(3), 496–504.
- Etxebarria, N., Anson, J. M., Pyne, D. B., & Ferguson, R. A. (2014). High-intensity cycle interval training improves cycling and running performance in triathletes. *European Journal of Sport Science*, 14.
- Evertsen, F., Medbø, J. I., & Bonen, A. (2001). Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross-country skiers. *Acta Physiologica Scandinavica*, 173(2), 195–205.
- Farber, H. W., Schaefer, E. J., Franey, R., Grimaldi, R., & Hill, N. S. (1991). The endurance triathlon: metabolic changes after each event and during recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(8), 959–965.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Medicine*, 39(6), 469–490.
- Federación Española de Triatlón. (2016). Reglamento oficial de Competiciones.
- Ferreira, M. I., Barbosa, T. M., Costa, M. J., Neiva, H. P., & Marinho, D. A. (2016). Energetics, Biomechanics, and Performance in Masters' Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 2069–2081.
- Fiskerstrand, Å., & Seiler, K. S. (2004). Training and performance characteristics among Norwegian International Rowers 1970-2001. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(5), 303–310.
- Fletcher, J. R., Esau, S. P., & Macintosh, B. R. (2009). Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 107(6), 1918–1922.
- Flynn, M. G., Pizza, F. X., Boone, J. B., Andres, F. F., Michaud, T. A., & Rodriguez-Zayas, J. R. (1994). Indices of training stress during competitive running and swimming seasons. *International Journal of Sports Medicine*, 15(1), 21–6.

- Forbes, S. C., Sletten, N., Durrer, C., Myette-Cote, É., Candow, D., & Little, J. P. (2016). Creatine Monohydrate Supplementation Does Not Augment Fitness, Performance, or Body Composition Adaptations in Response to Four Weeks of High-Intensity Interval Training in Young Females. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 1–23.
- Foster, C., Florhaug, J. a, Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. a, Parker, S., Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–15.
- Foster, C., Hector, L. L., Welsh, R., Schrage, M., Green, M. A., & Snyder, A. C. (1995). Effects of specific versus cross-training on running performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70(4), 367–372.
- Furlan, R., Piazza, S., Dell’Orto, S., Gentile, E., Cerutti, S., Pagani, M., & Malliani, A. (1993). Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. *Cardiovascular Research*, 27(3), 482–488.
- Fyfe, I., & Stanish, W. D. (1992). The use of eccentric training and stretching in the treatment and prevention of tendon injuries. *Clinics in Sports Medicine*, 11(3), 601–24.
- García Bataller, A. (2016). Análisis de la influencia de los factores externos, uso de neopreno y condiciones de calor, en el rendimiento del triatlón olímpico femenino. Universidad politécnica de Madrid.
- García Ferrando, M., & Llopis Goig, R. (2010). *Encuesta sobre los hábitos deportivos en España 2010 - Ideal democrático y bienestar personal*. Consejo Superior de Deportes.
- García Manso, J. M., Navarro, F., Legido Arce, J. C., & Vitoria Órtiz, M. (2006). *La resistencia desde la optica de las ciencias aplicadas al entrenamiento deportivo*. Madrid: Gymnos.
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(10), 725–741.
- Gatta, G., Leban, B., Paderi, M., Padulo, J., Migliaccio, G. M., & Pau, M. (2015). The development of swimming power. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 4(4), 438–45.

- Geliebter, A., Maher, M. M., Gerace, L., Gutin, B., Heymsfield, S. B., & Hashim, S. A. (1997). Effects of strength or aerobic training on body composition, resting metabolic rate, and peak oxygen consumption in obese dieting subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 66(3), 557–563.
- Gibala, M. J., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., Stauber, W. T., & Elorriaga, A. (1995). Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 78(2), 702–708.
- González-Badillo, J. J., Gorostiaga, E. M., Arellano, R., & Izquierdo, M. (2005). Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 19(3), 689–697.
- Gorostiaga, E. (2004). Adaptación al ejercicio en ambiente caluroso. *Comité Olímpico Español*, 1.
- Gourgoulis, V., Valkoumas, I., Boli, A., Aggeloussis, N., & Antoniou, P. (2017). Effect of an 11 week in-water training program with increased resistance on the swimming performance and the basic kinematic characteristics of the front crawl stroke. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1.
- Grant, S., Corbett, K., Amjad, A. M., Wilson, J., & Aitchison, T. (1995). A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 29(3), 147–152.
- Greco, C. C., Caputo, F., & Denadai, B. S. (2008). Critical power and maximal oxygen uptake: Estimating the upper limit of the severe domain, a new challenge? *Science & Sports*, 23(5), 216–222.
- Green, H. J., Jones, S., Ball-Burnett, M., Farrance, B., & Ranney, D. (1995). Adaptations in muscle metabolism to prolonged voluntary exercise and training. *Journal of Applied Physiology*, 78(1), 138–145.
- Grosser, H. (1986). *Técnicas de entrenamiento*. Barcelona: Martínez Roca.
- Grosser, M., Starischka, S., Zimmermann, E., & Luldjuraj, P. (1988). *Principios del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Martínez Roca.

- Guezennec, C. Y., Vallier, J. M., Bigard, A. X., & Durey, A. (1996). Increase in energy cost of running at the end of a triathlon. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73(5), 440–445.
- Hauswirth, C., Bigard, A., & Guezennec, C. (1997). Relationships between Running Mechanics and Energy Cost of Running at the End of a Triathlon and a Marathon. *International Journal of Sports Medicine*, 18(5), 330–339.
- Hawley, J. A., Myburgh, K. H., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1997). Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 325–333.
- Hawley, J. a., & Stepto, N. K. (2001). Adaptations to Training in Endurance Cyclists. *Sports Medicine*, 31(7), 511–520.
- Hayes, P., & Quinn, M. (2009). A mathematical model for quantifying training. *European Journal of Applied Physiology*, 106, 839–847.
- Heath, B. H., & Carter, J. E. L. (1967). A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*, 27(1), 57–74.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Müller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6(3), 117–130.
- Heggelund, J., Fimland, M. S., Helgerud, J., & Hoff, J. (2013). Maximal strength training improves work economy, rate of force development and maximal strength more than conventional strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 113(6), 1565–1573.
- Helgerud, J., Høydal, 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.
- Hickson, R. C., Dvorak, B. A., Gorostiaga, E. M., Kurowski, T. T., & Foster, C. (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 65(5), 2285–2290.
- Hill, J., & Leiszler, M. (2011). Review and Role of Plyometrics and Core Rehabilitation in Competitive Sport. *Current Sports Medicine Reports*, 10(6), 345–351.
- Hill, A. V., & Lupton, H. (1923). Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen. *QJM, os-16*(62), 135–171.

- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(5), 288–295.
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56(4), 831–838.
- Hopkins, W. (2006). Magnitude matters: effect size in research and clinical practice. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(5), 56.
- Houmard, J. A., & Johns, R. A. (1994). Effects of taper on swim performance. Practical implications. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 17(4), 224–232.
- Houmard, J. A., Scott, B. K., Justice, C. L., & Chenier, T. C. (1994). The effects of taper on performance in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(5), 624–631.
- Houmard, J., Costill, D., Mitchell, J., Park, S., Hickner, R., & Roemmich, J. (1990). Reduced Training Maintains Performance in Distance Runners. *International Journal of Sports Medicine*, 11(1), 46–52.
- Hue, O., Le Gallais, D., Chollet, D., Boussana, A., & Préfaut, C. (1997). The influence of prior cycling on biomechanical and cardiorespiratory response profiles during running in triathletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(1–2), 98–105.
- Hue, O., Valluet, A., Blanc, S., & Hertogh, C. (2002). Effects of Multicycle-Run Training on Triathlete Performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(3), 289–295.
- Iaia, F. M., Hellsten, Y., Nielsen, J. J., Fernström, M., Sahlin, K., & Bangsbo, J. (2009). Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *Journal of Applied Physiology*, 106(1), 73–80.
- Iaia, F. M., Thomassen, M., Kolding, H., Gunnarsson, T., Wendell, J., Rostgaard, T., ... Bangsbo, J. (2008). Reduced volume but increased training intensity elevates muscle Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump alpha1-subunit and NHE1 expression as well as short-term work capacity in humans. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 294(3), 966–974.

- Illuta, G., & Dimitrescu, C. (1978). Criterii medicale si psihice ale evaluarii si conducerii antrenamentului atletitor. *Sportul de Performanta*, 53, 49–64.
- 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(3), 579–584.
- ISAK. (2011). *International standard for antropometric assessment. International society for the advancement of kinantropometry.*
- Issurin, V. B. (2014). *Entrenamiento deportivo: periodización por bloques.* Barcelona: Paidotribo.
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Ibáñez, J., Kraemer, W. J., & Gorostiaga, E. M. (2005). Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *European Journal of Applied Physiology*, 94(1–2), 70–75.
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*, 100(5). 1647-1656.
- Jeukendrup, A. E., Craig, N. P., & Hawley, J. A. (2000). The bioenergetics of World Class Cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 3(4), 414–433.
- Jidovtseff, B., & Crielaard, J. M. (2001). Overtraining in endurance athletes. *Revue médicale de Liège*, 56(5), 343–352.
- Jones, a M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 29(6), 373–386.
- King, I. (2000). *Foundations of Physical Preparation. king sport international.*
- Knechtle, B., Rüst, C. A., Rosemann, T., & Lepers, R. (2012). Age and gender differences in half-Ironman triathlon performances - the Ironman 70.3 Switzerland from 2007 to 2010. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 3, 59–66.
- Knechtle, R., Rüst, C. A., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2014). The best triathletes are older in longer race distances - a comparison between Olympic, Half-Ironman and Ironman distance triathlon. *SpringerPlus*, 3, 538.

- Komi, P. (1992). *Sport, Strength and power insport*. Oxford:Blackwell scientific publications.
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 976–989.
- Kreider, R. B. (1991). Physiological considerations of ultraendurance performance. *International Journal of Sport Nutrition*, 1(1), 3–27.
- Kreider, R. B., Fry, A. C., & O'Toole, M. L. (1998). *Overtraining and overreaching in sport: terms, definitions, and prevalence. Overtraining in Sport*. Champaign, IL, Human Kinetics.
- 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.
- Laursen, P. B. (2011). Long distance triathlon: demands, preparation and performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 247–263.
- 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*, 32(1), 53–73.
- Laursen, P. B., Knez, W. L., Shing, C. M., Langill, R. H., Rhodes, E. C., & Jenkins, D. G. (2007). Relationship between laboratory-measured variables and heart rate during an ultra-endurance triathlon, 23 (10), 1111-1120.
- Laursen, P. B., & Rhodes, E. C. (2001). Factors affecting performance in an ultraendurance triathlon. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(3), 195–209.
- Laursen, P. B., Shing, C. M., Peake, J. M., Coombes, J. S., & Jenkins, D. G. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Medicine Science Sports Exercise*, 34(11), 1801–1807.
- Laursen, P. B., Watson, G., Abbiss, C. R., Wall, B. A., & Nosaka, K. (2009). Hyperthermic fatigue precedes a rapid reduction in serum sodium in an ironman triathlete: A case report. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(4), 533–537.

- Leblanc, H., Seifert, L., Baudry, L., & Chollet, D. (2005). Arm-Leg Coordination in Flat Breaststroke: A Comparative Study Between Elite and Non-Elite Swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 26(9), 787–797.
- Lee, R. C., Wang, Z., Heo, M., Ross, R., Janssen, I., & Heymsfield, S. B. (2000). Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *American Clinic Nutrition*, 4(3), 796–803.
- Legaz Arrese, A., Serrano Ostáriz, E., Jcasajús Mallén, J. A., & Munguía Izquierdo, D. (2005). The changes in running performance and maximal oxygen uptake after long-term training in elite athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(4), 435–40.
- Lehenaff, D., & Bertrand, D. (2001). *El triatlón*. Barcelona: INDE.
- Lepers, R., Sultana, F., Bernard, T., Hausswirth, C., & Brisswalter, J. (2010). Age-Related Changes in Triathlon Performances. *International Journal of Sports Medicine*, 31(4), 251–256.
- Lerma, C., Infante, O., & José, M. (2000). Sistema de análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. *Memorias de Electro 2000*, 1–5.
- Levin, G. T., Mcguigan, M. R., & Laursen, P. B. (2009). Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23(8), 2280–2286.
- Lindsay, F. H., Hawley, J. A., Myburgh, K. H., Schomer, H. H., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(11), 1427–1434.
- Londeree, B. R. (1997). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(6), 837–843.
- López Chicharro, J. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Médica Panamericana.
- Lorenzo, S., Halliwill, J. R., Sawka, M. N., & Minson, C. T. (2010). Heat acclimation improves exercise performance. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 109(4), 1140–1147.

- Losnegard, T., Mikkelsen, K., Rønnestad, B. R., Hallén, J., Rud, B., & Raastad, T. (2011). The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(3), 389–401.
- Lucía, A. ., Hoyos, J., Carvajal, A., & Chicharro, J. (1999). Heart rate response to professional road cycling: The Tour de France. *International Journal of Sport Science*, 20, 167–172.
- Lucia, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (2001). Physiology of Professional Road Cycling. *Sports Medicine*, 31(5), 325–337.
- Lucía, A., Hoyos, J., Pérez, M., & Chicharro, J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1777–1782.
- Machado, M. V., Júnior, O. A., Marques, A. C., Colantonio, E., Cyrino, E. S., & De Mello, M. T. (2011). Effect of 12 weeks of training on critical velocity and maximal lactate steady state in swimmers. *European Journal of Sport Science*, 11(3), 165–170.
- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schuerch, P., & Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt Und Sportmedizin*, 27(4), 199.
- Margaritis, I., Tessier, F., Verdera, F., Bermon, S., & Marconnet, P. (1999). Muscle enzyme release does not predict muscle function impairment after triathlon. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(2), 133–139.
- Martin, D. E., & Coe, P. N. (1997). *Better training for distance runners*. Human Kinetics.
- McLellan, T. M., Cheung, S. S., & Jacobs, I. (1995). Variability of Time to Exhaustion During Submaximal Exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20(1), 39–51.
- Meili, D., Knechtle, B., Rüst, C. A., Rosemann, T., & Lepers, R. (2013). Participation and performance trends in “Ultraman Hawaii” from 1983 to 2012. *Extreme Physiology & Medicine*, 2(1), 25.
- Miethe, A. (1981). *Entrenamiento deportivo*. Colombia: Convenio, Colombo-Alemán.

- Millet, G. P., Candau, R. B., Barbier, B., Busso, T., Rouillon, J. D., & Chatard, J. C. (2002). Modelling the Transfers of Training Effects on Performance in Elite Triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 23(1), 55–63.
- Millet, G. P., Jaouen, B., Borrani, F., & Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and  $\dot{V}O_2$  kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1351–1359.
- Millet, G. P., & Vleck, V. E. (2000). Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *Br J Sports Med*, 34, 384–390.
- Montesdeoca, S., García-Manso, J., Martín-González, J., Medina, G., Calderón, F., & Ruíz, D. (2009). Análisis tiempo-frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) durante la aplicación de un esfuerzo incremental en ciclistas. *Vector plus: Miscelánea Científico-Cultura*, 33, 71–82.
- Mora, J. (2001). *Triatlón*. (Hispano-Europea, Ed.). Barcelona.
- Morton, R., Fitz-clarke, J., & Banister, E. (1990). Modeling human performance in running. *Journal of Applied Physiology*, 69 (3), 1171–1177.
- Mujika, I. (2010). Intense training: the key to optimal performance before and during the taper. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (2), 24–31.
- Mujika, I. (2014). Olympic Preparation of a World-Class Female Triathlete. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 727–731.
- Mújika, I. (2012). *Endurance Training. Science and practise*. Vitoria (España).
- 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), 251–8.
- 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(4), 395–406.
- Mujika, I., Chatard, J. C., Padilla, S., Guezennec, C. Y., & Geysant, A. (1996). Hormonal responses to training and its tapering off in competitive swimmers: relationships with performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74(4), 361–366.

- Muñoz, I., Cejuela, R., Seiler, S., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J. (2014). Training-intensity distribution during an ironman season: Relationship with competition performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 332–339.
- Muñoz, I., Seiler, S., Bautista, J., España, J., & Esteve-Lanao, J. (2013). Does Polarized Training Improve Performance in Recreational Runners? *International journal of sports physiology and performance*, 9(2)265–272.
- Naclerio, F. (2010). Entrenamiento deportivo: Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes. Madrid: Médica panamericana.
- Naclerio, F., Rodríguez-Romo, G., Barriopedro-Moro, M. I., Jiménez, A., Alvar, B. A., & Triplett, N. T. (2011). Control of Resistance Training Intensity by the Omni Perceived Exertion Scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1879–1888.
- Nalcakan, G. R. (2014). The Effects of Sprint Interval vs. Continuous Endurance Training on Physiological and Metabolic Adaptations in Young Healthy Adults. *Journal of Human Kinetics*, 44(1), 97–109.
- Nassis, G., & Geladas, N. (2002). Effect of water ingestion on cardiovascular and thermal responses to prolonged cycling and running in humans: a comparison. *European Journal of Applied Physiology*, 88(3), 227–234.
- Navarro Valdivielso, F. (1998). *La Resistencia*. Madrid: Gymnos.
- Neal, C. M., Hunter, A. M., Brennan, L., O'Sullivan, A., Hamilton, D. L., De Vito, G., & Galloway, S. D. R. (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.
- Neal, C. M., Hunter, A. M., & Galloway, S. D. R. (2011). A 6-month analysis of training-intensity distribution and physiological adaptation in Ironman triathletes. *Journal of Sports Sciences*, 29(14), 1515–1523.
- Neary, J. P., Bhambhani, Y. N., & McKenzie, D. C. (2003). Effects of different stepwise reduction taper protocols on cycling performance. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquée*, 28(4), 576–587.

- Neary, J. P., Martin, T. P., & Quinney, H. A. (2003). Effects of taper on endurance cycling capacity and single muscle fiber properties. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(11), 1875–1881.
- Neary, J. P., Martin, T. P., Reid, D. C., Burnham, R., & Quinney, H. A. (1992). The effects of a reduced exercise duration taper programme on performance and muscle enzymes of endurance cyclists. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65(1), 30–36.
- Noakes, T. D., Norman, R. J., Buck, R. H., Godlonton, J., Stevenson, K., & Pittaway, D. (1990). The incidence of hyponatremia during prolonged ultraendurance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(2), 165–170.
- Noakes, T. D., Sharwood, K., Speedy, D., Hew, T., Reid, S., Dugas, J., ... Weschler, L. (2005). Three independent biological mechanisms cause exercise-associated hyponatremia: evidence from 2,135 weighed competitive athletic performances. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(51), 18550–18555.
- Nosaka, K., Abbiss, C. R., Watson, G., Wall, B., Suzuki, K., & Laursen, P. (2010). Recovery following an Ironman triathlon: A case study. *European Journal of Sport Science*, 10(3), 159–165.
- O'Toole, M. L., & Douglas, P. S. (1995). Applied physiology of triathlon. *Sports Medicine*, 19(4), 251–267.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, a, & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527–1533.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916–924.
- Péronnet, F., & Thibault, G. (1987). [Physiological analysis of running performance: revision of the hyperbolic model]. *Journal de Physiologie*, 82(1), 52–60.
- Dooly, C., & Matthew, S. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708.

- Platonov, V. N. (1995). *El entrenamiento deportivo Teoría y metodología*. (4ª Ed.). Barcelona: Paidotribo.
- 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 Physiology and Performance*, 9(6), 1026-1032.
- Racil, G., Ben Ounis, O., Hammouda, O., Kallel, A., Zouhal, H., Chamari, K., & Amri, M. (2013). Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *European Journal of Applied Physiology*, 113(10), 2531–2540.
- Rhea, M., & Brandon, A. (2004). A Meta-Analysis of Periodized versus Nonperiodized Strength and Power Training Programs. : *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 75(4), 413–422.
- Rocha, M. (1975). Peso osseo do brasileiro de ambos os sexos de 17-25 anos. *Arquivos de Anatomia y Antropología*, 1, 445-451.
- Rodríguez, R. M., & Jiménez, R. A. (2002). Influencia del calor ambiental en un test incremental de umbral de lactato. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 19(89), 181–186.
- Rønnestad, B. R., Ellefsen, S., Nygaard, H., Zacharoff, E. E., Vikmoen, O., Hansen, J., & Hallén, J. (2014). Effects of 12 weeks of block periodization on performance and performance indices in well-trained cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(2), 327–335.
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European Journal of Applied Physiology*, 110(6), 1269–82.
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2011). Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(2), 250–9.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Vegge, G., Tønnessen, E., & Slettaløkken, G. (2015). Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists - An effort-matched approach. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(2), 143–151.
- Ross, W. D., & Marfell-Jones, M. J. (1991). *Kinanthropometry. Physiological testing of elite athlete*. Londres: Human Kintetic.

- Ruiz, G. (2006). *El triatlón como modelo de sistema deportivo en el contexto nacional español e internacional. Determinantes para su desarrollo y la consecución del éxito*. Universidad de Castilla-La Mancha. Toledo.
- Saboul, D., Balducci, P., Millet, G., Pialoux, V., & Hautier, C. (2015). A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. *European Journal of Sport Science*, 16(2), 172-181.
- Sadowski, J., Mastalerz, A., Gromisz, W., & NiŹnikowski, T. (2012). Effectiveness of the power dry-land training programmes in youth swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 32, 77-86.
- Sánchez, A., & López-gullón, A. (2016). Calidad percibida en una prueba de triatlón Perceived quality in a triathlon. *Revista Euroamericana de Ciencias Del Deporte*, 5(1), 81-84.
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H.-C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2011). The physiology of world-class sprint skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), 9-16.
- Sarabia Cachadiña, E., De La Cruz Torres, B., & Orellana, J. N. (2012). Estudio Comparativo De Los Perfiles Semanales De Creatin Kinasa, Urea y Variabilidad De La Frecuencia Cardiaca En Remeros De Élite Españoles. *Archivos de medicina del deporte*, 152, 952-958.
- Sassi, A., Impellizzeri, F. M., Morelli, A., Menaspà, P., & Rampinini, E. (2008). Seasonal changes in aerobic fitness indices in elite cyclists. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(4), 735-742.
- Saugy, J. J., Schmitt, L., Cejuela, R., Faiss, R., Hauser, A., Wehrin, J. P., ... Chapman, R. (2014). Comparison of "Live High-Train Low" in Normobaric versus Hypobaric Hypoxia. *PLoS ONE*, 9(12), 34(11), 1801-1807.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465-485.
- Sawka, M. (1992). Physiological Consequences of Hypohydration Exercise Performance and Thermoregulation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(6), 657-670.

- Schefke, T., & Gronek, P. (2010). Improving attentional processes in sport: defining attention, attentional skills and attention types. *Studies in Physical Culture and Tourism*, 17(4), 295–299.
- Schumacher, Y. O., & Mueller, P. (2002). The 4000-m team pursuit cycling world record: theoretical and practical aspects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 1029–1036.
- Schwellnus, M. P., Derman, E. W., & Noakes, T. D. (1997). Aetiology of skeletal muscle “cramps” during exercise: a novel hypothesis. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 277–285.
- Schwellnus, M. P., Drew, N., & Collins, M. (2011). Increased running speed and previous cramps rather than dehydration or serum sodium changes predict exercise-associated muscle cramping: a prospective cohort study in 210 Ironman triathletes. *British Journal of Sports Medicine*, 45(8), 650–656.
- Schwellnus, M. P., Nicol, J., Laubscher, R., & Noakes, T. D. (2004). Serum electrolyte concentrations and hydration status are not associated with exercise associated muscle cramping (EAMC) in distance runners. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 488–492.
- Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: Is there evidence for an “optimal” distribution? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(1), 49–56.
- Seiler, S., Jøranson, K., Olesen, B. V., & Hetlelid, K. J. (2013). Adaptations to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(1), 74–83.
- Seiler, S., & Tønnessen, E. (2009). Intervals , Thresholds , and Long Slow Distance : the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. *Training*, 13(13), 32–53.
- Shephard, R. J., & Astrand, P.-O. (2007). *La resistencia en el deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Shepley, B., MacDougall, J. D., Cipriano, N., Sutton, J. R., Tarnopolsky, M. A., & Coates, G. (1992). Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 72(2), 706–11.
- Silverthorn, D. U. (2014). *Fisiología humana: un enfoque integrado*. Editorial Médica Panamericana.

- Sjödin, B., & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Medicine*, 2(2), 83–99.
- Skelly, L. E., Andrews, P. C., Gillen, J. B., Martin, B. J., Percival, M. E., & Gibala, M. J. (2014). High-intensity interval exercise induces 24-h energy expenditure similar to traditional endurance exercise despite reduced time commitment. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(7), 845–848.
- Skinner, J., & McLellan, T. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51(1), 234–248.
- Skovgaard, C., Almquist, N. W., & Bangsbo, J. (2017). Effect of increased and maintained frequency of speed endurance training on performance and muscle adaptations in runners. *Journal of Applied Physiology*, 122(1), 48–59.
- Spencer, M. R., & Gastin, P. B. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(1), 157–162.
- Steinacker, J. M., Lormes, W., Lehmann, M., & Altenburg, D. (1998). Training of rowers before world championships. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(7), 1158–1163.
- Stepito, N. K., Hawley, J. A., Dennis, S. C., & Hopkins, W. G. (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), 736–741.
- Stoate, I., & Wulf, G. (2011). Does the attentional focus adapted by swimmers affect their performance? *International Journal of Sport Science & Coaching*, 6(1), 99–108.
- 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*, 5, 33.
- Støren, O., Helgerud, J., Stoa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal Strength Training Improves Running Economy in Distance Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(33), 1087–1092.
- Sunde, A., Støren, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J., & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(8), 2157–2165.

- Suzuki, K., Peake, J., Nosaka, K., Okutsu, M., Abbiss, C. R., Surriano, R., Laursen, P. B. (2006). Changes in markers of muscle damage, inflammation and HSP70 after an Ironman Triathlon race. *European Journal of Applied Physiology*, 98(6), 525-534.
- Sweetenham, B., & Atkinson, J. (2003). *Championship swim training*. Human Kinetics.
- Sylta, O., Tonnessen, E., Hammarstrom, D., Danielsen, J., Skovereng, K., Ravn, T., Seiler, S. (2016). The effect of different high-intensity periodization models on endurance adaptations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2165–2174.
- Sylta, Ø., Tønnessen, E., Sandbakk, Ø., Hammarström, D., Danielsen, J., Skovereng, K., ... Seiler, S. (2017). Effects of HIT on Physiological and Hormonal Adaptions in Well-Trained Cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153–156.
- Tanaka, H., & Swensen, T. (1998). Impact of Resistance Training on Endurance Performance. *Sports Medicine*, 25(3), 191–200.
- Tanaka, K., Watanabe, H., Konishi, Y., Mitsuzono, R., Sumida, S., Tanaka, S., Nakadomo, F. (1986). Longitudinal associations between anaerobic threshold and distance running performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55(3), 248–252.
- Tanner, R. K., & Gore, C. J. (2013). *Physiological tests for elite athletes*. Human Kinetics.
- Tinley, S. (1999). *Triathlon: A personal history*. Colorado: Velo Press.
- Tomlin, D. L., Wenger, H. a, & Dona L. Tomlin. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1–11.
- Trapp, E. G., Chisholm, D. J., Freund, J., & Boutcher, S. H. (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International Journal of Obesity*, 32(4), 684–691.
- Tremblay, A., Simoneau, J.-A., & Bouchard, C. (1994). Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism*, 43(7), 814–818.

- Utkin, V. (1988). *Aspectos biomecánicas de táctica deportiva*. Moscú: Vneshtorgizdat.
- Vasconcelos, A. (2005). *Planificación y organización del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Verjoshanskij, Y. (1990). *Entrenamiento deportivo. Planificación y programación*. Barcelona: Martínez Roca.
- Volkov. (1986). La bioquímica en el deporte. *Moscou Fizcultura E Sport*, 267–347.
- Vrijens, J. (2006). *Entrenamiento razonado del deportista*. Barcelona: INDE
- Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 11–20.
- Wasserman, k., & Mcilroy, M. B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *The American Journal of Cardiology*, 14, 844–852.
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.
- Westgarth-Taylor, C., Hawley, J. A., Rickard, S., Myburgh, K. H., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1997). Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(4), 298–304.
- Wilmore, J., & Costill, D. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del ejercicio* (6ª ED.). Barcelona: Paidotribo.
- Withers, R. T., Craig, N. P., Bourdon, P. C., & Norton, K. I. (1987). Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(2), 191–200.
- Wu, S. S., Peiffer, J. J., Brisswalter, J., Nosaka, K., & Abbiss, C. R. (2014). Factors influencing pacing in triathlon. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 5, 223–234.
- Wulf, G., & Prinz, W. (2001). Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(4), 648–660.
- Zarkadas, P. C., Carter, J. B., & Banister, E. W. (1995). Modelling the effect of taper on performance, maximal oxygen uptake, and the anaerobic threshold in endurance triathletes. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 393, 179–186.

- Zaryski, C., & Smith, D. J. (2005). Training principles and issues for ultra-endurance athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 4(3), 165–70.
- Zehsaz, F., Azarbaijani, M. A., Farhangimaleki, N., & Tiidus, P. (2011). Effect of tapering period on plasma hormone concentrations, mood state, and performance of elite male cyclists. *European Journal of Sport Science*, 11(3), 183–190.
- Zhang, H., Tong, T. K., Qiu, W., Zhang, X., Zhou, S., Liu, Y., & He, Y. (2017). Comparable Effects of high-intensity interval training and prolonged continuous exercise training on Abdominal visceral fat reduction in obese Young Women. *Journal of Diabetes Research*, 2017, 1–9.
- Zintl, F. (1991). *Entrenamiento de la resistencia*. Barcelona: Martínez Roca.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante





## **9. ANEXOS**

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Modelo de consentimiento informado que firmaron los participantes.



## CONSENTIMIENTO INFORMADO



Este impreso es específico para participar en el estudio titulado **“Distribución de la intensidad del entrenamiento en triatletas populares de larga distancia”**

Nombre del participante:

Fecha de Nacimiento:

Reconozco que:

1. He leído la información referente al presente estudio
2. He leído y entendido la información necesaria para este estudio
3. He sido informado de la posibilidad de poder conocer mis resultados a lo largo del estudio.
4. He comprendido que mi participación en este estudio es como voluntario.
5. Entiendo que puedo dejar en cualquier momento el estudio sin necesidad de dar ningún tipo de explicación.
6. Todos los resultados de las pruebas realizadas son confidenciales y que mi identidad no será revelada sin permiso.

Y por tanto, y por la presente autorizo a los investigadores del estudio anteriormente mencionado a llevar mi preparación de entrenamientos para el Medio Ironman de Arenales, comprometiéndome a realizar cada uno de los entrenamientos, así como las pertinentes pruebas y test que los mismos consideren oportunos para evaluar mi rendimiento.

Firma sujeto:

Fecha:

## Anexo 2. Información para los participantes previa al estudio.



### INFORMACIÓN PARA LOS VOLUNTARIOS



Este impreso informativo es específico para participar en el estudio titulado “Distribución de la intensidad del entrenamiento

El entrenamiento polarizado se trata de una tendencia relativamente novedosa en la distribución de las cargas del entrenamiento de resistencia. En esta modalidad de entrenamiento los deportistas realizan en torno al 15-20% en zonas por encima del umbral anaeróbico, mientras que el resto del volumen 75-80% lo realizan en zonas regenerativas en torno al Umbral aeróbico o por debajo del mismo.

El entrenamiento entre umbrales por el contrario consiste en acumular un mayor porcentaje de tiempo de entrenamiento en la zona situada entre el umbral aeróbico y anaeróbico.

El estudio del que usted va a formar parte pretende estudiar los efectos de estas dos modalidades de entrenamiento en el rendimiento de triatletas populares. Para ello, usted seguirá un plan de entrenamiento de 5 meses de duración diseñado por expertos en ciencias de la A.F y el deporte que finalizará con la prueba “Medio Ironman de Arenales” (Elche, Alicante), la cual ha sido marcada como prueba-objetivo del estudio.

Los beneficios de nuestra investigación irán enfocados a:

1. Comprender mejor los efectos de la distribución de la intensidad del entrenamiento en el rendimiento de los deportes de resistencia.
2. Relacionar la distribución de la intensidad con el rendimiento durante una competición de larga distancia.

Le garantizamos que en todo momento se mantendrá la confidencialidad y la protección de sus datos. Éstos no podrán ser utilizados con ningún otro fin que no sea el del presente proyecto y se cumplirán en todo momento las leyes de protección de datos. Usted será informado de sus datos si lo desea cuando estén disponibles. Estaremos a su disposición para cualquier consulta personal o duda que le surja durante el estudio, ya que cuenta tanto con el correo electrónico como el número de teléfono de los investigadores.

Para finalizar recordarle que su participación en el estudio es completamente voluntaria y puede abandonarlo sin necesidad de dar ningún tipo de explicación, aunque siempre debe tener presente el gran esfuerzo tanto personal como económico que se está haciendo en la investigación, por lo que una vez comprometido le pedimos la mayor seriedad y formalidad en cuanto al seguimiento de su plan de entrenamiento.

Atentamente: Roberto Cejuela Anta y Sergio Sellés Pérez.

### Anexo 3. Recomendaciones nutricionales generales a seguir durante el programa de entrenamiento.

#### ESTRUCTURA MENÚ

DESAYUNO	<p>Realizarlo con la siguiente combinación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lácteos: tazón de leche desnatada o bebida de soja o vaso de yogur líquido para beber</li> <li>2. Cereales: cereales de desayuno (preferibles copos de maíz, avena, muesli, con frutas, con algo de chocolate (adicionar aproximadamente 1 vaso) o tostadas de pan panadería o molde (2-3 tostadas) o ½ vaso de cereales + 1 tostada o 1 tostada + galletas tipo María (6-8 unidades) o 1 tostada + galletas tipo María (6-8 unidades)</li> </ol> <p>Nota: Las tostadas puede ir acompañadas de aceite de oliva (1/2 cucharada sopera o cucharada de postre en cada una), tomate en rodajas o rallado, se le puede añadir tarrina de queso fresco bajo en grasa o lonchas de fiambre (jamón york, jamón de pavo, jamón serrano sin grasa).</p> <p>Pueden ser con margarina y mermelada (algún día a la semana).</p>			
ALMUERZO Y MERIENDA	<p>Posibles opciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bocadillo de fiambre (2-4 lonchas) que puede tener uno de estos: jamón serrano, jamón york, jamón de pavo, pechuga de pavo, 3 quesitos light, 1 lata de atún. Se puede añadir tomate en rodajas o rallado, pepino, etc. + pieza de fruta o brik de zumo de fruta.</li> <li>2. 2 tostadas con fiambre (Se puede añadir tomate en rodajas o rallado) + pieza de fruta o brik de zumo de fruta.</li> <li>3. 2 yogures o yogur líquido para beber (tipo danup) + 2 barritas de cereales</li> <li>4. 2 yogures o yogur líquido para beber (tipo danup) + pieza de fruta + 3-4 galletas tipo María</li> <li>5. 2 yogures o yogur líquido para beber (tipo danup) + un puñado de frutas secas (pasas, orejones)</li> <li>6. Natillas + pieza de fruta</li> </ol> <p>Fruta: Cualquier pieza de fruta o zumo (el zumo preferentemente natural, sino zumos que ponga 100% exprimidos). <i>Tomar la pieza de fruta preferiblemente con la piel.</i></p>			
COMIDA Y CENA	<p>Se propone una serie de menús para comidas y cenas que podéis llevar a cabo (siguiente página), pero se puede tener en cuenta la siguiente estructura</p> <table border="1" data-bbox="411 1027 1015 1250"> <tr> <td data-bbox="411 1027 586 1250"> <p><b>Primer plato o guarnición:</b></p> <p>Ensalada (verduras u hortalizas)</p> </td> <td data-bbox="586 1027 796 1250"> <p><b>Segundo plato:</b></p> <p>1-2 filetes Pescado, carne o huevo con pasta, patatas, arroz, legumbres</p> </td> <td data-bbox="796 1027 1015 1250"> <p><b>Postre:</b></p> <p>Fruta o yogur desnatado edulcorado de sabores</p> </td> </tr> </table>	<p><b>Primer plato o guarnición:</b></p> <p>Ensalada (verduras u hortalizas)</p>	<p><b>Segundo plato:</b></p> <p>1-2 filetes Pescado, carne o huevo con pasta, patatas, arroz, legumbres</p>	<p><b>Postre:</b></p> <p>Fruta o yogur desnatado edulcorado de sabores</p>
<p><b>Primer plato o guarnición:</b></p> <p>Ensalada (verduras u hortalizas)</p>	<p><b>Segundo plato:</b></p> <p>1-2 filetes Pescado, carne o huevo con pasta, patatas, arroz, legumbres</p>	<p><b>Postre:</b></p> <p>Fruta o yogur desnatado edulcorado de sabores</p>		
RESOPÓN	<p>Antes de ir a dormir podemos tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pieza de fruta / Yogur</li> <li>- Infusión</li> </ul>			

#### Anexo 4. Recomendaciones nutricionales a seguir los días previos a la competición medio IM.

Tomas	48 HORAS PREVIAS	24 HORAS PREVIAS
<b>Desayuno</b>	1 vaso de bebida de soja/almendras (200ml) + 1 cucharada de cacao en polvo (10g) 1 vaso y medio copos de maíz (90g) 1 tostada de pan de molde con 1 cucharada de aceite de oliva 1 tostada de pan de molde con un poco de mermelada de fruta(15g) 1 vaso de zumo de naranja (200ml)	2 yogures desnatados de sabores 1 pieza de fruta pelada (pera, manzana, plátano) aprox 120-150g 1 vaso de copos de arroz y trigo no integrales (80g) + 1 vaso de copos de avena (60g)
<b>Almuerzo</b>	1 yogur desnatado para beber (100ml) 2 barritas de cereales (60-70g) 1 Pieza de fruta (200-300g)	1 yogur desnatado con un puñado de cereales de avena/maíz/arroz (40g) 5 galletas tipo maria
<b>Comida</b>	Salteado (con 2 cucharadas soperas de aceite de oliva, 20ml) de 120g de pasta (en crudo) con 150-200g de tomate rallado y 100-150g de pechuga de pollo en trozos Vaso de zumo de fruta + 100ml de leche desnatada	Salteado (con 2 cucharadas soperas de aceite de oliva, 20ml) de verduras (100-150g) con arroz (100g en crudo) 1 yogur desnatado con trozos de fruta (añadir fruta pelada)
<b>Merienda</b>	1 sándwich de jamón york/pavo (1 loncha) 8 unidades de almendras, nueces o avellanas	1 sándwich con una lata de atún al natural (1 loncha)
<b>Cena</b>	Puré de patata pelada (400g) y calabacín sin piel (100g) con 2 cucharadas de aceite de oliva (20ml) 2 medallones de merluza a la plancha 60g de pan blanco 1 unidad de natillas 1 bol de macedonia de frutas (150g)	Sopa de fideos Tortilla francesa de 1 huevo y 1-2 loncha de jamón de pavo o 1 lata de atún al natural 60g de pan blanco 1 unidad de arroz con leche (elaborado con leche desnatada) 1 trozo de membrillo

#### Anexo 4. Propuestas nutricionales para el desayuno del día de la competición.

Yogur líquido con frutas (250ml), recomendado desnatado (también puede ser leche desnatada) 1 vaso de copos de maíz (80g) o plato de arroz blanco (80g) 1 tostada dextrinada (30g) Loncha de jamón de pavo (20-25g)	Yogur líquido con frutas (250ml), recomendado desnatado (también puede ser leche desnatada) 1 vaso de copos de avena (60-80g) Vaso grande de zumo de fruta (200ml)	Vaso de bebida de soja o de almendras (250ml) 2 tostadas dextrinadas (60g) 1 tarrina de queso fresco 0% materia grasa (62-75g) 1 tarrina pequeña de mermelada (20-25g)
Previo a la competición	Ir bebiendo agua, pequeños sorbos durante la hora previa a la competición	

## Anexo 5. Pautas nutricionales a seguir durante la competición medio IM.

<b>Segmento NATACION</b> <b>(aproximadamente 30 minutos)</b> Imposible la ingesta de alimentos Ingesta de agua (200-300ml) a la salida del mar y transición 1 (natación-bici) en el caso de que haya avituallamiento de agua o intentar disponer un bidón de agua en la bici para poder beber.		
<b>Segmento BICI</b> <b>(3 horas y 30 minutos aproximadamente)</b>		
1	500-600ml bebida de reposición + sorbos de agua 1 gel + 1 barrita  <b>Total: 86gHC y 600ml</b>	Aprovechar los avituallamientos para coger la bebida de reposición, geles etc.  Los geles tienen una consistencia semisólida que resultan de gran interés ya para tomar energía en forma de hidratos de carbono.
2	500-600ml de bebida de reposición + sorbos de agua 1 gel + 1 plátano en trocitos,  <b>Total: 80-90gHC y 600ml</b>	Las barritas ofrecen una fuente compacta y rica en hidratos de carbono, con un bajo contenido en grasa y fibra (menos de 2g por barrita), además de una pequeña cantidad de proteínas. Ello ayuda a una mejor tolerancia digestiva y mejor asimilación de nutrientes por el organismo en esta parte del segmento. Se recomienda tomarla partida en trocitos.  Siempre que se tome un gel/barrita o trocitos de fruta es importante que se acompañe con un sorbo de agua.  Aprovechar durante los 30 minutos que quedan para llegar a la transición 2, para tomar un vial de guaraná.
3	500-600ml de bebida de reposición + sorbos de agua 1 gel + 1 barrita  <b>Total: 86gHC, 600ml</b>	
<b>Segmento CARRERA A PIE</b> <b>(1 hora y 30 minutos aproximadamente)</b>		
4	2 Vasos de 250ml de bebida de reposición + sorbos de agua 1 gel  <b>Total: 57gHC y 600ml</b>	Aprovechar los avituallamientos para coger la bebida de reposición, geles etc.  Cuando se tome gel, debe acompañarse de un sorbo de agua.
5	30 minutos aproximadamente  1 vaso de 250ml de bebida de reposición + sorbos de agua  <b>Total: 16gHC y 350ml</b>	
Meta	<b>Recuperación nutricional post-esfuerzo</b> <i>500ml de agua + dosis de batido recuperador (que contenga hidratos de carbono y proteínas) + trocitos de fruta + sándwich de fiambre.</i>	

## Anexo 6. Circuito de fuerza realizado por los participantes.

FASE		CIRCUITO	
PRINCIPALES		FZA BÁSICA	
<b>PRINCIPALES</b>			
<p>Priorizar la ejecución correcta de los ejercicios, observando bien la carga de entrenamiento, incluyendo respetar el ritmo de ejecución concéntrico / exocéntrico (subida / bajada del peso), series, repeticiones y ritmo de ejecución indicadas en la hoja de entrenamiento. Mientras no se determinen los pesos con un test submáximo (3ª-5ª sesión), asociar por la relación % y RPE.</p>			
<b>Prensa</b>	<b>Jalón Dorsal</b>	<b>Isquios Máquina</b>	<b>Press Pectoral</b>
			
Flexión de Rodilla hasta 90º	Escápulas juntas, hombros bajos	Fijar rodilla al eje de la máquina	En máquina
<b>Extensión de Rodilla</b>	<b>Gemelo-Sóleo</b>		
			
Flexión de Rodilla hasta 90º	En prensa o bordillo, bajar con 1p en 2-3", subir en 1" con 2p		
<b>COMPLEMENTARIOS</b>			
<p>Realizar al final de la sesión, los días que se disponga de tiempo, y sobretudo según la fatiga residual previa. Vigilar en caso de fatiga local elevada, reduciendo o eliminando ese ejercicio. Como pauta general, trabajar 1-2 series con las mismas referencias de carga y ritmo de ejecución que el resto de trabajo. Opcional añadir / alternar con CORE</p>			
<b>Remo en máquina</b>	<b>Abdomen-Psoas</b>	<b>Press Hombros</b>	
			
escápulas juntas, hombros bajos	Mantener pies elevados y pasar balón por debajo		

Anexo 7. Ejemplo de semana de entrenamiento del grupo POL.

Orden óptimo de contenidos de cada día		1		Mesociclo 2			
SEMANA	L	M	X	J	V	S	D
03-mar	Carrera Fza Bás/Dir	Carrera Fza Bás/Dir					
		6omas; 10' variados; 10' Tec contrastes Z2; 15' a pías Z4; 2x5'/30' 50 PtoMatras Z2; 50 Z3; 2x5'/30' 50 Pn lat Z1; 50 Pn Z1; 12' tuba 50 Z2; 50 Z1; 5' suaves			6omas; 10' Z1; 8x100/10' Tec contrastes Z1; 2x200/30' 50 PtoMatras Z1; 50 Z2; 10x50/30' Pn deitas Z1; 800 tuba Z1; 400 Rom Z2 diferentes posiciones; 100 suaves		
04-mar			8-90' Z1 (6 rodillo 70' Z1)			B: 60' CEXT + 5x6' Z5 cuesta ó desarrollo duro p' :3 + 2h CEXT	
			C: 30' Z1 + 4x3'/3' Z6 + 10' Z1	C: 40' Z1			
05-mar				Fza Básica: 2x15x60% Exp/1*			
							B:3h CEXT (total 60' CEXT y 120' UAE) + Transición a C: 100'<CCL
<b>RESERVACIONES</b> Prioridad de Sesiones: Para el orden de contenidos en el día, ver esquema de la zona superior. Rodajes breves van antes y/o después de la fuerza. Resto son sesiones aparte Zonas de Entrenamiento: Seguir las zonas según nomenclatura. Cefirse a las zonas por pulso o sensaciones mientras no se indiquen pautas de ritmo o potencia Control del Entrenamiento: Rellenar el control del entrenamiento y enviar periódicamente Medias de Recuperación:							

Anexo 8. Ejemplo de semana de entrenamiento del grupo THR.

Temporada 13-14



2

Mesociclo 2

Orden óptimo de contenidos de cada día	Carrera		Carrera		Carrera	V	S	D
	Fza Bás/Dir	Fza Bás/Dir	Fza Bás/Dir	Fza Bás/Dir				
SEMANA	L	M	X	J	V	S	D	
3-mar		Gomas: 10' variadas, 10' Tec contrastes Z2; 20' a pies Z3; 2x5'/30" 50 PtoMathras Z2, 50 Z3; 2x5'/30" 50 Pn lat Z1, 50 Pn Z1; 12' tuba 50 Z2, 50 Z1; 5' suaves			Gomas: 10' Z1; 8x100/10" Tec contrastes Z1; 2x200/30" 50 PtoMathras Z1, 50 Z2; 14x50/10" Pn alertas Z3; 800 tuba Z1; 400 Rem Z2 diferentes posiciones; 100 suaves			
4-mar			B: 90' Z1			B: 60' Z1 + 6x10' Z3 cuesta ó desarrollo duro r'=1:15" + 2h Z1		
5-mar	C: 40' Z1		C: 10' Z1 + 60' Z3	C: 40' Z1				
6-mar	Fza Básica: 3x6x75% Expl/1"	CORE		Fza Básica: 2x15x60% Expl/1"	CORE			
7-mar								8:3h Z1 (total 60' Z1 y 120' Z2) + Transición a C 100' Z1
OBSERVACIONES	Prioridad de Sesiones: Para el orden de contenidos en el día, ver esquema de la zona superior. Rodajes breves van antes y/o después de la fuerza. Resto son sesiones aparte							
	Zonas de Entrenamiento: Seguir las zonas según nomenclatura. Ceñirse a las zonas por pulso o sensaciones mientras no se indiquen pautas de ritmo o potencia							
Control del Entrenamiento: Rellenar el control del entrenamiento y enviar periódicamente								
Medidas de Recuperación:								
Otros:								