

Comparación de una planificación basada en el entrenamiento polarizado con una basada en el entrenamiento entre umbrales en triatletas de élite en modalidad sprint

Àlex Pérez Gómez

Trabajo Final de Grado

Tutora: Mónica Morral Yepes

Curso 2022-2023

Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Índice

1. Resumen	7
1. Abstract	8
2. Introducción	9
3. Justificación del estudio	11
4. Hipótesis y objetivos	12
5. Metodología	14
5.1 Diseño del estudio	14
5.2 Población y muestra	14
5.3 Asignación de los individuos a los grupos del estudio	15
5.4 Variables del estudio	15
5.5 Procedimiento	16
5.6 Espacios y material	26
5.7 Análisis estadístico	27
5.8 Consideraciones éticas	27
6. Cronograma	32
7. Presupuesto	33
8. Limitaciones y prospectiva	35
9. Referencias bibliográficas	37

Índice de tablas

Tabla 1: Intensidad de cada tipo de carga.	10
Tabla 2: Tiempo de recuperación estimado entre dos entrenamientos del mismo tipo de carga para estar recuperados del anterior entrenamiento.	21
Tabla 3: Cronograma de temporalización del estudio.	32
Tabla 4: Presupuesto para poder llevar a cabo el estudio.	33

Índice de figuras

Figura 1: Ejemplo de microciclo de carga.....	18
Figura 2: Ejemplo de microciclo de activación.....	19
Figura 3: Ejemplo de microciclo de competición.	20
Figura 4: Ejemplo de microciclo de recuperación.	21
Figura 5: Planificación del macrociclo competitivo basada en la metodología de entrenamiento entre polarizado.....	24
Figura 6: Planificación del macrociclo competitivo basada en la metodología de entrenamiento entre umbrales.....	25

Glosario

VO₂máx - Consumo Máximo de Oxígeno

FCmáx - Frecuencia Cardíaca Máxima

VAM - Velocidad Aeróbica Máxima

mM/l – Mili-moles por litro

W - Vatios

W/min – Vatios por minuto

PAM - Potencia Aeróbica Máxima

AEL - Aeróbico Ligero

AEM - Aeróbico Medio

AEI - Aeróbico Intenso

T1 - Primera Transición de un triatlón (Natación – Bici)

T2 - Segunda Transición de un triatlón (Bici – Carrera a pie)

HIPER - Hipertrofia

FMAX - Fuerza Máxima

FEXP - Fuerza Explosiva

PREV. LESIONES - Prevención de Lesiones

UA - Umbral Aeróbico

UAN - Umbral Anaeróbico

TOLA - Tolerancia al Lactato

MPLA - Máxima Producción de Lactato

VEL - Velocidad

AN. ALAC. - Anaeróbico Aláctico

1. Resumen

El triatlón es un deporte que combina tres disciplinas, la natación, el ciclismo y la carrera a pie. Al ser un deporte que se ha profesionalizado hace relativamente pocos años no hay muchos estudios sobre el mismo.

Con este estudio se busca comparar el rendimiento deportivo de triatletas de élite a partir de dos planificaciones basadas en metodologías de entrenamiento distintas. Por un lado, se encuentra el grupo control que su planificación se basa en la metodología de entrenamiento entre umbrales, es decir un entrenamiento más tradicional, que prioriza el trabajo aeróbico ligero y medio. Y por el otro se encuentra el grupo de intervención que su planificación se basa en la metodología de entrenamiento polarizado que prioriza el trabajo aeróbico ligero e intenso.

Los dos grupos comparten el mismo calendario competitivo y realizan los mismos tests de evaluación sobre las tres disciplinas durante los mismos microciclos de la temporada. Repitiendo estos tests a lo largo del año se puede comparar la mejora del rendimiento entre deportistas y entre grupos. De esta manera se puede saber si una de las dos metodologías aporta mayores beneficios. Aún así, si existe una tipología de entrenamiento más beneficiosa, no es un seguro de mayor rendimiento en competición entre sujetos. Sí que debería serlo en el mismo sujeto conforme avanza el calendario competitivo.

Palabras Clave: Entrenamiento entre umbrales, entrenamiento polarizado, aeróbico y triatlón.

1. Abstract

Triathlon is a sport that combines three disciplines: swimming, cycling, and running. As it is a sport that has been professionalized relatively recently, there are not many studies on it.

This study aims to compare the sports performance of elite triathletes based on two different training methodologies. On one hand, there is the control group, whose training is based on the threshold training methodology, a more traditional one, approach that prioritizes light and moderate aerobic work. On the other hand, there is the intervention group, whose training is based on the polarized training methodology that prioritizes both light and intense aerobic work.

Both groups share the same competitive schedule and perform the same evaluation tests on the three disciplines during the same microcycles of the season. By repeating these tests throughout the year, it is possible to compare the performance improvement between athletes and between groups. This way, it can be determined if one of the two methodologies provides greater benefits. However, if a more beneficial training typology exists, it is not a guarantee of greater performance in competition between subjects. It should be in the same subject as the competitive schedule progresses.

Keywords: Threshold training, polarized training, aerobic, and triathlon.

2. Introducció

El triatlón es un deporte que combina tres disciplinas, la natación, el ciclismo y la carrera a pie, en este orden. Dentro de este deporte se puede encontrar varios formatos según la distancia recorrida en cada segmento teniendo así la distancia super sprint, sprint, olímpico, larga distancia y ironman [1]. Aun así, la modalidad super sprint queda reservada para categorías de menores, hasta triatletas juveniles de 17 años que mezclan competiciones super sprint con sprint, o en formatos especiales dónde se busca dar espectacularidad al triatlón, dado que es un deporte minoritario.

Es un deporte de resistencia en el que predominan el sistema aeróbico y el sistema anaeróbico láctico por la duración de las pruebas [2][3], que pueden oscilar en triatletas de élite entre media hora en modalidad sprint y ocho horas en un ironman, y por la gran cantidad de cambios de ritmo, aceleraciones y desaceleraciones que se dan durante las pruebas.

Al ser un deporte donde se trabajan disciplinas tan diferentes en una misma prueba no hay una metodología de entrenamiento establecida dado que cada equipo o federación utiliza distintos tipos de entrenamientos en función de las características de su grupo de triatletas que, si hablamos en deportistas de élite, va directamente relacionado con la estrategia. Es decir, que dentro de una misma selección podemos ver como la planificación cambia en función de los objetivos de cada deportista para rendir de la manera más óptima.

En este estudio se busca comparar una planificación anual basada en el modelo de entrenamiento polarizado [3][4][5][6] con otra basada en el modelo de entrenamiento entre umbrales en triatletas de élite.

En el modelo trifásico para el trabajo de la resistencia de Skinner y McLellan [7] se describen tres zonas [8] que indican la intensidad del entrenamiento en función a los cambios ventilatorios y el nivel de lactato en sangre [9]. En la zona 1 o eficiencia aeróbica se habla de valores entre el 45-65% del VO₂máx, entre el 65-80% de la FCmáx y entre 2-3mM/l de ácido láctico (Tabla 1) [9][10]. En la zona 2 o capacidad aeróbica se habla de valores entre el 66-85% del VO₂máx, entre el 81-90% de la

FCmáx y entre 3-4mM/l de ácido láctico (Tabla 1) [9][10]. Por último, en la zona 3 o potencia aeróbica se habla de valores entre el 86-100% del VO2máx, entre el 91-100% de la FCmáx y entre 5-8mM/l de ácido láctico (Tabla 1) [9][10]. Al límite entre la zona 1 y la 2 se le conoce como umbral aeróbico y al límite entre la zona 2 y 3 como umbral anaeróbico. Estos umbrales y los valores de % del VO2máx, % de la FCmáx y niveles de lactato en sangre varían entre deportistas, y dentro del mismo deportista estos también pueden cambiar con el tiempo tanto por estar entrenando como por estar en una fase de desentrenamiento [9].

A partir de aquí, el entrenamiento entre umbrales prioriza los ritmos e intensidades entre el umbral aeróbico y el anaeróbico, es decir, entrenamiento en zona 2. En cambio, el entrenamiento polarizado prioriza intensidades por encima del umbral anaeróbico, es decir, entrenamiento en zona 3 (Tabla 1) [3][4][5][6][11][12], evitando en la medida de lo posible el entrenamiento en zona 2 (Tabla 1) [8]. Ambas metodologías tienen en común un porcentaje de entrenamiento considerable en zona 1 o entrenamiento en aeróbico ligero (Tabla 1) [10].

Tipo de Carga	% VO2máx	% FCmáx	Lactato	% VAM
Eficiencia Aeróbica (Aeróbico Ligero)	45-65% VO2máx	65-80% FCmáx	2-3 mM/l	45-65% VAM
Capacidad Aeróbica (Aeróbico Medio)	66-85% VO2máx	81-90% FCmáx	3-4 mM/l	66-85% VAM
Potencia Aeróbica (Aeróbico Intenso)	86-100% VO2máx	91-100%FCmáx	5-8 mM/l	86-110% VAM
Capacidad Anaeróbica Láctica (Tolerancia al lactato)	Máxima	Máxima	9-15 mM/l	111-120% VAM
Potencia Anaeróbica Láctica (Máxima producción de lactato)	Máxima	Máxima	>15 mM/l	>120% VAM

Tabla 1: Intensidad de cada tipo de carga. %VO2máx es porcentaje de consumo máximo de oxígeno; %FCmáx es porcentaje de frecuencia cardiaca máxima; %VAM es porcentaje de velocidad aeróbica máxima.

3. Justificación del estudio

El triatlón es un deporte minoritario que poco a poco se está popularizando, sobre todo en deportistas amateurs que compiten por libre o simplemente lo practican de manera recreativa. Sin embargo, cuando se habla de triatletas federados por un club o triatletas de élite que entrenan con la selección se puede dar a entender que existe una metodología clave o una base para lograr grandes resultados, aunque no sea así.

Actualmente, cuesta mucho encontrar información contrastada científicamente y específica para triatlón en cuanto a metodología de entrenamiento [\[4\]](#). Existen planificaciones de atletismo ligeramente modificadas para el tramo de carrera a pie donde se le añade alguna sesión semanal de natación y una tirada larga de ciclismo o incluso viceversa con el ciclismo como deporte dominante y los restantes como añadidos.

Cuando llegas a cierto nivel existe la necesidad de una planificación más cerrada y estudiada que siga una línea o metodología la cual conlleve realizar sesiones más periódicas de cada disciplina o incluso varias sesiones al día combinando disciplinas dado que nos encontramos ante un deporte donde dominar los tres segmentos es clave. Y no solo trabajar más frecuentemente cada segmento, sino trabajarlos de manera consecutiva ya que no es lo mismo realizar un entrenamiento de bici que subirnos a la bici con una fatiga acumulada de haber nadado y cambiar de disciplina sin descanso.

Por todo esto, con este proyecto se busca comparar dos métodos de entrenamiento; el polarizado y entre umbrales, para ver si realmente hay una tipología que optimice el rendimiento en triatletas de élite, en este caso.

4. Hipótesis y objetivos

Hipótesis Principal

Una planificación basada en el entrenamiento polarizado provoca mejores resultados deportivos en triatletas de alto rendimiento en modalidad sprint que una planificación basada en el entrenamiento entre umbrales.

Hipótesis Secundarias

1. El entrenamiento polarizado consigue que nos mantengamos en una forma óptima durante más competiciones en temporada que el entrenamiento entre umbrales.
2. El entrenamiento polarizado retrasa la acumulación de altos niveles de lactato en ejercicio de alta intensidad.
3. El entrenamiento entre umbrales desgasta a los triatletas condicionando su estado físico para entrenamientos posteriores.
4. El entrenamiento polarizado mejora la eficiencia aeróbica, lo que provoca una mejora tanto en el umbral aeróbico como en el umbral anaeróbico [\[3\]\[5\]\[6\]\[11\]\[12\]\[13\]\[14\]\[15\]\[16\]](#).
5. El entrenamiento polarizado mejora el umbral anaeróbico acercándose al consumo máximo de oxígeno (VO₂máx.) [\[3\]\[5\]\[6\]\[11\]\[12\]\[13\]\[15\]\[16\]](#).

Objetivo Principal

Comparar los efectos que producen una planificación anual basada en el entrenamiento polarizado y otra basada en el entrenamiento entre umbrales en triatletas de élite en modalidad sprint.

Objetivos secundarios

1. Comparar los efectos sobre el VO₂máx entre triatletas de élite que siguen una planificación anual basada en el entrenamiento polarizado y una basada en el entrenamiento entre umbrales.
2. Comparar los efectos sobre la tolerancia al lactato entre triatletas de élite que siguen una planificación anual basada en el entrenamiento polarizado y una basada en el entrenamiento entre umbrales.

3. Comparar los resultados competitivos entre triatletas de élite que siguen una planificación anual basada en el entrenamiento polarizado y una basada en el entrenamiento entre umbrales.

5. Metodología

5.1 Diseño del estudio

Se divide la muestra en dos grupos de manera aleatoria quedando un primer grupo control que realiza una planificación anual basada en el entrenamiento entre umbrales y un grupo de intervención que realiza una planificación anual basada en el entrenamiento polarizado [3][4][5][6][11][12]. El objetivo es comparar los efectos de ambos tipos de entrenamiento afrontando un calendario competitivo común para todas y todos los triatletas que forman la muestra.

5.2 Población y muestra

El tamaño de muestra para cada grupo fue de 10. Este tamaño muestral se ha determinado para detectar diferencias sustanciales ($ES=1.2$) en una prueba T de dos muestras independientes con una potencia estadística del 80% y un nivel de significancia de $\alpha=0,05$, utilizando G*Power (versión 3.1.9.6).

Como criterios de inclusión se demandan triatletas de élite, tanto hombre como mujeres, especialistas en modalidad sprint u olímpico, que se encuentren entre las categorías júnior y absoluto y que se encuentren en un programa de entrenamiento con una selección nacional o que estén clasificados para disputar un campeonato continental o mundial o Juegos Olímpicos.

Los criterios de exclusión son triatletas no federados, triatletas federados de categorías menores, es decir, juveniles o más pequeños, triatletas federados de categoría veteranos/as, triatletas que no sigan un programa de entrenamiento con una federación nacional, triatletas que hayan sufrido una lesión en los anteriores 6 meses, triatletas que no estén clasificados para disputar un campeonato continental o mundial o Juegos Olímpicos.

El método utilizado para generar la muestra será mediante el diálogo con las federaciones de países que tengan representantes en alguno de los campeonatos mencionados en los criterios de inclusión.

5.3 Asignación de los individuos a los grupos del estudio

El estudio consta de dos grupos, un grupo control de 10 triatletas (5 hombres y 5 mujeres) de élite que realizará una planificación anual basada en la metodología de entrenamiento entre umbrales, y un grupo de intervención de 10 triatletas (5 hombres y 5 mujeres) de élite que realizará una planificación anual basada en la metodología de entrenamiento polarizado [3][4][5][6][11][12]. La asignación de grupo será aleatoria, es decir que se trata de un ensayo clínico aleatorio.

5.4 Variables del estudio

Para analizar la evolución de los integrantes de ambos grupos se realizarán una serie de tests, además del mismo calendario competitivo. Se llevará a cabo un test maximal con potenciómetro de 6 minutos de bici en rodillo [17], un test incremental de potencia de bici en rodillo con calentamiento de 10 minutos a 100 W de potencia y un aumento de 30 W/min hasta alcanzar un cociente respiratorio de $R \geq 1$ y entonces aumentar 10W/min hasta llegar al agotamiento para encontrar la potencia aeróbica máxima (PAM) [17][18], un test maximal de carrera a pie de 1800 metros [17], un test incremental de carrera a pie de seis series de 1200 metros aumentando el ritmo para encontrar la velocidad aeróbica máxima (VAM) acompañado por un audio que marca el ritmo cada 25 metros [17], un test maximal de natación de 400 metros [17] y un test incremental de seis series de 200 metros aumentando el ritmo para encontrar la VAM [17]. Todos estos tests se realizan como control del rendimiento y para actualizar las zonas de entrenamiento en los triatletas de la selección catalana del Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallès.

Los protocolos que se siguen en la toma de lactatos tanto en tests maximales como en tests incrementales consisten en pinchar en la oreja y recoger una muestra de sangre justo al llegar de

cada serie a excepción de la última que se tomará al acabar la serie y pasados 3 y 5 minutos. De esta manera se puede extraer la curva de lactato correlacionada con los ritmos de carrera y así sacando también los ritmos de entrenamiento en función de los umbrales ventilatorios.

Con todos estos test se pretende extraer el VO₂máx con su curva, la curva de lactato en sangre y la evolución de la frecuencia cardíaca [9]. Y a la vez con estos datos se generan las zonas de intensidad con las que se programan los entrenamientos y se puede ver la evolución de las zonas, ya que son cambiantes [8].

Los test se realizarán en tres momentos de la intervención respetando las competiciones principales del calendario.

Ambos grupos coinciden con el orden y el número de sesiones a realizar por semana, las cuales cambian en función del tipo de microciclo en el que se encuentren. La diferencia de cada sesión viene definida por la intensidad y el volumen de cada grupo, es decir, para un entrenamiento de series de natación, el grupo de entrenamiento polarizado prioriza series en aeróbico ligero (AEL) y aeróbico intenso (AEI) [3][4][5][6][11][12], mientras que el grupo de entrenamiento entre umbrales prioriza series en aeróbico ligero y aeróbico medio (AEM). El volumen tiene que variar dado que los ritmos en AEM y AEI son de diferente intensidad y generan niveles de fatiga y adaptaciones distintos.

5.5 Procedimiento

Para poder ver cual de las dos metodologías de entrenamiento conduce a mejores resultados deportivos se ha creado una planificación para cada grupo del segundo macrociclo de una temporada de triatlón sprint, es decir, del momento de la temporada más específico del deporte dado que es en estos meses donde encontramos las competiciones de triatlón (Tablas 5 y 6). En las planificaciones se puede ver el calendario competitivo con los tipos de competiciones que nos vamos a encontrar. A cada competición se le asigna un grado de importancia de 0 a 10 siendo 10 la

competición más importante de la temporada. En función de estas competiciones se divide el macrociclo en 3 mesociclos que contienen como mínimo una competición objetivo. En función de estas pruebas se distribuyen los tipos de microciclos y los tests del estudio para que estos no influyan negativamente en el rendimiento en estas competiciones señaladas.

Hay 4 tipos de microciclos, de carga, de activación, de competición y de recuperación. A continuación, se presenta un ejemplo para cada microciclo y su explicación.

El microciclo de carga cuenta con gran volumen e intensidad haciendo que la carga de trabajo sea alta. Se puede apreciar un gran volumen de entrenamientos con predominio de aeróbico ligero y entrenamientos de series donde se combinan ritmos de AEL y ritmos propios de cada metodología de entrenamiento AEM en el grupo de entrenamiento entre umbrales y AEI en el grupo polarizado (Figura 1) [\[3\]\[4\]\[5\]\[6\]\[11\]\[12\]](#). Es en este tipo de microciclos donde se realizan los tests del estudio por la carga de entrenamiento y por ser el momento más óptimo en un calendario competitivo tan ajustado.

Todos los ritmos de los entrenamientos de series o de fartlek se encuentran adaptados para cada grupo del estudio. De esta manera, un fartlek de carrera a pie consiste en intervalos de AEM y AEL para el grupo de metodología entre umbrales y en cambio para el grupo polarizado combina intervalos de AEI (ritmo de prueba) y AEL. Como los ritmos del grupo polarizado son más exigentes se reduce el tiempo de trabajo en esas zonas altas y se aumenta el trabajo en zona 1 respecto al grupo que trabaja entre umbrales. Se trabaja más tiempo en zona 2 que el grupo polarizado en zona 3 y por el contrario hay un trabajo más corto en zona 1 que en el grupo polarizado.

Distribución entrenamientos semana de carga							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Sesiones Mañana	Fartlek carrera a pie	Series Natación	Series en pista carrera a pie	Series bici	Fartlek carrera a pie	Fartlek extensivo Bici	Continuo armónico aeróbico ligero carrera a pie
Sesiones Tarde	Hipertrofia Gimnasio	Fartlek de bici	Hipertrofia Gimnasio	Aeróbico ligero + series (boyas) natación	Prevención de lesiones Gimnasio	Aeróbico ligero natación	
	Aeróbico ligero natación		Aeróbico ligero natación		Series natación		

Figura 1: Ejemplo de microciclo de carga.

En el microciclo de activación se reduce el volumen y la intensidad de la semana en general para crear la fase de tapering y no llegar con fatiga a la competición (Figura 2). Se sigue con los entrenamientos en AEL y se incorporan las sesiones de series cortas y ritmos específicos de competición.

Todos los ritmos de los entrenamientos de series o de fartlek se encuentran adaptados para cada grupo del estudio de la misma manera que se ha explicado en el microciclo de carga. Al estar cerca de una competición, el grupo con metodología entre umbrales también realizará trabajo en AEL durante los entrenamientos con series cortas más cercanas a la competición o transiciones. Aún así, la proporción de trabajo siempre será menor que en la metodología polarizada.

Distribución entrenamientos semana de activación							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Sesiones Mañana	Fartlek carrera a pie	Series cortas de bici a ritmo de competición	Fartlek de bici en rodillo (T2)	Aeróbico ligero + series a ritmo de competición natación	Aeróbico ligero + series a ritmo de competición natación	Continuo armónico aeróbico ligero carrera a pie	Aeróbico ligero natación
			Series cortas de carrera a pie a ritmo de competición (T2)				
Sesiones Tarde	Fuerza Explosiva gimnasio	Aeróbico ligero + series a ritmo de competición natación	Aeróbico ligero natación	Fuerza Explosiva + Prevención de lesiones Gimnasio	Fartlek de bici		
	Series natación						

Figura 2: Ejemplo de microciclo de activación.

El microciclo de competición se basa en un trabajo enfocado a ritmos de competición en periodos cortos y en crear buenas sensaciones para la competición (Figura 3). Los entrenamientos del jueves y viernes se realizan en el lugar de la competición.

Todos los ritmos de los entrenamientos de series o de fartlek se encuentran adaptados para cada grupo del estudio que se ha explicado en el microciclo de carga. También sucede lo mismo que en el microciclo de activación con las series cortas específicas y entrenamientos de transiciones. Aún así se puede decir que el trabajo en estos microciclos es muy parecido entre grupos por el gran volumen de entrenamientos en AEL.

Distribución entrenamientos semana de competición							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Sesiones Mañana	Fartlek carrera a pie	Fartlek de bici	Fartlek de bici en rodillo (T2) Series cortas de carrera a pie a ritmo de competición (T2)	Continuo armónico aeróbico ligero carrera a pie	Reconocimiento del circuito (triatlón completo)	Competición	Competición
Sesiones Tarde	Aeróbico ligero natación	Aeróbico ligero + series a ritmo de competición natación	Fuerza Explosiva + Prevención de lesiones Gimnasio	Aeróbico ligero natación + series cortas a ritmo de competición	Continuo armónico aeróbico ligero carrera a pie corto	Competición	Competición

Figura 3: Ejemplo de microciclo de competición.

Finalmente, el microciclo de recuperación se utiliza como transición entre mesociclos y por lo tanto entre semanas de competición con semanas de carga (Figura 4). Se trata de movilizar el cuerpo para eliminar toda la fatiga tanto del mesociclo como la de la propia competición a partir de ejercicio en AEL.

Todos los ritmos de los entrenamientos de series o de fartlek se encuentran adaptados para cada grupo del estudio que se ha explicado en el microciclo de carga.

Distribución entrenamientos semana de recuperación							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Sesiones Mañana		Continuo armónico aeróbico ligero bici	Hipertrofia Gimnasio Fartlek carrera a pie	Fartlek de bici	Fartlek carrera a pie	Fartlek extensivo Bici	Aeróbico ligero natación
Sesiones Tarde		Series natació	Aeróbico ligero natación	Aeróbico ligero natación	Series natación		

Figura 4: Ejemplo de microciclo de recuperación.

En cuanto a los entrenamientos específicos de transiciones, estos consisten en enlazar entrenamientos de natación y ciclismo (T1), entrenamientos de ciclismo y carrera a pie (T2) o entrenamientos de multitransiciones, es decir, simular un triatlón (T1 + T2).

Para planificar la carga de entrenamiento y los ritmos de estos se tiene que tener en cuenta los descansos que necesita el cuerpo para poder recuperarse del estímulo generado por cada entrenamiento realizado sobre la misma carga de entrenamiento (Tabla 2) [10].

Tipo de Carga	Tiempo de recuperación estimado
Capacidad Aeróbica (Aeróbico Medio)	24-48 h
Potencia Aeróbica (Aeróbico Intenso)	48-72 h
Resistencia Anaeróbica Láctica	48-72 h
Resistencia Anaeróbica Aláctica	5-8 h
Fuerza Resistencia (Hipertrofia)	24-72 h
Fuerza Velocidad (Fuerza Explosiva)	24-72 h
Fuerza Máxima	24-72 h

Tabla 2: Tiempo de recuperación estimado entre dos entrenamientos del mismo tipo de carga para estar recuperados del anterior entrenamiento.

No se genera la misma fatiga planteando un entrenamiento orientado a la capacidad aeróbica que en uno orientado a la máxima producción de lactato [9]. Si no se respetan los descansos los deportistas pueden llegar a sufrir sobre entrenamiento que conlleva una bajada del rendimiento. Por norma general, se recomienda dejar entre 24-48 h para poder repetir un entrenamiento en aeróbico medio y entre 48-72h para repetir un entrenamiento en aeróbico intenso o anaeróbico láctico (Tabla 2). En cambio, un entrenamiento anaeróbico aláctico se puede repetir en pocas horas, entre 5-8 h (Tabla 2). Esto se debe a que la fatiga que se origina no es física sino mental. Son entrenamientos de series cortas y explosivas donde se busca dar el máximo durante pocos segundos y que produce fatiga neural que provoca una bajada del rendimiento. De la misma manera, un entrenamiento en aeróbico ligero se puede repetir pocas horas después dado que no genera gran fatiga y tiene que ser la base del entrenamiento de un deporte de resistencia [3]. Las fluctuaciones de descanso dependen del deportista y de la intensidad dentro del tipo de entrenamiento realizado.

Lo mismo sucede con las manifestaciones de la fuerza. Se estima un reposo de entre 24-72 h para las sesiones de fuerza en gimnasio sean orientadas a la hipertrofia, a la fuerza máxima o a la fuerza explosiva (Tabla 2). Si se realizan sesiones con un gran volumen de series y repeticiones o con pesos muy elevados serán más fatigantes.

En cuanto al objetivo de estudio, todos estos parámetros de carga de trabajo, tipo de entreno y descansos serán claves para poder determinar si existe una metodología de entrenamiento que presente mayores mejoras del rendimiento. Para poder comparar estas mejoras en el rendimiento entre un mismo deportista en dos momentos de la temporada y entre grupos del estudio se busca realizar la misma carga de trabajo en ambos grupos, pero variando el volumen y la intensidad (Tablas 5 y 6). Es decir que para el grupo de entrenamiento polarizado (Tabla 5) el 100% del volumen es una distancia o un tiempo distinto que para el grupo de entrenamiento entre umbrales (Tabla 6), pero la planificación gira entorno a ese 100% de ambos grupos. Lo mismo sucede con la intensidad. El 100% de la intensidad en el grupo de entrenamiento polarizado (Tabla 5) es un ritmo o unos vatios distintos que para el grupo de entrenamiento entre umbrales (Tabla 6), pero la planificación gira entorno a ese 100% de ambos grupos.

Siguiendo la misma línea, se establecen los días de entrenamiento en gimnasio y el tipo de entrenamiento (Tablas 5 y 6). El trabajo de la técnica de ejecución se excluye en la planificación

porque se da por hecho que se ha trabajado en el primer macrociclo durante la pretemporada y la fase de duatlón.

Finalmente, podemos ver como se desglosa en porcentajes las intensidades a las que se trabaja durante cada macrociclo a nivel aeróbico y anaeróbico en ambas planificaciones (Tablas 5 y 6). En el grupo de entrenamiento polarizado se trabaja más sobre el AEL y AEI (Tabla 5) [\[3\]](#)[\[4\]](#)[\[5\]](#)[\[6\]](#)[\[11\]](#)[\[12\]](#) mientras que en el grupo de entrenamiento entre umbrales se trabaja más sobre el AEL y AEM (Tabla

6

5.6 Espacios y material

Para poder llevar a cabo el proyecto se necesita contar con una pista de atletismo de 400 metros, una piscina de 25 o 50 metros, un gimnasio con máquinas y material variado para poder realizar las sesiones de físico y una sala con buena ventilación para poder realizar las sesiones de bici en rodillo. Además, se necesita como material individual para cada sujeto un thera band, un foam roller, dos bandas de resistencias diferentes de tela, una banda con pulsómetro y un reloj que nos recoja los datos de los entrenamientos (a parte de una bicicleta de carretera con calas, unas zapatillas de entrenamiento y otras de competición, un neopreno y gorro, gafas y bañador de natación).

En cuanto a instrumentos de medición para los test se necesita un potenciómetro que calcule los vatios de potencia que se genera en la bici, dos cronómetros para poder llevar los ritmos en los test de carrera a pie y natación, un kit que cuente con tiras reactivas de lactato, analizador de lactato, agujas para poder recoger tomas de lactatos en los test incrementales y realizar la curva de lactato en sangre y un ordenador donde queden registrados todos los datos por pruebas y por sujeto.

Por último, se podrá encontrar de forma esquemática el calendario de la temporada 2022-23 con las competiciones, tests y concentraciones en el Excel adjunto al documento.

5.7 Análisis estadístico

Se utilizará SPSS versión 27.0 como programa estadístico para procesar los datos, y de dónde se extraerán parámetros estadísticos simples de promedio, desviación estándar, máximos y mínimos.

Seguidamente se comprobará si la muestra sigue una distribución normal a partir del test Shapiro Wilk dado que la esta es menor que 50 individuos. A partir de aquí, se obtiene un p-valor. Si p-valor $> 0,05$ se cumple la hipótesis nula siguiendo una distribución normal y usando la prueba ANOVA para más de una comparativa entre grupos e individuos en diferentes momentos de la temporada. Si p-valor $< 0,05$ no se cumple la hipótesis nula y no sigue una distribución normal, por lo que se utilizará Friedman. En ambos casos el nivel de significancia se ubicará en un p-valor $< 0,05$. Se realizarán también pruebas post hoc de comparación a pares para comprobar donde aparecen las diferencias significativas en caso de encontrarlas, usando Tukey en caso de que los datos sigan una distribución normal o Durbin Conover en caso de que no.

5.8 Consideraciones éticas

A continuación, se adjunta la hoja de información y consentimiento informado que se le entregaría a cada participante en caso de llevarse a cabo el estudio donde se comenta el objetivo del proyecto y los requisitos que se exigen para poder ser parte de la muestra del estudio. Además, se pueden encontrar los derechos del participante.

INFORMACIÓN PARA LOS PARTICIPANTES

El/la estudiante Àlex Pérez Gómez del grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, dirigido/a por Mónica Morral Yepes, está llevando a cabo el proyecto de investigación “Comparación de una planificación anual basada en el entrenamiento polarizado con una basada en el entrenamiento entre umbrales en triatletas de élite en modalidad sprint”.

El proyecto tiene como finalidad comparar los efectos que producen una planificación anual basada en el entrenamiento polarizado y otra basada en el entrenamiento entre umbrales en triatletas de élite en modalidad sprint. En primer lugar, se divide a todos los triatletas que formarán parte del estudio en dos grupos de manera aleatorio y de esta manera se sabrá que método de entrenamiento tiene que seguir cada integrante durante la temporada y, en segundo lugar, seguir el calendario competitivo marcado realizando la planificación que se le asigna a su grupo y el seguimiento con diferentes test que se realizarán en varios momentos de la temporada para ver la evolución y los efectos de dicho entrenamiento. En el proyecto participan los siguientes centros de investigación: Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallès, Federación Española de Triatlón, Federació Catalana de Triatló y la Universidad Tecnocampus. En el contexto de esta investigación, le pedimos su colaboración para que siga la planificación que se le ha sido asignada en base al tipo de entrenamiento que le haya tocado, ya que usted cumple los siguientes criterios de inclusión: se demandan triatletas de élite, tanto hombre como mujeres, especialistas en modalidad sprint u olímpico, que se encuentren entre las categorías júnior y absoluto y que se encuentren en un programa de entrenamiento con una selección nacional o que estén clasificados para disputar un campeonato continental o mundial o Juegos Olímpicos.

Esta colaboración implica participar en competiciones de nivel nacional e internacional y de liga catalana de triatlón, además de dos periodos de concentración y los test que se realizarán en varios momentos de la temporada.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo responsable el investigador principal. Dichos datos quedarían protegidos mediante un software que almacene los datos, y únicamente el investigador principal podrá acceder a ellos.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle. Puede contactar con nosotros a través del formulario que encontrará en nuestra página web: triatlo.org.

CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE], mayor de edad, con DNI [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre e interés propio,

DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto “Comparación de una planificación anual basada en el entrenamiento polarizado con una basada en el entrenamiento entre umbrales en triatletas de élite en modalidad sprint”, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

[CUANDO PROCEDA:] Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A:

1. Participar en el proyecto “Comparación de una planificación anual basada en el entrenamiento polarizado con una basada en el entrenamiento entre umbrales en triatletas de élite en modalidad sprint”
2. Que Àlex Pérez Gómez y su director/a Mónica Morral Yepes puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En [CIUDAD], a [DIA/MES/AÑO]

[FIRMA PARTICIPANTE]
DIRECTOR/A]

[FIRMA DEL ESTUDIANTE] [FIRMA DEL

6. Cronograma

En este punto se puede ver como se ha gestionado el tiempo y las semanas que se le ha dedicado a cada punto del trabajo.

Etapas del proyecto	2023																											
	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio			
	Semanas																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Introducción, Justificación, Hipótesis y Objetivos																												
Revisión Bibliográfica																												
Redacción del marco teórico y antecedentes																												
Redacción de la justificación, hipótesis y objetivos																												
Metodología																												
Diseño del estudio																												
Diseño de la planificación																												
Diseño de los tests																												
Redacción de la memoria del trabajo																												
Defensa																												

Tabla 3: Cronograma de temporalización del estudio.

7. Presupuesto

El presupuesto para poder llevar a cabo este estudio recae en el material necesario para hacer los tests y material de entrenamiento no propio de los triatletas. Es decir que no se contempla en este apartado los costes de bicicleta de carretera, calas para la bicicleta, zapatillas para calas de bicicleta de carretera, casco de bicicleta, potenciómetro, zapatillas de entrenamiento y de competición para carrera a pie, neopreno, bañador de entrenamiento, gorro de entrenamiento, gafas de natación, tabla de natación, pull de natación, palas y aletas de natación, reloj con el que controlar ritmos y poder subir todos los datos de los entrenamientos, banda con pulsómetro para los entrenamientos, elásticos de tela y thera band.

Tampoco se ven reflejados los productos de ergonutrición que puedan utilizar durante la temporada en entrenos y competiciones como geles de carbohidratos, polvos isotónicos y gominolas.

Dicho esto, nos encontramos con:

Material	Nº de unidades	Precio por unidad	Precio total
Rodillo de bicicleta	20	448,16 €	8.963,20 €
Adaptadores para rodillo de bicicleta	20	9,85 €	197,00 €
Pulsómetro de brazo	20	39,99 €	799,80 €
Maletín con medidor de lactato instantáneo, agujas de lactato hipodérmicas, caja con tiras reactivas para lactato	1	461,46 €	461,46 €
Caja con tiras reactivas para lactato (25 tiras por caja)	150	50,82 €	7.623,00 €
Agujas de lactato hipodérmicas (100 agujas por caja)	4	8,01 €	32,04 €
Contenedor para reciclar agujas de lactato	1	11,99 €	11,99 €
Cronómetro	2	46,50 €	93,00 €
TOTAL			18.181,49 €

Tabla 4: Presupuesto para poder llevar a cabo el estudio.

Estos costes se reducen si se obtienen ayudas por parte de alguna entidad del deporte como la Federación Catalana de Triatlón.

8. Limitaciones y prospectiva

El triatlón es un deporte bastante reciente que a día de hoy se está empezando a profesionalizar. Además, al ser un deporte que une tres disciplinas cuesta mucho ser un deportista completo. Por todo esto se puede apreciar la gran variedad de metodologías de entrenamientos que se utilizan y mejoran el rendimiento a nivel de élite. Hay triatletas que prefieren entrenar su disciplina más débil y en cambio hay otros que su estrategia para rendir deportivamente depende de la situación de carrera o de su sector fuerte.

En estos últimos dos años las tendencias están cambiando mucho. El tramo de bicicleta que antes se utilizaba como descanso o transición entre las otras disciplinas beneficiando a triatletas que provienen de la natación o atletismo pasa a ser un tramo agónico. Se busca castigar al grupo para llegar al último tramo de carrera a pie con las fuerzas justas y es aquí donde cobra sentido el entrenamiento polarizado [3][4]. Estas situaciones fuerzan a trabajar a niveles de umbral anaeróbico y de tolerancia al lactato [9]. Pero en caso de darse carreras más controladas, que todavía se siguen viendo, el trabajo entre umbrales se asemeja más. Por lo tanto, se puede decir que un triatleta con una planificación basada en el entrenamiento polarizado y que por lo tanto no entrena ritmos por debajo del umbral anaeróbico puede rendir peor que un triatleta que sigue una planificación basada en entrenamiento entre umbrales.

Por otra parte, la muestra de cada grupo es de tan solo diez triatletas, 5 hombres y 5 mujeres. Es una muestra pequeña y en caso de lesión de algún/a deportista durante la intervención, los resultados podrían ser pobres. Aún así es una muestra realista por lo comentado anteriormente, es un deporte que se está profesionalizando y cuesta encontrar a 20 triatletas de élite que puedan realizar un estudio de un año completo.

Además, como se puede ver en el apartado de presupuesto, llevar a cabo el estudio es costoso y más siendo un deporte que no genera el dinero que se puede obtener en otros más explotados a nivel de retransmisión y atractivo turístico.

Finalmente, el triatlón es un deporte complicado y cambiante con muchas variables que hacen que cada carrera sea distinta a la anterior y por lo tanto se tiene que estudiar el significado de rendimiento. Se puede dar la situación de obtener mejores resultados y/o mayor mejora por parte de los/las triatletas de uno de los grupos del estudio en los tests planteados y que los/las del otro grupo rindan mejor en competición por la situación, el ritmo de carrera y el circuito.

9. Referencias bibliográficas

1. de Gomar, E. (2021, October 20). *Tipos de triatlón: ¿Cuáles son las principales modalidades y distancias?* FETRI. <https://triatlon.org/blog/tipos-de-triatlon-cuales-son-las-principales-modalidades-y-distancias/>
2. El Entrenamiento Polarizado Ejerce un Mayor Impacto sobre las Variables Claves para la Resistencia al que Ejercen los Entrenamientos Umbral, de Alta Intensidad y de Alto Volumen [Internet]. Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). [citado el 19 de febrero de 2023]. Disponible en: [El Entrenamiento Polarizado Ejerce un Mayor Impacto sobre las Variables Claves para la Resistencia al que Ejercen los Entrenamientos Umbral, de Alta Intensidad y de Alto Volumen \(g-se.com\)](http://g-se.com)
3. Hebisz P, Hebisz R. The effect of polarized training (SIT, HIIT, and ET) on muscle thickness and anaerobic power in trained cyclists. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 [cited 2023 Feb 19];18(12):6547. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34207008/>
4. Sellés Pérez S. Efectos de la distribución de la intensidad de entrenamiento en triatletas populares de larga distancia: modelo polarizado y modelo entre umbrales [Internet]. Rua.ua.es. [cited 2023 Feb 19]. Available from: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/82787/1/tesis_serpio_selles_perez.pdf
5. Hebisz P, Hebisz R, Drelak M. Comparison of aerobic capacity changes as a result of a polarized or block training program among trained mountain bike cyclists. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 [cited 2023 Feb 19];18(16):8865. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/16/8865>
6. Ebben, W. P., Kindler, A. G., Chirdon, K. A., Jenkins, N. C., Polichnowski, A. J., & Ng, A. V. (2004). The effect of high-load vs. high-repetition training on endurance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 513–517. <https://doi.org/10.1519/R-12722.1>
7. García Pallarés J. Zonas y métodos de entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. 2015 [cited 2023 Feb 20]; Available from: <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/44266>

8. Filipas L, Bonato M, Gallo G, Codella R. Efectos de 16 semanas de distribuciones de intensidad de entrenamiento piramidal y polarizado en corredores de resistencia bien entrenados. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2022 [citado el 19 de febrero de 2023];32(3):498–511. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34792817/>
9. García-Cardona, D., Sánchez-Muñoz, O., Campos, P., y Landázuri, P. (2021). Variación del lactato en triatletas durante una prueba sprint. *Vía Innova*, 8 (1), 19-26. <https://doi.org/10.23850/2422068X.3883>
10. Roberto Herrera Perea, M. P., & Zuniga Galaviz, C. U. (2020). *Teoría y Metodología del Entrenamiento Deportivo*. Editorial Academica Espanola.
11. 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. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00033>
12. Kenneally, M., Casado, A., & Santos-Concejero, J. (2017). The effect of periodisation and training intensity distribution on middle- and long-distance running performance: A systematic review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(9), 1–26. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0327>
13. Stöggl TL, Sperlich B. La distribución de la intensidad del entrenamiento entre atletas de resistencia de élite y bien entrenados. *Fisiol frontal* [Internet]. 2015 [citado el 19 de febrero de 2023];6:295. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26578968/>
14. Neal CM, Hunter AM, Brennan L, O'Sullivan A, Hamilton DL, De Vito G, et al. Seis semanas de una distribución de intensidad de entrenamiento polarizada conduce a mayores adaptaciones fisiológicas y de rendimiento que un modelo de umbral en ciclistas entrenados. *J Appl Physiol* [Internet]. 2013 [citado el 19 de febrero de 2023];114(4):461–71. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23264537/>
15. Stöggl T, Sperlich B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Front Physiol* [Internet]. 2014 [cited 2023 Feb 19];5:33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24550842/>
16. Cardinale, D. A., Larsen, F. J., Lännerström, J., Manselin, T., Södergård, O., Mijwel, S., Lindholm, P., Ekblom, B., & Boushel, R. (2019). Influence of hyperoxic-supplemented high-

- intensity interval training on hemotological and muscle mitochondrial adaptations in trained cyclists. *Frontiers in Physiology*, 10, 730. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00730>
17. Edu Massó, E. de la S. C. de T. del C. de A. R. de S. C. del V. (2023, May 4). [Letter to Tests Maximals e. Incrementales Que Realizan Los Triatletas Internos en el Car de Sant Cugat Para Extraer Los Umbrales y. Zonas de Entrenamientos a. Partir de Toma de lactatos ritmos potencia y frecuencia cardiaca.].
 18. González-Haro C. Validación de una prueba de campo para determinar la potencia aeróbica máxima en ciclismo. Tesis doctorales [Internet]. [cited 2023 Feb 19];0(3). Available from: <https://www.cafyd.com/REVISTA/ojs/index.php/bbddcafyd/article/view/430/250>