

# TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2018-2019

## “ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN FRENTE A LA FATIGA OCACIONADA EN MICROCILOS DE ALTA CARGA EN DOS DISCIPLINAS ATLÉTICAS DIFERENTES”

*Recovery strategies against fatigue occurred in high-load microcycles in different athletic disciplines*

**Autora:** Elba Díaz Serradilla

**Tutor:** José Gerardo Villa Vicente

David Suárez Iglesias

Fecha: 08/07/2019

Vº Bº TUTOR

Vº Bº AUTOR

---

## RESUMEN

---

**Introducción:** actualmente existe un gran interés sobre los diferentes métodos de recuperación, ya que aparte de entrenar de forma eficiente y óptima también es necesaria una correcta recuperación para poder seguir soportando esas cargas, cada vez de mayor intensidad, duración y/o frecuencia, de entrenamiento y así aumentar el rendimiento (Dupuy, Douzi, Theurot, Bosquet, & Dugué, 2018). **Objetivo:** Analizar la influencia en parámetros de fuerza y potencia física y de flexibilidad de la extremidad inferior de aplicar diferentes estrategias de recuperación (frío y foam roller) en fondistas y lanzadores tras microciclo de alta carga. **Resultados:** Los lanzadores tienen un mayor TRIMP total que los fondistas debido a una mayor duración de los entrenamientos, pero no por la dureza de los mismos. La inmersión en agua fría mejora la percepción de recuperación de los fondistas y la percepción subjetiva de dolor de los lanzadores mientras que el foam roller aumenta la percepción de recuperación en los fondistas. La inmersión en agua fría provoca un descenso en la potencia de la extremidad inferior y flexibilidad de forma inmediata, pero a las 20 horas es capaz de restablecer los valores iniciales, en el caso del foam roller es capaz de mantener los valores iniciales tomados en descanso tanto a corto como a medio plazo. **Conclusión:** tanto para fondistas como para lanzadores el foam roller es una buena estrategia de recuperación a corto y medio plazo. El frío a corto plazo perjudica el rendimiento y solo resulta efectivo en los lanzadores a medio plazo.

**Palabras clave:** “recuperación”, “fatiga”, “inmersión en agua fría” y “foam roller”.

---

## ABSTRACT

---

**Introduction:** there is currently a great interest in the different recovery methods, because apart from training efficiently and optimally, a correct recovery is also necessary to be able to continue supporting these loads, each time of greater intensity, duration and / or frequency, of training and thus increase performance (Dupuy, Douzi, Theurot, Bosquet, & Dugué, 2018). **Objective:** To analyze the influence on parameters of strength and physical power and flexibility of the lower extremity to apply different recovery strategies (cold and foam roller) in long distance runners and launchers after a high load microcycle. **Results:** The throwers have a greater total TRIMP than the long-distance runners due to a longer duration of the training, but not because of the hardness of the same. The immersion in cold water improves the recovery perception of the long-distance runners and the subjective perception of pain of the pitchers while the foam roller increases the perception of recovery in the long-distance runners. The immersion in cold water causes a decrease in the power of the lower limb and flexibility immediately, but at 20 hours is able to restore the initial values, in the case of the foam roller is able to maintain the initial values taken at rest both short and medium term. **Conclusion:** for both runners and throwers, the foam roller is a good recovery strategy in the short and medium term. In the short-term the cold water immersion impairs performance and is only effective in medium-term in the throwers.

**Key Words:** “recovery”, “fatigue”, “water immersion” y “foam roller”

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>1.JUSTIFICACIÓN</b> .....	4
1.1 Originalidad.....	5
<b>2.INTRODUCCIÓN</b> .....	5
2.1 Fatiga.....	6
2.1.a Tipos de fatiga.....	7
2.1.b Relación fatiga y carga: cuantificación de la carga.....	8
2.1.c Relación fatiga y lesiones.....	10
2.1.d La recuperación.....	12
2.2 Valoración de la fatiga.....	13
2.2.a Mediciones subjetivas.....	14
2.2.b Variables fisiológicas.....	14
2.2.c Test de rendimiento.....	15
2.3 Estrategias de recuperación de la fatiga.....	16
2.3.a Agua fría.....	17
2.3.b Calor.....	19
2.3.c Contrastes.....	20
2.3.d Crioterapia.....	21
2.3.e Foam roller.....	22
2.3.f Elementos de compresión.....	23
2.3.g Recuperación activa.....	23
2.3.h Estiramientos dinámicos y balísticos.....	24
2.3.i Masaje.....	25
<b>3.OBJETIVOS</b> .....	26
3.2 Competencias.....	26
<b>4.METODOLOGÍA</b> .....	27
4.1 Sujetos.....	27
4.2 Material.....	28
4.3 Procedimiento.....	28
4.4 Cuantificación de la carga.....	30
4.5 Estrategias de recuperación.....	30
4.6 Protocolo de valoración.....	32
4.7 Análisis estadístico y bibliográfico.....	34
<b>5.RESULTADOS</b> .....	34
5.1 Antropometría.....	34
5.2 Cuantificación de la carga.....	34
5.3 Evaluación inicial en los test de rendimiento.....	36
5.4 Resultados lanzadores.....	36
5.5 Resultados fondistas.....	39
<b>6.DISCUSIÓN</b> .....	41
<b>7.CONCLUSIONES</b> .....	44
7.1 Valoración crítica.....	45
7.2 Líneas futuras y aplicabilidad.....	45
<b>8-BIBLIOGRAFÍA</b> .....	46

## **1. JUSTIFICACIÓN**

---

En las últimas décadas muchos trabajos se han centrado en identificar las técnicas de entrenamiento más adecuadas para cada disciplina deportiva pero actualmente existe un gran interés sobre los diferentes métodos de recuperación, ya que aparte de entrenar de forma eficiente y óptima también es necesaria una correcta recuperación para poder seguir soportando esas cargas, cada vez de mayor intensidad, duración y/o frecuencia, de entrenamiento y así aumentar el rendimiento. Los deportistas cada vez se ven sometidos, pues, a unas mayores exigencias tanto físicas como mentales para poder llegar al alto nivel, y para soportar esos niveles de carga sin que se genere el síndrome de sobreentrenamiento o se produzcan lesiones, se hace necesario implementar este tipo de estrategias de recuperación (Dupuy, Douzi, Theurot, Bosquet, & Dugué, 2018).

El entrenamiento en muchas ocasiones también provocará dolor, daño muscular de origen tardío (DOMS), inflamación, fatiga... y los deportistas de alto nivel no tienen tiempo suficiente entre sesión y sesión para recuperar la homeostasis, es decir, volver a los valores previos al entrenamiento en los marcadores de fatiga y daño muscular. Incidencia de DOMS y fatiga que son diferentes, por específicas, de las diferentes modalidades de esfuerzo (con mayor o menor componente excéntrico, diferente para la carrera que para trabajo con pesas...) (Soligard, et al; 2016). Ser capaz de alcanzar este punto óptimo sin quedarse por debajo o encima es realmente difícil, y las estrategias de recuperación están para ayudarnos a modular esos niveles de fatiga y dolor muscular (Kellmann, et al; 2018).

Se han propuesto numerosas estrategias de recuperación en la literatura con una mayor o menor evidencia científica. Las que tienen un mayor uso y evidencia son: elementos de compresión (Brown, et al; 2017), estiramientos (Opplert & Babault, 2018) agua fría (Broatch, Petersen, & Bishop, 2018), masaje con roller (Kalichman & David, 2017), contrastes de agua fría y agua caliente (Higgins, Greene, & Baker, 2017), masaje (Dupuy, et al; 2018), electroestimulación (Taylor, et al; 2015), crioterapia (Rose, Edwards, Siegler, Graham, & Caillaud, 2017) y recuperación activa (Dupuy, et al; 2018). Debido a que son muchas las estrategias propuestas y la mayoría no están al alcance de muchos deportistas en este trabajo nos vamos a centrar, tras cuantificar la carga de trabajo del entrenamiento en deportistas de élite que entrenan diariamente en el Centro de Alto Rendimiento (CAR) León, en analizar tanto el efecto de la aplicación del masaje con roller, como de la inmersión en agua fría, tras las sesiones de entrenamiento en atletas de fondo y en lanzadores, que son dos de las estrategias más sencillas de aplicar y al alcance de todo el mundo.

## **1.1 Originalidad**

---

La principal innovación en este trabajo es que se va a comparar la eficacia de los métodos de recuperación en dos diferentes disciplinas deportivas que tienen un entrenamiento muy diferente como son los atletas de lanzamiento y los fondistas, con unos niveles de fatiga y daño muscular muy distintos. Además, se realiza con atletas de élite que entrenan diariamente en el CAR de León. No hemos encontrado ningún otro tipo de estudio en la literatura que haga esta comparación, por ello creemos que se trata de un trabajo original e innovador, además de que se ha obtenido el permiso para realizarlo con todos los recursos y medios del CAR León, lo que permite que la muestra esté compuesta exclusivamente por atletas de alto rendimiento, lo que dota al estudio de una mayor relevancia científica.

## **2. INTRODUCCIÓN**

---

Todo proceso de entrenamiento conlleva cierto grado de fatiga, sobre todo cuando se habla de alto nivel ya que para poder mejorar se debe llevar al cuerpo cerca de sus límites fisiológicos, neuromusculares... para así provocar la adaptación al entrenamiento y su correspondiente mejora en el rendimiento. Pero esta línea entre desadaptación, sobreentrenamiento y adaptación muchas veces es difusa y no es fácil acertar con la carga de entrenamiento, para lograr esto juegan un papel primordial las estrategias de recuperación que intentan paliar este efecto negativo de la fatiga y permitir soportar toda la carga requerida (Soligard, et al; 2016).

Esta fatiga va a ser diferente en función de la disciplina deportiva practicada. En el caso de disciplinas cíclicas, como los fondistas, el entrenamiento requiere un mayor trabajo de toda la musculatura, con una fatiga más a nivel central, con entrenamientos de alta intensidad pero de bastante duración; mientras que en disciplinas acíclicas, como los lanzamientos, se trata de entrenamientos con un nivel de fatiga más local y de carácter neuromuscular, ya que se realiza principalmente un trabajo de fuerza en gimnasio con periodos de recuperación suficientes pero con una alta carga. Por todo ello es necesario conocer las cargas de trabajo realizadas e individualizar las estrategias de recuperación a cada disciplina y ese es uno de los objetivos del presente trabajo (Staiano, Bosio, de Morree, Rampinini, & Marcora, 2018)

Para poder aplicar los diferentes métodos de recuperación es importante tener una valoración de la fatiga del deportista y ver en qué estado se encuentra respecto a su valor basal y si el método de recuperación aplicado está funcionando para ellos. Con este fin se han utilizado tanto mediciones subjetivas, variables fisiológicas como test de rendimiento. Las variables fisiológicas pueden ser las más objetivas, pero no están al alcance de todos

los deportistas y se pierde la información subjetiva que nos aporta el propio deportista. Por otro lado, los test de rendimiento son los más específicos, por lo que pueden tener un alto grado de validez, pero pueden causar fatiga y tienen cierto riesgo de lesión. Por lo tanto, hacer un uso adecuado de las diferentes pruebas de valoración va a ser importante para valorar la recuperación (Thorpe, Atkinson, Drust, & Gregson, 2017).

Kellman et al. (2018) distinguen entre tres tipos diferentes de recuperación:

- ❖ Pasiva → desde aplicar medios externos al deportista como un masaje, al simple hecho de la inactividad física con el objetivo de favorecer la recuperación.
- ❖ Activa → incluye principalmente aquellas técnicas que tienen por objetivo mejorar la recuperación mediante una actividad física de carácter aeróbico y de moderada o baja intensidad, por ejemplo, corriendo o en bicicleta.
- ❖ Proactiva → se trata de una elección personal en función de sus gustos y preferencias y que incluye todo tipo de actividades sociales y aficiones.

## **2.1 FATIGA**

---

La fatiga siempre ha sido un estado difícil de definir ya que intervienen muchos factores y se puede analizar desde numerosos puntos de vista. Para el biomecánico se trata de un descenso en la producción de fuerza de un músculo; para el fisiólogo un estado en el que un determinado sistema energético no es capaz de producir suficiente energía; y para el psicólogo como una sensación de cansancio física y mental (Abbiss, & Laursen, 2005).

Para Enoka y Duchateau, (2016) en el concepto de fatiga se establecen dos atributos principales:

- 1) Fatiga y rendimiento: que se produzca un descenso en un marcador objetivo de rendimiento deportivo en un periodo de tiempo concreto.
- 2) Percepción de fatiga: cambios en las sensaciones del propio deportista respecto a su estado físico.

Mediante esta fragmentación se pretende relativizar la fatiga a cada individuo en concreto, ya que una misma tarea puede provocar diferentes niveles de fatiga en dos personas, aunque estén en una condición física similar ya que la fatigabilidad de cada persona es diferente. En este sentido como se muestra en la Figura 1, la percepción de fatiga está condicionada por el estado fisiológico del deportista y su estado psicológico, y la fatiga en el rendimiento depende de la función contráctil de sus fibras y la activación muscular.

Figura 1: Atributos principales de la fatiga. Adaptado de Enoka y Duchateau, (2016).

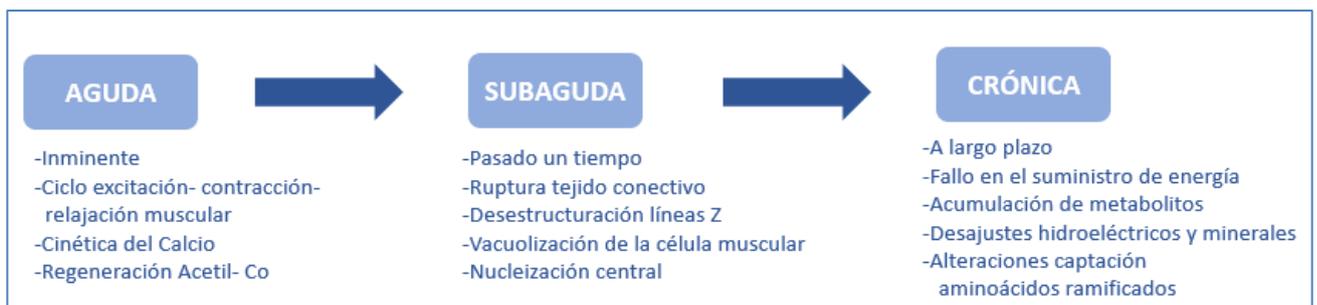


Aunque se divida la fatiga en sus dos atributos principales, la fatiga es una entidad única en la que todos estos factores interactúan y se retroalimentan de forma que un cambio en cualquiera de ellos afectará a todo el sistema y hará peligrar la homeostasis.

### 2.1.a. Tipos de fatiga

A continuación, vamos a tratar de resumir los principales tipos de fatiga en función del tiempo o momento de aparición de la misma, distinguiéndose entre fatiga aguda, subaguda y crónica. En la Figura 2 se muestra un esquema con las principales causas de cada uno de los tipos de fatiga.

Figura 2: Clasificación de la fatiga en función del momento de aparición.



- 1) **Aguda:** es consecuencia del deterioro en uno o varios puntos del proceso excitación-contracción-relajación a nivel muscular o periférico y se produce durante la realización de la actividad física, o nada más terminarla. Se distinguen dos subtipos de fatiga aguda: la que se produce por encima de la placa motora (fatiga central); y la que se genera por debajo de la placa motora (fatiga periférica) (Gallego, & Villa, 2001):

- a. **Fatiga central:** se produce por una insuficiente regeneración de Acetil-Co, alteraciones en la excitación neuronal que pueden ser metabólicas

(hipoglucemia, aumento amoniaco o reducción de aminoácidos) o en los receptores (por un feedback negativo desde el músculo o afecciones en las motoneuronas) o por factores psicológicos.

b. *Fatiga periférica*: a nivel muscular, se puede dar por una reducción en la liberación de Acetil- Co, por una reducción en la liberación de Calcio o por una interacción en la unión Actina- Miosina.

- 2) **Subaguda**: también conocida como DOMS, y que ha sido definida como una lesión muscular de Tipo I, y que suele ir acompañada de dolor o rigidez a la palpación y/o movimiento, este dolor y rigidez puede aparecer a las 24-48 horas post ejercicio y puede durar varios días. El dolor suele ser mayor en la porción distal del músculo ya que hay un mayor número de receptores musculares del dolor en estas regiones. Normalmente aparece después de la realización de ejercicio al que no estamos acostumbrados y con unos altos niveles de fuerza y velocidad, en concreto los ejercicios excéntricos tienen un mayor riesgo de provocar DOMS, ya que se produce una elongación muscular a la vez que se produce la contracción durante todo el recorrido. En cuanto al mecanismo de producción se han propuesto muchas teorías incluyendo: ácido láctico, espasmo muscular, inflamación, daño muscular en el tejido conectivo (Cheung, Hume, & Maxwell, 2003) si bien hoy se ha llegado al consenso sobre cuál o cuáles son los mecanismos desencadenantes: la desestructuración miofibrilar y sarcomérica acompañada de inflamación muscular (Lipps, Wojtys, & Ashton-Miller, 2013).
- 3) **Crónica**: también conocida en el ámbito del ejercicio físico como síndrome de sobreentrenamiento. Se trata de un desequilibrio continuado entre ejercicio y recuperación, es decir, entre el entrenamiento efectuado y la capacidad del deportista de asimilar la carga. Los principales síntomas son una reducción en el rendimiento, sensación general de fatiga que no desaparece pese al descanso, pérdida de peso, cambios de humor, insomnio, dolor muscular... (Soligard, & Schwellnus, 2016).

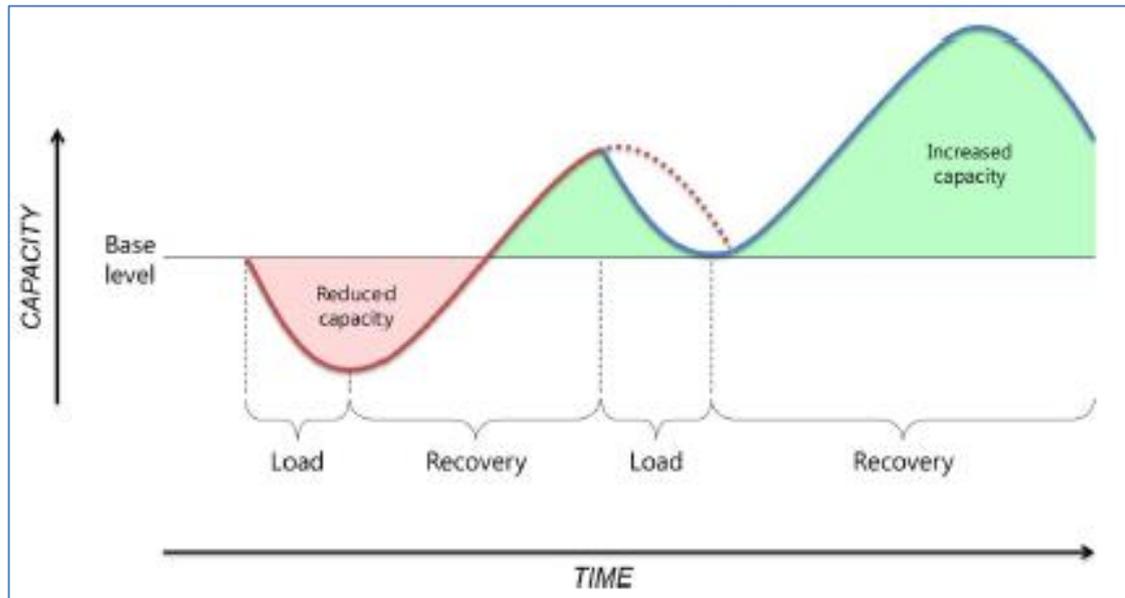
### **2.1.b Relación fatiga y carga: cuantificación de la carga**

---

A la hora de conceptualizar la fatiga es importante hablar de la adaptación, que es el fin último del entrenamiento. Aplicamos una carga lo suficientemente intensa como para que se produzca una alteración en la homeostasis del organismo, de esta forma se produce un descenso del rendimiento y aparece esa sensación de fatiga y un posible daño muscular, pero si la dosis es la adecuada y se respeta el descanso necesario el deportista recupera la

homeostasis con un nivel más alto de condición física y rendimiento. Durante este proceso que se detalla en la Figura 3 es importante interpretar adecuadamente todos los signos fisiológicos, psicológicos y de rendimiento para diferenciar entre un estado de fatiga y un estado de desadaptación cercano a la lesión deportiva (Soligard, & Schwellnus, 2016).

Figura 3: Proceso de adaptación al entrenamiento (Soligard, & Schwellnus, 2016)



El control y cuantificación de la carga es fundamental para definir la relación entre la carga, la pérdida de rendimiento y el riesgo de lesión, incluyendo la medición precisa de las cargas, tanto deportivas como no deportivas, de los atletas, así como su bienestar emocional. Esto nos va a permitir poder explicar por qué se producen los cambios en el rendimiento, y conocer si nuestro entrenamiento está funcionando, además de cuantificar el nivel de fatiga y establecer las necesidades de recuperación adaptando nuestro entrenamiento al calendario competitivo alcanzando así los picos en el estado de forma en el momento indicado, y lo que es más importante: garantizar unos niveles de carga que minimicen el riesgo de fatiga crónica, lesión y enfermedad (Soligard, & Schwellnus, 2016).

Hay muchas formas de clasificar los métodos de cuantificación de la carga: externa o interna, de forma objetiva o subjetiva, de manera general o específico... Nosotros vamos a utilizar la clasificación en función de si se cuantifica carga externa (componentes de la carga que definen la magnitud o cantidad de entrenamiento desarrollada) o interna (las repercusiones que van a tener los estímulos del entrenamiento en el organismo del deportista). Se debe tener en cuenta que una misma carga externa va a conllevar una diferente carga interna para dos personas distintas, ya que la carga interna está condicionada por la genética, edad, historial de entrenamiento, nivel de condición física... (Borresen, & Lambert, 2009). A continuación, se proponen diferentes formas de cuantificarlas (Tabla 1):

Tabla 1: Métodos de cuantificación de la carga (Borresen, &amp; Lambert, 2009)

CARGA EXTERNA	CARGA INTERNA
Duración de competición	Escalas subjetivas (RPE, TQR...)
Distancia acumulada	Horas de sueño
Número de repeticiones	Frecuencia cardiaca
Análisis mediante GPS	Lactato sanguíneo
Frecuencia de entrenamiento	Variabilidad frecuencia cardiaca
	Training Impulse (TRIMP)
	Cuestionarios (POMS, REST-Q-Sport...)

En el presente estudio hemos decidido cuantificar la carga de entrenamiento mediante el Training Impulse (TRIMP). Se trata de un método sencillo en que se cuantifica carga interna, de esta forma podemos individualizar la carga a cada sujeto, además de permitir monitorizar a muchos atletas a la vez sin interferir en su entrenamiento, y que ha sido validado en diferentes estudios (Borresen, & Lambert, 2009; Foster, Rodriguez-Marroyo, & De Koning, 2017). Se calcula multiplicando la duración del entrenamiento por la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) del mismo (Foster, Rodriguez-Marroyo, & De Koning, 2017)

En definitiva, hay muchas forma de cuantificar la carga y va a depender del deporte y del tipo de deportista que sea más adecuado utilizar una u otra, en deportes cíclicos es más sencillo cuantificar carga externa mediante variables como la duración, la distancia o la potencia desarrollada; pero en caso de deportes acíclicos, y en especial en los de adversario, es más complicado y en muchos casos tendremos que utilizar métodos subjetivos como Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE) o cuestionarios y diarios.

### 2.1.c Relación fatiga y lesiones

A la hora de analizar la carga y su relación con el riesgo de lesión tenemos varias variables claves:

- 1) **Carga absoluta:** un valor absoluto de carga alto ha sido relacionado con un incremento del riesgo de lesión en numerosos estudios (Tabla 2). Aunque también hay investigaciones que demuestran que un alto nivel de carga puede tener un efecto protector contra ciertas lesiones tanto en deportistas de élite como amateurs (Rasmussen, & Nielsen, 2013; Veugelers, Young, Fahrner, & Harvey 2016). Este tipo de uso excesivo de la carga de entrenamiento se relaciona con lesiones por sobreuso como las tendinopatías, el dolor patelofemoral o lesiones por estrés óseo; en estos casos la lesión se produce por un daño a nivel tisular por exceder la

capacidad de ese tejido de soportar la carga o por no dejar una suficiente recuperación entre diferentes cargas (Soligard, & Schweltnus, 2016). También se ha sugerido que este daño por sobreuso en los tejidos puede tener una influencia en las lesiones agudas, pero se necesitan más estudios para corroborar esta información (Lipps, Wojtys, & Ashton-Miller, 2013).

Los mecanismos por los que se produce este incremento del riesgo de lesión son una disminución en la velocidad de contracción muscular, una reducción en reclutamiento de fibras musculares con la consiguiente disminución en la fuerza y velocidad, también disminuye la velocidad en la toma de decisión y la coordinación, reduce el control neuromuscular y la estabilidad (CORE) alterando de esta forma toda la cinética y cinemática del movimiento (Soligard, & Schweltnus, 2016).

Tabla 2. Estudios que demuestran en diferentes deportes la relación entre una mayor carga aguda y cambios bruscos en la dinámica de las cargas con un mayor riesgo de lesión

<b>FÚTBOL</b>	Brink MS, Visscher C, Arends (2010) en deportistas en formación y Owen AL, Forsyth JJ, Wong (2015) en futbolistas profesionales.
<b>ATLETISMO</b>	Jacobs SJ, Berson BL (1986) en corredores de media distancia y van Middelkoop M, Kolkman J, Van Ochten J, (2008) en corredores de larga distancia
<b>VOLEIBOL</b>	Visnes H, Bahr R (2013) en jugadores de élite y Andrade, Fernandes, Miranda (2018)
<b>TRIATLÓN</b>	Shaw T, Howat P, Trainor M (2004) analizan las lesiones en función de los patrones de entrenamiento y Burns J, Keenan AM, Redmond AC (2003) analizan las lesiones por sobreuso.
<b>NATACIÓN</b>	Ristolainen L, Kettunen JA, Waller (2014) analizan lesiones por sobreentrenamiento y Sein ML, Walton J, Linklater (2010) se centran específicamente en las de hombro.

**2) Ratio carga aguda- carga crónica:** es la relación entre la carga aguda (aproximadamente una semana, correspondería con un microciclo) y la carga crónica (cuatro semanas, lo que sería un mesociclo). Diversos estudios han demostrado que cuando esta relación supera 1,5 aumenta significativamente el riesgo de lesión entre 2 y 4 veces en el siguiente microciclo (Blanch, & Gabbett, 2016). Por tanto, la carga crónica debe ir aumentando de forma progresiva para así lograr la adaptación del deportista, pero, si en cambio, realizamos aumentos bruscos en la carga aguda el deportista tendrá un alto nivel de fatiga, no se adaptará y aumentarán sus posibilidades de lesión (Soligard, & Schweltnus, 2016). Esta ratio también debe

tenerse en cuenta en la readaptación de un jugador que sale de una lesión ya que si no aumentan sus posibilidades de recaída (Blanch, & Gabbett, 2016)

- 3) **Carga psicológica:** diferentes variables psicológicas pueden afectar al riesgo de padecer una lesión como la ansiedad, el estrés o una insuficiente autoconfianza. Lo que hacen es reducir tu sistema atencional y la coordinación, aumentan el tiempo de reacción, la tensión muscular y la fatiga (Soligard, & Schwellnus, 2016).
- 4) **Periodos de concentración de competiciones:** se entiende por un periodo de concentración de competiciones a la acumulación de más partidos o competiciones de lo habitual en un corto periodo de tiempo, esto supone un gran aumento de la carga aguda del jugador ya que la competición normalmente exige mayores demandas tanto físicas, psicológicas como fisiológicas a los jugadores, lo que hace que aumente su riesgo de lesión muy por encima del de entrenamiento, considerando muchos autores las competiciones como un factor de riesgo de lesión en sí mismo (Blanch, & Gabbett, 2016).

En el estudio de Laux, Krumm, Diers y Flor (2015) se analizó de forma longitudinal durante 16 meses las lesiones que tuvieron diferentes jugadores de fútbol de la Primera División Alemana y a la vez recogieron variables de estrés y recuperación de cada jugador mediante el cuestionario Recovery-Stress Questionnaire for Athletes (RESTQ-Sport) y obtuvieron que mediante un análisis de la calidad de la recuperación y el estrés del jugador se podían predecir lesiones en el mes siguiente a la valoración.

Lewis (2018) también demostró esta relación entre niveles de fatiga y lesiones en jugadores de baloncesto de la NBA. Para ello registró las lesiones que tuvieron lugar durante tres temporadas y analizó la carga de partidos a la que se vio expuesto cada jugador. Concluyó que el riesgo de lesión aumentaba casi un 3% por cada 96 minutos jugados y disminuía un 16% por cada día de descanso y también aumentó el riesgo de lesión cuantos más años de experiencia tenía el jugador en la NBA.

Todo esto nos permite afirmar que un adecuado control y cuantificación de las cargas tanto de entrenamiento como de competición nos permitirá reducir los niveles de fatiga y estrés de los jugadores reduciendo así su riesgo de lesión.

#### **2.1.d. La recuperación**

---

La recuperación tras una fatiga inducida por un esfuerzo físico es un proceso complejo y multifactorial (psicológico, fisiológico...), que se ve afectado por factores intrínsecos y extrínsecos, y que tiene por objetivo restaurar la homeostasis mediante un restablecimiento de la energía gastada en el esfuerzo y una regeneración de los tejidos dañados. Tras este proceso de recuperación el deportista debería restaurar sus niveles

psicológicos y fisiológicos y de rendimiento previos a la fatiga (Enoka, & Duchateau, 2016). El proceso de recuperación va unido indisolublemente al de fatiga en un continuum ya que uno depende en todo momento del otro y deben de afrontarse en función de la disciplina deportiva.

Las estrategias de recuperación son muy variadas y sus protocolos de aplicación también lo son. En algunos casos solo se utilizan post- partido ya que se considera que es el momento de mayor carga; otros autores son partidarios de incluirlos a mitad del microciclo para “limpiar” la carga de esos primeros días que además es cuando suele ser más alta; también hay quien defiende que se deben utilizar a diario; y que se utilizarán unos u otros en función del momento ya que los mayores beneficios están en su combinación. No se ha llegado a una conclusión clara sobre el mejor protocolo, en lo único que hay consenso es en que su uso es beneficioso y necesario para el rendimiento.

En cuanto a las estrategias de recuperación se describen en la literatura desde estrategias térmicas como la inmersión en agua tanto fría (crioterapia) como caliente, o los contrastes hasta estrategias de presoterapia como los masajes, el *foam roller* o los elementos compresivos. Actualmente también han aparecido técnicas más novedosas como la máquina Game Ready, que mezcla ambas técnicas aplicando a la vez frío y compresión, o la electroestimulación (Dupuy, et al; 2018).

## **2.2 VALORACIÓN DE LA FATIGA**

---

El aumento de las demandas de la competición ha hecho que en los últimos años muchos trabajos se hayan centrado en la monitorización de la fatiga, ya que proporciona información sobre el estado de forma del deportista, su riesgo de lesión o enfermedad y su disponibilidad (Thorpe, Atkinson, Drust, & Gregson, 2017).

Para valorar el estado de fatiga y recuperación se pueden utilizar medidas de factores de rendimiento, que son las más específicas para el deporte, y medidas fisiológicas que nos aportarán una visión global de su estado de recuperación. El problema de utilizar medidas de rendimiento con esfuerzos máximos y específicos de la disciplina es que pueden aumentar la fatiga y tienen un mayor riesgo de lesión; por eso se suelen utilizar test submáximos o test de potencia pico que, pese a no ser el *gold-standard* de medida, aportan bastante información sin ser peligrosas para el deportista. Pese a la importancia que tienen este tipo de medidas también hay que considerar las percepciones de recuperación del deportista ya que es un factor crítico a la hora de controlar la carga y planificar el entrenamiento (Kellmann, et al; 2018). A continuación, vamos a centrarnos en las formas de monitorización de la fatiga más utilizadas en la literatura:

## 2.2.a Mediciones subjetivas

---

- **RPE Sesión:** Uno de los métodos más utilizados para la monitorización de la fatiga es la Escala de Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE) ya que es un instrumento sencillo, que su aplicación requiere muy poco tiempo y te permite monitorizar a muchos deportistas a la vez. Fue introducido por Foster, Daines, Hector, et al; (1996), preguntaban a los deportistas cuál era su percepción global de esfuerzo e intensidad de la sesión 30 minutos después de acabar la sesión y calculaban la carga total multiplicando ese dato por la duración total de la sesión. Para validarlo compararon este método con los resultados obtenidos monitorizando la carga mediante las zonas de Frecuencia Cardíaca (FC) en un ejercicio aeróbico y no encontraron diferencias significativas entre ambos métodos.
- **Cuestionarios y diarios:** se obtienen datos directamente del deportista y permiten evaluar el nivel de actividad durante la semana, mes o años. Los diarios se completan más frecuentemente que los cuestionarios. Los cuestionarios son sencillos de administrar, tienen un bajo coste y permiten evaluar a muchos deportistas, pero su principal inconveniente es que dependen de medidas subjetivas del deportista, por lo que no tienen gran validez ni fiabilidad. Los cuestionarios más utilizados son el POMS, el DALDA o el REST-Q (Thorpe, Atkinson, Drust, & Gregson, 2017).

## 2.2.b Variables fisiológicas

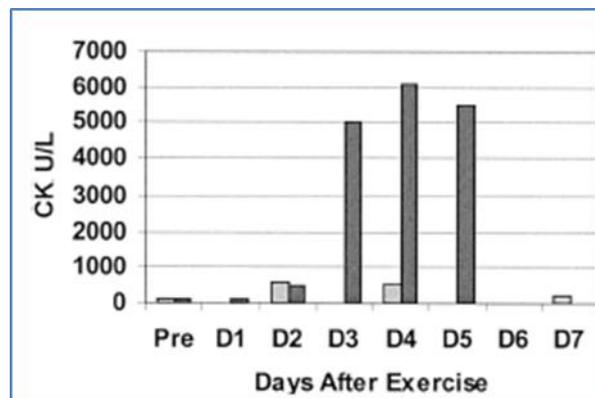
---

- **Frecuencia cardíaca:** es una variable que ha sido muy estudiada y está demostrado que se correlaciona con el consumo de oxígeno y con los umbrales metabólicos además de ser de bastante fácil aplicación. Se puede utilizar tanto durante el entrenamiento como al acabar el mismo. Durante el entrenamiento mediante la FC media, el porcentaje respecto a la FC máxima o el porcentaje respecto a la FC de reserva. Después del entrenamiento monitorizando la FC en la recuperación o la variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (es la variación en los tiempos entre latido y latido, una mayor variabilidad implica una mejor recuperación). Para realizar comparaciones entre individuos es importante relativizar la FC respecto a la máxima o a la de reserva ya que una menor FC media de deportista no tiene por qué significar un mejor estado de forma ya que puede ser debido a que su Frecuencia Cardíaca Máxima es menor (Djaoui, Haddad, Chamari, & Dellal, 2017).
- **Lactato:** permite observar variaciones en la resistencia aeróbica mediante los umbrales de lactato; teóricamente cuanto mayor sea el umbral anaeróbico más tiempo podrá resistir el deportista esfuerzos de alta intensidad. Normalmente el pico

de lactato se alcanza a los tres minutos de haber terminado el esfuerzo en caso de que no se realice recuperación activa. La concentración de lactato ha demostrado tener una gran correlación con la RPE y la frecuencia cardíaca (Djaoui, Haddad, Chamari, & Dellal, 2017).

- **Creatina quinasa (CK):** es un marcador de daño muscular, comienza a aumentar al finalizar el esfuerzo y su pico se encuentra entre 24 y 72 horas después de haber finalizado, en función del tipo de ejercicio, como se puede observar en la Imagen 1 (Clarkson, & Hubal, 2002).

Imagen 1: Evolución en la concentración de CK después de un ejercicio de alta intensidad (Clarkson, & Hubal, 2002).



### 2.2.c Test de rendimiento

- **Salto:** se han realizado diferentes protocolos de saltos para evaluar la recuperación de la función neuromuscular, realizando Squat Jump (SJ) o saltos con contramovimiento (CMJ). El rendimiento en estos saltos puede disminuir hasta 72 horas después del ejercicio, aunque algunos estudios han determinado que, para detectar estados de fatiga agudos, fruto de un cambio en la dinámica de cargas, medir únicamente la altura del salto puede que no sea lo suficientemente sensible; para ello sería necesario medir, a su vez, parámetros de fuerza y tiempo como la fuerza que se realiza contra el suelo o el tiempo de vuelo (Thorpe, Atkinson, Drust, & Gregson, 2017).
- **Flexibilidad:** normalmente las evaluaciones sobre flexibilidad y rango de movimiento (ROM) se realizan a principio de temporada únicamente; pero realizar sucesivas mediciones a lo largo de la temporada puede aportar información sobre la fatiga o el riesgo de lesión de nuestros deportistas al permitir observar grandes reducciones en los grados de flexión de la rodilla tras un partido en futbolistas, o en la movilidad de

cadencia tras la concentración de varios partidos en jugadores de baloncesto (Mohr, Draganidis, Chatzinikolaou, et al; 2015). No obstante, se necesitan más trabajos para ver cómo evoluciona esta reducción y cuánto tiempo se tarda en volver a los parámetros normales. (Thorpe, Atkinson, Drust, & Gregson, 2017).

- **Velocidad:** numerosos estudios utilizan un test de velocidad máxima de entre 10 y 20 metros para valorar el efecto de la fatiga. Se trata de un test con un alto riesgo de lesión por lo que debemos tener cuidado a la hora de aplicarlo en que se haya realizado un correcto calentamiento y también un proceso de familiarización (Higgins, Greene, & Baker, 2017).
- **Test isocinéticos de fuerza:** la medida más utilizado ha sido la fuerza en la extensión de rodilla. Se trata de un test que aporta información objetiva y válida pero que no está al alcance de la mayoría de los clubs deportivos por lo que no se va a poder trasladar a la práctica diaria (Roberts, et al; 2015).
- **Resistencia a sprints repetidos:** es uno de los test más utilizados en la literatura ya que aporta información de la capacidad máxima de sprint y de la capacidad de mantenerla en el tiempo en un mismo test. Se suelen utilizar protocolos de 6 repeticiones de sprints de 20 metros con 30 segundos de recuperación entre cada uno. Se trata de un test que provoca bastante fatiga en los deportistas, así que de cara al rendimiento no es un test fácil de aplicar ya que va a perjudicar la recuperación (Crowther, Sealey, Crowe, Edwards, & Halson, 2017).

## **2.3 ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN DE LA FATIGA**

---

Para tratar de minimizar los efectos comentados anteriormente de la fatiga, DOMS y la inflamación se han utilizado numerosas estrategias de recuperación con el objetivo de reducir al mínimo los días que el deportista necesita para recuperarse entre competiciones o entre sesiones de entrenamiento, para que su percepción de fatiga sea menor, y también lo sea el riesgo de lesión o de sobreentrenamiento, ya que la tendencia actualmente es a incrementar el número de competiciones que se juegan por temporada por lo que la fatiga acumulada es mayor (Dupuy, Douzi, Theurot, Bosquet, & Dugué, 2018).

Actualmente existen muchas estrategias de recuperación: la inmersión en agua fría, en agua caliente, los contrastes, estiramientos, *foam roller*, elementos de compresión, masaje, electroestimulación, crioterapia o recuperación activa pero lo realmente complicado es escoger qué técnica es la más adecuada para cada momento y para cada deportista entre todas las disponibles. Los mecanismos de actuación de estas técnicas son similares, aunque entre ellas puedan parecer muy diferentes ya que normalmente tienen por objeto el reducir la inflamación y el daño muscular originado por el ejercicio mediante una reducción

en la formación de edema y facilitando el transporte de metabolitos de los músculos a la sangre para que posteriormente sean desechados (Dupuy, et al; 2018). A continuación, se describen las principales técnicas de recuperación:

### 2.3.a Agua fría

La inmersión en agua fría es uno de los métodos de recuperación más utilizados en la actualidad para acelerar los procesos de recuperación después de un entrenamiento o competición. Normalmente se usa inmediatamente acabado el esfuerzo y se puede sumergir todo el cuerpo o solo una parte (Broatch, Petersen, & Bishop, 2018).

En cuanto a la temperatura, en el metaanálisis de Flauzino et al. (2016) establecieron dos niveles: entre 5 y 10° C que se categorizó como muy fría; y entre 11 y 15° C que se categorizó como moderadamente frío. La temperatura más habitual utilizada es entre 10 y 15°C. La duración oscila entre 5 y 20 minutos, siendo la duración más utilizada entre 10 y 15 minutos. En caso de que se realicen varias inmersiones suelen durar entre 2 y 5 minutos con periodos de descanso entre 1 y 2 minutos (Broatch, Petersen, & Bishop, 2018).

El protocolo con el que se han obtenido mayores mejoras en la recuperación aguda ha sido cuando se realiza una inmersión entre 10 y 15 minutos y entre 11 y 15°C, aunque en la recuperación a medio plazo todos los protocolos obtienen efectos positivos (Flauzino, et al; 2016). En las Imágenes 2 y 3 se muestran los efectos que se produjeron al aplicar protocolos con agua muy fría y moderadamente fría en función de las diferentes duraciones de aplicación.

Imagen 2: Efectos de aplicar agua muy fría o moderadamente fría en la recuperación del dolor muscular (Flauzino, et al; 2016).

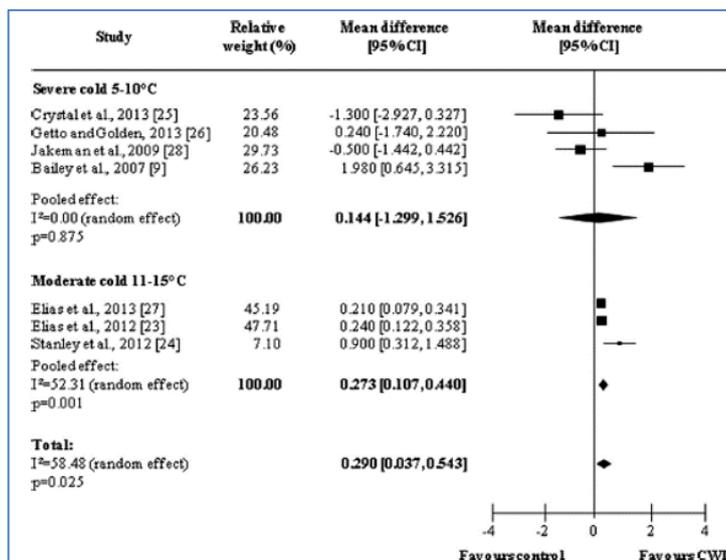
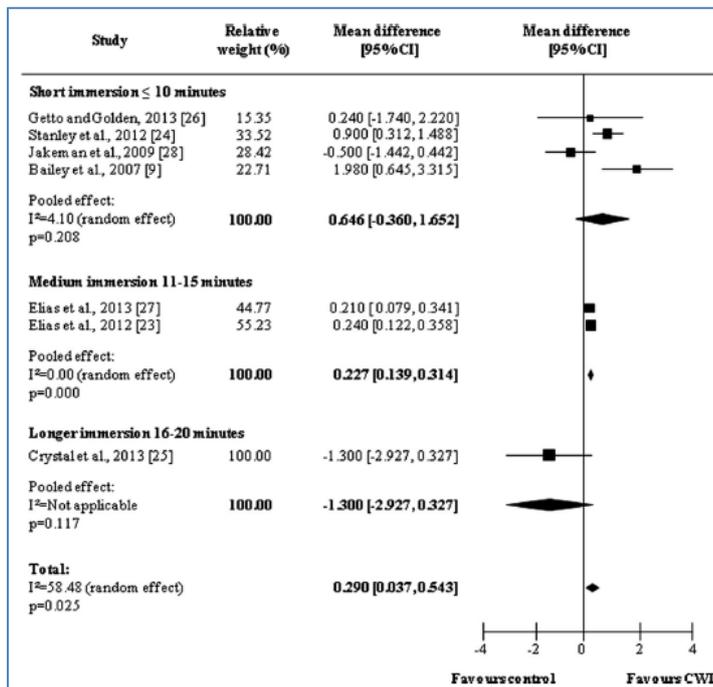


Imagen 3: Efectos de aplicar diferentes duraciones del protocolo de inmersión en agua fría en la recuperación del dolor muscular (Flauzino, et al; 2016).



Los mecanismos por los que la inmersión en agua fría acelera la recuperación de los deportistas generan bastante controversia. Casi todos los estudios se centran en los efectos que tiene por un lado la presión hidrostática y por otro lado la baja temperatura del agua:

- Presión hidrostática: puede aumentar el gasto cardíaco, el flujo sanguíneo muscular y aumentar la difusión de productos de desecho metabólicos de los músculos a la sangre ayudando de esta forma a retirar los productos de desecho producidos en los músculos durante el ejercicio y facilitando el transporte de oxígeno, nutrientes y hormonas a los músculos fatigados. Además, también puede ayudar a reducir la formación de edema limitando así el daño muscular y manteniendo la capacidad de contracción muscular (Versey, Halson, & Dawson, 2013).
- Temperatura: produce un descenso en la temperatura de la piel, disminuyendo así el flujo de sangre y produciendo vasoconstricción, reduciendo la velocidad de conducción nerviosa, la respuesta inflamatoria y de esta forma el dolor y daño muscular. Además, también puede acelerar la reducción del calor post- ejercicio recuperando así más rápidamente la homeostasis en la temperatura interna corporal (Versey, Halson, & Dawson, 2013).

Tabla 3: Estudios sobre los efectos de aplicar frío como estrategia de recuperación.

<b>EFECTO POSITIVO</b>	Crowther, F., Sealey, R., Crowe, M., Edwards, A., & Halson, S. (2017). Influence of recovery strategies upon performance and perceptions following fatiguing exercise: a randomized controlled trial. <i>BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation</i> , 9(1), 25.
	Hayter, K. J., Doma, K., Schumann, M., & Deakin, G. B. (2016). The comparison of cold-water immersion and cold air therapy on maximal cycling performance and recovery markers following strength exercises. <i>PeerJ</i> , 4.
	Pointon, M., & Duffield, R. (2012). Cold water immersion recovery after simulated collision sport exercise. <i>Medicine and science in sports and exercise</i> , 44(2), 206-216.
	Rowell G, Coutts A, Raeburn P, et al. (2011). Effect of post-match coldwater immersion on subsequent match running performance in junior soccer players during tournament play. <i>J Sports Sci</i> ; 29(1):1–6.
	Peiffer J, Abbiss C, Watson G, et al. (2010). Effect of a 5 min cold water immersion recovery on exercise performance in the heat. <i>Br J Sports Med</i> ; 44(6):461–5.
<b>NO SIGNIFICATIVO</b>	Stacey D, Gibala M, Martin Ginis K, et al. (2010). Effects of recovery method after exercise on performance, immune changes, and psychological outcomes. <i>J Orthop Sport Phys</i> ; 40(10):656–65.
	Buchheit M, Peiffer J, Abbiss C, et al. (2009). Effect of cold water immersion on postexercise parasympathetic reactivation. <i>Am J Physiol Heart Circ Physiol</i> ; 296(2):H421–7.
<b>EFECTO NEGATIVO</b>	Parouty J, Al Haddad H, Quod M, et al. (2010). Effect of cold water immersion on 100-m sprint performance in well-trained swimmers. <i>Eur J Appl Physiol</i> ; 109(3):483–90.
	Peiffer JJ, Abbiss CR, Nosaka K, et al. (2009) Effect of cold water immersion after exercise in the heat on muscle function, body temperatures, and vessel diameter. <i>J Sci Med Sport</i> ; 12(1):91–6.

Hay estudios que sugieren que el frío puede alterar el intercambio de sodio y potasio de las células lo que puede producir un retraso en la producción del potencial de acción, velocidad de conducción y capacidad de producción de fuerza muscular, sugiriéndose que por cada grado que se disminuye la temperatura muscular se pierde entre un 4-6% de capacidad de producción de fuerza. Estos cambios pueden producir que se disminuya la capacidad de rendimiento en caso de que la actividad deportiva se realice inmediatamente después de la aplicación del frío (Costello, Culligan, Selfe, & Donnelly, 2012).

En definitiva, existe una gran controversia en lo relacionado con el protocolo más adecuado de exposición al frío, y si de verdad tiene efectos beneficiosos o no para la recuperación del deportista. En la Tabla 3 se recogen diversos artículos agrupados en función de si remiten efectos positivos, negativos o sin efecto significativo su aplicación.

### 2.3.b Calor

Se han utilizado numerosas formas de calor como medida de recuperación post-esfuerzo. En la Figura 4 se recogen algunas de las más importantes. En la literatura se recogen temperaturas desde 26 a 46°C, en concreto, en el artículo de McGorm, Robert, Coombes y Peake (2018) establecen dos rangos de temperatura: 36-38°C como agua templada y más de 38°C agua caliente. La duración de los protocolos varía desde los 10 minutos hasta los 30 minutos, pero no se ha podido establecer cuál sería el protocolo más

adecuado en cuanto a temperatura y duración ya que hay pocos artículos al respecto y se realizan pruebas de rendimiento o de evaluación del daño muscular muy diferentes y el ejercicio previo al que se ven sometidos también tiene grandes diferencias (McGorm, Robert, Coombes, & Peake, 2018).

Figura 4: Estrategias de recuperación post-esfuerzo mediante calor.



El uso de calor de forma previa al ejercicio puede proteger los tejidos del daño muscular subsiguiente, mientras que su uso posterior aumenta el flujo de sangre de forma local (vasodilatación) y aumenta el metabolismo en los tejidos. También se ha establecido que el calor puede provocar cambios en la expresión de ciertos genes, efectos antiinflamatorios y antioxidantes, aumentar la hipertrofia muscular y la expresión de la proteína de choque térmico (HSP) (McGorm, Robert, Coombes, & Peake, 2018).

### 2.3.c Contrastes

Esta técnica consiste en alternar baños de agua fría y agua caliente. Normalmente se usan inmersiones totales de entre 10 y 15 minutos, y las divisiones utilizadas en los estudios son muy variadas: desde dos series de 5 minutos, hasta 5 series de 2 minutos, siendo el tiempo total más utilizado el de 10 minutos. En cuanto a la temperatura para el frío suele variar entre 10 y 15°C siendo las más utilizadas entre 10 y 12°C y para el calor entre 38 y 42°C (Higgins, Greene, & Baker, 2017).

En las Imágenes 4 y 5 se muestran los efectos encontrados en la aplicación de contrastes de agua caliente y agua fría respecto a una condición basal. Se puede observar que tanto para los niveles de fatiga como para el rendimiento en un salto tipo CMJ se produce un efecto positivo a las 24 horas de aplicación del protocolo (Higgins, Greene, & Baker, 2017).

Imagen 4: Efecto contrastes en niveles de fatiga.

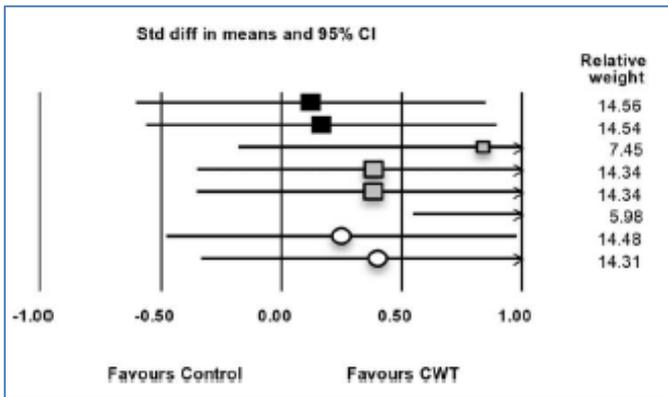
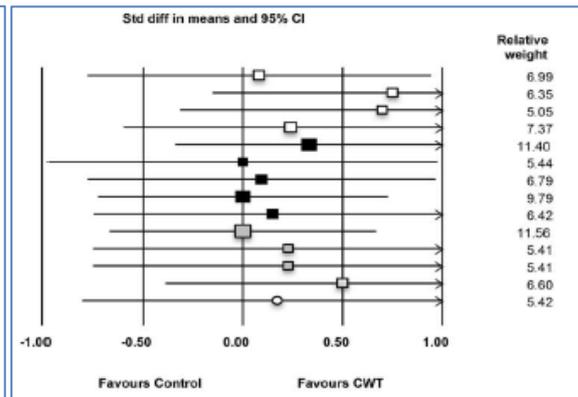


Imagen 5: Efecto contrastes en CMJ.



Los contrastes pueden reducir la formación de edema provocando una alternancia entre vasoconstricción y vasodilatación periféricas produciendo alteraciones en la temperatura de los tejidos, aumentos del flujo sanguíneo, disminución de la inflamación, reducción del espasmo muscular y mejora del rango de movimiento (Bieuze, Bleakley, & Costello, 2013).

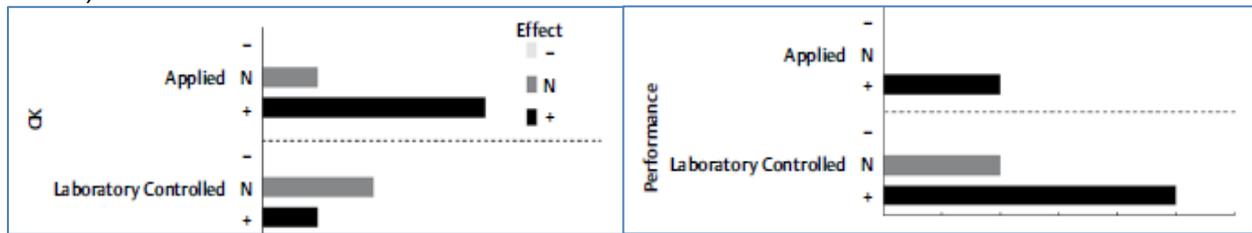
### 2.3.d Crioterapia

La crioterapia se define como la exposición de parte, o la totalidad del cuerpo, a gas de nitrógeno entre -110 y -150°C durante al menos 2 minutos y como máximo 5. Esta terapia se sugiere que puede magnificar los efectos de la inmersión en agua fría reduciendo así los tiempos de recuperación. Reduciría el dolor y la respuesta inflamatoria por el mantenimiento de la estructura y función muscular (Furmanek, Slomka, & Juras, 2014).

En la mayoría de los estudios publicados se usa la crioterapia como estrategia de recuperación en varias sesiones seguidas, si bien los que encuentran efectos positivos en la reducción de los marcadores de daño muscular, inflamación y mejora del rendimiento utilizan menos de 15 sesiones. En la Imagen 6 se puede observar el resultado del metaanálisis efectuado por Rose, Edwards, Siegler, Graham y Caillaud (2017) en el que estudiaron el efecto que habían obtenido en diversos trabajos al aplicar crioterapia, y analizar marcadores de daño muscular y cómo afecta al rendimiento deportivo. En cuanto a la temperatura no se encontraron diferencias significativas pero la más utilizada fue de -140°C y por debajo de ella no se encontraban mayores efectos beneficiosos.

El protocolo que mejor resultados ha mostrado es realizar 3 o más sesiones de 3 minutos inmediatamente después de la realización del ejercicio y en los 2 o 3 días siguientes (Rose, et al; 2017).

Imagen 6: Efectos de la aplicación de crioterapia en un marcador de daño muscular (CK) y en el rendimiento deportivo en situación de campo y de laboratorio (Rose, et al; 2017).



### 2.3.e Foam roller

La práctica de ejercicio físico puede hacer que se produzcan puntos gatillos miofasciales que hacen que se reduzca el rango de movimiento articular y la función muscular y provocar dolor. Estos puntos gatillo son pequeñas áreas de gran sensibilidad localizadas en las fibras musculares esqueléticas (Schroeder & Best, 2015).

La liberación miofascial es una técnica que ha logrado mucha popularidad en la última década debido a su sencillez de aplicación y a su bajo coste. Consiste en una movilización de los tejidos blandos mediante un cilindro de diferentes densidades sobre el que se realizan pasadas con el músculo que quieras relajar yendo de la porción proximal a la distal y viceversa. Se han utilizado diferentes herramientas para llevar a cabo este automasaje, el cilindro comentado anteriormente es de las más utilizadas, pero también se utilizan pelotas más pequeñas de diferentes densidades o un rodillo de masaje (Cheatham, Kolber, Cain, & Lee, 2015). El protocolo más común es realizar el masaje sobre los músculos que mayormente han participado en la sesión realizada durante 30-60 segundos cada uno. En caso de que encuentres un punto con especial sensibilidad se puede mantener ahí la presión de 6 a 30 segundos (Cheatham, Kolber, Cain, & Lee, 2015).

Los efectos de relajación se cree que se producen debido a la presión en los tejidos blandos que hace que aumente la temperatura de la fascia rompiendo las adherencias fibrosas entre las capas fasciales y así restaurando la extensibilidad de los tejidos y reduciendo la rigidez muscular. También puede ayudar a los deportistas a reducir la isquemia al aumentar la circulación sanguínea en la piel y los músculos y esto también ayudaría a la eliminación de productos de desecho. Puede reducir la actividad simpática y provocar la liberación de hormonas de relajación y endorfinas que ayudarían a la reducción del dolor (Kalichman & David, 2017).

La presión ejercida por el *foam roller* se cree que puede estimular al Sistema Nervioso Central (SNC) y al Periférico (SNP) debido a que esos cambios en la presión hacen que se activen tanto los receptores de la matriz intersticial tipo III y IV, como los Corpúsculos de Ruffini y el Órgano Tendinoso de Golgi (que relaja el huso neuromuscular

mediante la inhibición autogénica) haciendo que se produzca una disminución del tono y espasmo muscular (Kalichman & David, 2017). Por tanto, los efectos beneficiosos del están relacionados con un incremento del rango de movimiento articular y una disminución del dolor muscular de forma aguda sin producir descensos en los niveles de fuerza (Cheatham, Kolber, Cain, & Lee, 2015).

### **2.3.f Elementos de compresión**

---

Se trata de un elástico colocado sobre la piel que comprime externamente el cuerpo a través de la presión aplicada sobre la piel y la musculatura (Brown, et al; 2017). Su efecto beneficioso está relacionado con un aumento del flujo sanguíneo, circulación periférica y retorno venoso, lo que mejoraría el transporte de oxígeno y nutrientes al músculo y facilitaría la eliminación de desechos. Aumentarían la perfusión arterial, actuarían sobre los marcadores de daño muscular y reducirían la inflamación reduciendo así el dolor muscular. También reducirían la pérdida de fuerza aguda y de rango de movimiento articular tras el ejercicio. Por último, también se ha establecido que puede favorecer el aclaramiento de lactato y creatina-quinasa (CK) posterior al ejercicio (Davies, et al; 2009).

En el metaanálisis realizado por Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat y Terrados en (2015) concluyen que los elementos de compresión son beneficiosos para la recuperación de ciertos marcadores de daño muscular, aceleran la recuperación de la función muscular, reducción del DOMS y mejoran la percepción de recuperación, pero parecen no tener efectos sobre el aclaramiento de CK y de lactato y sobre la frecuencia cardíaca.

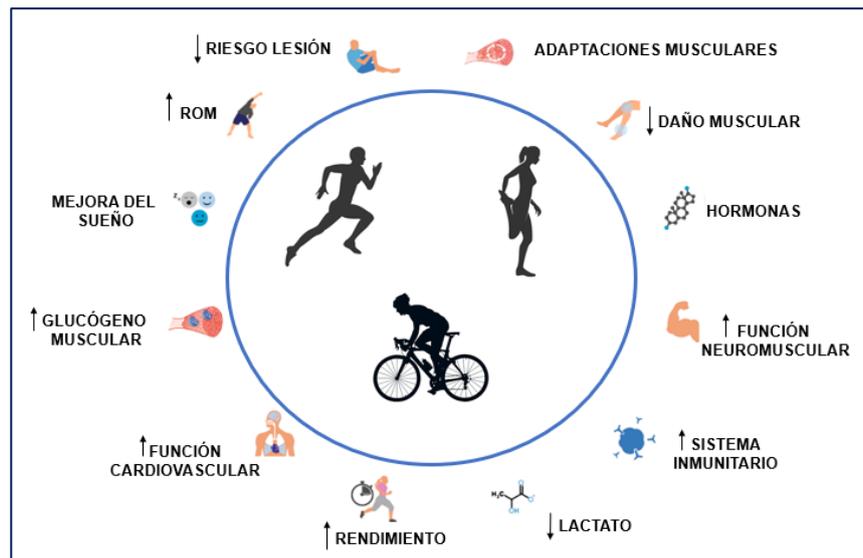
### **2.3.g Recuperación activa**

---

La recuperación activa es una de las estrategias de recuperación más conocidas y utilizadas para acelerar los procesos de recuperación tras una sesión de entrenamiento extenuante. Consiste en la realización de entre 5 y 15 minutos de ejercicio de moderada o baja intensidad al acabar el entrenamiento o competición para facilitar la recuperación. Existen muchas formas de llevar a cabo esta vuelta a la calma, puede ser corriendo, en bicicleta, nadando o en bicicleta elíptica ... (Dupuy, et al; 2018). Los potenciales efectos beneficiosos de esta estrategia de recuperación se recogen en la Figura 5.

En la revisión realizada por Van Hooren y Peake (2018) establecieron que la recuperación activa no beneficiaría e incluso perjudicaría, el rendimiento deportivo durante el mismo día si el intervalo entre entrenamientos o competiciones no es superior a 4 horas. En el caso del rendimiento al día siguiente no habría beneficios substanciales, aunque algunos estudios si que han encontrado mejoras en ciertos individuos. A largo plazo esta estrategia no sirve para la prevención de lesiones ni mejora la adaptación al entrenamiento.

Figura 5: Efectos beneficiosos de la recuperación activa. (adaptado de Dupuy, et al; 2018)



La recuperación activa sí que aceleraría el aclaramiento de lactato sanguíneo, pero no necesariamente el lactato presente en el tejido muscular y podría acelerar la recuperación cardiovascular y respiratoria. No reduce significativamente ni el dolor muscular ni mejora los marcadores de daño muscular, propiedades contráctiles de los músculos o el rango de movimiento articular y puede interferir en la resíntesis de glucógeno post- ejercicio.

En cuanto a las recomendaciones de uso no se establecen protocolos estrictos, sino que se recomienda que la duración no supere los 30 minutos, se lleven a cabo actividades dinámicas de baja a moderada intensidad que aumenten el flujo de sangre a los músculos, pero no provoquen fatiga y que no tengan mucho impacto para no aumentar el daño muscular. Por último, se deben escoger actividades que sean del agrado del deportista para que afecten positivamente a su percepción de recuperación (Van Hooren y Peake, 2018).

### **2.3.h Estiramientos dinámicos y balísticos**

Los estiramientos dinámicos y balísticos consisten en la realización de movimientos buscando todo el rango de amplitud articular mediante una contracción de los músculos agonistas para provocar que el agonista se relaje y pueda elongarse sin mantener una posición estática. La principal diferencia entre dinámicos y balísticos es que los primeros se realizan de forma controlada mientras que los segundos se realizan de forma rápida e incontrolada. Estos estiramientos aumentan la flexibilidad y rango de movimiento de forma aguda y también pueden mejorar el rendimiento posterior en ejercicios de potencia y fuerza explosiva. El mecanismo por el que provocarían ese aumento del ROM es que producen un aumento en la temperatura reduciendo así la viscosidad y de esta forma mejorando la extensibilidad del tejido (Opplert & Babault, 2018).

A la hora de realizar una rutina de estiramientos hay que tener en cuenta la duración, intensidad, el grupo muscular, el tipo de contracción y la velocidad. Respecto a la duración recomendada no existe un consenso entre los autores, pero sí que se establece que a partir de los 15 minutos puede provocar descensos en el rendimiento debido a la fatiga. Por otro lado, cuanto mayor es la velocidad del estiramiento mayores mejoras se han encontrado en el rendimiento en actividades de potencia y fuerza explosiva (McHugh & Cosgrave, 2010).

Los estiramientos estáticos aumentan el rango de movimiento, pero reducen los niveles de fuerza en el ejercicio posterior y la capacidad de generar potencia reduciendo así el rendimiento (Opplert, Genty, & Babault, 2016; Winchester, Nelson, & Kokkonen, 2009; Nelson, Kokkonen, & Arnall, 2005).

### **2.3.i Masaje**

---

El masaje se ha definido como una “manipulación mecánica de los tejidos corporales ejerciendo presión con el objetivo de promover la salud y bienestar”. El tipo de masaje más comúnmente empleado es el clásico o sueco en el que se usan técnicas como el *effleurage* (movimientos de deslizamiento), *petrissage* (presión sobre los tejidos), fricción y *tapotement* (golpes rápidos) durante 10 a 30 minutos (Poppendieck, et al; 2016).

El masaje se piensa que puede reducir las tensiones musculares, el dolor, la inflamación y espasmo muscular, mejorar la flexibilidad y rango de movimiento e incrementar el flujo de sangre a los músculos facilitando así la eliminación de sustancias de desecho (Dupuy, Douzi, Theurot, Bosquet, & Dugué, 2018).

La media de mejora en el rendimiento encontrada por Poppendieck et al. (2016) tras la realización de un metaanálisis es de un 3,3% concluyendo que era más efectivo el de corta duración (inferior a 15 minutos) y cuando el ejercicio posterior se va a realizar en un corto espacio de tiempo, en periodos superiores a 30 minutos los efectos no son muy claros.

En definitiva, en función de los antecedentes revisados al respecto, me parece necesario cuantificar la posible fatiga generada por la elevada carga de trabajo de los atletas de élite durante un mesociclo de carga, y establecer, en primera lugar, en qué medida esta carga de trabajo planificada se cumple y cuanto es de diferente en 2 disciplinas atléticas muy distintas (lanzadores vs fondistas); y en segundo lugar, analizar en este trabajo la influencia de 2 de las principales técnicas de recuperación de la fatiga: la inmersión en agua fría y la utilización del foam roller. Trabajo que puede hacerse al tenerse el permiso de realizarlo en el CAR de León, quien está interesado en la aplicación, o no, de sus resultados prácticos; así como de los atletas y entrenadores, que, tras exponerles las finalidades de la misma, han dado su consentimiento en participar, ya que en sus rutinas no tienen estandarizadas este tipo de estrategias y están muy interesados, en función de los resultados, a introducirlas y aplicarlas.

### 3.OBJETIVOS

---

**3.1- Revisar antecedentes bibliográficos** sobre, fatiga y carga de trabajo y sobre las estrategias de recuperación más utilizadas en el entrenamiento y rendimiento deportivo.

**3.2- Objetivos del estudio** sobre aplicación de técnicas de recuperación de la fatiga inducida por microciclo en atletas (lanzadores vs fondistas):

- ❖ Realizar un control y cuantificación de la carga de atletas de estas dos diferentes y contrapuestas disciplinas atléticas, y analizar diferencias entre disciplinas.
- ❖ Analizar la influencia en parámetros de fuerza y potencia física de la extremidad inferior de aplicar diferentes estrategias de recuperación, ya sean térmicas (inmersión en agua fría) o mecánicas (liberación miofascial) tras una sesión fatigante en atletas de disciplinas atléticas de fondo y lanzamiento.
- ❖ Analizar en ellos la influencia en parámetros de flexibilidad de la extremidad inferior y en la percepción subjetiva de dolor y recuperación, de aplicar diferentes estrategias de recuperación, ya sean térmicas (inmersión en agua fría) o mecánicas (liberación miofascial).
- ❖ Valorar la eficacia de estos métodos de recuperación como medios para la prevención de lesiones en la extremidad inferior.
- ❖ Establecer posibles diferencias en la respuesta a la fatiga según la especificidad de cada disciplina deportiva.

**3.2.1. La hipótesis** establecida según los antecedentes es que las cargas de trabajo serán altas en el mesociclo y que generarán fatiga, siendo mayor en corredores; y que tanto la recuperación mediante inmersión en frío como la del *foam roller* serán mejores que no hacer nada, y que el frío tendrá un mayor efecto a medio plazo y el roller a corto plazo tanto en fondistas como en lanzadores.

**3.2 Competencias adquiridas** (atendiendo a la Memoria del Máster Oficial en Entrenamiento y Rendimiento Deportivo de la Universidad de León, 2019)

---

#### 3.3.1-Competencias generales:

- ✓ Cuantificar y controlar cargas de entrenamiento y competición, como base para planificar de manera científica los estímulos de preparación y programas de ejercicio encaminados a la mejora del rendimiento.
- ✓ Manejar las innovaciones y herramientas tecnológicas específicas más actualizadas en el campo del entrenamiento deportivo y el análisis de la competición.
- ✓ Elaborar documentos e informes técnicos basados en el análisis del rendimiento deportivo y llevar a cabo su presentación pública de manera fundamentada.

### **3.3.2-Competencias específicas:**

- ✓ Identificar los principales factores de riesgo desencadenantes de lesiones deportivas, poniendo en práctica planes de entrenamiento personalizados para su prevención.
- ✓ Interpretar los resultados de los test, así como de los informes resultantes de la valoración de la condición física, para su utilización en la programación del entrenamiento Deportivo
- ✓ Aplicar procedimientos de evaluación de la condición física apropiados según el tipo de deporte, sus factores de rendimiento, el momento competitivo, el sexo, la edad o el nivel competitivo.
- ✓ Analizar el contexto y particularidades de una competición deportiva, diseñando y llevando a cabo planes de intervención para antes, durante y después de la misma.
- ✓ Aplicar los diferentes métodos de cuantificación y control de la carga en diversos contextos de entrenamiento y competición.
- ✓ Manejar diversos recursos e innovaciones tecnológicas de uso específico en el entrenamiento actual, reconociendo sus utilidades y posibilidades de aplicación.

---

## **4. METODOLOGÍA**

---

### **4.1 SUJETOS**

---

Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión la muestra final constó de 15 atletas de élite becados y usuarios del Centro de Alto Rendimiento de León durante la temporada 2018-2019 y que están en el mismo grupo de entrenamiento en función de la disciplina.

El grupo de atletas especialistas en lanzamientos quedó formado por 7 lanzadores (uno de lanzamiento de peso, dos de disco y cuatro de jabalina), de ellos seis varones y una mujer todos ellos de nivel internacional y medallistas en campeonatos de España.

El grupo de atletas de fondo quedó formado por 8 atletas, dos mujeres y seis varones que compiten en distancias desde 800 a 10000 metros, todos ellos con asistencia a campeonatos de España y alguno de ellos de nivel internacional.

#### **4.1.1. Criterios de inclusión:**

- Ser atleta del Centro de Alto Rendimiento (CAR) de León
- Entrenar de forma ininterrumpida durante la duración del estudio
- Competir a nivel nacional y/o internacional
- Ser atleta sub 23 o absoluto

#### **4.1.2. Criterios de exclusión:**

- Padecer una lesión en el momento de realización del estudio
- No realizar todos los entrenamientos completos durante el periodo de estudio.
- No realizar los test o cuestionarios requeridos en los momentos establecidos

## **4.2 MATERIAL**

---

Las pruebas se llevaron a cabo en el Centro de Alto Rendimiento (CAR) de León y para llevar a cabo las mismas se utilizó el siguiente material:

- ❖ Leg motion (Check your Motion)
- ❖ Cajón para Sit and Reach
- ❖ Escala de recuperación TQR y Escala del Dolor EVA
- ❖ Plataforma láser de medición de altura del salto
- ❖ Fotocélulas
- ❖ Foam roller Decathlon (Aptonia 500 Hard)
- ❖ Pileta de agua (capacidad de 1000 l)
- ❖ Hielo ad libitum para mantener temperatura adecuada del agua
- ❖ Termómetro de agua

## **4.3 PROCEDIMIENTO**

---

En primer lugar, se contactó con los entrenadores para realizar una reunión e informarles del objetivo del estudio y el protocolo planteado para ver si estaban de acuerdo con todo el procedimiento y los test a utilizar y poder establecer las semanas más adecuadas para llevarlo a cabo con la premisa de que tenían que ser valorados durante tres semanas seguidas del mismo mesociclo de alta carga y en el que hubiese tres días seguidos de entrenamiento. Una vez establecidas estas tres semanas de valoración se fijó un día previo en que los atletas por lo menos hubiesen tenido dos días seguidos de descanso para llevar a cabo la valoración inicial en la que se llevaban todas las mismas pruebas que se harían después en cada microciclo, pero ahora con los atletas descansados.

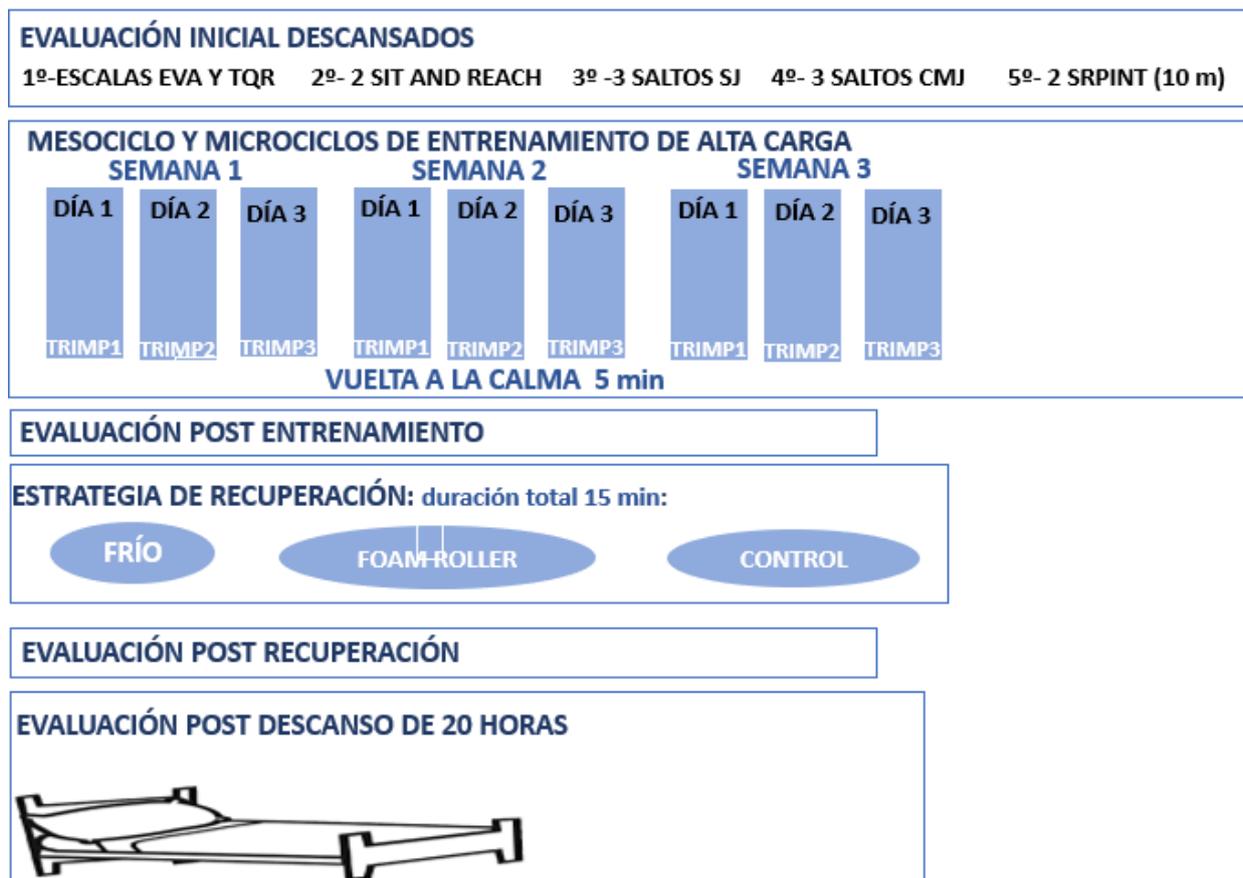
En segundo lugar, una vez fijadas las fechas se contactó con los atletas para explicarles el protocolo que se iba a realizar y ver quiénes de ellos estaban dispuestos a participar y así establecer la muestra inicial. Todos los participantes fueron informados de la finalidad del estudio y riesgos y su participación fue totalmente voluntario. Así mismo firmaron un consentimiento informado antes de pasar a realizar las pruebas.

En tercer lugar, se procedió a una familiarización de los atletas con los cuestionarios y test a realizar. Tras analizar la valoración de los atletas de los test, algunos de estos inicialmente planteados fueron suprimidos por el riesgo de lesión que intuían los atletas tenían (por ejemplo, test de agilidad en T de 10 m).

En cuarto lugar, se procedió, según lo planificado, a realizar el protocolo diseñado, y cuyo proceso fue el siguiente: El primer día de evaluación, con los atletas con un estado de descanso previo de 48 h, y después de realizar su calentamiento habitual los deportistas realizaban todas las pruebas de valoración para posteriormente llevar a cabo su entrenamiento habitual. Posteriormente se procedió a evaluar durante 3 semanas

consecutivas, en las que estaba planificada una carga de entranamiento similar para cada semana, procediéndose a controlar 3 días consecutivos en cada semana de entrenamiento. Tras el entrenamiento de éste último día el atleta ha de realizar una de las 3 estrategias de recuperación, siendo establecido aleatoriamente el orden de las mismas para cada atleta en las 3 semanas. El día de evaluación, es decir, el día que llevaban acumulados tres días de entrenamiento seguidos en la misma semana, a los 5 minutos de finalizar el tercer día de entrenamiento realizaban de nuevo todas las pruebas de valoración para cuantificar su estado de fatiga. Una vez realizaban los test se les aplicaba aleatoriamente una de las estrategias de valoración: inmersión en frío durante 15 minutos, o aplicación de foam roller durante 15 minutos, o bien simplemente estar sentados durante 15 minutos tras haber realizado la vuelta a la calma. Al terminar con la estrategia de recuperación se les volvía a repetir los test para valorar la capacidad de recuperación inmediata de las diferentes estrategias. Por último, al día siguiente a las 20 horas de la intervención, tras realizar su calentamiento habitual previo a una sesión de entrenamiento, se les repetían todos los test para valorar el efecto de la recuperación a medio plazo (Figura 6).

Figura 6: Protocolo general del estudio.



#### 4.4 CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA

Para poder establecer diferencias entre los métodos de recuperación era necesario llevar a cabo un buen control de la carga de todas las sesiones, para ello se decidió utilizar el TRIMP, es decir, la duración de la sesión multiplicada por la RPE. A cada atleta al finalizar la sesión diaria en cada una de las 3 semanas de control se le remitía un cuestionario en el que se le pedía el nombre, la duración de la sesión realizada y que valorase del 1 al 10 la percepción subjetiva del esfuerzo de la sesión realizada (RPE). Después se calculaba el TRIMP de cada sesión y el TRIMP total del microciclo para poder establecer diferencias entre unas semanas y otras y entre el entrenamiento de los lanzadores y de los fondistas. En la Imagen 8 se muestra la escala utilizada para valorar la RPE.

Se utilizó este método de cuantificación de la carga debido a que es un método sencillo, validado (Borresen & Lambert, 2008) y fácil de aplicar que permite controlar a muchos atletas a la vez y establecer diferencias entre cada disciplina, porque si hubiésemos utilizado métodos más específicos como la Frecuencia Cardíaca en el caso de los atletas y utilizado un Encoder en el caso de los lanzadores no podríamos haber establecido diferencias entre disciplinas.

Imagen 8: Escala de RPE



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	
8	Muy duro
9	
10	Esfuerzo máximo

#### 4.5 ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN

En este trabajo se aplican el foam roller y la inmersión en agua fría debido a que son dos de las estrategias de recuperación que mejores efectos positivos se han relatado en la literatura (Dupuy, et al; 2018) y nuestro objetivo era observar, respecto a la estrategia de no utilizar nada más que el descanso, si esto se cumplía también en función de las distintas modalidades de exigencia muscular en extremidades inferiores de 2 diferentes disciplinas y para analizar si había diferencias entre los efectos recuperadores de unas estrategias sobre otras. El protocolo utilizado para cada una de ellas fue el siguiente:

- ❖ **Agua fría:** los atletas se sumergen en una cubeta de agua fría hasta la cintura, permaneciendo sentados en una banqueta de 30 cm de altura. La duración del protocolo es de 15 minutos, 10 minutos de inmersión en agua fría y 5 minutos de estar sentados fuera secándose y favoreciendo la vasodilatación posterior a la inmersión. La temperatura del agua se controló añadiendo hielos para que en todo momento se mantuviese entre 10 y 15º ya que es el protocolo más comúnmente usado en la literatura y que mejores resultados ha demostrado (Flauzino, et al; 2016).
- ❖ **Foam Roller:** Los atletas se lo aplican con supervisión y dirección del evaluador, realizando pasadas lentas durante 30 segundos por zona muscular establecida y protocolizada. El foam roller utilizado era siempre el mismo para todos los atletas. Se realizaban 2 series de 30 segundos por cada zona o grupo muscular. Las zonas sobre las que se trabajó fueron por orden de actuación: 1º-gemelos, 2º-isquiotibiales, 3º-cuádriceps, 4º-vasto interno, 5º-tensor de la fascia lata, 6º-glúteos y 7º-espalda. Se escogió este protocolo ya que la zona que más implicaban los deportistas en el entrenamiento son los miembros inferiores y los test de valoración en todos los casos valoran potencia o flexibilidad de miembros inferiores. El protocolo se ha adaptado del estudio de Cheatham, Kolber, Cain y Lee (2015).
- ❖ **Control o descanso:** con el fin de poder comparar los efectos de recuperación con una situación en que el deportista no lleva a cabo ninguna medida de recuperación uno de los microciclos los atletas no realizaban ninguna estrategia de recuperación y permanecían sentados durante 15 minutos que es la duración de los otros protocolos y al acabar se les realizaban los test de valoración.

Imagen 9: Estrategias de recuperación: A- foam roller, B- inmersión en agua fría y C- control.

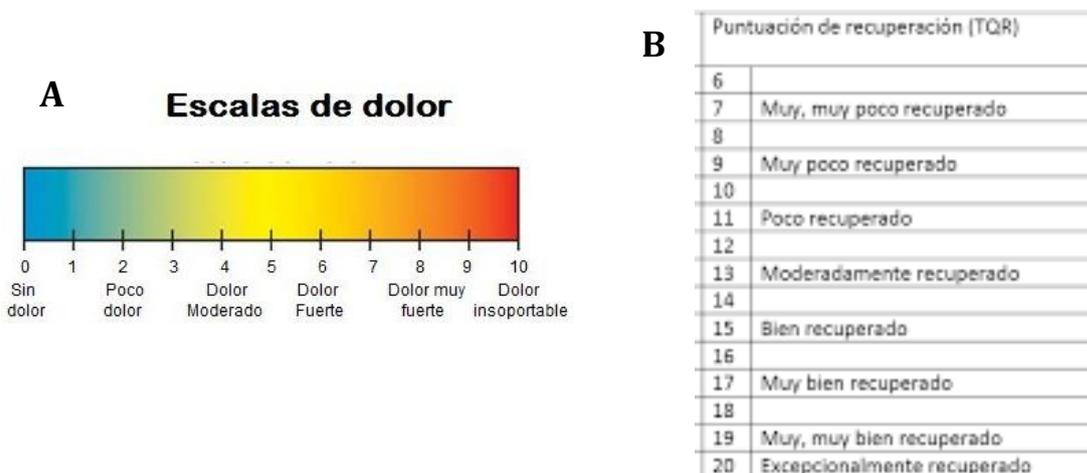


## 4.6 PROTOCOLO DE VALORACIÓN

Se llevaron a cabo los siguientes cuestionarios validados y test de rendimiento con el objetivo de valorar la fatiga y estado de recuperación del deportista mediante pruebas que valorasen la flexibilidad, potencia y fuerza de miembros inferiores. A continuación, se detallan todas las pruebas realizadas y protocolos utilizados:

- ❖ Escala EVA: se trata de una valoración subjetiva del dolor inmediato (Versey, Halson, & Dawson, 2013) referido a las extremidades inferiores a través de una escala visual de 0 a 10, en la que 0 hace referencia a la ausencia de dolor y 10 al máximo dolor soportable (Imagen 10-A). Esta escala se administraba antes de realizar cada una de las evaluaciones. Su administración era individual, de forma que ningún otro atleta era conocedor de su percepción, con el objeto de que el resto de los atletas no modificasen o pudieran verse influenciados en su respuesta en función de las de sus compañeros. Las mediciones subjetivas se utilizan en la mayoría de los estudios con el fin de valorar la eficacia de los métodos de recuperación (Rose, Edwards, Siegler, Graham, & Caillaud, 2017).
- ❖ Escala TQR de recuperación (Higgins, Greene, & Baker, 2017): se utiliza para valorar la percepción subjetiva del estado de recuperación de los atletas. Es una escala visual de 6 a 20 en la que en el valor 6 su percepción es que aún está muy fatigado y el valor 20 es que percibe su recuperación como ausencia total de fatiga (“recuperación total”) (Imagen 10-B). Se administraba cada vez que se iban a realizar los test físicos para valorar el estado de recuperación de los deportistas respecto al entrenamiento o tras haber aplicado un método de recuperación. Su administración era individual, de forma que ningún otro atleta era conocedor de su percepción, con el objeto de que el resto de los atletas no modificasen o pudieran verse influenciados en su respuesta en función de las de sus compañeros (Higgins, Greene, & Baker, 2017).

Imagen 10: Escalas subjetivas de percepción: A, -EVA y B, -TQR.



- ❖ Test de salto vertical: sobre la plataforma de contacto SportJump-v1.0 validada por García-López, Peleteiro, Rodríguez-Marroyo, Morante y Villa (2003), con la ropa y zapatillas propias del entrenamiento, se realizaron dos tipos de saltos de forma intercalada, realizándose en total 6 saltos de forma continuada. Tres de ellos fueron salto con contramovimiento con manos a la cintura (CMJ) y 3 squat jump, saltos sin contramovimiento con las manos en la cintura (SJ), (Imágenes 11-A y 11-B respectivamente): Se le pedía al atleta que bajase hasta los 90° de flexión de rodilla, realizase una pausa y a continuación realizase el salto máximo). En caso de que se cometiese algún error en la técnica de ejecución se le pedía al atleta que repitiese el salto pasados unos segundos. Se apunta la altura de cada salto en cm. Se trata de uno de los test más utilizados en la literatura tanto para valorar potencia máxima como la fatiga tras los saltos repetidos (Van Hooren, & Peake, 2018), por eso nosotros hemos utilizado este protocolo.
- ❖ Test de velocidad: consiste en correr, con salida de parado, 20 metros a máxima velocidad medidos con fotocélulas (DSD Laser System®: haz simple; García-López, et al; 2012). Se salía a 0,5 metros de la primera fotocélula para evitar que se produjesen varios cortes o activaciones falsas de las fotocélulas, y los atletas podían salir cuando considerasen, sin señal previa. Se realizaron dos intentos con 1 minuto de descanso entre cada uno. Se apuntaban los segundos con décimas o milésimas de segundo que tardaba en cada intento. Son numerosos los artículos en los que se utiliza la valoración de la velocidad para establecer el nivel de fatiga, para escoger este protocolo nos hemos basado en la revisión de Opplert, y Babault (2018).
- ❖ Flexibilidad de miembro inferior: se evalúa mediante el test *sit and reach* (Kalichman, & David, 2017). Para ello se partía, tras haberse descalzado, de una posición de sentado en el suelo con pierna extendidas. Se trata de flexionar tronco y brazos lo máximo posible sin flexionar las piernas. Se realizaban dos intentos seguidos y se apuntaban los cm alcanzados en cada uno. Este test se utiliza en muchos estudios de valoración de la fatiga como muestra la revisión realizada por Versey, Halson, y Dawson (2013).

Imagen 11: Test de valoración de potencia de miembros inferiores y flexibilidad: A.- CMJ; B.- SJ; C.-Sit and Reach.



## 4.7 ANÁLISIS DE DATOS Y BIBLIOGRÁFICO

**4.7.1.-Búsqueda bibliográfica:** se llevó a cabo en las bases de datos *Pubmed*, *Research Gate*, *Dialnet* y *Google Académico*. Se utilizaron como palabras clave “recovery”, “fatigue”, “athletes”, “water immersion”, “foam roller”, “DOMS” y “performance”. Se buscaron los artículos por orden de publicación tratando de tener la bibliografía más actualizada posible.

**4.7.2.- Análisis de datos:** Todos los resultados fueron introducidos en una hoja de cálculo Excel 2016 (Microsoft Windows) creada para recogida y tratamiento de datos, además de permitir elaborar gráficos y figuras, y trasponer los mismos al software IBM SPSS Statistics v.24 (Statistical Package for the Social Sciences) para su análisis estadístico. Se muestran los resultados en valores medios y desviación típica. Se realiza análisis diferencial intrasujetos (diferentes días y semanas) e intergrupos (técnicas de recuperación) mediante análisis de medidas repetidas con corrección posthoc de Bonferroni, y t-de student para medidas independientes. El nivel de significación estadística es de  $p < 0,05$ .

## 5.RESULTADOS

### 5.1 ANTROPOMETRÍA

En la Tabla 4 podemos observar los resultados antropométricos de todos los participantes distinguiendo entre los atletas de fondo y los lanzadores. Los lanzadores pesan un 29,92% más y son un 4% más altos que los fondistas.

Tabla 4: Resultados antropométricos de lanzadores y fondistas del Car.

	LANZADORES	FONDISTAS	“p”
EDAD (años)	22,29 ± 5,41	19,75 ± 2,26	*
TALLA (cm)	182,81 ± 9,63	175,5 ± 7,75	**
PESO (kg)	90 ± 24,75	63,07 ± 9,78	**
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	26,7 ± 6,45	20,4 ± 2,15	**

Valores medios ± DS. \* = Diferencias significativas entre fondistas y lanzadores. Niveles de significación: \* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ .

### 5.2 CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA

En la Tabla 5 se recogen los datos de cuantificación de la carga mediante la duración y la RPE, se diferencian los datos según disciplinas y también en función de la semana del protocolo. Se encontraron diferencias significativas entre disciplinas en todas las semanas en la duración que era mayor en los lanzadores (un 40%, un 11% y un 52% respectivamente en la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> semana) pero no en la RPE, aunque el TRIMP sea superior en los lanzadores como se muestra en la Gráfica 1, por ello se decidió tratar los resultados en función de la disciplina.

Dentro de una misma disciplina se encontraron diferencias significativas en lanzadores en la 2ª semana respecto a la 1ª y la 3ª tanto en la duración (un 45% y un 42% menos respectivamente), como en la RPE (un 17% y un 18% menos respectivamente). En el grupo de los fondistas se encontraron diferencias significativas en esas semanas, pero solo en la RPE (un 25% y un 20% mayor en la 2ª semana respecto a la 1ª y 3ª semana).

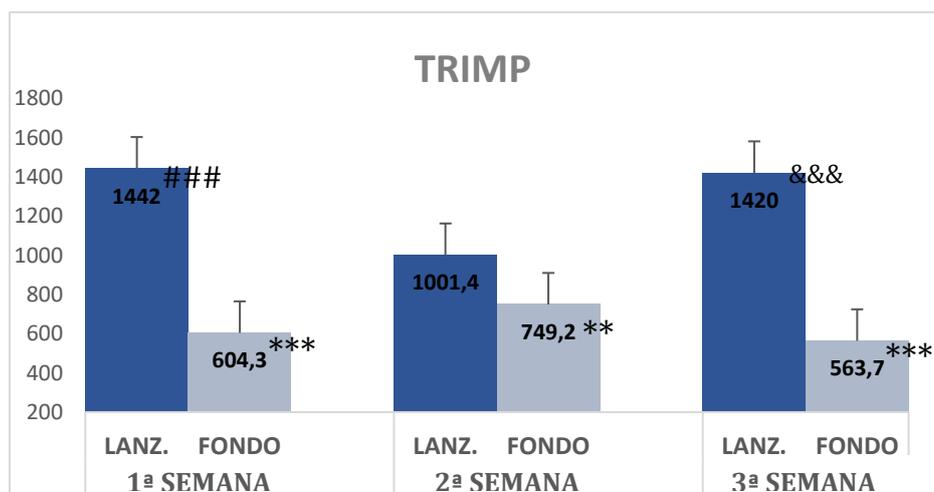
Tabla 5: Resultados de duración y RPE de los entrenamientos.

	1ª SEMANA		2ª SEMANA		3ª SEMANA	
	LANZADORES	FONDISTAS	LANZADORES	FONDISTAS	LANZADORES	FONDISTAS
<b>DURACIÓN</b>	212,8 ± 26,6 <sup>###</sup>	107,2 ± 32,7 <sup>***</sup>	117,1 ± 26,7	104,3 ± 19,4 <sup>***</sup>	202,8 ± 28,3 <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	97,1 ± 25,23 <sup>***</sup>
<b>RPE</b>	6,71 ± 1,06 <sup>##</sup>	5,37 ± 1,55 <sup>###</sup>	5,57 ± 1,36	7,2 ± 1,38	6,95 ± 0,74 <sup>&amp;&amp;</sup>	5,75 ± 1,36 <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>

Valores medios ± DS. \* = Diferencias significativas entre fondistas y lanzadores. Niveles de significación: \*\*\* =  $p < 0,001$ . # = Diferencias significativas entre semanas 1 y 2 en cada disciplina. Niveles de significación: ## =  $p < 0,01$ ; ### =  $p < 0,001$ . & = Diferencias significativas entre semanas 2 y 3 en cada disciplina. Niveles de significación: && =  $p < 0,01$ ; &&& =  $p < 0,001$ .

Las diferencias significativas en el TRIMP, se muestran en la Figura 7. Mientras que en los fondistas no se encontraron diferencias significativas entre semanas; en los lanzadores únicamente se encontraron diferencias en la 2ª semana respecto a la 1ª y 3ª semana, ya que en la semana 2ª la carga fue menor en un 31% y 29% respectivamente. Entre disciplinas hubo diferencias significativas en todas las semanas, siendo mayor la carga de entrenamiento de los lanzadores un 58%, 25% y 60% respectivamente para las semanas 1ª, 2ª y 3ª, debido a una mayor duración del mismo ya que en la RPE no se encontraron diferencias significativas.

Figura 7: TRIMP del microciclo semanal en función de la disciplina atlética: lanzador y fondista.

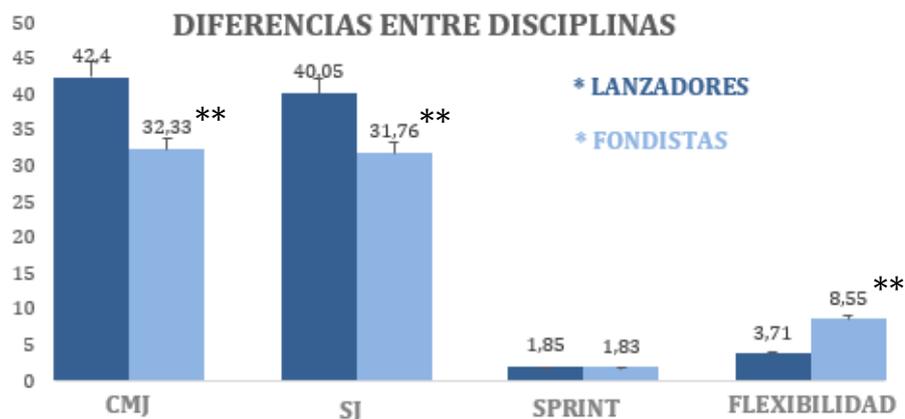


Valores medios ± DS. \* = Diferencias significativas entre fondistas y lanzadores. Niveles de significación: \*\*\* =  $p < 0,001$ . # = Diferencias significativas entre semanas 1 y 2 en lanzadores. Niveles de significación: ### =  $p < 0,001$ . & = Diferencias significativas entre semanas 1 y 2 en lanzadores. Niveles de significación: &&& =  $p < 0,001$ . Donde LANZ = Lanzadores.

### 5.3 EVALUACIÓN INICIAL EN LOS TEST DE RENDIMIENTO

En la Figura 8 se muestran las diferencias entre lanzadores y fondistas en los valores iniciales que se tomaron en descanso, mostrando diferencias significativas tanto en el salto de tipo CMJ (siendo un 23,75% mejor el de los lanzadores), como en el SJ (un 20,7% mejor los lanzadores), y también se hallaron diferencias significativas en la prueba de flexibilidad de miembros inferiores siendo mejor en los fondistas en un 56,7% mejor. En la única prueba que no se encontraron diferencias significativas fue en el sprint de 10 metros.

Figura 8: Diferencias entre disciplinas en las diferentes pruebas de valoración



Valores medios  $\pm$  DS. \* = Diferencias significativas entre fondistas y lanzadores. Niveles de significación: \*\* =  $p < 0,01$ .

### 5.4 EVALUCIÓN POST-ENTRENAMIENTO, POST-INTERVENCIÓN Y POST-DESCANSO EN LANZADORES

En la Tabla 6 se pueden observar los resultados en lanzadores en cada uno de los test de rendimiento: saltos tipo CMJ y SJ, sprint de 10 m, flexibilidad de miembros inferiores y en las escalas de recuperación (TQR) y dolor (EVA). Se muestran los resultados para cada una de las tres intervenciones: inmersión en frío, foam roller y control y en los 4 momentos evaluados: inicial, post-entrenamiento, post-intervención, y post-descanso pasadas 20 horas.

En el salto de tipo CMJ se encontraron diferencias significativas en la inmersión en agua fría, siendo significativamente peor de forma inmediata tras la inmersión en agua fría ( $p < 0,001$ ) pero tras el periodo de descanso de 20 horas es significativamente mejor (un 11%), volviendo a recuperar a las 20 horas los valores iniciales, no ocurriendo así en el caso del control que tanto después de la intervención como a las 20 horas los resultados son inferiores. En el caso del foam roller tanto después de la intervención como a las 20 horas se tiende a superar los valores de salto de descanso, aunque la diferencia no fue significativa.

En el caso del Squat Jump se encontraron diferencias significativas entre el valor inicial y el valor justo después de la intervención de control siendo un 9% significativamente peor; mientras que a las 20 horas el valor es significativamente mejor que el post-intervención (en un 5%) pero no se alcanzan los valores iniciales. En el caso de la inmersión en agua fría ocurre como en CMJ, los resultados inmediatamente después de la intervención son muy significativamente peores que los valores iniciales y que los obtenidos tras 20 horas de descanso (un 14% y un 13% respectivamente). Con el foam roller se mejoran los niveles respecto al post entrenamiento, pero no se consiguen igualar los valores iniciales y no se encuentran diferencias significativas.

En la prueba de velocidad en el caso de la situación control los resultados después de la intervención son peores que en descanso y a las 20 horas se alcanzan los valores iniciales de descanso sin hallarse en ninguno de los casos diferencias significativas.

En la inmersión en agua fría tras el periodo de descanso de 20 horas se mejoran los resultados respecto al valor post-entrenamiento y a la valoración inicial, pero sin diferencias significativas, de igual manera sucede con el foam roller.

La flexibilidad de miembros inferiores tras la aplicación del roller aumenta un 56,48% respecto al valor inicial pero la diferencia no llega a ser significativa, tras el periodo de descanso de 20 horas en todos los casos menos en el control se superan los valores del post-entrenamiento.

En la escala de recuperación TQR tanto en la inmersión en agua fría como en el foam roller los valores tras el periodo de descanso de 20 horas superan los de post-entrenamiento, no ocurre así en el control que los resultados después de la intervención son significativamente peores que la percepción de recuperación después de la valoración inicial (un 35%). Destaca que los valores de percepción de recuperación de forma inmediata tras la inmersión en agua fría son superiores que los de foam roller, incluso superiores que la percepción de recuperación a las 20 horas pese a que el resultado en las pruebas de rendimiento disminuye.

Los valores obtenidos en la escala del dolor EVA son significativamente peores en el post-entrenamiento respecto a la valoración inicial (un 51%). En el caso del control y del foam roller tras el periodo de descanso de 20 horas también tenían significativamente más dolor que en la valoración inicial (un 45% y un 50% respectivamente). En cambio, la inmersión en agua fría el dolor disminuye significativamente tras su aplicación respecto a los valores al finalizar el entrenamiento (un 39%).

Tabla 6: Resultados en lanzadores de los efectos post- entrenamiento, post- intervención y tras un descanso de 20 horas consecuencia de recuperar con foam roller, inmersión en agua fría o sin recuperar (Control) evaluando test de rendimiento físico y escalas de percepción.

<b>CONTROL</b>	<b>CMJ</b>	<b>SJ</b>	<b>ELASTICIDAD</b>	<b>SPRINT</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>TQR</b>	<b>EVA</b>
VAL. INICIAL	42,4 ± 3,65	40,05 ± 3,86 <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	6,07 ± 5,2 <sup>&amp;</sup>	1,87 ± 0,1	3,71 ± 9,78	15,29 ± 3,9 <sup>&amp;</sup>	2,29 ± 2,43
POST- ENTRENAMIENTO	40,42 ± 2,43	37,16 ± 2,1 <sup>***</sup>	8,97 ± 5,39	1,92 ± 0,1	6,82 ± 9,03	10,86 ± 2,6	4,71 ± 3,45 <sup>*</sup>
POST- INTERVENCIÓN	40,95 ± 4	36,54 ± 3,15	12,54 ± 10,32	1,88 ± 0,09	5,64 ± 9,9	9,86 ± 1,77	4,29 ± 2,93
POST- 20 HORAS	41 ± 4,2	38,52 ± 3,5 <sup>£</sup>	6,61 ± 7,45 <sup>£</sup>	1,87 ± 0,1	4,46 ± 9,92	10,86 ± 1,86	4,14 ± 1,95 <sup>¥</sup>
<b>INMERSIÓN FRÍO</b>	<b>CMJ</b>	<b>SJ</b>	<b>ELASTICIDAD</b>	<b>SPRINT</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>TQR</b>	<b>EVA</b>
VAL. INICIAL	42,4 ± 3,65 <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	40,05 ± 3,86 <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	6,07 ± 5,2	1,87 ± 0,1	3,71 ± 9,78	15,29 ± 3,9	2,29 ± 2,43
POST- ENTRENAMIENTO	41,97 ± 4,23	39,45 ± 3,98	6,66 ± 4,46	1,81 ± 0,06	4,46 ± 10,54	10,86 ± 1,34	5 ± 2,89 <sup>**</sup>
POST- INTERVENCIÓN	37,68 ± 3,16 <sup>\$\$\$</sup>	34,58 ± 2,76 <sup>\$\$\$</sup>	8,99 ± 3,06	-	4,04 ± 9,47	12,71 ± 3,25	3,07 ± 2,95 <sup>\$</sup>
POST- 20 HORAS	42,01 ± 3,14 <sup>£££</sup>	39,67 ± 2,25 <sup>£££</sup>	5,93 ± 3,11 <sup>£</sup>	1,77 ± 0,09	4,79 ± 10,37	11,86 ± 3,48	3,57 ± 2,7
<b>FOAM ROLLER</b>	<b>CMJ</b>	<b>SJ</b>	<b>ELASTICIDAD</b>	<b>SPRINT</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>TQR</b>	<b>EVA</b>
VAL. INICIAL	42,4 ± 3,65	40,05 ± 3,86	6,07 ± 5,2	1,87 ± 0,1	3,71 ± 9,78	15,29 ± 3,9	2,29 ± 2,43 <sup>&amp;</sup>
POST- ENTRENAMIENTO	40,94 ± 4,65	38,33 ± 3,38	6,73 ± 5,44	1,86 ± 0,07	4,39 ± 9,68	10,57 ± 2,15	4,29 ± 2,21
POST- INTERVENCIÓN	43,04 ± 4,19	38,92 ± 3,21	10,6 ± 4,75	1,82 ± 0,11	6,57 ± 8,21	10,29 ± 2,93	4,43 ± 2,37
POST- 20 HORAS	43,2 ± 4,09	39,55 ± 3,27	9,21 ± 3,17	1,81 ± 0,07	4,64 ± 9,47	11,57 ± 1,4	4,57 ± 1,72 <sup>¥¥</sup>

Valores medios ± DS. \* = Diferencias significativas entre valoración inicial y post entrenamiento. Niveles de significación: \* = p<0,05; \*\* = p<0,01; \*\*\* = p<0,001. & = Diferencias significativas entre post intervención y valoración inicial. Niveles de significación: & = p<0,05; &&& = p<0,001. \$ = Diferencias significativas entre post intervención y post entrenamiento. Niveles de significación: \$ = p<0,05; \$\$ = p<0,01; \$\$\$ = p<0,001. £ = Diferencias significativas entre post intervención y post 20 horas. Niveles de significación: £ = p<0,05; £££ = p<0,001. ¥ = Diferencias significativas entre post 20 horas y valoración inicial. Niveles de significación: ¥ = p<0,05; ¥¥. Donde: CMJ = Counter Mouvement Jump o salto con contramovimiento; SJ = Squat Jump o salto explosivo; Elasticidad = CMJ-SJ; Sprint = velocidad de 20 m con salida de parado; TQR = Escala de percepción de recuperación al esfuerzo; EVA = escala analógica de valoración del dolor.

## **5.5 EVALUACIÓN POST-ENTRENAMIENTO, POST- INTERVENCIÓN Y POST-DESCANSO EN FONDISTAS**

---

En la Tabla 7 se muestran los resultados de los fondistas expresados de igual manera que los de los lanzadores. Tanto en el salto de tipo SJ como en el CMJ se encontraron diferencias significativas en el protocolo de frío (un 27% y un 28% respectivamente respecto a la valoración inicial) ya que inmediatamente tras su aplicación disminuye el rendimiento tanto respecto a la situación basal como tras el periodo de descanso de 20 horas. En el grupo control tras el periodo de descanso de 20 horas se recuperan los valores iniciales y con el foam roller de forma inmediata pero no se observan diferencias significativas. En el sprint solo se recuperan los valores iniciales tras el periodo de descanso de 20 horas con el foam roller, mientras que en el grupo control y en el de inmersión en agua fría los resultados son peores de forma inmediata y tras el periodo de descanso de 20 horas, no se hallaron diferencias significativas en ninguno de los grupos.

La flexibilidad tiende a mejorar en un 11% inmediatamente tras la aplicación del foam roller y en un 4,5% en la situación control, mientras que tras la inmersión en agua fría la flexibilidad empeora y tras el periodo de descanso de 20 horas ocurre de la misma manera; aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Hay diferencias significativas en la percepción de recuperación ya que es mejor tras el periodo de descanso de 20 horas que en la valoración inicial en todos los protocolos (control un 20%; inmersión en agua fría 16% y foam roller un 23%). En la escala del dolor no se hallaron diferencias significativas y únicamente muestra una tendencia a disminuir con el protocolo de foam roller.

Tabla 7: Resultados de los fondistas de los efectos post- entrenamiento, post- intervención y tras un post- descanso de 20 horas consecuencia de recuperar con foam roller, inmersión en agua fría o sin recuperar (Control) evaluando test de rendimiento físico y escalas de percepción.

<b>CONTROL</b>	<b>CMJ</b>	<b>SJ</b>	<b>ELASTICIDAD</b>	<b>SPRINT</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>TQR</b>	<b>EVA</b>
VAL. INICIAL	32,33 ± 8,78	31,76 ± 7,53	1,32 ± 4,44	1,83 ± 0,09	8,55 ± 4,09	12,2 ± 1,48	3,2 ± 1,09
POST- ENTRENAMIENTO	30,62 ± 6,6	29,43 ± 6,8	4,51 ± 4,76	1,85 ± 0,15	7,7 ± 4,35	12,8 ± 2,28	5,8 ± 1,3
POST- INTERVENCIÓN	30,64 ± 6,86	28,99 ± 6,55	5,8 ± 2,98	1,86 ± 0,17	8,95 ± 3,48	13,6 ± 2,97	3,8 ± 1,3
POST- 20 HORAS	32,42 ± 6,85	31,1 ± 4,73	3,56 ± 6,27	1,9 ± 0,12	9,37 ± 1,82	15,2 ± 1,09 <sup>¥¥</sup>	3,3 ± 0,83
<b>INMERSIÓN FRÍO</b>	<b>CMJ</b>	<b>SJ</b>	<b>ELASTICIDAD</b>	<b>SPRINT</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>TQR</b>	<b>EVA</b>
VAL. INICIAL	32,33 ± 8,78 <sup>&amp;&amp;</sup>	31,76 ± 7,53 <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	1,32 ± 4,44	1,83 ± 0,09	8,55 ± 4,09	12,2 ± 1,48	3,2 ± 1,09
POST- ENTRENAMIENTO	30,69 ± 6,13	28,74 ± 4,98	6,69 ± 8,66	1,87 ± 0,13	8,15 ± 4,19	12,4 ± 2,61	4,2 ± 1,09
POST- INTERVENCIÓN	23,57 ± 5,2 <sup>\$\$\$</sup>	22,88 ± 4,65 <sup>\$\$</sup>	2,81 ± 3,17	-	7,82 ± 3,39	15 ± 1,41	3,8 ± 1,09
POST- 20 HORAS	30,96 ± 7,69 <sup>££</sup>	30 ± 6,89 <sup>££</sup>	2,82 ± 3,85	1,92 ± 0,16	7 ± 4,87	14,6 ± 2,07 <sup>¥</sup>	3,2 ± 1,79
<b>FOAM ROLLER</b>	<b>CMJ</b>	<b>SJ</b>	<b>ELASTICIDAD</b>	<b>SPRINT</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>TQR</b>	<b>EVA</b>
VAL. INICIAL	32,33 ± 8,78	31,76 ± 7,53	1,32 ± 4,44	1,83 ± 0,09	8,55 ± 4,09	12,2 ± 1,48	3,2 ± 1,09
POST- ENTRENAMIENTO	32,23 ± 6,88	31,41 ± 7,62	3,29 ± 4,63	1,83 ± 0,21	8,45 ± 3,19	14 ± 2	3,8 ± 2,48
POST- INTERVENCIÓN	33,2 ± 8,39	31,83 ± 7,16	3,89 ± 2,89	1,88 ± 0,14	9,6 ± 1,76	13,6 ± 2,3	2,4 ± 1,14
POST- 20 HORAS	31,93 ± 6,09	31,33 ± 4,67	1,56 ± 5,37	1,83 ± 0,12	9 ± 3,62	15,8 ± 1,3 <sup>¥¥</sup>	2,6 ± 1,94

Valores medios ± DS Niveles de significación: && = p<0,01; &&& = p<0,001. \$ = Diferencias significativas entre post intervención y post entrenamiento. Niveles de significación: \$\$ = p<0,01; \$\$\$ = p<0,001. £ = Diferencias significativas entre post intervención y post 20 horas. Niveles de significación: ££ = p<0,01. ¥ = Diferencias significativas entre post 20 horas y valoración inicial. Niveles de significación: ¥ = p<0,05; ¥¥ = p<0,01). Dónde: CMJ = Counter Movement Jump o salto con contramovimiento; SJ = Squat Jump o salto explosivo; Elasticidad = CMJ-SJ; Sprint = velocidad de 20 m con salida de parado; TQR = Escala de percepción de recuperación al esfuerzo; EVA = escala analógica de valoración del dolor.

## **6. DISCUSIÓN**

---

El objetivo principal de este estudio fue analizar la influencia en la fatiga post-entrenamiento en parámetros funcionales y de rendimiento físico de la extremidad inferior de aplicar diferentes estrategias de recuperación en dos diferentes disciplinas atléticas: lanzadores y fondistas. Para ello vamos a analizar la muestra por separado, por un lado, los lanzadores y por otro los fondistas ya que, las exigencias del entrenamiento, los niveles y tipos de fatiga y el desarrollo de las diferentes capacidades físicas entre ambos grupos se han mostrado diferentes significativamente.

Son obvias las diferencias antropométricas entre lanzadores y fondistas como refleja significativamente el IMC, un 24% mayor en lanzadores al favorecerse de una mayor masa muscular y grasa, mientras que los fondistas se benefician de la menor masa grasa posible (Ristolainen, et al; 2014). Destaca un IMC en lanzadores que refleja que, paradójicamente a lo que se puede pensar, apenas cursan con sobrepeso. Diferencias que también se manifiesta inicialmente en la fuerza explosiva inicial (un 20% mayor en lanzadores) y en la flexibilidad (un 9% mejor en fondistas) consecuencia del modelo de entrenamiento atlético. Para este estudio se había planificado por los entrenadores que los 3 microciclos semanales deberían realizarse conllevando la misma carga de trabajo (TRIMP), lo cual se ha conseguido salvo en la 2ª semana de lanzadores que fue un 30% inferior. Pensamos que ello no afecta a los resultados porque la distribución aleatoria de las estrategias de recuperación permite que sólo 2 de las mismas por modalidad se haya visto potencialmente afectada en sus efectos de partir de una menor dureza semanal de entrenamiento. Dureza de entrenamiento que resulta ser un 48% inferior en fondistas que lanzadores, condicionado por la significativa mayor duración del tiempo de entrenamiento (un 35% mayor de media en los tres microciclos) ante similar RPE en ambos, con valores de 6 y 7 (calificados como duro). Esta diferencia en el TRIMP hace pensar sobre la utilidad de aplicar este indicador en la comparación de deportes no cíclicos y/o de fuerza. Estas diferencias justifican que deban considerarse los posibles efectos de las estrategias de recuperación en ambos grupos por separado.

En lanzadores tras el entrenamiento se aprecia cierta fatiga en cuanto tiende a reducirse la potencia de salto (que sólo es significativa en grupo control) y percepción de recuperación, tendiendo a mejorar la flexibilidad y sprint y a aumentar el dolor en extremidad inferior (que sólo es significativo en grupo de inmersión en agua fría). En fondistas tras el entrenamiento no hay cambios significativos en los parámetros evaluados, aunque se aprecia cierta fatiga en cuanto tiende a reducir la potencia de salto, la velocidad, la flexibilidad, y percibir un mayor dolor.

En el caso de la inmersión en agua fría en los lanzadores disminuye significativamente la percepción de dolor muscular tras su aplicación inmediata medida mediante la escala EVA, mientras que en los fondistas se observa una tendencia a disminuir. Estos resultados concuerdan con lo observado en el meta-análisis de Sanchez-Ureña, Barrantes, Ureña y Ostojic, (2015) en que se produjo una disminución significativa en los niveles de DOMS tras la aplicación de frío. En el caso de la percepción de recuperación en los lanzadores observamos una tendencia a disminuir inmediatamente tras su aplicación, mientras que en los fondistas hay diferencias significativas en la percepción de recuperación a las 20 horas de su aplicación, resultados que concuerdan con lo expresado en el estudio de Dupuy, Douzi, Theurot, Bosquet, y Dugué (2018). Esta tendencia a una disminución en la percepción de dolor muscular y aumento de la percepción de recuperación no ha sido observada en otros estudios como el de Higgins, Greene y Baker (2017) o el de Hohenauer et al. (2017).

En el meta-análisis de Higgins, Greene y Baker (2017) observaron un efecto positivo en la función neuromuscular, medida mediante la capacidad de salto, a las 24 horas de la inmersión en agua fría pero no de forma inmediata tras su aplicación, resultados que concuerdan con nuestro trabajo en que la capacidad de salto de forma inmediata disminuyó en un 27% en los fondistas y en un 11% en los lanzadores, en cambio a las 20 horas aumentó en un 24% en fondistas y un 10% en los lanzadores respecto a la post-intervención. Este hecho ocurre tanto en los saltos de tipo CMJ como en los SJ. En este mismo meta-análisis también se analizaron los efectos de la aplicación de frío en la capacidad de realizar un sprints máximo, de igual manera que en los saltos encontraron una mejora a las 24 horas de su aplicación, pero no de forma inmediata, en nuestro caso coincide en el grupo de los lanzadores que tras el periodo de descanso de 20 horas mejoraron su velocidad en un 6% pero no fue así en los fondistas que empeoraron su resultado en un 5%. En este trabajo no disponemos de los valores de sprint de forma inmediata a la inmersión en agua fría ya que decidimos no realizar la evaluación debido al alto riesgo de lesión que conllevaría para los deportistas el realizar un sprint máximo tras la inmersión en agua fría.

En la flexibilidad de miembros inferiores medida mediante el test de Sit and Reach no se encontraron diferencias significativas tras la inmersión en agua fría, resultado concordante con diferentes estudios (Takahashi, Ishihara, & Aoki, 2006; Montgomery, et al; 2008) y la tendencia fue muy diferente entre los fondistas y lanzadores, pues en los fondistas se produjo un descenso del 18% en los niveles de flexibilidad mientras que en los lanzadores sí que se vio cierta tendencia hacia una mejora del 22%.

En el protocolo de foam roller en los lanzadores aumenta significativamente la percepción de dolor muscular tanto de forma inmediata como tras el periodo de descanso de

20 horas, en cambio, en los fondistas mejora la percepción de recuperación en un 23% tras el periodo de descanso de 20 horas. Esta diferencia puede ser debida a que los lanzadores tienen un mayor peso y por tanto el foam roller ejerce una mayor presión en los músculos y puede resultar más doloroso mientras que los fondistas tienen un peso significativamente menor y por tanto la presión que ejerce también es menor. En la mayoría de los estudios consultados se encuentra un efecto beneficioso en la percepción de recuperación y de dolor muscular tras la aplicación del foam roller (Schroeder, & Best, 2015; MacDonald, 2013).

El foam roller provoca un aumento del 5% de la capacidad de salto en los lanzadores y en los fondistas mantiene los valores iniciales, tras el periodo de descanso de 20 horas en los lanzadores únicamente consigue mantener el rendimiento y en los fondistas no consigue mantener los resultados. Estos hallazgos coinciden con los expresado en la literatura, el foam roller puede producir un aumento en la función neuromuscular y no perjudicar el rendimiento de forma inmediata pero sus efectos se diluyen a las 24 horas (Cheatham, Kolber, Cain, & Lee, 2015; D'Amico, & Gillis, 2017).

En el test de velocidad de 10 metros se mantienen los valores iniciales tanto de forma inmediata a su aplicación como tras el periodo de descanso post- intervención de 20 horas, únicamente en los lanzadores se ve una tendencia hacia un aumento del rendimiento en un 4% tras el periodo de descanso de 20 horas pero en ningún caso provoca un descenso del rendimiento, resultados que conciden con los de Cheatham, Kolber, Cain y Lee (2015) en el que demuestran que no tiene efectos perjudiciales en el rendimiento deportivo o el de Pearcey et al. (2015) en el que observan cierto aumento del rendimiento a las 24 y 72 horas.

La flexibilidad aumenta de forma inmediata un 43% en los lanzadores y un 11% en los fondistas, tras el periodo de descanso de 20 horas sigue siendo un 20% mejor en los primeros respecto a la valoración inicial y un 5% en los segundos. Esta mayor mejora en los lanzadores puede deberse a que partían de unos niveles iniciales más bajos de flexibilidad. El incremento agudo en los niveles de flexibilidad se encuentra en numerosos estudios (Cheatham, Kolber, Cain, & Lee, 2015) no así su efecto a las 20 horas en el que existe una mayor controversia (D'Amico, & Gillis, 2017).

En resumen, para los lanzadores, el descanso (control) no tiene efectos significativos; mientras que la inmersión en agua fría reduce significativamente el salto y la percepción de dolor, en cambio el foam roller, aunque no induce cambios significativos, es la única con tendencia a aumentar el salto, además de la flexibilidad y percepción de recuperación y de dolor de extremidad inferior. Estrategias que pasadas 20 h reflejan que todas siguen percibiendo un mayor dolor de extremidades inferiores, si bien el menor dolor se refleja tras la inmersión en agua fría. En los fondistas, el descanso (control) no tiene efectos significativos; en cambio la inmersión en agua fría reduce significativamente el salto

(y tiende a reducir también elasticidad y flexibilidad y percepción de dolor); mientras que el foam roller, aunque no índice cambios significativos, es la única muestra tendencia a aumentar el salto, además de la elasticidad y flexibilidad y percepción de recuperación, además de tender a reducir la percepción de dolor de extremidad inferior. Estrategias que pasadas 20 h reflejan que sólo la inmersión en agua fría aún mantiene una reducción significativa del salto y una tendencia a no recuperar la flexibilidad (lo que si se logra tras foam roller); y que todas las estrategias permiten mejorar significativamente la percepción de recuperación (lo cual puede ser indicador de la buena planificación de las cargas de trabajo); y que sólo la aplicación de foam roller conlleva una tendencia a reducir la percepción de dolor.

---

## **7. CONCLUSIONES**

---

1. Los lanzadores tienen un mayor TRIMP total que los fondistas debido a una mayor duración de los entrenamientos, pero en la dureza de los mismos medida mediante la RPE no hay diferencias.
2. La inmersión en agua fría provoca un descenso en la potencia de la extremidad inferior de forma inmediata a su aplicación, pero a las 20 horas es capaz de restablecer los valores iniciales, en el caso del foam roller es capaz de mantener los valores iniciales tomados en descanso tanto a corto como a medio plazo.
3. La inmersión en agua fría de forma inmediata no mejora los niveles en flexibilidad ni en fondistas ni en lanzadores observándose una tendencia incluso hacia su disminución y a las 20 horas si que se observa una mejora en los lanzadores, pero no en los fondistas. La percepción de recuperación.
4. La inmersión en agua fría mejora la percepción de recuperación de los fondistas y la percepción subjetiva de dolor de los lanzadores mientras que el foam roller aumenta la percepción de recuperación en los fondistas, pero aumenta la de dolor en los lanzadores.
5. Se observa una tendencia global a la disminución del nivel de fatiga muscular tras la aplicación de foam roller y a las 20 horas de aplicación del frío, medido tanto mediante percepciones subjetivas como con test de rendimiento lo que puede conllevar un menor riesgo de sufrir lesiones derivadas del entrenamiento o competición.

## **7.1 VALORACIÓN CRÍTICA**

---

El principal problema del trabajo es que la muestra ha sido pequeña por lo tanto a la hora de realizar la estadística se encuentran menos diferencias, pero al tratarse de un grupo de alto rendimiento era difícil aumentar la muestra con personas que cumplieran todos los criterios de inclusión. También se debería de haber recortado el tiempo que pasaba desde la finalización del entrenamiento hasta la realización de los test ya que para poder valorar la fatiga inmediata el tiempo era excesivo.

Por otro lado, la medición de la valoración inicial se debería de tomar con más días de descanso previos para que los atletas estuviesen en las condiciones ideales pero este grupo de deportistas no descansa más de un día seguido por lo que fue imposible.

## **7.2 LÍNEAS FUTURAS Y APLICABILIDAD**

---

Este trabajo tiene una gran transferencia a la práctica diaria ya que los propios atletas utilizaban estos métodos de recuperación en su día a día, pero sin conocimiento sobre los efectos que tenían en su organismo y la temporalización adecuada. También les sirvió en el caso del foam roller para conocer nuevos ejercicios y para realizar de la forma correcta los que ya utilizaban. Tras la finalización del trabajo se les entregó un informe personalizado con los efectos sus resultados y las principales recomendaciones para cada caso y que los atletas han seguido a lo largo de la temporada.

En futuros estudios se deberían de incluir más métodos de recuperación como los contrastes o elementos de compresión y aparte de medir variables de rendimiento analizar también parámetros de rendimiento como la creatina kinasa o la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Otro elemento interesante que se podría implementar es un control del sueño para ver si alguna de las estrategias de recuperación puede tener interferencia o mejorar la calidad de sueño.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

---

Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2005). Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports medicine*, 35(10), 865-898.

Andrade, D. M., Fernandes, G., Miranda, R., Coimbra, D. R., & Bara Filho, M. G. (2018). Training Load and Recovery in Volleyball During a Competitive Season. *Journal of strength and conditioning research*.

Bieuzen, F., Bleakley, C. M., & Costello, J. T. (2013). Contrast Water Therapy and Exercise Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 8(4).

Blanch, P., & Gabbett, T. J. (2016). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(8), 471–475.

Borresen, J., & Lambert, M. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*.

Borresen, J., & Lambert, M. (2008). Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *International journal of sports physiology and performance*, 3(1), 16-30.

Brink, M. S., Visscher, C., Arends, S., Zwerver, J., Post, W. J., & Lemmink, K. A. P. M. (2010). Monitoring stress and recovery: New insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 44(11), 809–815.

Broatch, J. R., Petersen, A., & Bishop, D. J. (2018). The Influence of Post-Exercise Cold-Water Immersion on Adaptive Responses to Exercise: A Review of the Literature. *Sports Medicine*. Springer International Publishing.

Brown, F., Gissane, C., Howatson, G., van Someren, K., Pedlar, C., & Hill, J. (2017). Compression Garments and Recovery from Exercise: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*. Springer International Publishing.

Burns, J., Keenan, A.-M., & Redmond, A. C. (2013). Factors Associated With Triathlon-Related Overuse Injuries. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(4), 177–184.

Cheatham, S. W., Kolber, M. J., Cain, M., & Lee, M. (2015). The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: a systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(6), 827–38.

Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness. *Sports medicine*, 33(2), 145-164.

Costello, J. T., Culligan, K., Selfe, J., & Donnelly, A. E. (2012). Muscle, skin and core temperature after -110°C cold air and 8°C water treatment. *PloS One*, 7(11).

Crowther, F., Sealey, R., Crowe, M., Edwards, A., & Halson, S. (2017). Influence of recovery strategies upon performance and perceptions following fatiguing exercise: a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 9(1), 25.

Davies, V., Thompson, K. G., & Cooper, S. M. (2009). The effects of compression garments on recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1786–1794.

D'Amico, A. P., & Gillis, J. (2017). The influence of foam rolling on recovery from exercise-induced muscle damage. *Journal of strength and conditioning research*.

Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., & Dugué, B. (2018). An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, Soreness, fatigue, and inflammation: A systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 9.

Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2016). Translating fatigue to human performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(11), 2228.

Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & De Koning, J. J. (2017). Monitoring training loads: the past, the present, and the future. *International journal of sports physiology and performance*, 12(Suppl 2), S2-2.

Furmanek, M. P., Słomka, K., & Juras, G. (2014). The effects of cryotherapy on proprioception system. *BioMed Research International*, 2014.

Gallego, J. G., & Vicente, J. G. V. (2001). Nutrición y ayudas ergonómicas en el deporte. *Síntesis*.

García-López, J., Morante, J., Ogueta-Alday, A., González-Lázaro, J., Rodríguez-Marroyo, J., & Villa, G. (2012). The use of single-and dual-beam photocells to measure the sprint time: DSD Laser System®. *Revista Internacional Medicina y Ciencias del Deporte*, 30, 324-333.

García-López, J., Peleteiro, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Morante, J. C., & Villa, J. G. (2003). Validación biomecánica de un método para estimar la altura de salto a partir del tiempo de vuelo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 20(93), 28-34.

Higgins, T. R., Greene, D. A., & Baker, M. K. (2017). Effects of cold water immersion and contrast water therapy for recovery from team sport: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. NSCA National Strength and Conditioning Association.

Hohenauer, E., Costello, J. T., Stoop, R., Küng, U. M., Clarys, P., Deliens, T., & Clijisen, R. (2018). Cold-water or partial-body cryotherapy? Comparison of physiological responses and recovery following muscle damage. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(3), 1252-1262.

Jacobs, S. J., & Berson, B. L. (1986). Injuries to runners: A study of entrants to a 10,000-meter race. *The American Journal of Sports Medicine*, 14(2), 151–155.

Kalichman, L., & Ben David, C. (2017). Effect of self-myofascial release on myofascial pain, muscle flexibility, and strength: A narrative review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(2), 446–451.

Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., ... & Kallus, K. W. (2018). Recovery and performance in sport: consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 13(2), 240-245.

Laux, P., Krumm, B., Diers, M., & Flor, H. (2015). Recovery–stress balance and injury risk in professional football players: a prospective study. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2140–2148.

Lewis, M. (2018). It's a Hard-Knock Life: Game Load, Fatigue, and Injury Risk in the National Basketball Association. *Journal of Athletic Training*, 53(5), 503–509.

Lipps, D. B., Wojtys, E. M., & Ashton-Miller, J. A. (2013). Anterior cruciate ligament fatigue failures in knees subjected to repeated simulated pivot landings. *American Journal of Sports Medicine*, 41(5), 1058–1066.

MacDonald, G. Z. (2013). *Foam rolling as a recovery tool following an intense bout of physical activity* (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland).

Machado, A. F., Ferreira, P. H., Micheletti, J. K., de Almeida, A. C., Lemes, Í. R., Vanderlei, F. M., ... Pastre, C. M. (2016). Can Water Temperature and Immersion Time Influence the Effect of Cold-Water Immersion on Muscle Soreness? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. Springer International Publishing.

Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., & Terrados, N. (2016). Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. *Physiology and Behavior*. Elsevier Inc.

McGorm, H., Roberts, L. A., Coombes, J. S., & Peake, J. M. (2018). *Turning Up the Heat: An Evaluation of the Evidence for Heating to Promote Exercise Recovery, Muscle Rehabilitation and Adaptation*. Sports Medicine. Springer International Publishing.

McHugh, M. P., & Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: The role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.

Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., Dorman, J. C., Cook, K., & Minahan, C. L. (2008). The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *Journal of sports sciences*, 26(11), 1135-1145.

Nelson, A. G., Kokkonen, J., & Arnall, D. A. (2005). Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 338–343.

Opplert, J., & Babault, N. (2018). Acute Effects of Dynamic Stretching on Muscle Flexibility and Performance: An Analysis of the Current Literature. *Sports Medicine*. Springer International Publishing.

Opplert, J., Genty, J. B., & Babault, N. (2016). Do Stretch Durations Affect Muscle Mechanical and Neurophysiological Properties? *International Journal of Sports Medicine*, 37(9), 673–679.

Owen, A. L., Forsyth, J. J., Wong, D. P., Dellal, A., Connelly, S. P., & Chamari, K. (2015). Heart rate-based training intensity and its impact on injury incidence among elite-level professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1705–1712

Pearcey, G. E., Bradbury-Squires, D. J., Kawamoto, J. E., Drinkwater, E. J., Behm, D. G., & Button, D. C. (2015). Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *Journal of athletic training*, 50(1), 5-13.

Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Meyer, T. (2016). Massage and Performance Recovery: A Meta-Analytical Review. *Sports Medicine*, 46(2), 183–204.

Rasmussen, C. H., Nielsen, R. O., Juul, M. S., & Rasmussen, S. (2013). Weekly running volume and risk of running-related injuries among marathon runners. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(2), 111–20

Ristolainen, L., Kettunen, J. A., Waller, B., Heinonen, A., & Kujala, U. M. (2014). Training-related risk factors in the etiology of overuse injuries in endurance sports. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(1), 78–87.

Roberts, L. A., Raastad, T., Markworth, J. F., Figueiredo, V. C., Egner, I. M., Shield, A., ... & Peake, J. M. (2015). Post-exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long-term adaptations in muscle to strength training. *The Journal of physiology*, 593(18), 4285-4301.

Rose, C., Edwards, K. M., Siegler, J., Graham, K., & Caillaud, C. (2017). Whole-body Cryotherapy as a Recovery Technique after Exercise: A Review of the Literature. *International Journal of Sports Medicine*, 38(14), 1049–1060.

Sanchez-Ureña, B. A., Barrantes-Brais, K., Ureña-Bonilla, P., Calleja-González, J., & Ostojic, S. (2015). Effect of water immersion on recovery from fatigue: a meta-analysis. *European Journal of Human Movement*, 34, 1-14.

Schroeder, A. N., & Best, T. M. (2015). Is self-myofascial release an effective preexercise and recovery strategy? A literature review. *Current Sports Medicine Reports*, 14(3), 200–208.

Shaw, T., Howat, P., Trainor, M., & Maycock, B. (2004). Training patterns and sports injuries in triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(4), 446–450.

Sein, M. L., Walton, J., Linklater, J., Appleyard, R., Kirkbride, B., Kuah, D., & Murrell, G. A. (2010). Shoulder pain in elite swimmers: primarily due to swim-volume-induced supraspinatus tendinopathy. *British journal of sports medicine*, 44(2), 105-113.

Soligard, T., Schwelunus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50, 1030–1041

Schroeder, A. N., & Best, T. M. (2015). Is self myofascial release an effective preexercise and recovery strategy? A literature review. *Current sports medicine reports*, 14(3), 200-208.

Staiano, W., Bosio, A., de Morree, H. M., Rampinini, E., & Marcora, S. (2018). The cardinal exercise stopper: Muscle fatigue, muscle pain or perception of effort? *Prog. Brain Res*, 240, 175-200.

Takahashi, J., Ishihara, K., & Aoki, J. (2006). Effect of aqua exercise on recovery of lower limb muscles after downhill running. *Journal of sports sciences*, 24(8), 835-842.

Taylor, T., West, D. J., Howatson, G., Jones, C., Bracken, R. M., Love, T. D., ... & Kilduff, L. P. (2015). The impact of neuromuscular electrical stimulation on recovery after intensive, muscle damaging, maximal speed training in professional team sports players. *Journal of science and medicine in sport*, 18(3), 328-332.

Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: implications for practice. *International journal of sports physiology and performance*, 12(Suppl 2), S2-27.

Van Hooren, B., & Peake, J. M. (2018). Do we need a cool-down after exercise? A narrative review of the psychophysiological effects and the effects on performance, injuries and the long-term adaptive response. *Sports Medicine*, 48(7), 1575-1595.

Van Middelkoop, M., Kolkman, J., Van Ochten, J., Bierma-Zeinstra, S. M. A., & Koes, B. W. (2008). Risk factors for lower extremity injuries among male marathon runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18(6), 691–697.

Versey, N. G., Halson, S. L., & Dawson, B. T. (2013). Water Immersion Recovery for Athletes: Effect on Exercise Performance and Practical Recommendations. *Sports Medicine*, 43(11), 1101–1130.

Visnes, H., & Bahr, R. (2013). Training volume and body composition as risk factors for developing jumper's knee among young elite volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(5), 607–613.

Winchester, J. B., Nelson, A. G., & Kokkonen, J. (2009). A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary strength. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(2), 257–261.