
CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA Y VALIDEZ DE UN MODELO DE ESTÍMULO-RESPUESTA EN TRIATLÓN

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

TRABAJO DE FIN DE GRADO

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

CURSO ACADÉMICO 2018-2019

ANTONIO ALBERT PÉREZ

TUTORES:

Dr. JOSÉ MANUEL SARABIA MARÍN

Dr. DIEGO PASTOR CAMPOS



ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1. .MODELOS DE CUANTIFICACIÓN APLICABLES AL TRIATLÓN.....	2
2.2. MODELOS DE ESTÍMULO Y RESPUESTA	5
2.3. PROBLEMÁTICA ENTRE MODELOS.....	6
2.4. OBJETIVO DEL TRABAJO.....	6
3. MÉTODO.....	6
3.1. DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN.....	6
3.2. DESCRIPCIÓN DEL INDIVIDUO.....	7
3.3. PLANIFICACIÓN DE LA INTERVENCIÓN.....	7
4. RESULTADOS.....	9
5. DISCUSIÓN.....	12
6. CONCLUSIONES.....	13
7. REFERENCIAS.....	14



1. RESUMEN

Introducción: El triatlón es una disciplina deportiva que nació a finales del siglo pasado, la cual ha ido creciendo exponencialmente en los últimos años, tanto en el volumen de deportistas que soy asiduos a su práctica, como en el profesionalismo, el cual ha ido aumentando de manera significativa, lo cual conlleva una serie de necesidades ligadas a la práctica, como el hecho de realizar minuciosas planificaciones, junto con exhaustivos controles de la carga de entrenamiento, mediante las que tanto entrenadores como deportistas traten de lograr los objetivos marcados. Algunos de estos modelos de control o cuantificación de la carga son los conocidos Training Impulse o TRIMP. Por otra parte, también surgen los modelos de estímulo-respuesta para tratar de realizar mejores planificaciones, sobre todo a largo plazo, mediante los que los entrenadores tratamos de predecir el rendimiento que nuestro deportista tendrá en cierta fecha específica, los cuales son de gran utilidad hoy en día. Por lo tanto, los principales objetivos que se persigue en este trabajo son: (1) comprobar la validez de los modelos utilizados para cuantificar la carga de entrenamiento en triatlón, (2) así como el de analizar el funcionamiento de modelos de estímulo y respuesta al ser aplicados a deportes multidisciplinares como es el triatlón. **Método:** Un triatleta amateur con 4 años de experiencia de 26 años de edad y un VO_{2max} de $60.8 \text{ (ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1})$ realizó una intervención de 12 semanas de duración en las cuales realizaba su entrenamiento habitual en las tres disciplinas que componen el triatlón, el cual fue cuantificado mediante los diversos modelos utilizados, y un test de valoración semanal de una duración de 20 minutos, en el cual se debían de realizar, 10 minutos de ciclismo y 10 minutos de carrera a pie. Tras las 12 semanas, tanto los datos de carga de entrenamiento como los de los resultados de los test, fueron analizados con un modelo de estímulo-respuesta para de ese modo, comprobar el ajuste de dicho modelo con los modelos de cuantificación, con el test de valoración y en general, con el propio triatlón. **Resultados:** Se obtuvo un mal ajuste entre las variables analizadas con todos los modelos de cuantificación analizados, por lo que se pudieron extraer diversas conclusiones. **Discusión:** Podríamos decir que algunos de los modelos de cuantificación de la carga utilizados en el trabajo, no ajustan correctamente el valor de variables como el volumen y la intensidad en el cómputo final de la carga, y que, por consiguiente, este pueda ser uno de los motivos por los cuales, el modelo de estímulo-respuesta utilizado no resulta útil para su uso en triatlón. El test de valoración utilizado parece ser erróneo también en cuanto a las propias características del deportista y en concreto con la propia modalidad que practica. **Conclusiones:** Es necesario seguir indagando para desarrollar tanto modelos o métodos de cuantificación para poder cuantificar el trabajo realizado por el propio triatleta y que se ese modo, se puedan realizar planificaciones más minuciosas. Del mismo modo, es necesario desarrollar test de valoración que sean válidos para evaluar a triatletas, los cuales sean principalmente sencillos de realizar, y los cuales nos aporten datos relevantes para la práctica.

Palabras clave: Triatlón; cuantificación; rendimiento; entrenamiento; carga.

2. INTRODUCCIÓN

El triatlón es un deporte que comenzó su andadura allá por mediados de los años setenta, el cual es un deporte que une tres disciplinas en una, realizándolas de manera consecutiva con sus debidas transiciones entre modalidad. Dichas disciplinas son, la natación, el ciclismo y la carrera a pie. Ofrece un amplio abanico de modalidades en las que participar, desde sus formatos más breves como el supersprint o el sprint, hasta los de larga distancia, los cuales constan de una duración superior a las 8 horas. La modalidad de distancia olímpica (1500m de nado, 40km de ciclismo y 10km de carrera a pie), está presente en los juegos olímpicos desde los celebrados en Sydney (Australia) en el año 2000.

El triatlón requiere una gran cantidad de volumen de entrenamiento para conseguir un alto nivel de rendimiento, desde el nivel amateur (14.9 ± 4.0 horas de entrenamiento semanal en deportistas amateur) (Valenzuela, P. L. y Arriba-Palomero, F., 2017) al profesional (21h 30min \pm 2h 45min para triatletas de élite) (Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M., 2012), sobre todo en las modalidades de mayor distancia. y.

Debido a esta gran cantidad de volumen que realizan los triatletas, de igual modo que ocurre en otras modalidades deportivas en las que también se trabaja con altos volúmenes de entrenamiento, como pueden ser el ciclismo o la carrera a pie, desde el nivel más amateur hasta la élite, es de vital importancia disponer de una correcta planificación y control de la carga de entrenamiento. Dicha estructuración y control puede ayudar, ya no solo en la mejora del rendimiento, sino también a la prevención de las temidas lesiones o afecciones sufridas por los deportistas, ya sea en cantidad o gravedad de estas.

Pero este seguimiento y control de dicho entrenamiento se ve acrecentado en el triatlón por la peculiaridad de disponer de tres disciplinas en una las cuales coexisten casi a diario en la vida del triatleta y producen, cada una de ellas, diferentes respuestas fisiológicas en los mismos (Kohrt, Wendy M., et al., 1987). Siendo por lo tanto de gran importancia su cuantificación, para que tanto entrenador como deportista se aseguren el correcto progreso y asimilación de las cargas propuestas en la planificación.

Por lo tanto, con motivo de esos grandes volúmenes de entrenamiento, la cuantificación de la carga del entrenamiento para la correcta planificación y práctica deportiva es fundamental si lo que buscan tanto el deportista como el entrenador es obtener un rendimiento óptimo a la vez que se evitan en mayor medida todo tipo de lesiones o afecciones.

2.1. MODELOS DE CUANTIFICACIÓN APLICABLES AL TRIATLÓN

Son varios los modelos de cuantificación de la carga de entrenamiento para deportes de resistencia de los que se disponen hoy en día, entre los más conocidos y utilizados encontramos varios que serán descritos brevemente a continuación.

En primer lugar, tenemos el modelo de los impulsos de entrenamiento propuesto por Banister et al. (1975) y que se denomina TRIMP, por sus siglas en inglés Training Impulse. Este modelo está basado en la respuesta de la frecuencia cardiaca (FC) durante el ejercicio físico. Su origen viene dado por el interés de dichos autores por establecer unos valores de carga metabólicos para cada actividad física dependiendo el sexo del deportista. Para ello, Banister y colaboradores elaboraron una curva de evolución del lactato desarrollada a partir de múltiples muestras tomadas, a partir de las que se obtuvieron unos valores promedios, los cuales, se aplican en su cálculo. Dicho modelo contempla las variables de volumen, FC media durante el entrenamiento,

FC máxima del sujeto y FC de reposo. Mediante dichas variables de la FC citadas anteriormente, obtenemos el cálculo del ΔFC .

BTRIMP= Duración del ejercicio (min) x X x Y

Donde $X = \Delta HR = \frac{HR_{ex} - HR_{rest}}{HR_{max} - HR_{rest}}$

Donde $Y = 0.64e^{1.92x}$ para hombres, $0.86e^{1.67x}$ para mujeres
(e= 2.712)

Ecuación 1. Cálculo del Training Impulse propuesto por Banister et al.

Po otro lado, tenemos el modelo de cuantificación de Edwards (1993), el cual asigna un valor diferente a cada zona de FC. Dichas zonas se componen de valores teóricos en función de la FCmáx del sujeto, y a cada una se le asigna un valor diferente. Este valor de intensidad debe de ser multiplicado por el tiempo que el deportista ha permanecido en dicha zona de FC para obtener el valor cuantitativo de carga de entrenamiento.

	% FC MÁX	VALOR
1	50-60%	x1
2	60-70%	x2
3	70-80%	x3
4	80-90%	x4
5	90-100%	x5

***FC MÁX (FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA).**

Figura 1. Zonas establecidas por Edwards.

Continuando cronológicamente en el tiempo, aparece el TRIMP de Lucía et al. (1999). En el cual se propuso un modelo que consta de tres zonas completamente individualizadas para cada individuo, siendo esta la principal diferencia con el modelo de Edwards.

Se presenta una zona 1 situada por debajo del primer umbral ventilatorio o VT1, una zona 2 que se sitúa entre umbrales ventilatorios, y una última zona 3 que se sitúa por encima de VT2.

ZONAS		VALOR
1	<VT1	x1
2	VT1-VT2	x2
3	>VT2	x3

Figura 2. Zonas establecidas por Lucia et al.

De igual modo que hemos visto anteriormente en el Trimp de Edwards, se debe multiplica el tiempo que el deportista permanece en dicha zona por ese valor.

Como último modelo que utiliza la FC como medio para cuantificar la carga del entrenamiento, tenemos el "Individualized TRIMP" (Manzi et al., 2009), el cual nace a partir del TRIMP propuesto por Banister et al. que ya hemos nombrado anteriormente. Como principal cambio, presenta una curva de lactato establecida individualmente en función del sujeto.

Como siguiente modelo, tenemos el sRPE (s), el cual es el único de los utilizados que posee carácter subjetivo. Este modelo multiplica el volumen del entrenamiento por un valor numérico correspondiente a la intensidad percibida por el propio deportista durante la sesión de

entrenamiento, que fluctúa de 1 a 10 y que se debe asignar aproximadamente, pasados 30 minutos del cese del entrenamiento.

Y por último modelo de los descritos en este trabajo, tenemos el único que fue desarrollado exclusivamente para el triatlón, el cual es el ECO's (Anta, R. C., & Esteve-Lanao, J., 2011) o Equivalentes de carga objetivos. Dicho modelo tiene como objetivo el integrar la complejidad que existe en un deporte que se compone por tres modalidades deportivas, junto con sus respectivas transiciones entre las mismas.

Para cuantificar la carga objetiva, se sigue el mismo patrón que en algunos de los modelos vistos previamente, otorgándole un valor diferente a cada zona en la que se encuentra el deportista. Pero como principal diferencia, se encuentra la de que otorga un valor diferente a cada deporte en función de unos ítems que desarrollan:

- a) Dificultad para mantener la técnica.
- b) Sensación de dolor muscular posterior a la actividad.
- c) Densidad típica de entrenamiento.
- d) Coste energético.

En función de estos ítems, los autores determinaron, que cada deporte tendría un valor de impacto sobre el triatleta, siendo de 0.75 para la natación, de 0.5 para el ciclismo y de 1 para la carrera a pie. Este valor relativo debe de ser multiplicado al valor de carga obtenido en cada entrenamiento para obtener el valor definitivo en función de la disciplina deportiva realizada.

En cuanto a las transiciones entre deportes que se dan en la práctica del triatlón, el modelo otorga un efecto a cada una de ellas el cual debe de sumar al valor total de carga en el caso de realizarlas. Los valores otorgados son, de +0.10 para la transición de natación a ciclismo, y de +0.15 para la transición de ciclismo a carrera a pie.

Por otra parte, este modelo presenta también una escala para cuantificar la carga subjetiva del entrenamiento, que son los ECS's o equivalentes de carga subjetivos. El cual se calcula mediante una escala de percepción del esfuerzo la cual consta de 10 valores distintos, desde el descanso absoluto hasta el ejercicio extenuante o de competición (Figura 3). El procedimiento que se sigue es el mismo que en modelos similares, debiéndose multiplicar el tiempo total de la actividad por el valor otorgado por el deportista a dicho entrenamiento.

VALOR	TIPO DE CARGA
0	Descanso
0,5	
1	Carga suave
1,5	
2	Carga media
2,5	
3	Carga intensa
3,5	
4	Carga muy intensa
4,5	
5	Entrenamiento extenuante o competición

Figura 3. Equivalentes de carga subjetivos propuestos en el modelo ECO's.

Mediante estos y muchos modelos de cuantificación de la carga, los entrenadores de deportes cíclicos de resistencia pueden conocer la carga de entrenamiento que supone cada entrenamiento para sus deportistas, pudiendo individualizar todavía más las planificaciones realizadas a cada uno de ellos. De ese modo se busca evitar problemas tales como las lesiones o el sobreentrenamiento que tan común pueden llegar a ser en deportistas que manejan altos volúmenes de trabajo.

Y es, a raíz de eso, que surgieron diferentes modelos, los cuales, a partir de dicha carga de entrenamiento, junto con el descanso realizado por el deportista, aportan al entrenador una información extra sobre el estado actual y futuro del deportista. Permitiendo esto, una dinámica de cargas lo más ajustada posible en función del calendario de cada deportista, para que, de ese modo, se trate de conseguir un rendimiento óptimo en las diferentes competiciones objetivo. Dichos modelos, son los modelos de Fitness-Fatiga, los cuales surgieron a finales del siglo pasado y que, hoy en día, se siguen optimizando para conseguir un mejor resultado con ellos.

2.2. MODELOS ESTÍMULO Y RESPUESTA

Son modelos comúnmente utilizados, los cuales, a partir de dicha carga de entrenamiento obtenida mediante modelos como los visto anteriormente, pretenden predecir el estado de forma del deportista (Banister, & Hamilton, 1985), para que, de ese modo, el entrenador pueda ir ajustando el entrenamiento con el objetivo de que se llegue a la competición con las máximas posibilidades de conseguir el éxito.

Dichos modelos tienen en cuenta variables como el fitness (carga de entrenamiento crónica o efecto positivo del entrenamiento) y la fatiga (carga de entrenamiento aguda o efecto negativo del entrenamiento). Y mediante la resta del valor agudo al valor crónico, se obtiene una predicción del estado de forma actual del deportista.

Junto con Bannister, otro de los investigadores que también ha indagado en estos modelos es Thierry Busso, el cual ha realizado diversas publicaciones sobre dichos modelos. Recientemente, Busso desarrolló unos modelos (figura 4) que añade a la producción de rendimiento dada por la interacción entre el fitness y la fatiga, procesos de inhibición que controlan la producción de rendimiento y la fatiga (Busso, 2017). Dicha inhibición es proporcional a la cantidad de entrenamiento realizada en un mismo día.

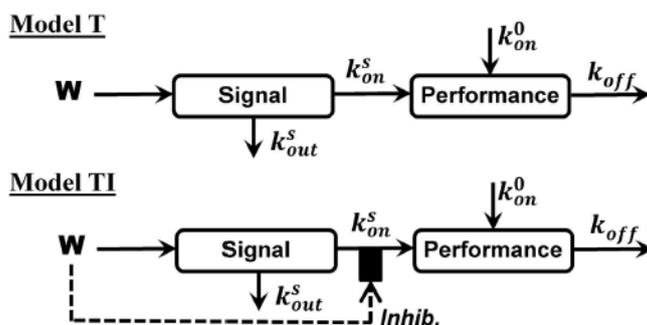


Figura 4. Modelo T y modelo TI propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017)

2.3. PROBLEMÁTICA ENTRE MODELOS

La utilización de modelos de cuantificación de la carga del entrenamiento en el triatlón es de gran utilidad para el correcto control del entrenador sobre sus deportistas, como ya hemos comentado anteriormente. Pero el triatlón, al estar compuesto por una mezcla de disciplinas distintas entre sí, supone una problemática extra a la hora de cuantificar dicha carga, ya que algunos modelos de los vistos anteriormente no son aplicables a deportes como la natación en los que no podemos controlar la frecuencia cardiaca con tanta exactitud como en los otros dos de los que se compone el triatlón. Por lo tanto, es de gran importancia tratar de comprobar que modelos se ajustan mejor a dicha mezcla multidisciplinar que presenta este deporte en cuestión.

2.4. OBJETIVO DEL TRABAJO

Teniendo en cuenta que el hecho de realizar disciplinas deportivas sucesivas tales como pueden ser el ciclismo y la carrera a pie, puede crear una interferencia neuromuscular independiente de la fatiga en la carrera a pie con motivo de la actividad repetida previa sobre la bicicleta (Chapman et al. 2009), del mismo modo que puede ocurrir al realizar ciclismo tras un segmento de natación en aguas abiertas. Por lo tanto, debemos de conocer la importancia de monitorizar y controlar la carga de entrenamiento que realizan nuestros deportistas de ese modo, garantizar la correcta progresión en su condición física sin poner en compromiso su salud a la hora de realizar la práctica deportiva del triatlón.

Por lo tanto, los principales objetivos que se persigue en este trabajo son: (1) comprobar la validez de los modelos nombrados anteriormente para cuantificar la carga de entrenamiento en triatlón, (2) así como el de analizar el funcionamiento de modelos de estímulo y respuesta al ser aplicados a deportes multidisciplinarios como es el triatlón.

3. MÉTODO.

3.1. DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN.

La intervención se realizó durante un periodo que constaba de 12 semanas (Enero – Abril 2019) en el que se registraba, tanto el volumen de entrenamiento, como la carga de dicho volumen con diferentes modelos de cuantificación aplicables al triatlón.

Previo a dicho periodo de intervención, se realizaron dos pruebas de esfuerzo maximales con analizador de gases, para determinar los umbrales ventilatorios de dicho deportista en ciclismo y carrera a pie. El protocolo de las pruebas de esfuerzo fue mediante incrementos de 25 W por minuto para el ciclismo, y de incrementos de 1km/h por minuto para la carrera a pie hasta la extenuación.

Para la natación se realizó un test de velocidad crítica compuesto por dos distancias (Ginn, E, 1993), una de 200 m y otra de 400 m, con el que se establecerían las zonas de nado para el triatleta. El test se repitió a la mitad del periodo para reajustar las zonas en dicho deporte.

Durante las 12 semanas que duró la intervención, se realizaron unos test periódicos cada semana para evaluar el rendimiento del deportista. Cabe destacar que dicho test se realizaba siempre el mismo día y a la misma hora. Cabe destacar que el resultado de dicho test fluctuaba en función de la carga de entrenamiento realizada por el triatleta en la semana anterior, como veremos más adelante en el apartado de resultados.

También se realizó un test previo a la propia intervención para poder establecer unos valores base. Este test previo también perseguía los objetivos de adaptación al propio material utilizado y al desarrollo de la prueba para el deportista.

El test constaba de 10 min de ciclismo sobre un rodillo (Wahoo Kickr) en el cual se registraban la potencia media que podría mantener el triatleta, seguido por 10 min de carrera a pie, donde se buscaba cubrir la máxima distancia posible en dicho tiempo. La transición entre el ciclismo y la carrera a pie en el test, se realizaba emulando la propia transición que se da en competición, tratando de realizarla lo más rápido posible, siendo de aproximadamente 90 segundos de duración.

Con el fin de obtener un valor absoluto de dicho test, el procedimiento seguido fue el siguiente:

- (Potencia media en el sector de ciclismo/100) + Distancia recorrida en el sector de carrera a pie (en kilómetros). Como ejemplo, si el deportista realiza una media de 250W en la parte de ciclismo y 2,5 km en la parte de carrera a pie, el resultado sería: $(250/100 + 2.5 = 2.5 + 2.5 = 5)$

3.2. DESCRIPCIÓN DEL INDIVIDUO

La intervención fue realizada por un triatleta amateur con una experiencia mayor de 4 años en la disciplina.

Características del deportista	
Edad (años)	26
VO ₂ máx (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	60.8
PAM (W)	375
Peso (kg)	70.5
Altura (cm)	177

*PAM (Potencia aeróbica máxima)

Figura 5. Características del deportista

3.3. PLANIFICACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

Previo a las 12 semanas de la intervención, se estableció una planificación en la que se debía realizar un volumen medio de 10.5 horas semanales. Cada semana contaba con entrenamientos de baja intensidad en los que se trabajaba en Z1 por debajo de VT1 durante un largo periodo de tiempo, y que principalmente eran realizados en ciclismo o carrera a pie, y también contaban con entrenamientos que buscaban mejoras a nivel de VT2 o VO₂máx. La cantidad de los mismos variaba en función del carácter del microciclo en el que el deportista se encontraba, pudiendo ser, entre otros de recuperación o de impacto como se puede observar a continuación.

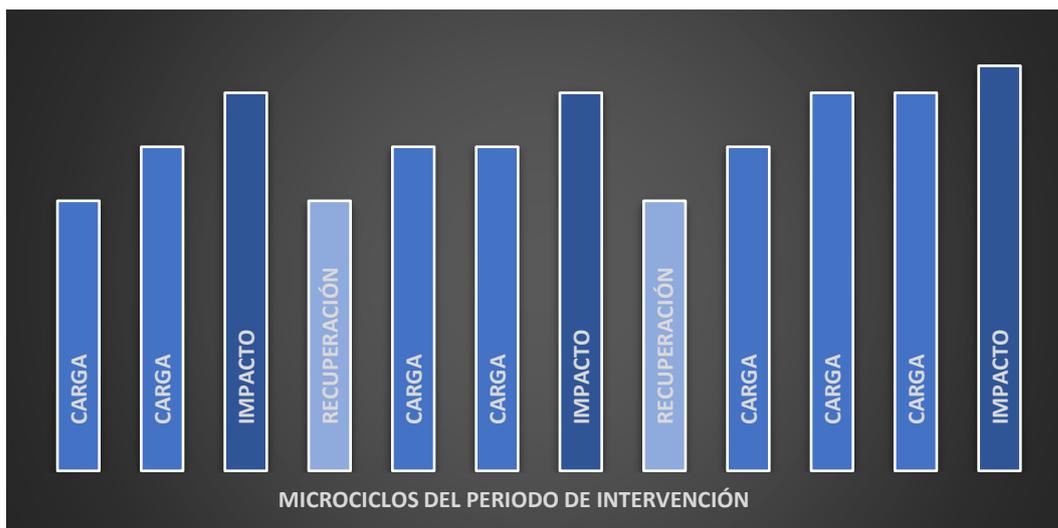


Figura 6. Planificación de los microciclos realizada durante el periodo de intervención

De este modo se buscaba polarizar lo máximo posible el entrenamiento, eliminando la mayor parte del trabajo realizado entre VT1 y VT2, buscando las mejoras en valores como puede ser el de consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) que se asocian a esta distribución polarizada de la intensidad (Muñoz, I., Seiler, S., Bautista, J., España, J., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J., 2014).

La cuantificación de la carga semanal fue llevada con varios de los modelos nombrados previamente en la introducción. Estos eran el BTRIMP (Banister et al., 1975), el ETRIMP (Edwards, 1993), el LUTRIMP (Lucia et al., 1999), y el sRPE (Foster et al., 1996).

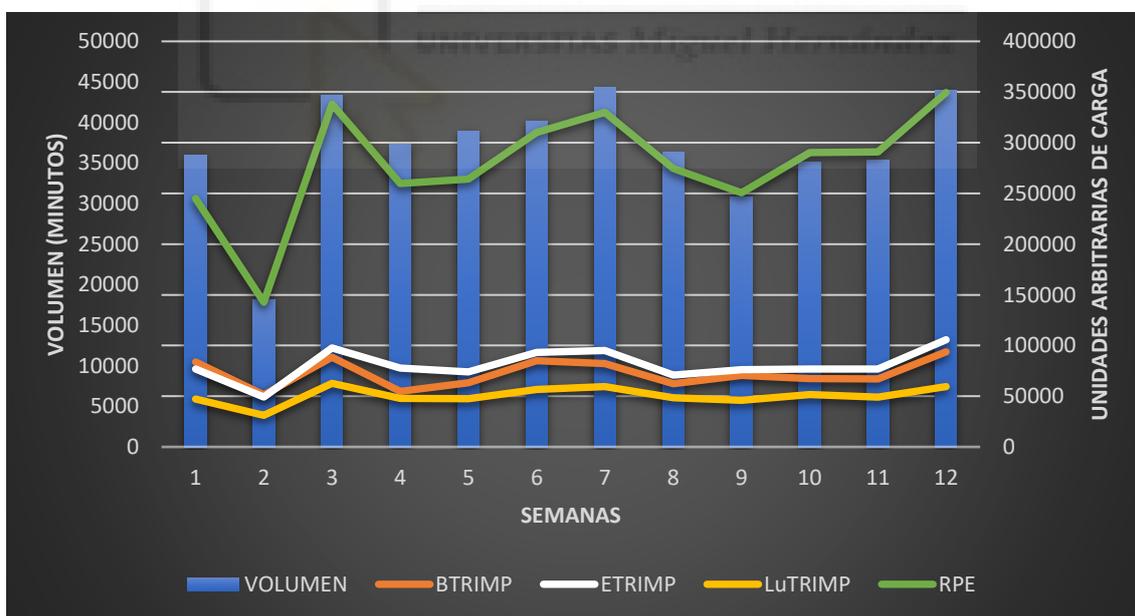


Figura 7. Distribución del volumen y de la carga de entrenamiento durante el periodo de intervención.

Una vez obtenida la carga de entrenamiento respectiva a cada modelo de cuantificación, se procedió a comprobar el grado de ajuste que tiene cada uno de ellos con el modelo de fitness-fatiga propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017) a cada modelo de cuantificación, y al deporte en cuestión, el triatlón. En primer lugar, se debía de introducir la carga de entrenamiento diaria

respectiva a cada uno de los modelos, y, por otro lado, los resultados de los test de valoración que se realizaron semanalmente. A partir de estos datos, se calcularon las variables de producción y pérdida de rendimiento las cuales son presentadas por el autor en su trabajo. Con todo esto, el modelo trataba de predecir el rendimiento en los diferentes test en función de la carga de entrenamiento que el deportista realizaba diariamente y de ese modo, ver cuanto ajuste tiene con la realidad.

4. RESULTADOS

Una vez realizadas las 12 semanas de intervención y registrados sus datos de volumen y carga semanal, se procedió a su análisis mediante el sistema de fitness-fatiga propuesto por Busso (Busso, 2017), el cual ha sido descrito anteriormente, para de ese modo, comprobar si presenta una correcta validez, y por lo tanto sería interesante y satisfactoria su utilización en deportes como el triatlón en los que se producen continuas interferencias entre sus distintas disciplinas.

Para el análisis de dichos datos se han utilizados tanto el modelo T como el modelo TI que propone el autor, los cuales han sido utilizados con los cuatro modelos de cuantificación de la carga de entrenamiento utilizados en este trabajo, y así ver el ajuste a cada uno de ellos individualmente.

A continuación, se presentan las diferentes gráficas con los resultados para cada uno de los modelos, y además se presenta el ajuste del propio modelo entre el rendimiento real y el predicho durante las primeras 8 semanas (amarillo) y en las 5 últimas (verde) mediante el r2.

- Modelo T con RPE.

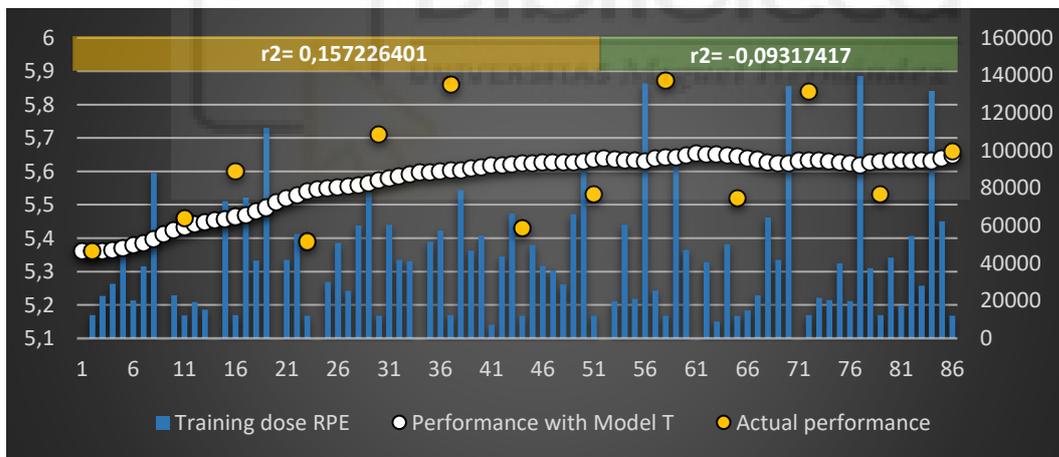


Figura 8. Análisis de la predicción de rendimiento mediante el modelo T propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017) con la carga de entrenamiento registrada con el modelo del esfuerzo percibido (RPE).

- Modelo TI con RPE

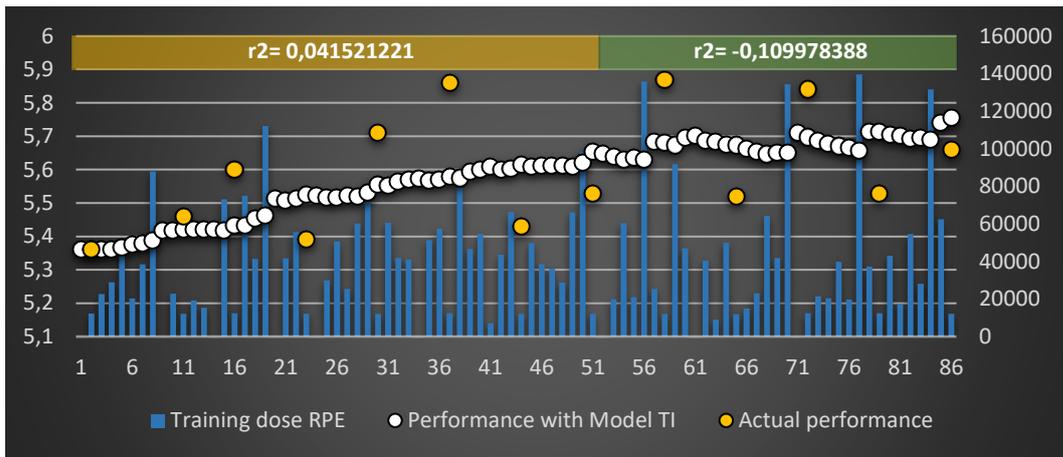


Figura 9. Análisis de la predicción de rendimiento mediante el modelo TI propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017) con la carga de entrenamiento registrada con el modelo del esfuerzo percibido (RPE).

- Modelo T con LUTRIMP.

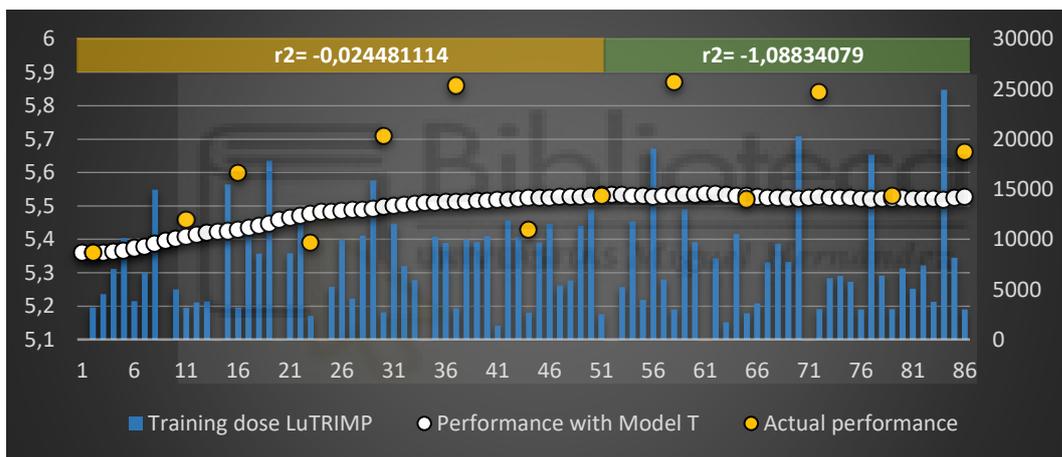


Figura 10. Análisis de la predicción de rendimiento mediante el modelo T propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017) con la carga de entrenamiento registrada con el modelo LUTRIMP.

- Modelo TI con LUTRIMP.

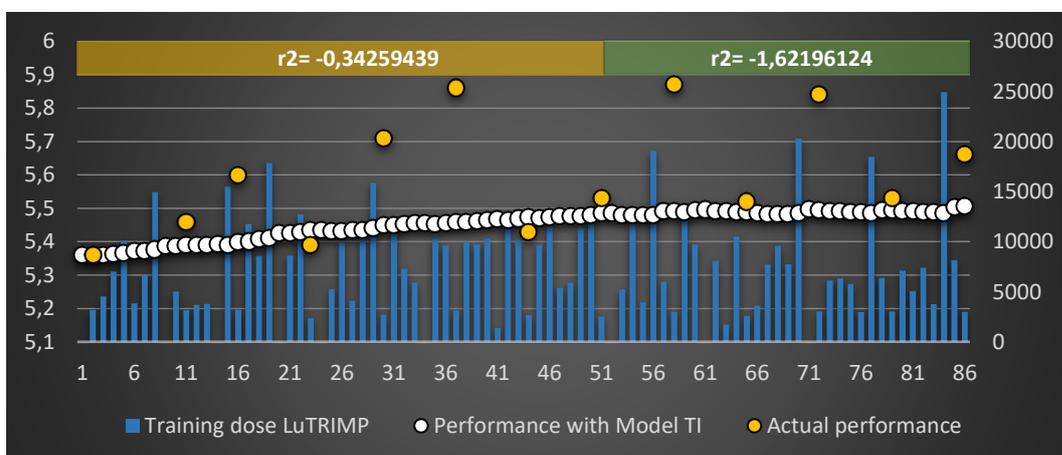


Figura 11. Análisis de la predicción de rendimiento mediante el modelo TI propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017) con la carga de entrenamiento registrada con el modelo LUTRIMP.

- Modelo T con BTRIMP.

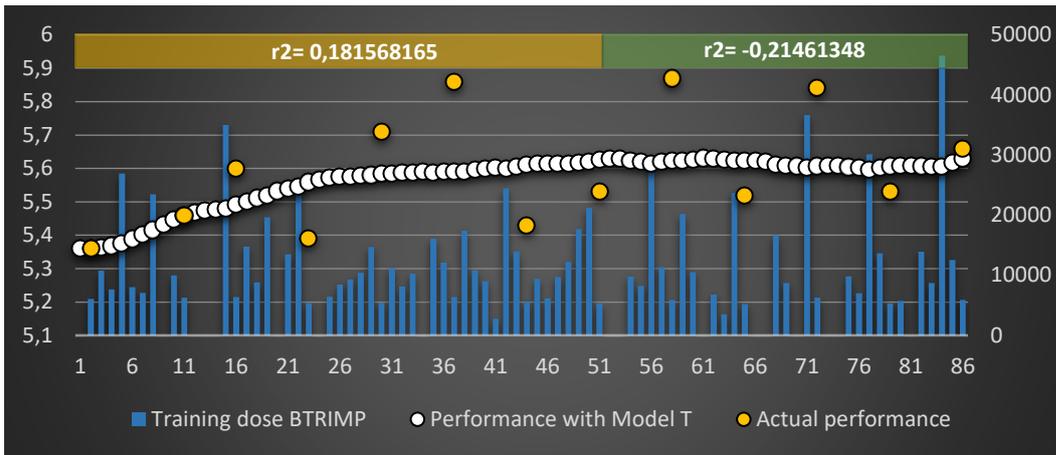


Figura 12. Análisis de la predicción de rendimiento mediante el modelo T propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017) con la carga de entrenamiento registrada con el modelo BTRIMP.

- Modelo TI con BTRIMP.

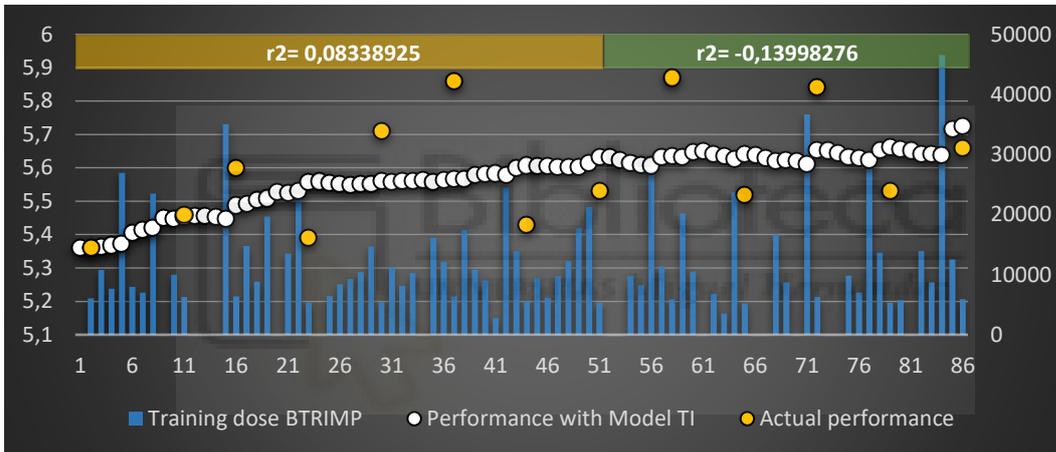


Figura 13. Análisis de la predicción de rendimiento mediante el modelo TI propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017) con la carga de entrenamiento registrada con el modelo BTRIMP.

- Modelo T con ETRIMP.

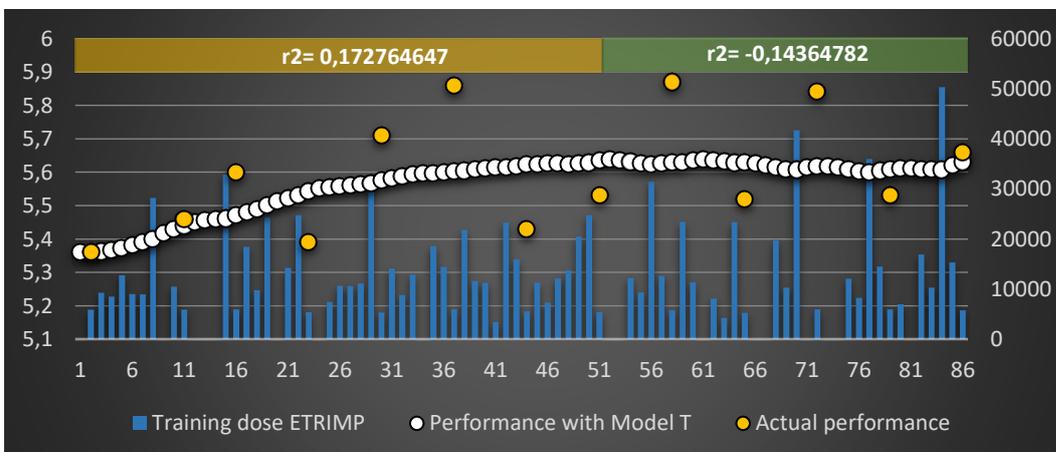


Figura 14. Análisis de la predicción de rendimiento mediante el modelo T propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017) con la carga de entrenamiento registrada con el modelo ETRIMP.

- Modelo TI con ETRIMP.

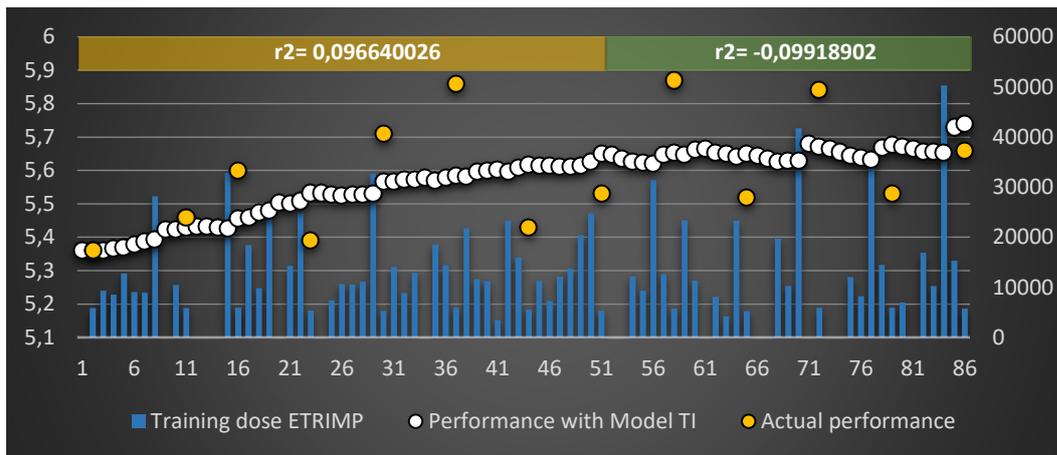


Figura 15. Análisis de la predicción de rendimiento mediante el modelo TI propuesto por Thierry Busso (Busso, 2017) con la carga de entrenamiento registrada con el modelo ETRIMP.

5. DISCUSIÓN

En primer lugar, podríamos decir que algunos de los modelos de cuantificación de la carga utilizados en el trabajo, no ajustan correctamente el valor de variables como el volumen y la intensidad en el cómputo final de la carga, ya que entrenamientos que pueden suponer un gran impacto para el triatleta, como puede ser los de intervalos de carrera a pie en el que se llegan a acumular grandes volúmenes de tiempo por encima del segundo umbral ventilatorio o VT2, pueden llegar a tener un valor de carga absoluto menor que entrenamientos de otra disciplina como el ciclismo, en el que aun yendo a menor intensidad, se registran mayores valores de carga por su larga duración, y por lo tanto el sistema puede interpretar estos datos erróneamente.

Para ilustrar este hecho con datos, a continuación, tenemos un ejemplo comparando dos entrenamientos realizados en este trabajo con el modelo LUTRIMP de Lucia et al. (1999).

	Tiempo	Características	Carga (LuTRIMP)
Carrera a pie	0:55:38	6x1km VT2 r:1'	4894
Ciclismo	2:09:58	Extensivo Z1	8150

Figura 16. Ejemplo en la variación de las unidades arbitrarias de carga obtenidas en dos entrenamientos diferentes, uno de carrera a pie (20/03) y otro de ciclismo (14/04). Ambos realizados durante la intervención.

Por lo que quizás, este dato pueda ser uno de los motivos por los cuales se observan unos resultados nada positivos en cuanto a la predicción del propio rendimiento deportivo durante los test semanales realizados mediante el modelo de estímulo-respuesta planteado por Busso (Busso, 2017). Dicho modelo parece no conseguir ajustarse correctamente a un deporte multidisciplinar como es el triatlón y por consiguiente, ofrecer una mejor correlación entre el estado real del deportista y el predicho. Del mismo modo, que surgen dudas sobre la aplicabilidad en triatlón de los modelos de cuantificación de la carga utilizados en el trabajo.

Siguiendo con los modelos de cuantificación utilizados en el trabajo, los cuales, tal y como hemos visto anteriormente (figura 7), nos ofrecen valores diferentes entre sí, y por lo tanto requiere de análisis y discusión para tratar de comprender cual o cuales de estos se ajusta más al objetivo que persigue este trabajo. Según vemos en la gráfica, los resultados obtenidos de cada modelo no son siempre equivalentes, ya que, por ejemplo, entre las semanas cuatro y cinco de la

intervención, en algún modelo como puede ser el sRPE (Foster et al., 1996), se ve un aumento de la carga con respecto a su predecesora, pero por el contrario, con otro modelo como el ETRIMP (Edwards, 1993), se ve un descenso de la carga en la quinta semana con respecto a la cuarta. Y esta tendencia se ve repetida en varias ocasiones entre los diferentes modelos, por lo que puede ser interesante ver cuál de los modelos se adapta más a nuestras necesidades como entrenadores, en este caso, de triatlón. Cabe destacar que, en este trabajo, la natación no fue cuantificada con dos de dichos modelos por las características de los mismos, estos modelos son el BTRIMP (Banister et al., 1975), y el ETRIMP (Edwards, 1993), ya que precisan datos referentes a la frecuencia cardiaca para su utilización, y en este caso no se obtuvieron dichos datos.

Otra de los posibles motivos del resultado negativo obtenido, puede residir en el propio test de evaluación que fue escogido para realizarse semanalmente, ya que quizás el test en cuestión no haya sido el más adecuado para el sujeto de estudio.

Es cierto que el test simulaba situaciones reales de competición propias del triatlón al incluir transiciones entre disciplinas, pero quizás su gran implicación anaeróbica no se ajustaba a la modalidad real practicada por el triatleta, ya que esta modalidad es más de corte aeróbico y larga duración, la cual solo es una suposición, pero quizás sea uno de los motivos de dicho resultado.

Continuando con el test de evaluación, se puede ver inicialmente, durante las primeras seis semanas, una tendencia de mejora ascendente en cuanto a los resultados del mismo, y a partir de dicha fecha, los resultados siguen oscilando en función de la fatiga, pero moviéndose siempre en un intervalo similar. Por lo tanto, se podría llegar a la conclusión de que dicha mejoría vista de inicio no es más que fruto del factor aprendizaje que el propio deportista sufrió durante el periodo de intervención. Para futuras intervenciones similares, quizás se deberían realizar diversos test previos a modo de familiarización para evitar dicho resultado.

En cuanto a los diferentes resultados en los test registrados, se puede observar que los mejores resultados en los mismos se producen tras días de descanso total o de entrenamiento a baja intensidad y duración limitada, como puede ser obvio. Por lo que, este puede ser otro de los errores cometidos con el test de evaluación, ya que, si se hubiera estandarizado el procedimiento más allá al día de la propia prueba con un día de descanso previo a cada test, quizás no se hubiera visto ni siquiera una mejoría significativa en el rendimiento puro del deportista durante los diferentes test realizados en todo el periodo de intervención.

La elección de este test de evaluación está basada principalmente en dos motivos, en primer lugar, y como se ha comentado anteriormente, porque el test simula situaciones reales de competición que se dan en el deporte en cuestión, y como segundo motivo, por la poca información que existe en la bibliografía actual en cuanto a test de valoración en triatlón. Entre esa limitada cantidad de información, se encuentra el test de lactato para triatlón (Vicente-Campous, D., Barbado, C., Nunez, M. J., & Chicharro, J. L., 2014), el cual quizás hubiera sido más adecuado, pero hubiera sido más complicado de llevar a cabo en el desarrollo de este trabajo.

6. CONCLUSIONES

Si hablamos de los modelos de cuantificación de la carga de entrenamiento utilizados en este trabajo, se podría decir que algunos de ellos, se ajustan bien al volumen de entrenamiento realizado, como es el caso del sRPE (Foster, et al., 1996) y que podemos comprobar en la figura 7. Sin embargo, es necesario un ajuste tanto al volumen como a la intensidad lo realmente bueno para garantizar un correcto ajuste de la carga que es prescrita a cada deportista. Por lo

tanto, podríamos concluir que es necesario seguir indagando en busca de nuevos modelos o métodos de control de la carga en deportes que integran diferentes disciplinas en si mismo, como es el caso del triatlón, para que, de ese modo, sea posible realizar planificaciones más precisas y satisfactorias.

Una conclusión similar es la obtenida con respecto al test de valoración utilizado, donde es necesario seguir indagando para desarrollar un test que, de manera sencilla, poco costosa y, sobre todo, efectiva, permita valorar el estado de forma actual del triatleta.

El modelo de fitness-fatiga propuesto por Busso (Busso, 2017), parece no ajustar correctamente con las características del triatlón para que de ese modo se pudiera utilizar para tratar de mejorar las planificaciones a medio y largo plazo por parte de entrenadores y deportistas. Por lo tanto, sería conveniente seguir indagando en la bibliografía en busca de algún modelo que sí que pueda ajustar para que, de tal modo, pueda ser utilizado en un deporte multidisciplinar como tal.

7. REFERENCIAS

Anta, R. C., & Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 218-232. Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European journal of applied physiology*, 112(11), 3729-3741.

Banister, E. W., & Calvert, T. W. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquees au sport*, 5(3), 170-176.

Banister, E. W., & Hamilton, C. L. (1985). Variations in iron status with fatigue modelled from training in female distance runners. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 54(1), 16-23.

Busso, T. (2017). From an indirect response pharmacodynamic model towards a secondary signal model of dose-response relationship between exercise training and physical performance. *Scientific reports*, 7, 40422.

Chapman, A. R., Vicenzino, B., Hodges, P. W., Blanch, P., Hahn, A. G., & Milner, T. E. (2009). A protocol for measuring the direct effect of cycling on neuromuscular control of running in triathletes. *Journal of sports sciences*, 27(7), 767-782.

Edwards, S. (1993). High performance training and racing. *The heart rate monitor book*, 344.

Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., ... & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109-115.

Ginn, E. (1993). *Critical speed and training intensities for swimming*. National Sports Research Centre.

Kohrt, W. M., Morgan, D. W., Bates, B., & Skinner, J. S. (1987). Physiological responses of triathletes to maximal swimming, cycling, and running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(1), 51-55.

Lucia, A., Hoyos, J., Carvajal, A., & Chicharro, J. L. (1999). Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *International Journal of Sports Medicine*, 20(03), 167-172.

Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 41(11), 2090-2096.

Muñoz, I., Seiler, S., Bautista, J., España, J., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J. (2014). Does polarized training improve performance in recreational runners?. *International journal of sports physiology and performance*, 9(2), 265-272.

Valenzuela, P. L., & Arriba-Palomero, F. (2017). Riesgo de adicción al ejercicio en triatletas hombres amateur varones y su relación con variables de entrenamiento. [Risk of exercise addiction among male amateur triathletes and its relationship with training variables]. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi: 10.5232/ricyde, 13(48), 162-171.

Van Rensburg, J. P., Kielblock, A. J., & Van der Linde, A. (1986). Physiologic and biochemical changes during a triathlon competition. *International journal of sports medicine*, 7(01), 30-35.

Vicente-Campous, D., Barbado, C., Nunez, M. J., & Chicharro, J. L. (2014). Lactate minimum test during incremental running after a submaximal cycling exercise: a novel test with training applications for triathletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 54(6), 742-749.

