

TRABAJO FIN DE GRADO

CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO EN NATACIÓN: del análisis retrospectivo al diseño prospectivo



AUTOR: REOLA RAMIREZ, IKER

DIRECTOR: ORBAÑANOS PALACIOS, JAVIER

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

CURSO ACADÉMICO: 2016/2017

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Métodos para cuantificar la carga de entrenamiento	3
RPE	4
TRAINING IMPULSE (TRIMP)	5
EXCESO DE CONSUMO DE OXÍGENO POST-EJERCICIO (EPOC)	5
VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA	6
CONCENTRACIÓN DE LACTATO SANGUINEO	7
TRAINING STRESS SCORE (TSS)	8
COMPARACIÓN ENTRE DISTINTOS METODOS DE CUANTIFICACIÓN	9
2.2 Relación entre entrenamiento y rendimiento deportivo	10
MODELO IMPULSO-RESPUESTA	10
3. OBJETIVOS	14
4. MÉTODO	15
4.1 Participante	15
4.2 Procedimiento	15
5. RESULTADOS	17
6. DISCUSIÓN	21
7. CONCLUSIONES	25
8. REFERENCIAS	26

1. INTRODUCCIÓN

Debido a que las prácticas obligatorias las he realizado en el Club Natación Judizmendi, nos parecía oportuno a la entrenadora del club, a mi tutor y a mí, realizar un trabajo de fin de grado que tuviera relación con la natación y más concretamente sobre uno de los nadadores que más proyección tiene a nivel autonómico. De esta manera se le pueden entregar al club los datos y conclusiones obtenidos, que pueden ser de su utilidad a la hora de mejorar su planificación en los entrenamientos de futuras temporadas.

La relación entre el diseño del entrenamiento y las posibles adaptaciones de los deportistas a dicho entrenamiento es una de las exigencias y quebraderos de cabeza más importantes para un entrenador. La adecuación de la carga de entrenamiento y su distribución de cara a la consecución de la puesta en forma de los deportistas no puede basarse exclusivamente en la experiencia de los entrenadores y debe tratar de sistematizarse de manera adecuada. La posibilidad de disponer de un sistema de cuantificación de la carga que pueda no sólo proporcionar información de manera retrospectiva sino, también, de manera prospectiva supone una valiosísima herramienta para el establecimiento del modelo impulso-respuesta.

Teniendo en cuenta que la aplicación de estímulos de entrenamiento provoca en los deportistas una doble respuesta (negativa y a corto plazo provocada por la fatiga, y positiva y a más largo plazo provocando una mejora de sus capacidades) se propone utilizar un modelo de cuantificación de la carga que valore, por separado, los efectos negativos de fatiga y positivos de adaptación y, combinados, para estimar el estado de forma de los deportistas.

2. MARCO TEÓRICO

Para la óptima gestión del entrenamiento y para un correcto diseño de la temporada una de las herramientas más comunes y valiosas es la de la cuantificación de la carga externa y, en este caso, utilizando aquellos modelos más específicos para la natación. El establecimiento de un modelo de impulso-respuesta que relacione la carga de entrenamiento desarrollada con los efectos de la misma sobre el rendimiento debe partir de un profundo conocimiento de la dinámica de la carga planificada. Por tanto necesitamos cuantificar el entrenamiento ejecutado de forma precisa y con datos objetivos que permitan relacionar dicha carga con el rendimiento futuro.

2.1 Métodos para cuantificar la carga de entrenamiento

Para comenzar debemos saber que ningún método conocido hasta el momento es totalmente perfecto ni es capaz de abarcar todos los parámetros deseados.

La carga es la suma de distintos parámetros influyentes en entrenamiento, que interactúan entre ellas de manera compleja. Estos son los parámetros que forman dicha carga total (Verkhoshanski, 2002):

- Intensidad (fuerza del estímulo)
- Duración (tiempo de cada sesión de entrenamiento)
- Frecuencia (numero de sesiones de entrenamiento semanales)

A la hora de realizar el plan de entrenamiento se debe trabajar con estos parámetros dándole mayor o menor importancia a cada uno de ellos dependiendo del momento en la programación de la temporada y de los objetivos que se quieren conseguir.

La dificultad de valorar con exactitud la carga de entrenamiento reside en como cuantificar cada uno de los parámetros y qué importancia se le da a cada uno de ellos.

Mediante los diferentes métodos de cuantificación se obtienen valores referentes a la cantidad de carga aplicada pero no se es capaz de valorar el contenido y la organización de dicha carga. Para ello se precisa que el entrenador/a disponga de conocimientos sobre el tema. En caso contrario, si el contenido y la organización de la planificación no son las adecuadas, es posible que se obtengan los valores deseados de carga pero sin una metodología correcta.

A pesar de que como he mencionado en el párrafo anterior en este trabajo se va a trabajar con la cantidad de carga obtenida, se debe conocer que existen otros factores determinantes que condicionan el entrenamiento. Respecto al contenido de la carga se puede destacar el nivel de especificidad que se refiere a la similitud que tiene el entrenamiento con el propio deporte y el potencial de entrenamiento que tiene relación con la forma en la que la carga estimula los procesos de adaptación en el deportista. Además respecto a la organización de la carga, se puede destacar por una parte la distribución de la carga que se define como la sistematización de dicha carga en el tiempo para que asegure los cambios programados y se logre el nivel previsto y por otra parte la interconexión de cargas que trata de combinar racionalmente las cargas de diferente orientación, los sistemas de entrenamiento, el desarrollo de los niveles general, específico y competitivo del entrenamiento para conseguir el efecto de entrenamiento acumulativo deseado (Verkhoshanski, 2002).

RPE

El método RPE, también conocido como Rango de esfuerzo percibido lo propuso Borg, G en 1975. Al acabar el ejercicio el deportista deberá expresar que nivel de esfuerzo que ha sentido durante la sesión y tal sensación será identificada con un número. La tabla original de RPE usaba valores entre el 6 y el 20, teniendo en cuenta que 6 era una actividad muy ligera y 20 una actividad máxima. Hoy en día se utiliza mayormente una tabla modificada que transcurre entre valores de 0 al 10.

Normalmente se recomienda que la escala sea completada en los siguientes 15-30 minutos tras acabar la actividad. De esta forma se consigue que el sujeto no contemple únicamente la última parte de la actividad como el entrenamiento en su totalidad.

ESCALA DE ESFUERZO DE BORG	
0	Reposo total
1	Esfuerzo muy suave
2	Suave
3	Esfuerzo moderado
4	Un poco duro
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	
10	Esfuerzo máximo

Figura 1: Tabla de percepción subjetiva del esfuerzo (Google)

TRAINING IMPULSE (TRIMP)

Este método propuesto por Banister en 1975 para cuantificar la carga de entrenamiento se basa en el incremento de la frecuencia cardiaca teniendo en cuenta la duración de la sesión multiplicado por un factor de intensidad diferente para cada sexo.

EXCESO DE CONSUMO DE OXÍGENO POST-EJERCICIO (EPOC)

La medición del EPOC es utilizada como reflejo de la respuesta del organismo a una carga o sesión de entrenamiento (Jobson, Passfield, Atkinson, Barton, 2009) (Citado por Muñoz, 2016). Tras hacer un entrenamiento de alta intensidad, el consumo de oxígeno post ejercicio se aprecia bastante superior a los calores de reposo, ya que, tras la sesión de entrenamiento se tiene que compensar el déficit de oxígeno sufrido en el comienzo de dicha sesión.

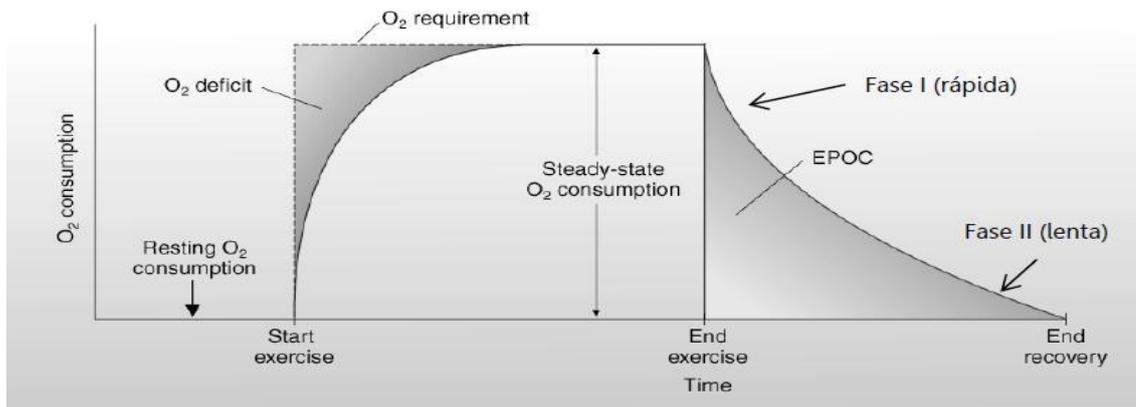


Gráfico 1: Consumo de oxígeno post-ejecicio (Jobson, 2009)

VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA

En la mayoría de los métodos de estimación de carga la frecuencia cardiaca es necesaria y a la hora de calcular la variabilidad ocurre lo mismo. Mediante este método se puede estimar la regulación cardiaca del sistema nervioso autónomo (SNA) y su alternancia ante cargas fisiológicas y psicológicas (Aubert, Seps y Beckers, 2003; Chandola, Heraclides y Kumari, 2010).

El estímulo de un entrenamiento provoca alteraciones en el Sistema Nervioso Autónomo. Estas alteraciones dependerán del nivel de carga del entrenamiento y de las características del sujeto.

Cuando se usa la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) para la cuantificación de la carga de entrenamiento, existe un estudio que presentó un sistema basado en la medición de esta variable (Saboul, Balducci, Millet, Pialoux y Hautier, 2015). Estos autores propusieron una nueva forma de cuantificar el rendimiento llamada Índice de Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (TLHRV en inglés Training Load Index of Heart Rate Variability).

$$TL_{HRV} = T \times \frac{Pre5 - Post5}{Post30 - Post5}$$

TL_{HRV} = índice de carga de entrenamiento; T= duración (en minutos) del entrenamiento; Pre5= valor de medición de la HRV 5 minutos antes del calentamiento de la sesión (mseg); Post5= valor de la medición de la HRV 5 minutos después de la sesión (mseg); Post30= valor de la medición de la HRV 30 minutos después de la sesión (mseg)
Fuente: Saboul et al., 2015

Figura 2: Métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento en deportes de resistencia cíclica (Muñoz, 2016)

CONCENTRACIÓN DE LACTATO SANGUINEO

La concentración de lactato sanguíneo a pesar de no ser específicamente un método de cuantificación de la carga externa, también puede ser usada para expresar la intensidad de la sesión de entrenamiento. En situación de reposo se encuentran unos valores de reposo entre 0,8-2,0 mmol/l y estos valores comienzan a aumentar considerablemente cuando la intensidad de la actividad es superior al 60% de la máxima potencia aeróbica. Cuando la intensidad no es excesivamente alta, la concentración de lactato tiende a alcanzar un estado estable aproximadamente a los cinco minutos de comenzar la actividad. La relación entre la concentración de lactato en estado estable y la potencia desarrollada es altamente reproducible. Esto hace que una intensidad determinada de entrenamiento en estado estable y de duración relativamente larga pueda expresarse en términos de concentración de lactato.

Los problemas se generan cuando la intensidad del esfuerzo es irregular y la concentración de lactato aumenta de forma no lineal, es decir, en forma de curva, de modo que, el estado estable no se alcanza hasta que el sujeto haya llegado a una situación de extenuación. En este caso, este parámetro deja de ser un indicador válido de la intensidad del ejercicio (Mujika, 2006).

Otro inconveniente es que los niveles de lactato se analizan mediante un aparato que necesita una muestra de sangre extraída mediante una punción cutánea lo cual puede resultar incómodo a la hora de hacerlo directamente cuando se está realizando el ejercicio. Por ello, habitualmente el método utilizado consiste en expresar la intensidad de la sesión mediante ritmos de trabajo asociados a determinadas concentraciones de lactato obtenidas mediante pruebas de esfuerzo realizadas previamente en el laboratorio (Mujika, 2006).

Como se menciona en el artículo de Mujika, Busso, Geysant, Chatard, Lacoste, y Barale (1996), Mujika fue pionero en el uso de los training units, en la cual se cuantifican las zonas de entrenamiento según la concentración de lactato en sangre. El estudio se realizó para determinar las zonas de entrenamiento en natación, aunque más tarde se ha descubierto que este método es perfectamente fiable para el resto de deportes (Esteve-Lanao, 2011).

En el método se proponen cinco zonas diferentes teniendo en cuenta la acumulación de lactato: zona 1 por debajo de 2 mmol/l, zona 2 entorno a 4 mmol/l, zona 3 superior a 6 mmol/l en la cual según él se da el máximo estado estable de lactato, zona 4 hasta 10 mmol/l y la zona 5 representa la máxima intensidad de un sprint. Para calcular la carga de entrenamiento Mujica propuso multiplicar el volumen de la sesión (km) por el respectivo coeficiente de cada una de las zonas y sumar todos los datos.

Fórmula = vol zona 1 x 1 + vol zona 2 x 2 + vol zona 3 x 3 + vol zona 4 x 5 + vol zona 5 x 8

Tabla 1 Training units (Mujica, 1996)

Zonas de entrenamiento	Coeficientes
1	1
2	2
3	3
4	5
5	8

TRAINING STRESS SCORE (TSS)

El método fue propuesto por A. Coggan en 2003 principalmente para ser utilizado en el ciclismo pero hoy en día se utiliza en muchos deportes. El TSS, que se basa en el impulso de entrenamiento basado en el ritmo cardíaco (TRIMPS), tiene en cuenta tanto la intensidad como la duración de cada sesión de entrenamiento. Además es útil porque puede ser un predictor de la cantidad de glucógeno utilizado en cada entrenamiento.

En natación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TSS} = \text{duración (horas)} \times \text{IF}^3 \times 100$$

Donde IF (Factor de intensidad) = Velocidad actual / Velocidad umbral anaeróbico.

COMPARACIÓN ENTRE DISTINTOS METODOS DE CUANTIFICACIÓN

Los métodos RPE, TRIMP, TSS y EPOC dan el mismo valor al volumen de la sesión como se puede observar en el gráfico 2:

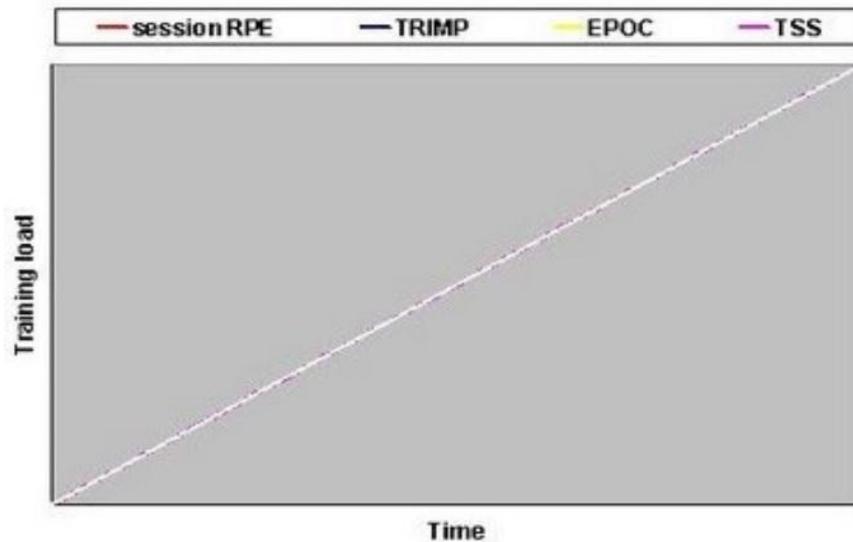


Gráfico 2: Volumen según los diferentes métodos (AM triatlón)

A la hora de valorar la intensidad estos métodos difieren bastante entre ellos como se observa en el gráfico 3:

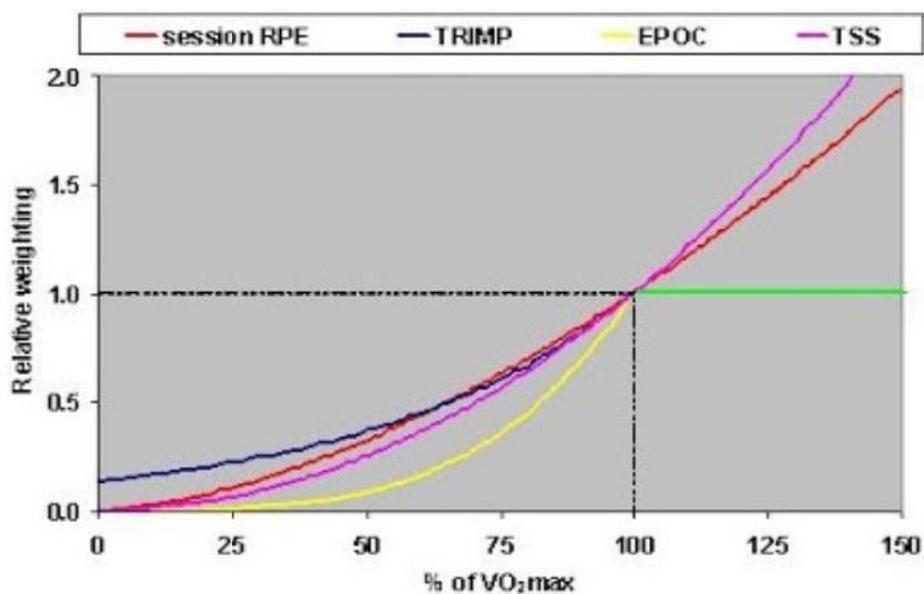


Gráfico 3: Comparación entre métodos (AM triatlón)

En el gráfico 3 se puede observar como el método RPE, que en teoría es mas subjetivo, es el que más se aproxima al método TSS que en teoría es el que mayor objetividad tiene.

2.2 Relación entre entrenamiento y rendimiento deportivo

A la hora de diseñar planes de entrenamiento que maximicen el rendimiento de los deportistas sin que haya riesgo de lesiones o de sobre entrenamiento, es muy importante conocer el volumen y la intensidad que podrá asimilar cada individuo.

Existen varios métodos mediante los que se intenta prever que es lo que puede ocurrir al aplicar un plan concreto: el conocimiento de lo que ha funcionado anteriormente, el método empírico (utilizar la fórmula ensayo y error) y la aplicación de los principios fundamentales del entrenamiento (por ejemplo: el principio de sobre entrenamiento o desentrenamiento) (Martinez, 2008).

En varios estudios se ha analizado de forma cuantificada la relación entre el entrenamiento y el rendimiento. Como previamente he mencionado hay diferentes formas que nos pueden ayudar a la planificación. Una de los métodos más utilizados es el modelo impulso-respuesta propuesto por Banister en 1975, el cual, ha sido utilizado para predecir los cambios en el rendimiento producidos por el entrenamiento en diferentes deportes (Martinez, 2008).

MODELO IMPULSO-RESPUESTA

Desde hace varios años la literatura científica afirma que existe una relación entre el estímulo de entrenamiento o la carga con la que ha entrenado y la adaptación o el rendimiento del deportista. Esta relación se puede analizar mediante el modelo impulso-respuesta.

En este proceso de transferencia hacia la adaptación del deportista existen dos factores a tener en cuenta. Uno representa las adaptaciones a largo plazo del entrenamiento y el cual va a tener efectos positivos sobre el rendimiento (efecto crónico). El otro representa los efectos a corto plazo y que tendrá efectos negativos (fatiga) (Martinez, 2008).

Lo explicado anteriormente se puede representar mediante la siguiente fórmula matemática:

$$p_t = p_0 + k_a \sum_{s=0}^{t-1} e^{-(t-s)/\tau_a} w_s - k_f \sum_{s=0}^{t-1} e^{-(t-s)/\tau_f} w_s$$

Figura 3: Formula Modelo Impulso-Respuesta (Banister, 1975)

Donde el p_t es el rendimiento estimado, p_0 es el rendimiento inicial, el primer sumatorio el efecto crónico (adaptación) y el segundo sumatorio el efecto agudo (fatiga) de las cargas de entrenamiento.

A continuación se muestra un gráfico obtenido mediante el programa Training Peaks, uno de los más utilizados en el mundo del deporte y que se basa en el modelo impulso-respuesta.

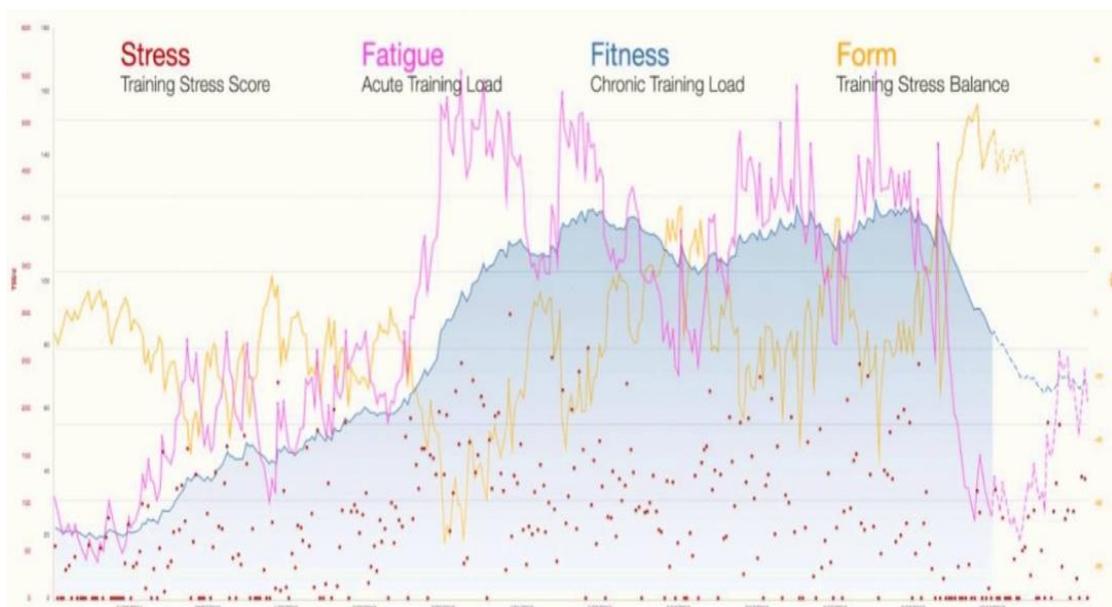


Gráfico 4: Diferentes aspectos del entrenamiento (Training Peaks)

En el gráfico 4 se aprecian líneas y puntos de diversos colores que hacen referencia diferentes aspectos del entrenamiento y del desarrollo del rendimiento dentro de la planificación (Vázquez, 2015).

- El punto rojo: hace referencia a los TSS de la sesión. Como anteriormente he explicado TSS es un método de cuantificación de carga y es el usado en el modelo impulso-respuesta. Hace referencia a la duración y la intensidad del entrenamiento.
- El punto azul: relaciona la potencia normalizada con la potencia umbral. Los valores que se muestran a continuación sirven de referencia a la hora de saber qué tipo de entrenamiento hemos hecho. (Vázquez, 2015).
 - Menos de 0,75: sesiones de recuperación.
 - 0,75-0,85: sesiones suaves de entrenamiento de resistencia ritmo.
 - 0,85-0,95: entrenamientos aeróbicos más largos de 2,5 horas.
 - 0,95-1,05: entrenamientos en umbral de lactato más cortos de 2,5 horas.
 - 1.05-1.15 entrenamiento completo en rangos anaeróbicos.
- Fatiga aguda (ATL), la línea rosa: Analiza la fatiga o el estrés acumulado en los entrenamientos de los últimos 7 días.
- Carga de entrenamiento crónico (CTL), la línea azul: representa el estado físico general o el “fitness” acumulado en los entrenamientos durante los últimos 42 días. Si los valores de CTL suben significa que el deportista es capaz de adaptarse a cargas entrenamiento mayores.
- La línea amarilla (TSB): es el estado de forma del deportista. Se obtiene mediante la resta del entrenamiento crónico (CTL) menos la fatiga aguda (ATL). Este valor se refiere al estado de frescura que tiene el deportista en dicho momento.

Para analizar el rendimiento mediante el gráfico anteriormente explicado no vale sólo con tener en cuenta cuando la variable TSB es mayor, sino que hay que valorar diferentes factores que dependerán de cada sujeto (Coogan, 2008).

- Los picos de forma normalmente se dan cuando el CTL es alto y el ATL es bajo para que de esta forma el TSB sea positivo. En la mayoría de casos un TSB inferior a -10 se asocia con una sensación de cansancio y un TSB superior a 10 una sensación de frescura o buena forma.

Los valores que se encuentren en esta franja se consideran neutros y la sensación dependerá de cada deportista.

- Cuando el ATL es muy alto o crece de manera exponencial el deportista se encontrará en un sobre entrenamiento. Siempre que no permanezca en esta situación demasiados días y la situación sea controlada e intencionada, no sería preocupante porque se puede deber únicamente a una semana de mucha carga.
- El sobre entrenamiento crónico o a largo plazo suele ocurrir cuando el CTL es demasiado alto en un tiempo prolongado. En deportistas entrenados aproximadamente el mayor valor de CTL que pueden soportar por periodos prolongados se encuentra en torno a 100.
- Cuando el CTL crece un 4-5% a la semana, la mayoría de deportistas son capaces de adaptarse pero cuando este crecimiento supera el 8-10% normalmente conduce al sobre entrenamiento.
- Cuando el CTL se mantiene constante en un periodo largo de tiempo sin que haya cambiada la tipología o los objetivos del entrenamiento el deportista se encontrara en un estado de estancamiento.
- Cuando año tras año no se aprecia una mejora puede ser porque el CTL no es tan alto como debería o porque baja demasiado tras acabar la temporada.

En el gráfico 5 se muestran valores generales sobre las diferentes zonas de trabajo según rendimiento y riesgos. A la hora de establecer estas zonas se tiene en cuenta las consideraciones anteriormente explicadas (Sanchís, 2016).



Gráfico 5: Zonas de TSB (G-se)

3. OBJETIVOS

Como objetivos principales de este estudio se podrían establecer los siguientes:

- Estudiar la idoneidad de un modelo matemático de estimación del estado de forma basado en los valores obtenidos de fatiga y fitness y ver si dicha estimación es eficaz.
- Estimar los rangos adecuados de forma, teniendo en cuenta el ATL, CTL y TSB, coincidentes con los mejores resultados deportivos para poder planificar de cara a competiciones posteriores con qué valores de forma debe acudir para obtener resultados óptimos.
- Analizar la dinámica de la carga de entrenamiento en las semanas previas a las competiciones principales de cara a poder sistematizar una descarga correcta para obtener el pico de forma deseado.

4. MÉTODO

4.1 Participante

El estudio de caso se ha realizado con un nadador de 18 años perteneciente a la categoría junior del Club Natación Judizmendi (Vitoria). La elección de este sujeto se ha realizado debido a que como la entrenadora afirma es un nadador que tiene gran compromiso y siempre realiza los entrenamientos planificados. Dicho nadador tiene los siguientes valores antropométricos:

- Altura: 178 cm
- Peso: 74 kgs
- Envergadura: 188 cm
- Talla de pie: 46
- Porcentaje de grasa corporal: 11%

Actualmente aparte de realizar los entrenamientos diarios de lunes a sábado con el resto de equipo los días lunes, miércoles y viernes realiza doble sesión, teniendo en un microciclo tipo un total de 9 sesiones semanales. Además del trabajo de agua en la piscina también hace entrenamiento de fuerza en el gimnasio dos días a la semana.

4.2 Procedimiento

La entrenadora del sujeto analizado nos ha facilitado todos los datos necesarios para realizar el estudio completo. Además se han podido obtener algunos datos de interés de mano del propio nadador.

Como ya he mencionado anteriormente mediante los métodos de cuantificación de carga externa sólo se obtiene la carga total realizada y no los contenidos, el sistema y la distribución de entrenamientos. Se da por hecho que la entrenadora, licenciada en ciencias de la actividad física y del deporte, tras la gran experiencia obtenida en los muchos años que ha estado trabajando en este ámbito, ha realizado los entrenamientos de manera más adecuada para este nadador.

Mediante un archivo Excel llamado PMC planner, (Performance management chart), el cual se basa prácticamente en su totalidad en la obtención del TSS para más tarde aplicar el anteriormente explicado modelo impulso-respuesta, se han ido metiendo datos diariamente con los metros que ha hecho el nadador en cada zona de ritmo diferente (aeróbico, aeróbico ligero 1, aeróbico ligero 2, aeróbico ligero 3, aeróbico medio, aeróbico intenso, tolerancia al lactato, máxima producción de lactato y velocidad). Una vez metido todos los datos, para que el programa obtuviera los datos deseados debíamos introducir el tiempo que el deportista necesitaría para recorrer 100 metros en las diferentes intensidades. Con estos datos el programa es capaz de obtener el valor de TSS obtenido en cada zona, diariamente y semanalmente, comparando los tiempos en cada zona con la velocidad en el umbral anaeróbico. Para ello, se ha realizado un test de lactato para poder determinar la velocidad máxima en el umbral y de tal manera calcular los TSS. Además de esto para la utilización de método impulso-respuesta también obtiene valores de ATL, CTL y TSB.

A continuación, en la tabla 2 se muestra un día tipo, exactamente del martes 17 de enero:

Tabla 2: Día tipo por zonas

ENE.	MARTES	17	Set	Pace (s/100m)	Distance (m)	Estimated Duration (s)	TSS	CSS Pace (s/100m)	66
			AeR	82	1850	1517	21,97		
			AeL1	77		0	0,00		
			AeL2	69	1600	1104	26,84		
			AeL3	68		0	0,00		
			AeM	66	1600	1056	29,33		
			AeI	61		0	0,00		
			TOLA	59		0	0,00		
			MPLA	57		0	0,00		
			Veloc.	50	150	75	4,79		
			Total		5200	62,53333333			

Hay que tener en cuenta que a pesar de que la temporada comenzó el 5 de septiembre de 2016 los datos disponibles discurren entre el 3 de octubre de 2016 y el 1 de abril de 2017.

5. RESULTADOS

En función de los valores de lactato también se ha podido obtener los rangos de intensidad en distintas zonas, lo cual es muy interesante a la hora de entrenar, ya que, podemos saber en qué margen de frecuencia cardiaca, velocidad y tiempos debemos entrenar según los objetivos de cada sesión.

Tabla 3: Rangos de velocidad según valores de lactato

	Fc		Ritmos (vel. m/s)		Ritmos (t/100)	
AeR	0	134	0	1,22		82,0
AeL1	135	144	1,23	1,37	81,9	73,0
AeL2	145	156	1,38	1,41	72,9	70,92
AeL3	157	168	1,42	1,5	70,82	66,67
AeM	169	177	1,51	1,51	66,57	66,23
Ael1	178	181	1,52	1,54	66,13	64,94
Ael2	182	190	1,55	1,67	64,84	59,88

En cuanto a los datos obtenidos mediante el PMC planner, se puede destacar el gráfico 6, el cual representa el modelo impulso respuesta, comenzando desde el 3 de octubre hasta el 1 de abril:

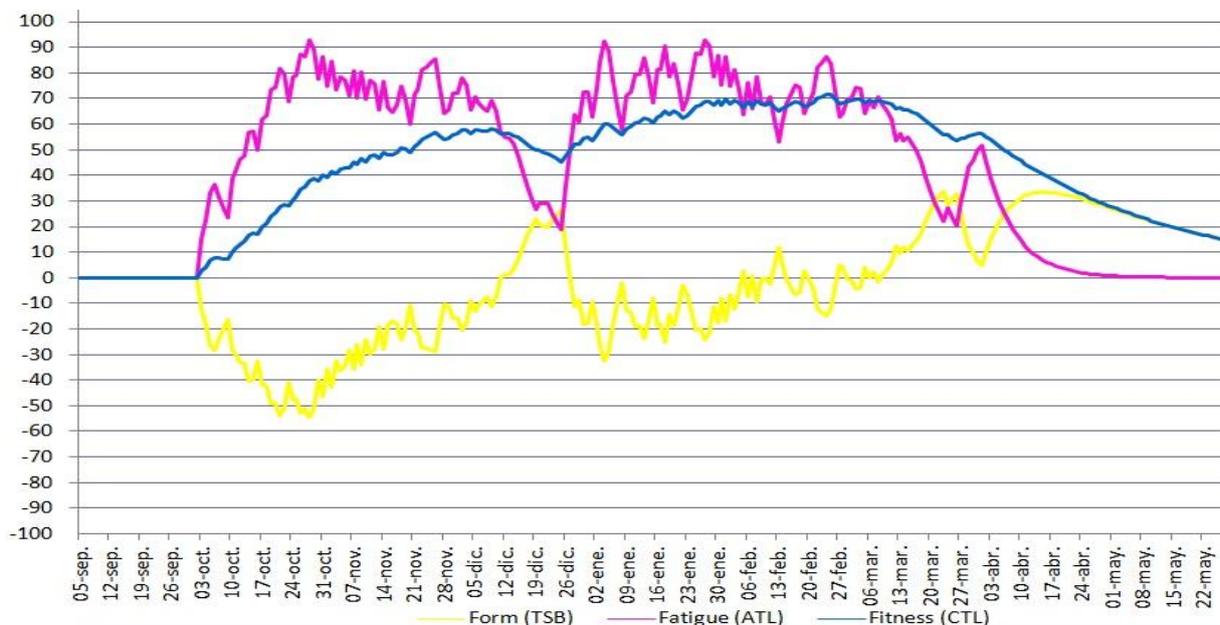


Gráfico 6: Valores obtenidos del deportista (PMC planner)

Con los mismos datos también se puede visualizar en el gráfico 7 el valor total de TSS en cada semana de la temporada. Como se ha explicado en el apartado del procedimiento los datos disponibles son a partir del 3 de octubre, la semana 5 de la temporada.

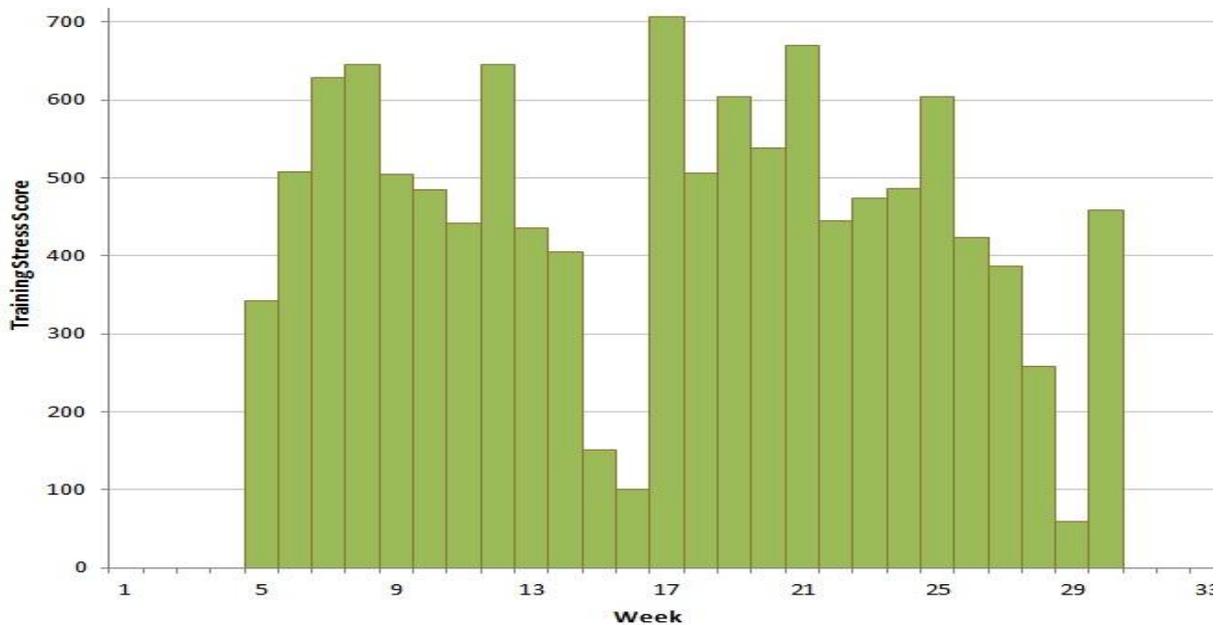


Gráfico 7: Carga total por semanas (PMC planner)

En el gráfico 8 se puede ver el primer macrociclo separado en las cuatro fases diferentes que se pueden apreciar respecto a la línea de ATL y TSB. La primera fase pertenece a la del principio de temporada en la que se da una gran acumulación de carga y por lo tanto la fatiga sube de forma considerable. La segunda fase es la que la línea TSB sube debido a que la carga de entrenamiento disminuye ligeramente. La tercera fase, que pertenece al mesociclo específico, es la que la línea TSB sigue subiendo pero de forma más lenta ya que a pesar de que el volumen ha bajado ligeramente, la intensidad aumenta. Y para finalizar, la cuarta fase, que es de preparación o tapering de cara a la competición en la que la línea ATL baja debido a una disminución de la carga y por lo tanto la línea TSB sube para poder llegar con un nivel de forma óptimo.

En el segundo macrociclo la metodología de entrenamiento es similar por lo tanto, a pesar de que las curvas no sean exactamente iguales porque influyen muchos factores, las cuatro fases a remarcar serían las mismas.

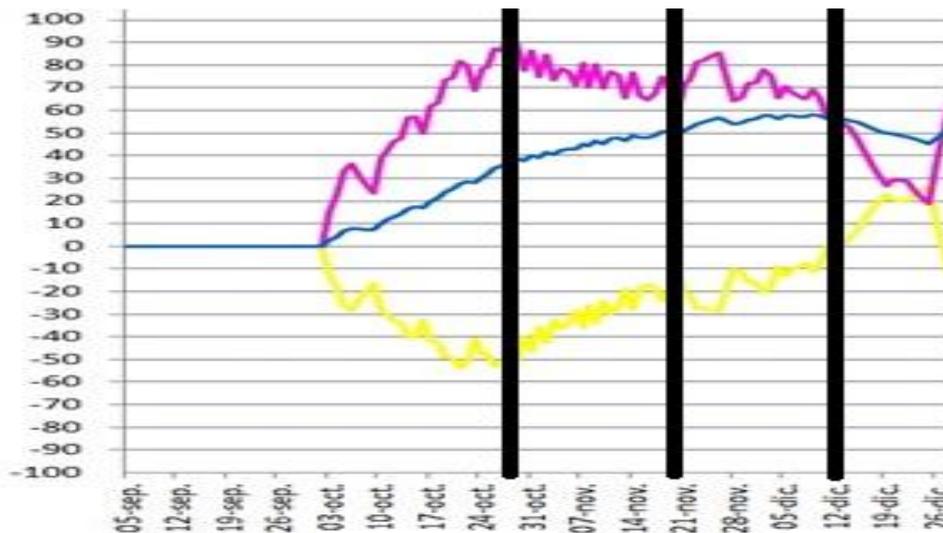


Gráfico 8: Fases de macrociclo (PMC planner)

Una vez separado en fases el primer macrociclo, como se aprecia en la tabla 4 se puede obtener el rango de valores de ATL, CTL y TSB en los que se mueve en cada una de las fases mencionadas.

Tabla 4: Valores de ATL, CTL y TSB por fases

	ATL	CTL	TSB
1 3/10-28/10	0-92,78	0-37,82	0-(-54,95)
2 28/10-20/11	92,78-59,97	37,82-49,03	(-54,95)-(-10,94)
3 29/11-10/12	57,85-85,53	49,03-57,85	(-28,79)-(-7,45)
4 10/12-19/12	65,29-26,92	49,78-57,85	-7,45-22,86

En la tabla 5 se muestran las pruebas en las que ha participado el nadador durante la temporada dependiendo si son competiciones provinciales (azul), autonómicas (verde) o estatales (rosa). Como las pruebas en las que el deportista tiene mejor rendimiento son 100 metros mariposa, 200 metros mariposa y 200 metros estilos, pondremos mayor énfasis y dichas modalidades, ofreciendo el tiempo y la velocidad de cada una de ellas. Los tiempos marcados en rojo son las mejores marcas personales. La valoración general de cada competición se refiere a la opinión sobre el rendimiento obtenido según el propio nadador y su entrenadora

expresado en valores del 1 al 5. Los tiempos subrayados significan que el tiempo se ha convertido de piscina de 50 metros a piscina de 25. Este método de conversión es el usado en todo tipo de pruebas nacionales e internacionales.

Tabla 5: Competiciones de la temporada

Fecha	Campeonato	Tamaño Piscina	Tiempo	Velocidad m/s	Tamaño Piscina	Valoración General
6/11/2016	1ª Jornada Liga					5
19/11/2016	2ª Jornada Liga					4
26-27/11/2016	Copa Euskal Herria Clubes	200 M	<u>2:03,28</u>	1,62	25	5
		200 Ei	<u>2:05,79</u>	1,59	25	
16-18/12/2016	Campeonato de España	100 M	<u>56,01</u>	1,79	25	5
		200 Ei	2:08,12	1,56	25	
24/12/2016	Trofeo Amaya	100 M	56,15	1,78	25	5
29/12/2016	Torneo Navidad	100 M	58,79	1,7	50	2
			<u>57,49</u>		<u>25</u>	
		200 Ei	2:20,84	1,42	50	
			<u>2:15,94</u>		<u>25</u>	
14/1/2017	Memorial Xabier Alberdi	200 Ei	2:05,89	1,59	25	3
21/1/2017	3ª Jornada Liga					3
4/2/2017	4ª Jornada Liga					5
11-12/2/2017	Camp. España CC.AA	100 M	59,37	1,68	50	1
			<u>58,07</u>		<u>25</u>	
		200 M	2:10,77	1,52	50	
			<u>2:07,67</u>		<u>25</u>	
18/2/2017	Camp. Alava Invierno					4
26-27/2/2017	Camp. Euskadi Invierno	100 M	58,77	1,7	50	1
			<u>57,77</u>		<u>25</u>	
18-21/3/2017	Camp. España	100 M	57,98	1,72	50	2
			<u>56,68</u>		<u>25</u>	
		200 M	2:08,53	1,55	50	
			<u>2:05,43</u>		<u>25</u>	

6. DISCUSIÓN

Si nos fijamos en el gráfico 6 que se refiere al entrenamiento de la temporada medido en TSS y reflejado mediante el modelo impulso respuesta, se puede obtener mucha información acerca de si la planificación global ha sido correcta de cara a las competiciones con más relevancia de la temporada.

Para empezar, en la línea azul de CTL, que se refiere a la carga de entrenamiento crónico acumulado en los últimos 42 días o dicho de otra manera cómo de entrenado está nuestro nadador, vemos que según avanza la temporada poco a poco la línea desarrolla una forma ascendente, excepto cuando el deportista prepara los campeonatos de España de diciembre y de marzo. Esto quiere decir que la carga de entrenamiento se ha ido aumentando poco a poco de forma progresiva para que el nadador pueda asimilarla adecuadamente sin sufrir sobreentrenamiento. En la semana pre y post campeonatos de España, como ya he mencionado antes la curva es descendente porque como es lógico la semana anterior se disminuye el volumen (sin bajar excesivamente la intensidad) para poder llegar más fresco a la competición y la semana después se retoman los entrenamientos pero realizando un microciclo de ajuste.

En cuanto a la línea morada de ATL, que se refiere a la fatiga aguda acumulada en los últimos 7 días, se puede apreciar que según sube la línea CTL también sube esta. Este proceso es normal ya que a pesar de que el entrenamiento se plantea de forma progresiva para que el nadador se pueda adaptar adecuadamente a la carga de entrenamiento, es lógico que según el requerimiento físico va aumentando la fatiga acumulada sea mayor. Hay que tener en cuenta a la hora de gestionar este aumento de carga que la fatiga acumulada no sea excesivamente alta para que el rendimiento no caiga debido a un sobreentrenamiento. Como la CTL se refiere a los últimos 42 días y la ATL sólo a los últimos días se ve claramente como en los microciclos de descarga pre campeonatos de España de diciembre y marzo la fatiga baja de forma rápida sin que la línea CTL baje tan abruptamente.

Respecto a la línea TSB se ve que al principio del primer macrociclo es bastante negativa, lo que quiere decir que el deportista no está en forma o que tiene poca frescura. Estos valores son totalmente lógicos ya que en esa fase de la temporada el nadador se está preparando para su primer gran objetivo, el campeonato de España de diciembre y la carga de entrenamiento ha sido bastante alta. Según se acerca a la competición, la línea es ascendente hasta llegar al campeonato en el que los valores de TSB oscilan entre 12,14 el día 16, la primera jornada de la competición y 19,93 el día 18, la última jornada del campeonato. En dicho campeonato, el nadador consiguió su mejor marca en 100 metros mariposa, con un tiempo de 56,01 segundos a una velocidad de 1,79 m/s. Esto quiere decir que la preparación fue bastante exitosa. A pesar de eso, en la competición autonómica (Copa Euskal Herria de clubes) que tuvo anteriormente los días 26 y 27 de noviembre se puede observar que con unos valores entre -28,79 y -18,74 el nadador obtuvo sus dos mejores marcas en 200 metros mariposa, con un tiempo de 2:03,28 minutos a una velocidad de 1,62 m/s y en 200 metros estilos, con un tiempo de 2:05,79 a una velocidad de 1,59 m/s. Por lo tanto en ese primer macrociclo de la temporada el deportista ha obtenido un rendimiento óptimo, corroborado por la valoración general que ambas es un 5, en unos valores de TSB que discurren entre -28,79 y 19,93.

Tras los campeonatos de España de diciembre el nadador tiene unos días de descanso y los días que entrena lo hace con menor carga debido a que se encuentra en un microciclo de ajuste. Tras este microciclo comienza otra vez la fase general del segundo macrociclo, por lo tanto se repite el mismo proceso que en el primero; la línea es descendente por la carga de entrenamiento que se está metiendo, lo que conlleva que el deportista no se encuentre en forma o con frescura y a medida que llega el segundo gran objetivo del año, el campeonato de España de los días 18 al 21 de marzo, la línea vuelve a subir porque en el microciclo de descarga del mesociclo específico y en el mesociclo de competición la carga total disminuye. En este campeonato el valor de TSB mínimo es 17,56 y máximo 29,04 valores que comparándolos con los del primer campeonato de España de diciembre son bastante superiores. En este campeonato de marzo el rendimiento tanto por marcas como por valoración general, que es de 2, se encuentra bastante alejado de su rendimiento óptimo.

La explicación más lógica podría ser que la fase de descarga ha sido demasiado larga y por lo tanto la línea ha subido demasiado debido a un pequeño desentrenamiento. Por lo tanto de cara a futuras competiciones se intentaría buscar una forma similar a la del primer macrociclo, es decir, valores entre -28,79 y 19,93 TSB. Para buscar otra explicación respecto al bajo rendimiento, se aprecia en la línea CTL que los valores son ligeramente mayores a los de diciembre por lo tanto esto quiere decir que en general está “mejor” entrenado lo que es contradictorio con los resultados. Si se observa el gráfico 6, se puede intuir que si la descarga de este campeonato de marzo se hubiera hecho ligeramente menor o si se hubiera planteado unos días más tarde la línea TSB se hubiera equiparado bastante a la fase de descarga del primer macrociclo, por lo que en teoría el rendimiento hubiera sido mayor.

Si se compara el rango de valores anteriormente propuesto en el que el rendimiento del nadador es mayor, con el gráfico 5, se aprecia que dichos valores se encuentran en tres zonas diferentes: zona óptima de entrenamiento, zona gris y zona de fresca o de buena forma. Por lo tanto, según el gráfico 5 los valores que se encuentran en la zona de fresca transcurren entre 5 y 25 TSB. Obviamente hay que tener en cuenta que en dicho gráfico se muestran los datos de un nadador concreto pero cada deportista es diferente y se encuentra en forma óptima en un rango de TSB diferente.

Si se observa el gráfico 7, se puede ver que en las semanas de más carga los valores de TSS se encuentran alrededor de 600-700, en las semanas de menor carga los valores TSS rondan los 350-500 TSS y en las semanas de competición, en el primer macrociclo es de 100 TSS y en el segundo macrociclo 60 TSS.

Estos últimos datos de las semanas de las competiciones con mayor prioridad corroboran la idea explicada anteriormente, es decir, que en principio la semana de competición del segundo macrociclo la descarga ha sido superior a la del primero, por lo tanto el nadador se ha podido desentrenar ligeramente. Otro factor importante que se puede observar en dicho gráfico es que en el primer macrociclo, la semana previa a la de competición, última serie de descarga del mesociclo específico, tiene un valor total de 151 TSS mientras que en la segunda es de 258. Por lo tanto vistos los resultados se podría pensar que en este caso se obtiene mejor rendimiento en el

primer macrociclo porque la descarga se hace de forma más progresiva que si se plantea como en el segundo en el que la descarga se hace más drásticamente.

Hay que recordar que a la hora de hacer la discusión sobre los resultados obtenidos, sólo se ha tenido en cuenta el valor de la carga obtenida mediante los TSS y no se ha analizado esos valores de donde provienen. Se da por hecho que la planificación de la temporada se ha realizado siguiendo unos criterios de contenidos y de periodización correctos.

7. CONCLUSIONES

A pesar de que en la actualidad existen muchos métodos de cuantificación de carga, dependiendo del deporte y de la necesidad de precisión que se tenga se podrá elegir uno u otro. En natación y otros deportes cíclicos el uso de del sistema TSS resulta muy interesante ya que tiene en cuenta no solamente la duración de la sesión sino también en que intensidad se dan los distintos intervalos.

Mediante programas como el PMC planner se puede aplicar de forma sencilla el modelo impulso respuesta que es muy interesante a la hora de establecer zonas de mayor rendimiento de cara a futuras competiciones y temporadas. Otro de los beneficios reside en que al tener todos los datos archivados, es posible una comparación entre temporadas de forma rápida y sencilla.

Con la ayuda de programas como Training Peaks que se basan en el método impulso-respuesta es posible generar entrenamientos con suficiente antelación para estudiar la respuesta del modelo y poder así tener un diseño prospectivo que ayude en la toma de decisiones para el diseño del entrenamiento.

Como última conclusión mencionar que es posible conocer cómo hacer de forma más adecuada para cada nadador la fase de tapering o preparación para el campeonato. Esto supone un gran avance ya que normalmente existe gran dificultad a la hora de ajustar de forma correcta la carga en las últimas semanas pre competición.

8. REFERENCIAS

- Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, 33, 889–919.
- Banister, E. (1991). *Modeling Elite Athletic Performance. Physiological Testing of Elite Athletes*. Human Kinetics.
- Borg, G. A. (1975). Perceived exertion. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2, 131-153.
- Chandola, T., Heraclides, A., & Kumari, M. (2010). Psychophysiological biomarkers of workplace stressors. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35(1), 51-57.
- Coggan, A. (2008). The science of the performance manager. Training Peaks. Recuperado de: <https://www.trainingpeaks.com/blog/the-science-of-the-performance-manager/>
- Coggan, A. (2003). The scientific inspiration of the performance manager. Training Peaks. Recuperado de: <https://www.trainingpeaks.com/blog/the-science-of-the-performance-manager/>
- Esteve-Lanao, J. (2011). Cuantificación de la carga en deportes de resistencia. *Sport Training Magazine*.
- Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon. *Journal of Human Sport Exercise*. Vol. 6.
- Jobson, S. A., Passfield, L., Atkinson, G., Barton, G., & Scarf, P. (2009). The analysis and utilization of cycling training data. *Sports Medicine* 39(10), 833-844.
- Martinez, A. (2008). Cuantificación de la carga de entrenamiento. Am triathlon. Recuperado de <http://www.amtriathlon.com/>
- Martinez, A. (2008). Modelo impulso respuesta. Am triathlon. Recuperado de <http://www.amtriathlon.com/>
- Martinez, A. (2008). Modelo gráfico simplicado. Am triathlon. Recuperado de <http://www.amtriathlon.com/>

- Mujika, I. T.; Busso, T.; Geysant, A.; Chatard, J. C.; Lacoste, L. and Barale, F. (1996). Modeling the effects of training in competitive swimming. *Medicine science of sports exercise*. 28(2).
- Mujika, I. (2006). Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición. *La revista universitaria de la educación física y el deporte*.
- Muñoz, I. (2016). Métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento en deportes de resistencia cíclica. *Revista Búsqueda*.
- 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).
- Sanchís, C. (2016). Gestión del TSB o Balance del Estrés de Entrenamiento. G-se. Recuperado de: <http://g-se.com/es/entrenamiento-en-triatlon/blog/gestion-del-tsb-o-balance-del-estres-de-entrenamiento>
- Vázquez, J. (2015). Mejora con Training Peaks : Cómo interpretar las gráficas (TSS, IF, ATL, CTL, TSB). *Planeta Triatlón*. Recuperado de: <http://www.planetatriatlon.com/mejora-con-training-peaks-como-interpretar-las-graficas-tss-if-atl-ctl-tsb/>
- Verkhoshansky, Y. (2002). *Teoría y metodología del entrenamiento deportivo*, Paidotribo, Barcelona