



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

Exposición pasiva al calor para el rendimiento físico en deportistas

**Trabajo de Titulación para optar al título de**  
**Licenciado en Fisioterapia**

**Autor:**

Romero Tibanta, Cristian Alejandro

**Tutor:**

Dr. Yanco Danilo, Ocaña Villacrés

Riobamba, Ecuador. 2026

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Cristian Alejandro Romero Tibanta**, con cédula de ciudadanía **1754858247**, autor del trabajo de investigación titulado: **Exposición pasiva al calor para el rendimiento físico en deportistas**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, al 20 del mes de mayo de 2026.



---

Cristian Alejandro Romero Tibanta

1754858247

## DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Dr. Yanco Danilo Ocaña Villacrés catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: “Exposición pasiva al calor para el rendimiento físico en deportistas” bajo la autoría de Cristian Alejandro Romero Tibanta; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, al 20 del mes de mayo de 2026



Dr. Yanco Danilo Ocaña Villacrés  
C.I. 0603029984



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

**CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**EXPOSICIÓN PASIVA AL CALOR PARA EL RENDIMIENTO FÍSICO EN DEPORTISTAS**”, presentado por **ROMERO TIBANTA CRISTIAN ALEJANDRO**, con cédula de identidad número 1754858247, bajo la tutoría del **DR. YANCO DANILO OCAÑA VILLACRÉS**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 20 de mayo de 2026.

Mgs. María Gabriela Romero Rodríguez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Mgs. Johannes Alejandro Hernández Amaguaña  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Mgs. Fernando Daniel Álvarez Maigualema  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*

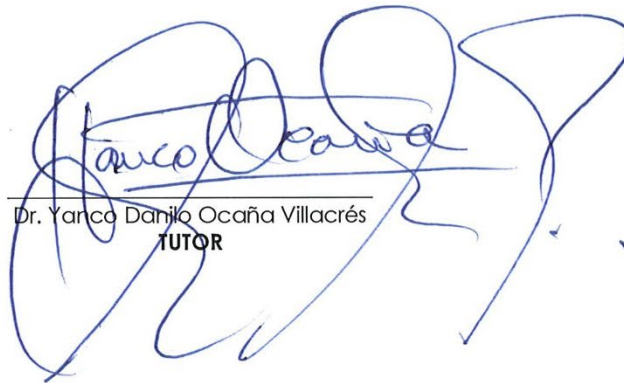


UNACH-RGF-01-04-08.17  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

## CERTIFICACIÓN

Que, **ROMERO TIBANTA CRISTIAN ALEJANDRO** con CC: **1754858247**, estudiante de la Carrera de **FISIOTERAPIA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**EXPOSICIÓN PASIVA AL CALOR PARA EL RENDIMIENTO FÍSICO EN DEPORTISTAS**", cumple con el 8%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 04 de mayo de 2026.



Dr. Yarco Danilo Ocaña Villacrés  
TUTOR

## DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a Dios, por permitirme despertar cada día con salud y vida.

A mis padres Alexandra Tibanta y David Romero, por su apoyo incondicional en cada momento, protección y sabiduría brindada, siendo un gran pilar en mi vida de fortaleza, ya que todo lo que he podido lograr ha sido gracias a ellos, por todo su sacrificio y esfuerzo, para que pueda ser un hombre de bien.

A mi hermano David Romero, que, con sus locuras y forma de ser, me saca una sonrisa todos los días.

A todos los integrantes de la familia Calle Rodas, que fue como una segunda familia para mí en Riobamba, que me abrieron la puerta no solo de su hogar sino también de sus corazones y me han aceptado como uno más de la familia.

A mis primos Alexander Tibanta y Victoria Tibanta, por su compañía y su cariño, que más que primos han sido como hermanos para mí.

A mi mejor amigo Julián Morales, que a pesar de la distancia sigue siendo la mejor amistad que Dios me ha regalado.

A mis amigos Emilio Bravo y Geovanny Guadalupe, su amistad a sido muy valiosa en esta etapa universitaria, que me han brindado una mano cuando lo he necesitado.

De corazón, este trabajo hecho con esfuerzo y compromiso va dedicado a todas las personas que me han acompañado en este proceso.

*Cristian Alejandro Romero Tibanta*

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a todos los familiares, seres queridos y amigos, que me han apoyado y me han dado una palabra de aliento en cualquier punto de mi vida, sin todos ustedes no podría ser el hombre que soy hoy en día.

Agradezco sinceramente al Doctor Yanco Ocaña por su guía constante y su compromiso como mentor. Su apoyo fue determinante para darle estructura y propósito a esta investigación, permitiéndome alcanzar los objetivos planteados con excelencia.

*Cristian Alejandro Romero Tibanta*

# ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....</b>	<b>15</b>
--------------------------------------	-----------

<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
---	-----------

2.1. Fisiología.....	17
2.1.1 Sistemas energéticos.....	17
2.1.2 Sistema Anaeróbico Aláctico (Fosfágenos).....	17
2.1.3 Sistema Anaeróbico Láctico (Glucólisis Anaeróbica).....	18
2.1.4 Sistema Aeróbico (Oxidativo).....	18
2.1.5 Capacidad musculoesquelética isotónica.....	19
2.1.6 Contracción isotónica.....	19
2.1.7 Capacidad aeróbica cardiovascular.....	19
2.2. Rendimiento físico.....	20
2.2.1 Componente de resistencia.....	20
2.2.2 Componente de fuerza y potencia.....	20
2.2.3 La fatiga como factor limitante.....	21
2.3. Modalidades de Entrenamiento y su Impacto en las Capacidades Físicas.....	21
2.3.1 Entrenamiento aeróbico.....	21
2.3.2 Adaptaciones Centrales Cardíacas.....	21
2.3.3 Adaptaciones Periféricas.....	21
2.3.4 Entrenamiento anaeróbico.....	22

2.3.5 Adaptaciones Neuronales.....	22
2.3.6 Adaptaciones Estructurales.....	22
2.4. La exposición pasiva al calor.....	22
2.4.1 Modalidades y Protocolos de Aplicación.....	23
2.4.2 Modalidades Principales de Exposición Pasiva.....	23
2.4.3 Evidencias de las Adaptaciones Fisiológicas y su Influencia en el Rendimiento. .....	24
2.5. Adaptaciones Cardiovasculares y Sanguíneas.....	24
2.5.1 Adaptaciones Termorreguladoras.....	24
2.5.2 Adaptaciones musculares y celulares.....	24
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGIA .....</b>	<b>25</b>
3.1. Diseño de Investigación .....	25
3.2. Tipo de Investigación.....	25
3.3. Nivel de Investigación.....	25
3.4. Método .....	25
3.5. Según la Cronología de Investigación .....	25
3.6. Población de estudio .....	25
3.7. Muestra.....	26
3.8. Criterios de Selección. ....	26
3.8.1 Criterios de inclusión. ....	26
3.8.2 Criterios de exclusión.....	26
3.9. Técnicas de recolección de Datos y Estrategias de Búsqueda .....	27
3.9.1 Fase 1: Búsqueda y Selección de la Información. ....	27
3.9.2 Fase 2: Extracción y organización de datos. ....	27
3.9.3 Fase 3: Análisis y Síntesis de la Información.....	28
3.10. Método de análisis y procesamiento de datos. ....	28
3.11. ESCALA DE EVALUACIÓN METODOLÓGICA PEDro.....	30

3.12 ESCALA DE EVALUACIÓN METODOLÓGICA MINORS .....	36
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
4.1. Resultados de los ECAs seleccionados .....	38
4.2. Resultados de los estudios cuasiexperimentales obtenidos.....	52
4.2. Discusión .....	57
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>57</b>
5.1. Conclusiones.....	61
5.2. Recomendaciones. ....	61
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Valoración de la calidad metodológica de los estudios controlados aleatorizados mediante la Escala de PEDro .....	30
<b>Tabla 2.</b> Valoración de la calidad metodológica de los experimentos cuasiexperimentales mediante la Escala de MINORS .....	36
<b>Tabla 3.</b> Compilación de los resultados de los artículos seleccionados .....	38
<b>Tabla 4.</b> Compilación de los resultados de los artículos seleccionados .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección.....	29
---	----

## RESUMEN

**Introducción:** La exposición pasiva al calor se plantea como una estrategia novedosa y accesible para generar la aclimatación térmica y potenciar el rendimiento físico en deportistas sin añadir carga mecánica. Métodos como la inmersión en agua caliente y el sauna buscan generar adaptaciones fisiológicas que optimicen la termorregulación y la recuperación.

**Objetivo:** Describir los efectos de la exposición pasiva al calor mediante baños de sauna o inmersión en agua caliente sobre las adaptaciones fisiológicas y el rendimiento físico en deportistas, a través de una revisión de la literatura para su fundamentación teórica y aplicabilidad práctica.

**Metodología:** Documental, descriptivo y retrospectivo, se realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos como PubMed, ScieLO y PEDro, haciendo una selección de artículos publicados entre el 2015 y 2025. Tras aplicar criterios de inclusión y exclusión, y hacer una valoración de calidad metodológica mediante las escalas de PEDro y MINORS, se seleccionó una muestra final de 24 artículos finales para el análisis cualitativo y una síntesis crítica.

**Resultados:** Se evidenció que la exposición pasiva al calor genera una expansión del volumen plasmático y de la masa de hemoglobina, optimizando la estabilidad cardiovascular y la potencia al umbral de lactato; la inmersión en agua caliente (HWI) post-ejercicio probó ser superior para inducir adaptaciones hemodinámicas rápidas debido a la presión hidrostática, mejorando el rendimiento físico máximo, mientras que el sauna infrarrojo resultó efectiva para la recuperación neuromuscular y la reducción del dolor muscular de aparición tardía (DOMS).

**Conclusión:** El análisis permitió establecer que la termoterapia pasiva, aplicada en periodos de 7 a 14 días, optimiza la estabilidad cardiovascular y ralentiza la fatiga, estableciendo a la inmersión en agua caliente como la intervención de elección para la manipulación hemodinámica y recuperación física frente al sauna, recomendándose su uso en protocolos de 15 a 30 minutos entre 38°C y 40°C, especialmente durante fases de tapering o descarga.

## ABSTRACT

Passive heat exposure has gained increasing attention as a thermal acclimation strategy capable of improving athletic performance without adding mechanical stress to training loads. The objective of this study was to analyse the effects of sauna bathing and hot water immersion on physiological adaptations and physical performance in athletes. A documentary and descriptive review was conducted using 24 scientific articles published between 2015 and 2025, retrieved from databases such as [PubMed](#), [SciELO](#), and [PEDro](#). The methodological quality of the selected studies was assessed through the PEDro and MINORS scales. The results demonstrated that passive heat exposure promotes significant physiological adaptations, including increased plasma volume and hemoglobin mass, which contribute to improved cardiovascular stability and thermoregulation. Furthermore, post-exercise hot water immersion (HWI) was identified as the most effective intervention for generating rapid hemodynamic adaptations and enhancing maximal physical performance, whereas infrared light sauna therapy showed greater benefits in neuromuscular recovery and in reducing delayed beginning muscle soreness (DOMS). The evidence also indicated that heat exposure protocols lasting between 7 and 14 days may optimize cardiovascular function and delay fatigue in athletes. It is concluded that hot water immersion performed for 15–30 minutes at temperatures ranging from 38–40°C represents the most effective strategy for promoting hemodynamic adaptations and accelerating recovery, particularly during tapering or unloading phases of athletic training.

**Keywords:** Passive heat exposure, physical performance, acclimation, hot water immersion, sauna, sports physiotherapy.

Reviewed and improved by Jacqueline Armijos



## CAPÍTULO I. INTRODUCCION

El rendimiento físico se va a definir como la capacidad que tiene el organismo para ejecutar una actividad física específica de manera eficaz durante un periodo de tiempo ya sea establecido o determinado, de esta forma se va a optimizar la potencia del movimiento disminuyendo el gasto energético asociado. El ejercicio aeróbico es una actividad de intensidad moderada prolongada, en la cual la producción de ATP siendo una vía muy eficiente pero a la vez compleja, donde la degradación oxidativa de dos principales sustratos los cuales son los hidratos de carbono y los lípidos, se genera a través de un metabolismo oxidativo siendo este la vía principal de producción de energía para ejercicios que van a tener una duración de más de 2 minutos, con una intensidad definida como moderada o baja, la influencia que tiene es sobre el sistema respiratorio y cardiovascular, para estimular el crecimiento de nuevos capilares alrededor de las fibras musculares, incrementando la cantidad y mejorando la función de las mitocondrias, fortaleciendo el transporte y como se va a usar del oxígeno. (1)

El rendimiento físico del deportista es influenciado por varios factores, entre ellos relacionados a la planificación del entrenamiento, competencia y recuperación. La exposición pasiva al calor en baños de sauna o la inmersión en agua caliente, induce a diversas adaptaciones fisiológicas que pueden mejorar el rendimiento físico en deportistas. La temperatura interna del cuerpo humano, conocida como temperatura corporal central, se mantiene comúnmente en un promedio de aproximadamente 37 grados centígrados, operando dentro de un rango funcional bastante restringido (entre 35 y 41 grados centígrados) (2). Esta temperatura puede variar debido a factores cotidianos como los ciclos de sueño, la actividad física, la alimentación las condiciones ambientales, el nivel de hidratación que tenga el deportista y la presencia de fiebre (3)

La exposición pasiva al calor se va a plantear como una opción ante los desafíos físicos que tienen los deportistas, con una visión especial para aquellos que participan en competiciones de alto esfuerzo físico, aún hay un mínimo desconocimiento de su aplicación y sus modalidades, siendo que los métodos tradicionales no logran siempre optimizar la recuperación. La investigación se enfoca en que impacto tienen estas técnicas en la salud y rendimiento de los atletas. La innovación de estos enfoques podría proporcionar a los deportistas una ventaja en su rendimiento y bienestar a largo plazo. (4)

La exposición pasiva al calor vista como una estrategia innovadora emergente y accesible para inducir la aclimatación térmica y, consecuentemente, potenciar el rendimiento físico en deportistas, existen dos modalidades de aplicación más investigadas y utilizadas a nivel global siendo los baños de sauna y la inmersión en agua caliente después del ejercicio. Considerando que ambos métodos han evidenciado de forma independiente su potencial de provocar adaptaciones fisiológicas positivas, existe una notable falta de consenso en la literatura científica sobre el predominio de una modalidad sobre la otra. (5). Frente a esta brecha de conocimiento la finalidad de esta investigación sobre "Exposición pasiva al calor para el rendimiento físico en deportistas", es el análisis de cómo estas estrategias inducen adaptaciones fisiológicas que gradualmente van a mejorar el rendimiento físico, se busca recopilar y evaluar la evidencia científica disponible, sobre los efectos mencionados, que incluye los cambios en la termorregulación, la función cardiovascular, el volumen plasmático y la recuperación muscular, con el objetivo de comprender cómo estas adaptaciones favorecen a la optimización del rendimiento físico.

Por lo anterior expuesto, la investigación tiene como objetivo analizar el impacto de los efectos de la exposición pasiva al calor mediante baños de sauna o inmersión en agua caliente sobre las adaptaciones fisiológicas en el rendimiento físico de los deportistas, a través de una revisión de la literatura para su fundamentación teórica, con perspectivas a la aplicabilidad en programas de entrenamiento y fortalecimiento físico.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Fisiología.

La fisiología como ciencia que estudia cómo funcionan los seres vivos y sus sistemas. La fisiología del ejercicio es una rama que se va a enfocar en estudiar las respuestas agudas y las adaptaciones crónicas del organismo, ante el estrés que representa la actividad física.

- **Respuesta aguda:** Es el cambio instantáneo que se produce en el cuerpo durante una sesión de ejercicio.
- **Respuesta crónica:** Es la modificación estructural o funcional que ocurre en el cuerpo en el largo plazo como resultado del entrenamiento constante.

Como principio fundamental de la fisiología del ejercicio es la preservación de la homeostasis que es el equilibrio dinámico del medio interno. El ejercicio interrumpe la estabilidad homeostática, y el entrenamiento busca mejorar la capacidad de adaptación del organismo para responder a este cambio. (6)

#### 2.1.1 Sistemas energéticos.

La contracción muscular como base de todo movimiento, requiere de ATP. No obstante, el músculo almacena una cantidad muy reducida de ATP, limitado únicamente para unos pocos segundos de esfuerzo. Por consiguiente, el cuerpo debe regenerar ATP, de una manera constante a través de tres sistemas energéticos.

#### 2.1.2 Sistema Anaeróbico Aláctico (Fosfágenos).

- **Fuente:** Fosfocreatina, que se almacena en el músculo.
- **Características:** Corresponde a la vía de mayor velocidad y potencia. No utiliza O<sub>2</sub> y no produce lactato.
- **Rendimiento energético:** Se limita. Debido a que, sintetiza 1 molécula de ATP por cada 1 molécula de fosfocreatina, con una relación 1 a 1.
- **Duración:** Va a predominar en actividades específicas de alta intensidad y muy corta duración, que duran aproximadamente entre 0-10 segundos, como un sprint de 40 metros.

### 2.1.3 Sistema Anaeróbico Láctico (Glucólisis Anaeróbica).

- **Fuente:** La glucosa viene del glucógeno muscular y de la sangre como una fuente de energía.
- **Características:** Es una vía rápida metabólica para obtener ATP, puesto que no necesita O<sub>2</sub>, pero con una desventaja que es la producción de productos secundarios como el lactato y iones de hidrógeno, que son responsables de la sensación de ardor en el músculo.
- **Rendimiento energético:** Tiene una producción neta de 2 ATP, si el sustrato base es glucosa en sangre, y siendo 3 de ATP si el sustrato se origina de forma directa del glucógeno muscular.
- **Duración:** Soporta una alta intensidad de esfuerzo físico con una duración entre 30 segundos y hasta 3 minutos.

### 2.1.4 Sistema Aeróbico (Oxidativo).

- **Fuente:** Glucógeno y grasas como sustratos energéticos, las proteínas contribuyen en menor medida al suministro de energía.
- **Características:** Representa la vía más lenta para producir ATP, aunque, posee una capacidad casi ilimitada. Su funcionamiento requiere obligatoriamente de la presencia de oxígeno y los procesos de síntesis de energía tienen lugar en la mitocondria.
- **Rendimiento energético:** Es el más efectivo, la oxidación total de una molécula de glucosa va a generar entre 36 y 38 ATP, para el caso de los ácidos grasos, el rendimiento va a ser mayor.
- **Duración:** Es la fuente de energía que predomina durante el reposo y en todas las actividades de baja a moderada intensidad y larga duración, que pueden extenderse desde unos pocos minutos hasta varias horas, como es el caso de una maratón.
- Estos tres sistemas energéticos no se activan de manera secuencial, operan de manera simultánea, integrando un continuum energético, donde la contribución relativa de cada sistema va a depender según la intensidad y la duración del esfuerzo. (6)

### 2.1.5 Capacidad musculoesquelética isotónica.

Este concepto hace referencia a la capacidad del sistema neuromuscular para generar fuerza mientras la longitud del músculo se modifica, constituyendo la forma de contracción más frecuente y común en el deporte.

### 2.1.6 Contracción isotónica.

Se define como aquella contracción en la que se genera una tensión muscular capaz de superar o ser superada por una resistencia externa, provocando un movimiento articular.

Se divide en dos fases:

- **Concéntrica:** El músculo se acorta mientras se produce fuerza, como ocurre durante la fase de ascenso en una sentadilla.
- **Excéntrica:** El músculo se alarga mientras se produce fuerza, como en la fase de descenso controlado en una sentadilla. Esta fase resulta fundamental para frenar movimientos y absorber impactos.

La capacidad musculoesquelética isotónica se manifiesta en el deporte como fuerza dinámica, potencia (fuerza aplicada a una determinada velocidad) y resistencia muscular (capacidad de repetir contracciones durante un período prolongado). (6)

### 2.1.7 Capacidad aeróbica cardiovascular.

Se define como la capacidad máxima del organismo para captar, transportar y utilizar O<sub>2</sub>, durante actividad física prolongada, constituye el pilar fundamental del rendimiento en deportes de resistencia.

- **Medición:** El indicador "gold estándar" es el consumo máximo de O<sub>2</sub>, que representa el volumen máximo de O<sub>2</sub>, que el cuerpo puede procesar por minuto.
- **Componentes clave:** La capacidad aeróbica va a depender de dos factores principales:
- **Gasto Cardíaco:** Corresponde a la cantidad de sangre que el corazón bombea por minuto, constituyendo el componente central del sistema cardiovascular.
- **Diferencia Arterio-Venosa de O<sub>2</sub>:** Representa la cantidad de O<sub>2</sub> extraído por los músculos de la sangre que reciben. Es el componente periférico "el motor muscular". (6)

## **2.2. Rendimiento físico.**

El rendimiento físico constituye un concepto integrador que refleja la capacidad global del organismo para ejecutar una actividad o realizar un esfuerzo físico de manera eficiente y coordinada. Esta eficiencia se traduce como un resultado medible y cuantificable, expresado en unidades de tiempo (por ejemplo, segundos en una carrera), masa (kilogramos levantados) o distancia (metros recorridos o saltados).

Lejos de ser una capacidad única, el rendimiento físico es el resultado de la interacción óptima y la sinergia de todos los sistemas fisiológicos previamente mencionados y definidos. En este sentido es la manifestación de la correcta provisión de energía a través de los sistemas metabólicos, una eficiente capacidad de transporte y utilización de oxígeno y la eficiencia del aparato músculo esquelético para generar fuerza, potencia y coordinación.

Desde una perspectiva fisiológica, el rendimiento físico se sustenta en el desarrollo de las capacidades básicas, especialmente la resistencia, la fuerza y la velocidad. El rendimiento en un deporte específico va a depender directamente del grado de adaptación y eficiencia de los sistemas orgánicos implicados.

### **2.2.1 Componente de resistencia.**

Es la expresión más directa de la Capacidad Aeróbica Cardiovascular. Sin embargo, el rendimiento en esta área no depende únicamente del valor máximo de captación de oxígeno, sino y de manera más crítica, de la capacidad de sostener un alto porcentaje de dicho valor durante un tiempo prolongado.

Fisiológicamente este parámetro está determinado por el umbral láctico, que es la intensidad de ejercicio por encima de la cual la producción de lactato supera su aclaramiento, generando acidosis metabólica y un incremento de la fatiga muscular.

### **2.2.2 Componente de fuerza y potencia.**

Este componente que se deriva directamente de la Capacidad Musculoesquelética Isotónica, resultado de la interacción de factores neuronales y estructurales. A nivel neuronal, depende de la capacidad del sistema nervioso central para reclutar, sincronizar y modular las unidades motoras. A nivel estructural, se relaciona con adaptaciones musculares, como la hipertrofia de las fibras tipo II, que proporcionan una mayor capacidad de producción de fuerza. La potencia muscular, crucial y determinante en la mayoría de las disciplinas deportivas, refleja

la habilidad de aplicar esta fuerza a la máxima velocidad posible y depende de la tasa de resíntesis de ATP, del Sistema Anaeróbico Aláctico.

### **2.2.3 La fatiga como factor limitante.**

El rendimiento no solo debe entenderse únicamente como la capacidad para producir trabajo, sino también como la habilidad de resistir la fatiga. Definida fisiológicamente, como la reducción temporal de la capacidad de generar fuerza o potencia, y puede tener un origen periférico, depleción de fosfocreatina, acumulación de metabolitos H<sup>+</sup>, o central, una disminución del impulso nervioso voluntario desde el sistema nervioso central. (6) (Fisiología del ejercicio. López- Chicharro)

## **2.3. Modalidades de Entrenamiento y su Impacto en las Capacidades Físicas.**

Desarrollar el rendimiento físico va a depender de la aplicación de diversas modalidades de entrenamiento generando adaptaciones crónicas específicas, enfocadas a optimizar selectivamente los componentes asociados con la fuerza, resistencia y potencia muscular.

### **2.3.1 Entrenamiento aeróbico.**

El entrenamiento aeróbico, se enfoca a potenciar la capacidad del organismo para sostener un esfuerzo prolongado y posponer la aparición de la fatiga.

### **2.3.2 Adaptaciones Centrales Cardiacas.**

Este tipo de entrenamiento va a provocar adaptaciones profundas que van a favorecer, la capacidad aeróbica cardiovascular y la eficiencia metabólica del sistema oxidativo.

El trabajo de resistencia va a generar una carga adicional de volumen que induce hipertrofia excéntrica del ventrículo izquierdo, aumentando el volumen sistólico. Esta reestructuración cardiaca facilita mantener un gasto cardíaco submáximo con una frecuencia cardiaca menor.

### **2.3.3 Adaptaciones Periféricas.**

Existe un incremento de la densidad capilar en las fibras tipo I, lo que acorta la distancia de difusión de oxígeno hacia las células musculares. Además, produce un aumento de número y tamaño en las mitocondrias, conocido este proceso como biogénesis mitocondrial, que aumenta la capacidad oxidativa del músculo.

### **2.3.4 Entrenamiento anaeróbico.**

El entrenamiento anaeróbico, que comprende ejercicios de velocidad y fuerza, se centra en actividades de alta intensidad y corta duración.

### **2.3.5 Adaptaciones Neuronales.**

Mejora el reclutamiento unidades motoras, de manera concreta fibras de alta exigencia, también, una mejoría en la coordinación intermuscular, dado que, potencia la sincronización entre los músculos que son agonistas y antagonistas, como resultado, permite generar una contracción muscular de más potencia.

### **2.3.6 Adaptaciones Estructurales.**

El entrenamiento continuo produce un aumento del área de sección transversal de las fibras musculares tipo II, además se incrementa el ángulo de peneación de las fibras, permitiendo generar una mayor fuerza absoluta. Estos mecanismos adaptativos mejoran la eficacia del sistema anaeróbico aláctico, permitiendo la producción de potencia máxima en esfuerzos breves y explosivos. (6) (Fisiología del ejercicio. Lopez- Chicharro)

## **2.4. La exposición pasiva al calor.**

La exposición pasiva al calor, asimismo referida en la literatura como "calentamiento pasivo" (passive heating), se define como una estrategia de aclimatación al calor orientada para inducir adaptaciones fisiológicas que optimizan los mecanismos de termorregulación, y consecuentemente el rendimiento físico.

A diferencia de las estrategias de aclimatación activa, su característica fundamental radica en que el estímulo térmico se aplica al individuo mientras este se encuentra en estado de reposo, si requerir la ejecución de actividad física dentro del entorno caluroso. (1) (5)

El propósito fundamental de cualquier protocolo de aclimatación al calor es generar adaptaciones fisiológicas esenciales, entre las cuales se incluyen la expansión del volumen plasmático, una respuesta de sudoración más eficiente (caracterizada por un inicio más precoz y una mayor tasa de sudoración), así como la reducción de la frecuencia cardiaca y de la temperatura corporal central durante la actividad física.

La premisa de la exposición pasiva al calor plantea que el estímulo principal para lograr estas adaptaciones es la elevación repetida de la temperatura corporal central. Este aumento se logra a través de la aplicación de fuentes térmicas externas, lo que evidencia que la realización de ejercicio en simultaneo, en un entorno caluroso, no se considera un requisito indispensable para inducir estas adaptaciones. (1)

Este enfoque se lo valora más como una alternativa más práctica, accesible y económica en comparación a los métodos tradicionales de exposición al calor. Una ventaja clave es que permite a los atletas mantener la calidad e intensidad de su entrenamiento en condiciones templadas, evitando la disminución del rendimiento realizado en ambientes calurosos. (1)

#### **2.4.1 Modalidades y Protocolos de Aplicación.**

La literatura científica identifica diversas modalidades y protocolos para implementar la exposición pasiva al calor. La selección de la modalidad (sauna o inmersión en agua caliente) y el protocolo (aislado o post-ejercicio) condiciona tanto la naturaleza del estímulo térmico, como la viabilidad logística, influyendo finalmente las adaptaciones fisiológicas resultantes.

#### **2.4.2 Modalidades Principales de Exposición Pasiva.**

- **Baños de Sauna:** Este método emplea el aire para transferir el calor hacia el cuerpo. Existen categorías principales.
- **Sauna tradicional:** Es la forma tradicional sauna. Consiste en calentar el aire del entorno a temperaturas altas, entre 70 y 100 grados, de esta manera, se trasmite el calor al deportista. Los protocolos de exposición en los estudios varían desde sesiones de 15 minutos a 65-80 grados, hasta sesiones de 30-60 minutos a 80-90 grados. (1) (3)
- **Sauna de Infrarrojos (IRS):** A diferencia de el sauna tradicional, esta modalidad es tecnológicamente diferente, esta modalidad, en lugar de calentar el aire, emplea radiación para calentar directamente los tejidos del cuerpo, esto permite que trabaje en temperaturas más bajas y confortables aproximadamente de 40-60 grados. Se postula que el calor radiante penetra más profundamente a los tejidos musculares y genera respuestas cardiovasculares más leves que el sauna tradicional, resultando ser una experiencia menos agresiva para el atleta. Los protocolos estudiados generalmente consisten en sesiones de 10 a 20 minutos. (10)
- **Inmersión en Agua Caliente (HWI).** La inmersión en agua caliente es la modalidad pasiva más investigada y estudiada. Consiste en la inmersión del cuerpo en un baño de agua a una temperatura controlada en todo momento.
- **Protocolo Estándar:** La mayoría de los estudios recomiendan una temperatura constante de aproximadamente los 40 grados.

- **Inmersión:** Se recomienda sumergir el cuerpo hasta el cuello para maximizar la superficie corporal expuesta al calor.
- **Duración:** La duración de la inmersión va a depender según el protocolo, con sesiones que varían y van desde los 15 minutos hasta los 40 minutos. (7) (8)

### **2.4.3 Evidencias de las Adaptaciones Fisiológicas y su Influencia en el Rendimiento.**

La exposición pasiva al calor es una opción más práctica frente a la aclimatación activa mediante el ejercicio en ambientes cálidos. De hecho, estudios han demostrado que los protocolos pasivos logran adaptaciones fisiológicas importantes, dado que, impactan de manera directa en el rendimiento del deportista.

## **2.5. Adaptaciones Cardiovasculares y Sanguíneas.**

La adaptación principal y la más rápida es la hipervolemia. Los estudios que usan tanto el sauna como inmersión en agua caliente, reportan este incremento de volumen sanguíneo, mejorando la estabilidad cardiovascular, facilitando que el corazón mantenga el gasto cardíaco con una frecuencia cardíaca más baja en reposo y durante la actividad física, sosteniendo un mayor rendimiento. (1) (3)

### **2.5.1 Adaptaciones Termorreguladoras.**

La exposición pasiva al calor prepara al cuerpo para disipar el calor de manera más eficiente, evidenciada una reducción de la temperatura central, en condiciones de reposo y durante el ejercicio submáximo. Esto se alcanza, en parte, porque el cuerpo tiene un inicio más temprano de sudoración a temperaturas más bajas, aumentando la tasa de sudoración, permitiendo un enfriamiento más rápido y efectivo.

### **2.5.2 Adaptaciones musculares y celulares.**

Además de la regulación térmica, el calor pasivo influye directamente en el músculo. La exposición recurrente al calor pasivo, como la realizada en saunas de infrarrojos, puede mejorar la producción de potencia neuromuscular, función contráctil y reducción de la tasa de descarga de las unidades motoras que se necesita para mantener fuerza submáxima, lo que indica una mayor eficiencia neuromuscular. A nivel celular, el calor induce la producción de proteínas de choque térmico, que protegen a las células del estrés promoviendo la reparación y crecimiento muscular. (5) (10) (20).

## **CAPÍTULO III. METODOLOGIA**

### **3.1. Diseño de Investigación**

El diseño del trabajo de la investigación fue documental, se fundamenta en la recopilación, análisis e interpretación, de datos de diversas fuentes documentales para procesarlos mediante un esquema de revisión y evaluación crítica.

### **3.2. Tipo de Investigación**

Esta investigación fue de tipo bibliográfico, apoyándose en la lectura y el análisis de artículos científicos provenientes de distintas revistas académicas publicados en los últimos años.

El contenido revisado se presentó en formato digital, donde se recopiló la información esencial, como conceptos teóricos, opciones de aplicaciones de calor pasivo y estudios anteriores pertinentes.

### **3.3. Nivel de Investigación**

En la investigación se utilizó el nivel descriptivo, porque permitió detallar las características, procedimientos y modalidades aplicadas de la exposición pasiva al calor, tal como se reporta en la evidencia actual.

### **3.4. Método**

Se empleó el método inductivo partiendo desde lo particular a lo general, lo cual permitió analizar resultados específicos derivados de protocolos de exposición pasiva al calor, tales como el uso de saunas, baños de agua caliente o cámaras térmicas y su impacto en el rendimiento físico de deportistas.

### **3.5. Según la Cronología de Investigación**

La investigación tiene una cronología de investigación de tipo retrospectivo. Debido a que en el estudio se va a analizar datos que ya han sido registrados y publicados en investigaciones previas entre el año 2015 y 2025.

### **3.6. Población de estudio**

Se identificaron un total de 130 artículos en las diferentes bases de datos, de los cuales 24 artículos de investigación originales que cumplen con los criterios de inclusión definidos

para esta investigación, dicha temática aportará información significativa y actualizada sobre el impacto de la exposición pasiva al calor para el rendimiento físico en deportistas.

### **3.7. Muestra**

La muestra es de tipo no probabilística e intencional, conformada por 24 artículos seleccionados según su relevancia y solidez metodológica. La composición de la muestra abarca.

- **Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECAs):** Estudios experimentales que van a comparar las modalidades de calor pasivo, en grupos control o ejercicio en condiciones templadas.
- **Estudios Cuasiexperimentales:** Estudios en los que la distribución de los sujetos no fue aleatorizada, sino que se basó en grupos ya conformados, permitiendo y facilitando el análisis a la respuesta fisiológica en poblaciones específicas bajo condiciones que reflejan un entorno más real.

### **3.8. Criterios de Selección.**

Para garantizar una base teórica sólida sobre los efectos de la exposición pasiva al calor en el rendimiento deportivo, se definieron filtros basados en criterios de elegibilidad específicos, asegurando que los artículos aborden directamente las variables de interés, descartando intervenciones no relacionadas o evidencia desactualizada. A continuación se detallan los parámetros de inclusión y exclusión aplicados para incluir o descartar las fuentes consultadas.

#### **3.8.1 Criterios de inclusión.**

- Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECAs).
- Estudios cuasiexperimentales.
- Estudios que incluyan deportistas o personas que fueron activas físicamente.
- Estudios que analicen modalidades pasivas de la aplicación del calor.
- Publicaciones en español o inglés.
- Artículos científicos publicados entre los años 2015 y 2025.

#### **3.8.2 Criterios de exclusión.**

- Estudios realizados solamente en animales.
- Fueron descartados los estudios cuyo eje central fuera la aclimatación activa.

- Literatura gris (blogs, artículos de revistas no científicas, artículos no validados científicamente).

### **3.9. Técnicas de recolección de Datos y Estrategias de Búsqueda**

La técnica principal será la revisión bibliográfica narrativa, puesto que, es entendida como una estrategia académica que permite organizar y presentar de forma coherente los hallazgos existentes en torno a un tema específico. Se aplicará instrumentos como fichas bibliográficas, matrices de análisis en criterios como tipo de exposición térmica, población estudiada, resultados principales y limitaciones metodológicas.

En este contexto, la presente revisión no tiene como propósito evaluar o verificar experimentalmente los efectos de la exposición pasiva al calor, sino más bien, interpretar y sintetizar críticamente los aportes existentes en la literatura científica, con el propósito de, construir un marco teórico sólido que respalde futuras investigaciones o aplicaciones prácticas en el campo del rendimiento físico deportivo.

#### **3.9.1 Fase 1: Búsqueda y Selección de la Información.**

Se llevará a cabo una búsqueda sistemática en bases de datos científicas, incluyendo PubMed, SciELO y PEDro. La estrategia de búsqueda emplea una combinación de palabras clave en español e inglés, entre ellos: "aplicación pasiva de calor", "passive heating", "adaptaciones térmicas", "heat acclimation", "sauna tradicional", "hidroterapia con agua caliente", "hot water immersion", "inmersión en agua caliente", "rendimiento físico", "athletic performance", "athletes" y "deportistas".

#### **3.9.2 Fase 2: Extracción y organización de datos.**

La información de la muestra documental seleccionada se extraerá y organizará utilizando fichas bibliográficas y matrices de análisis. Estas matrices permitirán sistematizar los hallazgos clave de cada fuente, incluyendo:

- Autor y año de publicación.
- Tipo de estudio (ECA, revisión, etc.).
- Modalidad de calor pasivo utilizada (Sauna, HWI, IRS).
- Protocolo (duración, temperatura, frecuencia, post-ejercicio o en reposo).
- Población de estudio (ej. ciclistas, corredores, recreativos).
- Principales adaptaciones fisiológicas reportadas.
- Efectos medidos en el rendimiento físico.

- Limitaciones y conclusiones del autor.

### **3.9.3 Fase 3: Análisis y Síntesis de la Información.**

El análisis de la información no fue de carácter estadístico, priorizando un enfoque cualitativo de contenido. Así, la información procesada estructurada en matrices se interpretó mediante una síntesis crítica y fundamentada. Este proceso implicó:

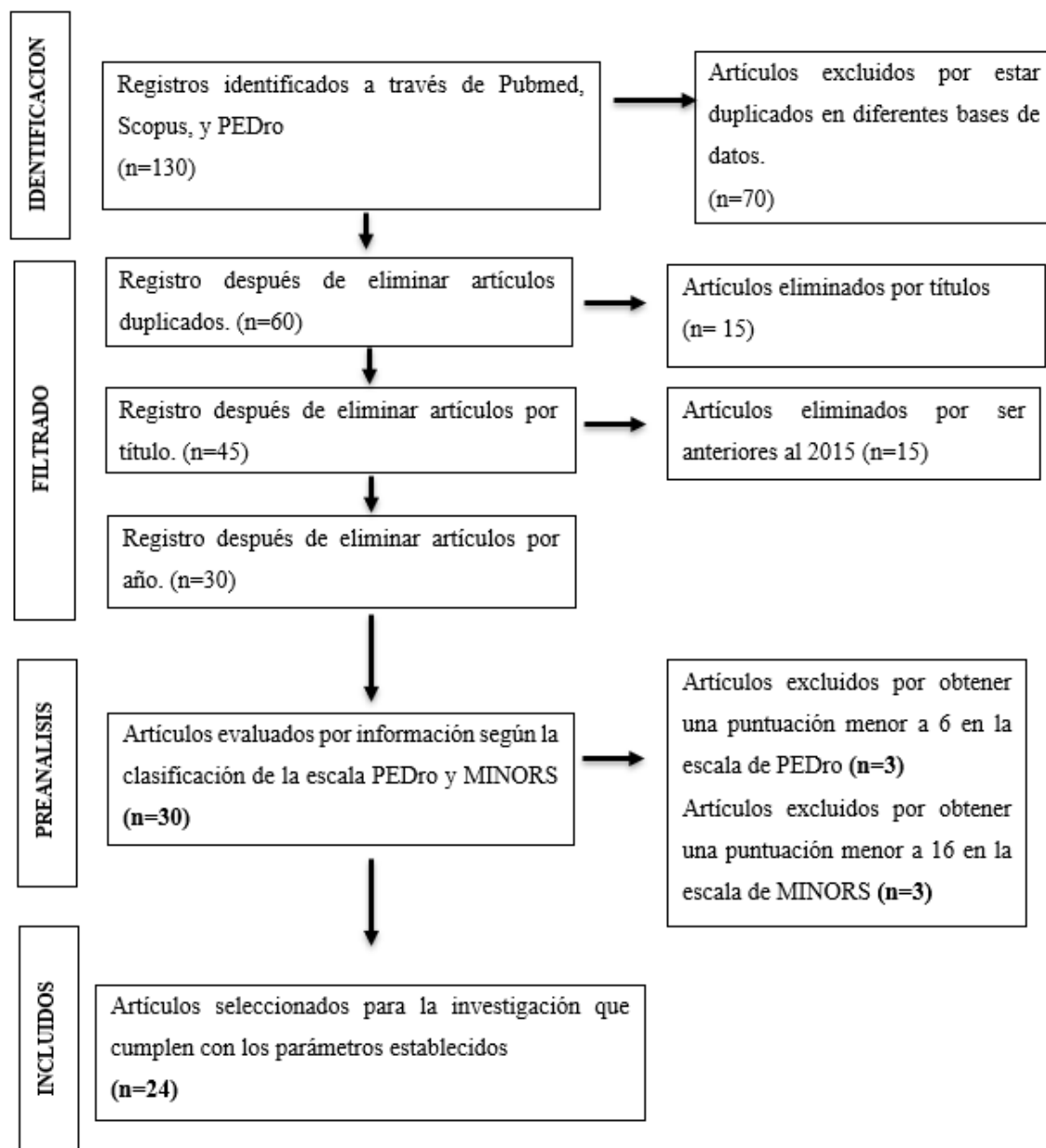
1. Identificación los conceptos fundamentales: Se definieron las variables centrales, tales como el rendimiento físico y la inmersión en agua caliente.
2. Agrupación de adaptaciones fisiológicas: Se categorizaron los hallazgos reportados en la literatura, particularmente en las funciones. cardiovascular, termorreguladora y neuromuscular.
3. Contraste de modalidades: Se compararon los efectos producidos por distintas modalidades de aplicación de calor pasivo, específicamente el uso de sauna frente a la inmersión en agua caliente.
4. Detección de patrones y vacíos: Se identificaron tendencias recurrentes, inconsistencias, contradicciones y brechas en la evidencia científica actual.

El resultado de este análisis permitió la construcción del marco teórico y la discusión, garantizando una narrativa coherente para establecer el "estado del arte" sobre la influencia de la exposición pasiva al calor en el rendimiento físico del deportista.

### **3.10. Método de análisis y procesamiento de datos.**

Selección de artículos científicos en diversas bases de datos, centrados en el tema "Exposición pasiva al calor para el rendimiento físico en deportistas". Se aplicó criterios de exclusión para descartar aquellos documentos con acceso restringido, duplicados entre bases de datos, o que no presentaban las dos variables de estudio, de igual manera, no se tomó en cuenta la información considerada no relevante tras un análisis crítico de títulos, resúmenes y resultados, excluyendo también los artículos publicados antes del 2015.

Se realizó un preanálisis de calidad metodológica utilizando la escala PEDro, descartando artículos que no alcanzaron una puntuación mínima de 6, así mismo, se evaluaron los estudios no aleatorizados mediante la escala MINORS, excluyendo aquellos que no obtuvieron el puntaje mínimo de relevancia sobre un total de 24, posteriormente, se detalla este proceso de selección mediante un diagrama de flujo.



**Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección**

Adaptado de: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Moher D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic reviews*. 2021; 10(1): 1-11.

### 3.11. ESCALA DE EVALUACIÓN METODOLÓGICA PEDro

**Tabla 1.** Valoración de la calidad metodológica de los estudios controlados aleatorizados mediante la Escala de PEDro

Nº	Base de Datos	Autor/es y año	Título original	Título en español	Valoración escala de PEDro
1	PEDro	Zurawlew, 2016. (21)	Post-exercise hot water immersion induces heat acclimation and improves endurance exercise performance in the heat.	Inmersión en agua caliente después del ejercicio induce aclimatación al calor y mejora el rendimiento en ejercicios de resistencia en condiciones de calor.	6/10
2	PEDro	McIntyre, 2021. (22)	A comparison of heat acclimation by post-exercise hot water immersion and exercise in the heat.	Una comparación de la aclimatación al calor mediante la inmersión en agua caliente después del ejercicio y el ejercicio en condiciones de calor.	6/10
3	PEDro	Menzies, 2024. (23)	Post-exercise hot or cold water immersion does not alter perception of effort or neuroendocrine responses	La inmersión en agua caliente o fría después del ejercicio no altera la percepción del esfuerzo ni las respuestas	6/10

			during subsequent moderate-intensity exercise.	neuroendocrinas durante un ejercicio posterior de intensidad moderada.	
4	PEDro	Lee, 2022. (24)	Effects of regular sauna bathing in conjunction with exercise on cardiovascular function: a multi-arm, randomized controlled trial.	Efectos del uso regular de sauna en conjunto con el ejercicio sobre la función cardiovascular: un ensayo controlado aleatorizado con múltiples grupos.	8/10
5	PEDro	Geng,2025. (25)	Effects of Heat and Hypoxia Training on the Fat Oxidation Capacity of Competitive Athletes.	Efectos del entrenamiento en calor y en hipoxia sobre la capacidad de oxidación de grasas en deportistas de competición.	7/10
6	PEDro	Ahokas, 2023. (26)	A post-exercise infrared sauna session improves recovery of neuromuscular performance and muscle soreness after resistance exercise training.	Una sesión de sauna de infrarrojos post-ejercicio mejora la recuperación del rendimiento neuromuscular y el dolor muscular después del entrenamiento de ejercicios de resistencia.	6/10

7	PEDro	Lee, 2025. (27)	Regular postexercise sauna bathing does not improve heart rate variability: A multi-arm randomized controlled trial.	Los baños de sauna regulares post-ejercicio no mejoran la variabilidad de la frecuencia cardíaca: un ensayo controlado aleatorizado de múltiples brazos.	6/10
8	PEDro	Horgan, 2024. (28)	Effect of repeated post-resistance exercise cold or hot water immersion on in-season inflammatory responses in academy rugby players: a randomised controlled cross-over design.	Efecto de la inmersión repetida en agua fría o caliente después del ejercicio de resistencia sobre las respuestas inflamatorias durante la temporada en jugadores de rugby de academia: un diseño cruzado controlado y aleatorizado.	7/10
9	PEDro	Steward, 2025. (29)	Post-exercise hot water immersion enhances haemodynamic and vascular benefits of exercise without further improving cardiorespiratory fitness,	La inmersión en agua caliente post-ejercicio mejora los beneficios hemodinámicos y vasculares del ejercicio sin mejorar adicionalmente la aptitud cardiorrespiratoria, la	8/10

			glucose, lipids or inflammation.	glucosa, los lípidos o la inflamación.	
<b>10</b>	PEDro	Rodrigues, 2023. (30)	Increases in muscle temperature by hot water improve muscle contractile function and reduce motor unit discharge rates.	Los aumentos en la temperatura muscular por agua caliente mejoran la función contráctil del músculo y reducen las tasas de descarga de las unidades motoras.	8/10
<b>11</b>	PEDro	Kelly, 2016. (31)	Short Duration Heat Acclimation in Australian Football Players	Aclimatación al calor de corta duración en jugadores de fútbol australiano	6/10
<b>12</b>	Escala de PEDro	Shaw, 2022. (32)	Effectiveness of short-term isothermic-heatacclimation (4 days) on physical performance in moderately trained males.	Efectividad de la aclimatación térmica isotérmica de corta duración (4 días) sobre el rendimiento físico en varones moderadamente entrenados.	6/10

<b>13</b>	Escala de PEDro	Wachi, 2025. (33)	Effect of Passive Warm-Up Using High-Voltage Pulsed-Current Electrical Stimulation on Jump Performance in Young Adults: A Randomized Controlled Trial	Efecto del calentamiento pasivo mediante estimulación eléctrica de corriente pulsada de alto voltaje sobre el rendimiento de salto en adultos jóvenes: un ensayo controlado aleatorizado	6/10
<b>14</b>	Escala de PEDro	Ahokas, 2025. (34)	Effects of repeated use of post-exercise infrared sauna on neuromuscular performance and muscle hypertrophy	Efectos del uso repetido de la sauna infrarroja post-ejercicio sobre el rendimiento neuromuscular y la hipertrofia muscular	6/10
<b>15</b>	PEDro	Dunn, 2025. (35)	Effect of Heat Acclimatization, Heat Acclimation, and Intermittent Heat Training on VO2max	Efecto de la aclimatación, la adaptación y el entrenamiento intermitente con calor sobre el VO2max	6/10

<b>16</b>	PEDro	Beiter, 2025. (36)	Impact of moderate environmental heat stress during running exercise on circulating markers of gastrointestinal integrity in endurance athletes	Impacto del estrés térmico ambiental moderado durante el ejercicio de carrera sobre los marcadores circulantes de la integridad gastrointestinal en atletas de resistencia	6/10
<b>17</b>	PEDro	Racinais, 2017. (37)	Passive heat acclimation improves skeletal muscle contractility in humans	Aclimatación pasiva al calor mejora la contractilidad del músculo esquelético en humanos	6/10
<b>18</b>	PEDro	(Wang, 2024. (38)	Effect of Ischemic Preconditioning on Endurance Running Performance in the Heat	Efecto del preacondicionamiento isquémico en el rendimiento de carrera de resistencia en el calor	7/10

19	PEDro	Strüven, 2023. (39)	Impact of Preparticipating Hypohydration on Cardiopulmonary Exercise Capacity in Ambitious Recreational Athletes	Impacto de la hipohidratación preparticipativa en la capacidad de ejercicio cardiopulmonar en atletas recreativos ambiciosos	7/10
----	-------	------------------------	--	---	------

### 3.12 ESCALA DE EVALUACIÓN METODOLÓGICA MINORS

**Tabla 2.** Valoración de la calidad metodológica de los experimentos cuasiexperimentales mediante la Escala de MINORS

Nº	Base de Datos	Autor/es y año	Título original	Título en español	Valoración escala de MINORS
1	PubMed	Zurawlew, 2018. (40)	Post-exercise Hot Water Immersion Elicits Heat Acclimation Adaptations in Endurance Trained and Recreationally Active Individuals	La inmersión en agua caliente post-ejercicio provoca adaptaciones de aclimatación al calor en individuos entrenados en resistencia y recreativamente activos	24/24
2	PubMed	Rønnestad, 2022. (41)	Heat Training Efficiently Increases and Maintains Hemoglobin Mass and	El entrenamiento en calor aumenta y mantiene eficazmente la masa de	20/24

			Temperate Endurance Performance in Elite Cyclists	hemoglobina y el rendimiento de resistencia en condiciones templadas en ciclistas de élite	
3	PubMed	Hanson, 2022. (42)	Heat Acclimation with or without Normobaric Hypoxia Exposure Leads to Similar Improvements in Endurance Performance in the Heat	La aclimatación al calor con o sin exposición a hipoxia normobárica conlleva mejoras similares en el rendimiento de resistencia en el calor.	22/24
4	PubMed	Baillot, 2021. (43)	Neuromuscular Activity during Cycling Performance in Hot/Dry and Hot/Humid Conditions	Actividad neuromuscular durante el rendimiento en ciclismo en condiciones de calor/seco y calor/húmedo	21/24
5	PubMed	Lundby, 2023. (44)	Hematological, skeletal muscle fiber, and exercise performance adaptations to heat training in elite female and male cyclists	Adaptaciones hematológicas, de fibras del músculo esquelético y del rendimiento físico al entrenamiento en calor en ciclistas de élite femeninos y masculinos	22/24

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados de los ECAs seleccionados

**Tabla 3.** Compilación de los resultados de los artículos seleccionados

N	Autor	Población y Número Total	Variable	Intervención	Resultados
1	(21)	17 participantes hombres atletas y sin aclimatación al calor.  Grupo 1: 10 Grupo 2: 7	Temperaturas corporales. Respuesta de sudoración. Tensión fisiológica.	Grupo 1 experimental. Inmersión en agua caliente.  Carrera diaria de 40 minutos, inmersión en agua a 40 grados centígrados por 40 minutos por 6 días.  Grupo 2 control. Mismo protocolo de ejercicio seguido, inmersión en agua a 34 grados centígrados por 40 minutos durante 6 días.	Grupo 1 experimental: La aclimatación al calor redujo la temperatura corporal, mejorando la sudoración, así mismo disminuyendo el estrés térmico.  Grupo 2 control: No existieron cambios relevantes.
2	(22)	27 participantes hombres recreativamente activos no	Temperaturas corporales. Tolerancia al calor. Percepción térmica.	Grupo 1 experimental. Inmersión en agua caliente.  Carrera diaria de 40 minutos a 19 grados centígrados, a continuación, inmersión en agua caliente a 40	Grupo 1 experimental: Redujo la temperatura corporal durante el ejercicio y el reposo, de igual manera se observó mayor

		aclimatados al calor.		grados centígrados hasta 40 minutos por 6 días.	tolerancia al calor, disminuyendo el esfuerzo percibido y la sensación térmica.
		Grupo 1: 9		Grupo 2 experimental. Ejercicio en calor.	
		Grupo 2: 9		Carrera diaria hasta 60 minutos en calor a 33 grados centígrados por 6 días.	Grupo 2 experimental: Únicamente se observó pequeñas reducciones en la temperatura corporal.
		Grupo 3: 9		Grupo 3 control. Ejercicio termoneutral. Carrera diaria en ambiente templado a 19 grados centígrados por 6 días.	Grupo 3 control: No existieron cambios relevantes.
<b>3</b>	(23)	14 participantes deportistas, 11 hombres, 3 mujeres. Todos los participantes formaron parte de los 3 grupos.	Respuesta al ejercicio y recuperación. Percepción al esfuerzo. Respuesta cardiovascular.	Grupo 1 experimental. Inmersión en agua caliente. Carrera en cinta por 45 minutos, a continuación, inmersión en agua caliente a 40 grados centígrados por 30 minutos, seguido de una segunda sesión con una carrera de 45 minutos después de 6 horas de descanso recuperatorio.	Grupo 1 experimental: Se observó un aumento de la temperatura corporal y el flujo sanguíneo. Grupo 2 experimental: Se observó una disminución de la temperatura corporal y la frecuencia cardíaca durante el reposo.

				<p>Grupo 2 experimental. Inmersión en agua fría.</p> <p>Carrera en cinta por 45 minutos, a continuación, inmersión en agua fría a 14 grados centígrados por 15 minutos con 15 minutos de reposo en clima templado, seguido de una segunda sesión con una carrera de 45 minutos después de 6 horas de descanso recuperatorio.</p> <p>Grupo 3 control. Sin inmersión.</p> <p>Carrera en cinta por 45 minutos, reposo en clima templado por 30 minutos, seguido de una segunda sesión con una carrera de 45 minutos después de 6 horas de descanso recuperatorio.</p>	<p>Grupo 3 control: No existieron cambios relevantes.</p>
4	(24)	47 participantes adultos de 30 a 64 años sedentarios. Grupo 1: 15	<p>Aptitud cardiorrespiratoria.</p> <p>Presión arterial.</p> <p>Colesterol total.</p>	<p>Grupo 1 experimental. Ejercicio y exposición a sauna.</p> <p>Entrenamiento de 8 semanas, 3 veces por semana de 60 minutos,</p>	<p>Grupo 1 experimental: Se observó un aumento del consumo máximo de oxígeno y una disminución</p>

		Grupo 2: 16 Grupo 3: 16		seguidamente, sauna de 15 minutos con una temperatura original de 65 grados centígrados, aumentando la temperatura gradualmente hasta llegar a los 80 grados centígrados, 3 veces por semana. Grupo 2 experimental. Ejercicio físico. Entrenamiento de 8 semanas, 3 veces por semana de 60 minutos. Grupo 3 control. Sedentario.	importante de la presión arterial y el colesterol alto. Grupo 2 experimental: Se observó un aumento del consumo máximo de oxígeno, junto con reducción de la masa magra. Grupo 3 control: No existieron cambios relevantes.
5	(25)	8 participantes hombres atletas. Grupo 1: 8 Grupo 2: 4 Grupo 3: 4	Capacidad metabólica aeróbica. Oxidación de grasas. Curva de oxidación de grasas.	Grupo 1 experimental. Entrenamiento en condiciones calurosas y húmedas. Entrenamiento de 4 semanas con una temperatura de 35 grados centígrados y humedad al 70 por ciento, carrera aeróbica de 90	Grupo 1 experimental: Se observó aumentos en la capacidad aeróbica, incremento en la oxidación de grasas y mejora en la curva de oxidación de grasas.

			<p>minutos y sesiones de sprint, cinco veces por semana.</p> <p>Grupo 2 experimental.</p> <p>Entrenamiento en condiciones de hipoxia.</p> <p>Entrenamiento de 4 semanas en condiciones de hipoxia, carrera aeróbica de 90 minutos y sesiones de sprint, cinco veces por semana.</p> <p>Grupo 3 control. Entrenamiento en condiciones normales.</p> <p>Entrenamiento de 4 semanas en ambiente normal, carrera aeróbica de 90 minutos y sesiones de sprint, cinco veces por semana.</p>	<p>Grupo 2 experimental: Se observó aumentos en la capacidad aeróbica, incremento en la oxidación de grasas y mejora en la curva de oxidación de grasas.</p> <p>Grupo 3 control: No existieron cambios relevantes.</p>	
6	(26)	16 participantes hombres atletas.	<p>Rendimiento neuromuscular.</p> <p>Actividad del SNA.</p> <p>Percepción de recuperación, dolor y daño muscular.</p>	<p>Grupo 1 experimental. Sauna infrarroja después del ejercicio.</p> <p>Sesión de entrenamiento de fuerza de 60 minutos, posterior, sesión de 20 minutos de sauna infrarrojos con</p>	<p>Grupo 1 experimental: Se observó un mayor rendimiento neuromuscular, reducción del dolor muscular y mejoría en la percepción de</p>

				una temperatura de 43 grados centígrados. Grupo 2 experimental. Recuperación pasiva después del ejercicio. Sesión de entrenamiento de fuerza de 60 minutos, posterior reposo de 20 minutos en temperatura ambiente.	recuperación, no afecto la frecuencia cardiaca ni la calidad del sueño. Grupo 2 experimental: No existieron cambios relevantes.
7	(27)	38 participantes adultos de 30 a 64 años sedentarios. Grupo 1: 13 Grupo 2: 13 Grupo 3: 12	Variabilidad de la frecuencia cardiaca. Frecuencia cardiaca en reposo. Índices autónomos cardíacos.	Grupo 1 experimental. Ejercicio y exposición a sauna. Entrenamiento de 8 semanas, 3 veces por semana de 60 minutos, seguidamente, sauna de 15 minutos con una temperatura inicial de 65 grados centígrados con incremento gradual hasta los 80 grados centígrados. Grupo 2 experimental. Solo ejercicio.	Grupo 1 experimental: No existieron cambios relevantes, en comparación al grupo que hizo únicamente ejercicio. Grupo 2 experimental: Se observo una mejoría en la regulación cardiovascular, atribuible al ejercicio físico. Grupo 3 control: No existieron cambios relevantes.

				Entrenamiento de 8 semanas, 3 veces por semana de 60 minutos, seguidamente, reposo pasivo. Grupo 3 control. Sedentario. No se realizó actividad física alguna.	
8	(28)	18 participantes hombres, atletas. Grupo 1: 17 Grupo 2: 15 Grupo 3: 17	Daño muscular. Respuesta de inflamación sistémica. Respuesta hormonal.	Grupo 1 experimental. Ejercicio e inmersión en agua fría. Entrenamiento de 4 semanas, 2 veces por semana, seguidamente, inmersión en agua fría a 15 grados centígrados por 15 minutos. Grupo 2 experimental. Ejercicio e inmersión en agua caliente. Entrenamiento de 4 semanas, 2 veces por semana, seguidamente, inmersión en agua caliente a 39 grados centígrados durante 15 minutos. Grupo 3 control. Únicamente ejercicio.	Grupo 1 experimental: Se observó reducciones leves en el daño muscular, aumento de proteínas de estrés térmico sin respuestas hormonales claras. Grupo 2 experimental: Se observó mayor reducción en el daño muscular y un leve aumento en factores de crecimientos anabólicos. Grupo 3 control: Se observó un mayor daño

				Entrenamiento de 4 semanas, 2 veces por semana, seguidamente, recuperación pasiva.	muscular y ausencia de adaptaciones hormonales.
9	(29)	24 participantes adultos de 58 años sedentarios Grupo 1: 12 Grupo 2: 12	Presión arterial. Función endotelial. Rigidez arterial. Aptitud cardiorrespiratoria.	Grupo 1 experimental. Ejercicio e inmersión en agua caliente. Ejercicio aeróbico de 8 semanas, 2 a 4 veces por semana de 30 minutos, seguidamente, inmersión en agua caliente a 40 grados centígrados por 30 minutos. Grupo 2 control. Ejercicio e inmersión en agua a temperatura ambiente. Ejercicio aeróbico de 8 semanas, 2 a 4 veces por semana de 30 minutos, seguidamente, inmersión en agua temperatura ambiente a 34 grados centígrados por 30 minutos.	Grupo 1 experimental: Se observó una reducción significativa en la presión arterial en conjunto con una mejoría de la función endotelial, así como una mejora en la aptitud cardiorrespiratoria. Grupo 2 control: Se observó una mejoría en la aptitud cardiorrespiratoria similar al grupo experimental, sin embargo, no existieron más cambios relevantes.

<b>10</b>	(30)	15 participantes adultos, 9 hombres y 6 mujeres. Grupo 1: 15 Grupo 2: 15	Torque máximo voluntario. Nivel de activación voluntaria. Tasa de descarga de la unidad motora.	Grupo 1 experimental. Inmersión en agua caliente. Inmersión en agua caliente a 42 grados centígrados por 90 minutos, en conjunto con evaluaciones neuromusculares antes, durante y después de la inmersión y 15 minutos después. Grupo 2 control. Inmersión en agua temperada. Inmersión en agua caliente a 36 grados centígrados por 90 minutos, en conjunto con evaluaciones neuromusculares antes, durante y después de la inmersión y 15 minutos después.	Grupo 1 experimental: Se observó una disminución en el torque máximo voluntario y el nivel de activación, en conjunto con una disminución de la tasa de descarga de la unidad motora. Grupo 2 control: No existieron cambios relevantes.
<b>11</b>	(31)	14 participantes hombres, deportistas Grupo 1: 7 Grupo 2: 7	Temperatura corporal. Frecuencia cardíaca. Esfuerzo percibido.	Grupo 1 experimental. Ejercicio y aclimatación a calor. Entrenamiento de hit, cinco sesiones en un plazo de nueve días,	Grupo 1 experimental: Se observó una reducción en el esfuerzo percibido, sin cambios en la temperatura corporal.

				<p>cada sesión de 27 minutos, realizado en condiciones de calor.</p> <p>Grupo 2 control. Ejercicio en ambiente neutral.</p> <p>Entrenamiento de hit, cinco sesiones en un plazo de nueve días, cada sesión de 27 minutos, realizado en condiciones térmicas neutras.</p>	<p>Grupo 2 control: Se observó una disminución de la frecuencia cardiaca, no existieron más cambios relevantes.</p>
1	(32)	12 participantes	Temperatura corporal.	Grupo 1 experimental. Ejercicio y	Grupo 1 experimental: Se
2		hombres.	Esfuerzo percibido.	aclimatación al calor.	observó una reducción en el
		Grupo 1: 12	Frecuencia cardiaca.	4 días seguidos de ejercicio	esfuerzo percibido, y estrés
		Grupo 2: 11		isotérmico de 90 minutos.	térmico percibido, sin
				Grupo 2 control. Estrés térmico	cambios relevantes en la
				Se les realizó pruebas de estrés	temperatura corporal.
				térmico, no se realizó actividad	Grupo 2 control: No
				física alguna.	existieron cambios
					relevantes.

<b>1</b>	(33)	36 participantes.	Altura de salto.	Grupo 1 experimental. Ejercicio y estimulación de corriente pulsada de alto voltaje.	Grupo 1 experimental: Se observó un aumento en la altura del salto y en el índice de salto de rebote, no hubo cambios significativos en el tiempo de contacto con el suelo.
<b>3</b>		Grupo 1: 18 Grupo 2: 18	Tiempo de contacto con el suelo. Índice de salto de rebote.	Única sesión de 4 minutos de ejercicio con estimulación eléctrica. Grupo 2 control. Ejercicio únicamente. Única sesión de 4 minutos de ejercicio sin estimulación eléctrica.	Grupo 2 control: No existieron cambios relevantes.
<b>1</b>	(34)	40 participantes	Rendimiento neuromuscular.	Grupo 1 experimental. Ejercicio y sauna infrarrojo.	Grupo 1 experimental: Se observó mejoras en el rendimiento neuromuscular de la potencia máxima del salto, también, se registró un aumento en la masa corporal, masa magra en el tren inferior del cuerpo.
<b>4</b>		mujeres, atletas. Grupo 1: 20 Grupo 2: 20	Composición corporal.	Entrenamiento de 6 semanas, 3 veces por semana de 60 minutos, seguidamente, sauna infrarrojo a 50 grados centígrados durante 10 minutos. Grupo 2 control. Únicamente ejercicio.	

				Entrenamiento de 6 semanas, 3 veces por semana de 60 minutos, seguidamente, recuperación pasiva.	Grupo 2 control: No existieron cambios relevantes.
<b>1</b>	(35)	24 participantes	Consumo máximo de oxígeno.	Grupo 1 experimental. Ejercicio y aclimatación al calor.	Grupo 1 experimental: No existieron cambios relevantes.
<b>5</b>		hombres, atletas	Velocidad asociada al consumo máximo de oxígeno.	Entrenamiento de 8 semanas, 1 vez por semana, seguidamente, de ejercicio en calor de 60 minutos a 39 grados centígrados.	Grupo 2 experimental: Se observó una mejoría leve en el rendimiento y la resistencia.
		Grupo 1: 8	Frecuencia cardíaca máxima durante el consumo máximo de oxígeno.	Grupo 2 experimental. Ejercicio y aclimatación al calor.	Grupo 3 control: No existieron cambios relevantes.
		Grupo 2: 9		Entrenamiento de 8 semanas, 3 veces por semana, seguidamente, de ejercicio en calor de 60 minutos a 39 grados centígrados.	
		Grupo 3: 7		Grupo 3 control. Únicamente ejercicio.	
				Entrenamiento habitual de 8 semanas, sin intervención extra.	

<b>1</b>	<b>(36)</b>	18 participantes, atleta, 16 hombres y 2 mujeres. Grupo 1: 11 Grupo 2: 16	Temperatura corporal. Proteína fijadora de ácidos grasos libres. ADN libre circundante.	Grupo 1 experimental. Ejercicio a temperatura ambiente. Una sesión de ejercicio de carrera en cinta de 60 minutos a 21 grados centígrados. Grupo 2 control. Ejercicio y aclimatación al calor. Una sesión de ejercicio de carrera en cinta de 60 minutos a 30 grados centígrados.	Grupo 1 experimental: No existieron cambios relevantes. Grupo 2 control: No existieron cambios relevantes.
<b>1</b>	<b>(37)</b>	14 participantes hombres, sin aclimatación al calor. Grupo 1: 14 Grupo 2: 14	Temperatura corporal. Activación muscular. Torque máximo voluntario.	Grupo 1 experimental. Ambiente temperado, sin ejercicio físico. Pruebas neuromusculares, aclimatación a 24 grados centígrados, durante 11 días de 60 minutos cada sesión. Grupo 2 experimental. Aclimatación al calor, sin ejercicio físico. Pruebas neuromusculares, aclimatación a 50 grados	Grupo 1 experimental: No existieron cambios relevantes. Grupo 2 experimental: Se observó una mayor tolerancia térmica, conjunto con un aumento en el torque máximo voluntario.

				centígrados, durante 11 días de 60 minutos cada sesión.	
<b>1</b>	(38)	12 participantes, atletas, 8 hombres y 4 mujeres. Grupo 1: 12 Grupo 2: 12	Rendimiento. Temperatura corporal. Función.	Grupo 1 experimental. Preacondicionamiento isquémico. 4 ciclos de oclusión de 5 minutos, seguidamente, ejercicio en cinta de carrera en ambiente caluroso de 35 grados centígrados, hasta el agotamiento. Grupo 2 control. Oclusión. 4 ciclos de 5 minutos, seguidamente, ejercicio en cinta de carrera en ambiente caluroso de 35 grados centígrados, hasta el agotamiento.	Grupo 1 experimental: Se observó un aumento en el rendimiento y una disminución de la temperatura corporal. Grupo 2 control: No existieron cambios relevantes.
<b>1</b>	(39)	50 participantes, recreativamente activos, 33 hombres, 17 mujeres, sin	Capacidad cardiorrespiratoria. Frecuencia cardiaca. Pulso y oxígeno.	Grupo 1 experimental. Hidratados. Sesión de ejercicio cardiopulmonar de 15 minutos en ambiente temperado. Grupo 2 control. Hipohidratados.	Grupo 1 experimental: No existieron cambios relevantes. Grupo 2 control: Se observó una disminución en el rendimiento y la

aclimatación al calor.	Sesión de ejercicio cardiopulmonar de 15 minutos en ambiente temperado.	capacidad cardiorrespiratoria en comparación al grupo experimental.
------------------------	---	---

#### 4.2. Resultados de los estudios cuasiexperimentales obtenidos

**Tabla 4.** Compilación de los resultados de los artículos seleccionados

<b>N</b>	<b>Autor</b>	<b>Población y Número Total</b>	<b>Variable</b>	<b>Intervención</b>	<b>Resultados</b>
1	(40)	16 participantes hombres. Grupo 1: 8 atletas Grupo 2: 8 recreativamente activos	Temperatura corporal. Percepción. Consumo de oxígeno.	Grupo 1 experimental. Ejercicio e inmersión en agua caliente. Carrera en cinta rodante de 40 minutos, durante 60 minutos, seguidamente, inmersión en agua caliente a 40 grados centígrados, por 40 minutos. Grupo 2 control. Ejercicio e inmersión en agua caliente.	Grupo 1 experimental: Se observó mejoría en la tolerancia al calor, una menor temperatura corporal y una mejor adaptación fisiológica. Grupo 2 control: Se observó una mejor tolerancia al calor y adaptaciones más humildes en comparación con el grupo 1

---

				Carrera en cinta rodante de 40 minutos, durante 60 minutos, seguidamente, inmersión en agua caliente a 40 grados centígrados, por 40 minutos.	
2	(41)	39 participantes hombres atletas. Grupo 1: 13 Grupo 2: 12 Grupo 3: 13	Rendimiento máximo. Consumo máximo de oxígeno. Masa de hemoglobina.	Grupo 1 experimental. Ejercicio en cámara de calor. Entrenamiento de 5 semanas, 5 veces por semana, por 50 minutos a 35 grados centígrados. Grupo 2 experimental. Ejercicio con traje de calor. Entrenamiento en ambiente templado de 5 semanas, 5 veces por semana, por 50 minutos a 19 grados centígrados. Grupo 3 control. Únicamente ejercicio. Entrenamiento normal.	Grupo 1 experimental: Se observo un aumento en la masa de hemoglobina, pero el rendimiento no tuvo cambios significativos. Grupo 2 experimental: Se observo un aumento en la masa de hemoglobina, en conjunto, con una mejoría de la resistencia. Grupo 3 control: No existieron cambios relevantes.

---

3	(42)	21 participantes atletas. Grupo 1: 7 Grupo 2: 7 Grupo 3: 7	Rendimiento. Temperatura corporal. Respuestas fisiológicas.	Grupo 1 experimental: Ejercicio y aclimatación al calor. Entrenamiento de 12 días seguidos, 60 minutos cada día en un ambiente de calor de 30 grados centígrados. Grupo 2 experimental: Ejercicio y aclimatación al calor. Entrenamiento de 12 días seguidos, 60 minutos cada día en un ambiente de calor de 30 grados centígrados. Grupo 3 control. Únicamente ejercicio. Entrenamiento de 13 días seguidos, 60 minutos cada día en un ambiente temperado.	Grupo 1 experimental: Se observó mejoras considerables en el rendimiento físico, así como una disminución de la temperatura corporal en el ejercicio y respuestas fisiológicas positivas. Grupo 2 experimental: Se observó mejoras en el rendimiento físico. Grupo 3 control: No existieron cambios relevantes.
4	(43)	10 participantes atletas. Grupo 1: 10 Grupo 2: 10 Grupo 3: 10	Rendimiento aeróbico. Temperatura corporal. Esfuerzo percibido.	Grupo 1 experimental. Ejercicio en ambiente caliente. Una sesión de ciclismo de 20 kilómetros en ambiente cálido, a 33 grados centígrados.	Grupo 1 experimental: Se observó una reducción del rendimiento en comparación con el grupo 3, con una mayor temperatura corporal.

				<p>Grupo 2 experimental. Ejercicio en ambiente cálido.</p> <p>Una sesión de ciclismo de 20 kilómetros en ambiente cálido, a 30 grados centígrados.</p> <p>Grupo 3 control. Únicamente ejercicio.</p> <p>Una sesión de ciclismo de 20 kilómetros en ambiente neutro, a 23 grados centígrados.</p>	<p>Grupo 2 experimental: Se observó una disminución del rendimiento, con una mayor temperatura corporal y mayor esfuerzo percibido, pero sin llegar a los niveles críticos.</p> <p>Grupo 3 control: Se observó mejoría en el rendimiento general, con una menor temperatura corporal.</p>
5	(44)	<p>47 participantes atletas, 27 hombres y 20 mujeres.</p> <p>Grupo 1: 22</p> <p>Grupo 2: 25</p>	<p>Rendimiento aeróbico.</p> <p>Volumen plasmático.</p> <p>Masa de hemoglobina.</p>	<p>Grupo 1 experimental. Ejercicio en ambiente temperado.</p> <p>Entrenamiento de 5 semanas, 5 veces por semana por 50 minutos en ambiente neutral de 20 grados centígrados, con ropa que retiene el calor.</p> <p>Grupo 2 control. Ejercicio en ambiente temperado.</p>	<p>Grupo 1 experimental: Se observó un aumento en la masa de hemoglobina y volumen plasmático, así como en el rendimiento aeróbico.</p> <p>Grupo 2 control: No existieron cambios relevantes.</p>

---

Entrenamiento de 5 semanas, 5 veces  
por semana por 50 minutos en  
ambiente neutral de 20 grados  
centígrados.

---

## 4.2. Discusión

Los hallazgos de este proyecto permitieron determinar como la exposición pasiva al calor influye en adaptaciones fisiológicas clave, tales como el aumento de la masa de hemoglobina y el volumen plasmático. Asimismo, se evidenciaron efectos positivos en el rendimiento físico destacando la recuperación neuromuscular en deportistas de diversos niveles, mediante la inmersión en agua caliente (HWI), uso de sauna y trajes térmicos. No obstante, el alcance de estas mejoras resultó variable encontrándose estrechamente relacionado con el protocolo aplicado, las condiciones ambientales y el nivel de entrenamiento del participante.

Uno de los hallazgos más sólidos identificados en esta revisión correspondió a la capacidad del calentamiento pasivo para generar una expansión del volumen sanguíneo y de la masa de hemoglobina. Lundby et al. (44) evidenciaron que los programas de entrenamiento con calor pasivo, mediante trajes térmicos, en ciclistas de élite generó incrementos significativos tanto en la masa de hemoglobina como en el consumo máximo de oxígeno, impactando de forma directa y positiva en la potencia al umbral de lactato.

Estas evidencias en atletas de alto rendimiento mostraron consistencia con lo reportado en poblaciones recreativas. Por ejemplo, Zurawlew et al. (21), documentaron que la inmersión post-ejercicio en agua caliente durante seis días generó adaptaciones de aclimatación térmica y redujo el estrés fisiológico, optimizando así el rendimiento de resistencia. El propio Zurawlew et al. (40), reafirmó posteriormente que el calor inducido mediante HWI, beneficia no solo a atletas sino también a individuos recreativamente activos.

Estos hallazgos sugieren que las mejoras en el rendimiento podrían estar mediadas por mecanismos de eficiencia y termorregulación incluso en ausencia de alteraciones en la capacidad aeróbica máxima. Además, Rønnestad et al. (41), respaldó la importancia de la fase de mantenimiento, puesto que la interrupción del estímulo revirtió rápidamente las ganancias en masa de hemoglobina.

La exposición al calor pasivo contribuyó significativamente a la recuperación y a la función muscular, si bien sus efectos son específicos. Ahokas et al. (26), reportaron que una sesión de sauna infrarrojo posterior al ejercicio mejoró la recuperación del rendimiento neuromuscular y redujo la percepción subjetiva de fatiga muscular en comparación con la

recuperación pasiva. Debe mencionarse, la distinción que hay entre recuperación y adaptación estructural, Ahokas et al (34), concluyeron que la exposición regular al sauna infrarrojo no aumentó la hipertrofia muscular por encima de lo obtenido con el entrenamiento de fuerza individualizado, no obstante, sí mejoró la potencia en saltos con carga. De igual manera Wachi et al. (33) demostraron que el calentamiento una estimulación eléctrica de alto voltaje en corriente pulsada aumento de manera notoria el desempeño en el salto vertical.

El mecanismo que subyace a estas mejoras funcionales podría explicarse a partir de los hallazgos de Rodrigues et al. (30), quienes evidenciaron que el calentamiento pasivo del tejido muscular a altas temperaturas de 42 grados centígrados optimiza la eficiencia mecánica.

Este proceso disminuyó la duración de las fases de contracción y relajación, además de reducir la tasa de activación de unidades motoras requeridas para sostener una fuerza específica. De igual manera, Racinais et al. (37), reportaron que la exposición pasiva al calor mejora la contractilidad muscular y la fuerza voluntaria máxima, lo cual adaptaciones a nivel periférico como central, además, en comparación a otras modalidades de recuperación Horgan et al. (28) demostraron que la inmersión en agua caliente después del ejercicio reduce el daño muscular con mayor intensidad que el agua fría.

McIntyre et al. (22) y Kelly et al. (31) coincidieron que los protocolos de protocolos de inmersión de corta duración mejoran la termorregulación general del cuerpo. No obstante comprender los mecanismos de fatiga es crucial para discernir cómo el calor puede beneficiar o afectar el rendimiento Baillot et al. (43), señalaron que, bajo condiciones de calor húmedo, el rendimiento se vio afectado por una disminución en la actividad electromiográfica. Este hallazgo demuestra que el sistema nervioso central modula de forma anticipada la activación muscular para proteger al organismo de la hipertermia.

Desde otra perspectiva, a nivel cardiovascular, Steward et al. (29), evidenciaron que la inmersión en agua caliente tras el ejercicio mejora la función endotelial y disminuye la presión arterial de forma más eficaz que el ejercicio en condiciones termoneutras. Como complemento, Lee et al. (24), reportaron que el uso frecuente de sauna en combinación con ejercicio aumenta el consumo máximo de oxígeno, reduciendo la presión arterial y el colesterol. No obstante, se observó que no todos los marcadores responden igual, al respecto Lee et al. (27) demostraron que la exposición habitual al sauna, pese a sus efectos positivos sobre el sistema cardiovascular, no mejora la variabilidad de la frecuencia cardíaca en

reposo, Strüven et al. (39) subrayaron sobre el impacto negativo de la hipohidratación en la capacidad respiratoria, mientras tanto Beiter et al. (36) señalaron que, un estrés térmico moderado mantiene la estabilidad los marcadores circulantes de integridad gástrica durante el ejercicio.

La efectividad de estas prácticas parece ser generalizable a distintos niveles de entrenamiento, con ciertas variantes particulares. Lundby et al (44), demostraron que incluso los atletas de élite en quienes particularmente es complicado inducir mejoras, obtuvieron beneficios significativos en masa de hemoglobina y el rendimiento mediante el entrenamiento con calor. Estos resultados contrastaron y complementaron lo reportado en sujetos con entrenamiento intermedio, según Shaw et al. (32), donde protocolos breves de 4 días resultaron suficientes para incrementar el rendimiento físico, a pesar de estos marcador beneficios, Menzies et al. (23) especificaron que la inmersión en agua caliente después del ejercicio aumenta el flujo sanguíneo y la temperatura, sin embargo, no va a modificar de manera significativa la percepción neuroendocrina del esfuerzo en ejercicios posteriores de intensidad moderada.

La literatura respalda adaptaciones complementarias mediante el uso de protocolos híbridos. Hanson et al. (42) reportaron mejoras en el rendimiento de resistencia cuando se implementó la aclimatación al calor, exponiendo que sus beneficios vienen a ser similares con o sin la implementación de hipoxia normobárica. A su vez, Geng et al (25) constataron que el entrenamiento en combinación con la hipoxia y el calor incrementó de manera notable la capacidad de oxidación de grasas en deportistas de competición de alto rendimiento. Alternativas complementarias como las mencionadas por Dunn et al. (35) y Wang et al. (38) validaron que entrenar en calor en conjunto con el preacondicionamiento isquémico induce mejoras mínimas y aumentos en el rendimiento de carreras de resistencia, reduciendo la tensión fisiológica en ambientes calurosos.

En relación con la modalidad de termoterapia, la inmersión en agua caliente se mostró efectiva para inducir adaptaciones rápidas debido a la conductividad térmica del agua, de igual manera, el sauna infrarrojo constituye como una alternativa práctica para la recuperación neuromuscular evitando los efectos secundarios del estrés hidrostático. Un resultado relevante reportado por Lundby et al. (44), fue que tanto, el sexo femenino como el masculino demostraron similitud de la respuesta adaptativa, conviene aclarar que, las diferencias sexuales limitan la aplicabilidad de estos protocolos.

La presente revisión actual sugiere que la exposición pasiva al calor ha evolucionado de ser una herramienta de relajación a un estímulo adaptativo físico de primer nivel en el ámbito deportivo. La evidencia recopilada demostró que la aplicación del estrés térmico ya sea mediante inmersión, sauna o trajes térmicos sustenta un nuevo enfoque metodológico, siendo la habilidad de generar adaptaciones fisiológicas estructurales sin la necesidad de una carga mecánica o metabólica extra para el atleta.

El hallazgo más significativo evidenciado, son las adaptaciones hematológicas profundas, obtenidas mediante entrenamiento en altura o fármacos, son posibles conseguirlos a través de la exposición pasiva al calor. Sin influencia de las mejoras puntuales en el consumo de oxígeno o fuerza, los hallazgos sugirieron un efecto doble condicionado por la modalidad de intervención, mientras que, la inmersión en agua caliente y los trajes térmicos actúan como potenciadores en el rendimiento aeróbico y vascular a través de la expansión plasmática, el sauna infrarrojo se posicionó como una estrategia de restauración neuromuscular, optimizando la eficiencia contráctil y la recuperación de la potencia.

La exposición pasiva al calor se consolidó como una estrategia de optimización del rendimiento físico, para profesionales de la salud y el deporte. Esta alternativa no solo representa un recurso efectivo para conservar el acondicionamiento fisiológico sino que se integra como un pilar en la recuperación del atleta para acelerar su reincorporación competitiva. No obstante, se determinó que su eficacia radica en la selección específica de la modalidad térmica y el uso de implementos adecuados, permitiendo maximizar el rendimiento sin la necesidad de añadir carga mecánica adicional.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Después de una revisión bibliográfica de ECAS y estudios cuasiexperimentales, se determinan las siguientes conclusiones:

- La aplicación pasiva al calor, cuando se aplica en un tiempo de 7 a 14 días, genera una expansión del volumen plasmático que aumenta el volumen sistólico y el retorno venoso, permitiendo mantener el gasto cardíaco en una frecuencia menor ante las cargas de esfuerzo submáximo.
- Pese a las limitadas ganancias en fuerza máxima, la inmersión en agua caliente post-ejercicio, acelera la recuperación y eliminación de metabolitos, reduciendo significativamente la percepción del dolor muscular de aparición tardía (DOMS).
- La inmersión registra ventajas sobre el sauna seco, debido a la presión hidrostática, la cual favorece el retorno venoso y reduce el edema post-traumático o post-ejercicio de manera más eficiente que la exposición al aire caliente.
- La marcada heterogeneidad metodológica y la falta de estandarización en variables críticas (hidratación, temperatura tiempo) impiden establecer un "estándar de oro" o un modelo dosis-respuesta aplicable de carácter universal.

### 5.2. Recomendaciones.

En base a los hallazgos presentados y a las limitaciones identificadas, se plantean las siguientes recomendaciones dirigidas a fisioterapeutas, entrenadores e investigadores:

- Implementar inmersiones en agua caliente entre los 38 y 40 grados centígrados con una duración de 15 a 30 minutos. Dado que, esta ventana terapéutica es segura y suficiente producir adaptaciones hemodinámicas, evitando deshidratación o un estrés térmico excesivo.
- Utilizar la termoterapia pasiva en periodos de tapering o en microciclos de alto volumen. Permitiendo al fisioterapeuta mantener la condición aeróbica mediante adaptaciones cardiovasculares sin impacto mecánico, reduciendo el estrés osteomuscular en semanas de descarga.
- Se invita a futuros investigadores a reportar detalladamente tiempos y condiciones ambientales en sus estudios. Es necesario realizar más Ensayos Clínicos

Aleatorizados, que contrasten la inmersión en agua caliente frente al sauna seco para aislar con precisión los efectos térmicos de los hidrostáticos.

- Es fundamental incluir más poblaciones femeninas en las futuras investigaciones. La evidencia actual tiene un sesgo masculino, ignorando que el ciclo menstrual influye en las respuestas fisiológicas y termorreguladoras, debido a que, esta limitación representa un vacío significativo en la literatura actual.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Zurawlew MJ, Walsh NP, Fortes MB, Potter C. Post-exercise hot water immersion induces heat acclimation and improves endurance exercise performance in the heat. *Scand J Med Sci Sports*. 2016 Jul;26(7):745-54. doi: 10.1111/sms.12638. Epub 2015 Dec 9. PMID: 26661992.
2. McIntyre RD, Zurawlew MJ, Oliver SJ, Cox AT, Mee JA, Walsh NP. A comparison of heat acclimation by post-exercise hot water immersion and exercise in the heat. *J Sci Med Sport*. 2021 Aug;24(8):729-734. doi: 10.1016/j.jsams.2021.05.008. Epub 2021 May 18. PMID: 34116919.
3. Menzies C, Clarke ND, Pugh CJA, Steward CJ, Thake CD, Cullen T. Post-exercise hot or cold water immersion does not alter perception of effort or neuroendocrine responses during subsequent moderate-intensity exercise. *Exp Physiol*. 2024 Sep;109(9):1505-1516. doi: 10.1113/EP091932. Epub 2024 Jul 6. PMID: 38970776; PMCID: PMC11363106.
4. Lee E, Kolunsarka I, Kostensalo J, Ahtiainen JP, Haapala EA, Willeit P, Kunutsor SK, Laukkanen JA. Effects of regular sauna bathing in conjunction with exercise on cardiovascular function: a multi-arm, randomized controlled trial. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2022 Sep 1;323(3):R289-R299. doi: 10.1152/ajpregu.00076.2022. Epub 2022 Jul 4. PMID: 35785965; PMCID: PMC9394774.
5. Geng Z, Wu X, Wang J, Cao G, Tan C, Li L, Qiu J. Effects of Heat and Hypoxia Training on the Fat Oxidation Capacity of Competitive Athletes. *Eur J Sport Sci*. 2025 Jun;25(6):e12312. doi: 10.1002/ejsc.12312. PMID: 40344349; PMCID: PMC12061047.
6. Ahokas EK, Ihalainen JK, Hanstock HG, Savolainen E, Kyröläinen H. A post-exercise infrared sauna session improves recovery of neuromuscular performance and muscle soreness after resistance exercise training. *Biol Sport*. 2023 Jul;40(3):681-689. doi: 10.5114/biol sport.2023.119289. Epub 2022 Sep 15. PMID: 37398966; PMCID: PMC10286597.
7. Horgan BG, West NP, Tee N, Halson SL, Drinkwater EJ, Chapman DW, Haff GG. Effect of repeated post-resistance exercise cold or hot water immersion on in-season inflammatory responses in academy rugby players: a randomised controlled cross-

- over design. *Eur J Appl Physiol*. 2024 Sep;124(9):2615-2628. doi: 10.1007/s00421-024-05424-3. Epub 2024 Apr 13. PMID: 38613679; PMCID: PMC11365841.
8. Steward CJ, Hill M, Menzies C, Russell SL, Thake CD, Pugh CJA, Cullen T. Post-exercise hot water immersion enhances haemodynamic and vascular benefits of exercise without further improving cardiorespiratory fitness, glucose, lipids or inflammation. *J Physiol*. 2025 Aug;603(16):4515-4533. doi: 10.1113/JP288873. Epub 2025 Jul 28. PMID: 40719540; PMCID: PMC12369307.
  9. Steward CJ, Hill M, Menzies C, Russell SL, Thake CD, Pugh CJA, Cullen T. Post-exercise hot water immersion enhances haemodynamic and vascular benefits of exercise without further improving cardiorespiratory fitness, glucose, lipids or inflammation. *J Physiol*. 2025 Aug;603(16):4515-4533. doi: 10.1113/JP288873. Epub 2025 Jul 28. PMID: 40719540; PMCID: PMC12369307.
  10. Rodrigues P, Orssatto LBR, Trajano GS, Wharton L, Minett GM. Increases in muscle temperature by hot water improve muscle contractile function and reduce motor unit discharge rates. *Scand J Med Sci Sports*. 2023 May;33(5):754-765. doi: 10.1111/sms.14312. Epub 2023 Jan 27. PMID: 36610040.
  11. Kelly M, Gatin PB, Dwyer DB, Sostaric S, Snow RJ. Short Duration Heat Acclimation in Australian Football Players. *J Sports Sci Med*. 2016 Feb 23;15(1):118-25. PMID: 26957934; PMCID: PMC4763830.
  12. Shaw J, Walkington C, Cole E, Gleadall-Siddall DO, Burke R, Bray J, Simpson AJ, Vince RV, Garrett AT. Effectiveness of short-term isothermic-heat acclimation (4 days) on physical performance in moderately trained males. *PLoS One*. 2022 Nov 17;17(11):e0270093. doi: 10.1371/journal.pone.0270093. PMID: 36395344; PMCID: PMC9671432.
  13. Wachi M, Jiroumaru T, Satonaka A, Tanaka K, Ochi J, Hyodo Y, Shichiri N, Fujikawa T. Effect of Passive Warm-Up Using High-Voltage Pulsed-Current Electrical Stimulation on Jump Performance in Young Adults: A Randomized Controlled Trial. *Cureus*. 2025 Apr 2;17(4):e81594. doi: 10.7759/cureus.81594. PMID: 40322448; PMCID: PMC12046264.
  14. Ahokas EK, Hanstock HG, Kyröläinen H, Ihalainen JK. Effects of repeated use of post-exercise infrared sauna on neuromuscular performance and muscle hypertrophy. *Front Sports Act Living*. 2025 Mar 4;7:1462901. doi: 10.3389/fspor.2025.1462901. PMID: 40104529; PMCID: PMC11913669.

15. Dunn RA, Fry LA, Sekiguchi Y, Benjamin CL, Manning CN, Huggins RA, Stearns RL, Casa DJ. Effect of Heat Acclimatization, Heat Acclimation, and Intermittent Heat Training on Maximal Oxygen Uptake. *Sports Health*. 2025 Mar;17(2):305-311. doi: 10.1177/19417381241249470. Epub 2024 May 6. PMID: 38708678; PMCID: PMC11569670.
16. Beiter T, Erz G, Würden A, Nieß AM. Impact of moderate environmental heat stress during running exercise on circulating markers of gastrointestinal integrity in endurance athletes. *Physiol Rep*. 2025 Apr;13(7):e70305. doi: 10.14814/phy2.70305. PMID: 40170530; PMCID: PMC11962213.
17. Racinais S, Wilson MG, Périard JD. Passive heat acclimation improves skeletal muscle contractility in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2017 Jan 1;312(1):R101-R107. doi: 10.1152/ajpregu.00431.2016. Epub 2016 Nov 30. PMID: 27903515.
18. Wang A, Hurr C. Effect of Ischemic Preconditioning on Endurance Running Performance in the Heat. *J Sports Sci Med*. 2024 Dec 1;23(4):799-811. doi: 10.52082/jssm.2024.799. PMID: 39649574; PMCID: PMC11622057.
19. Strüven A, Brunner S, Weis G, Stremmel C, Teupser D, Schlichtiger J, Lackermair K. Impact of Preparticipating Hypohydration on Cardiopulmonary Exercise Capacity in Ambitious Recreational Athletes. *Nutrients*. 2023 Jul 27;15(15):3333. doi: 10.3390/nu15153333. PMID: 37571272; PMCID: PMC10421152.
20. Zurawlew MJ, Mee JA, Walsh NP. Post-exercise Hot Water Immersion Elicits Heat Acclimation Adaptations in Endurance Trained and Recreationally Active Individuals. *Front Physiol*. 2018 Dec 18;9:1824. doi: 10.3389/fphys.2018.01824. PMID: 30618833; PMCID: PMC6305481.
21. Rønnestad BR, Urianstad T, Hamarsland H, Hansen J, Nygaard H, Ellefsen S, Hammarström D, Lundby C. Heat Training Efficiently Increases and Maintains Hemoglobin Mass and Temperate Endurance Performance in Elite Cyclists. *Med Sci Sports Exerc*. 2022 Sep 1;54(9):1515-1526. doi: 10.1249/MSS.0000000000002928. Epub 2022 Apr 8. PMID: 35394464.
22. Hanson ED, Cooke MB, Anderson MJ, Gerber T, Danaher JA, Stathis CG. Heat Acclimation with or without Normobaric Hypoxia Exposure Leads to Similar Improvements in Endurance Performance in the Heat. *Sports (Basel)*. 2022 Apr 30;10(5):69. doi: 10.3390/sports10050069. PMID: 35622478; PMCID: PMC9147627.

23. Baillot M, Hue O, Tran TT, Antoine-Jonville S. Neuromuscular Activity during Cycling Performance in Hot/Dry and Hot/Humid Conditions. *Life (Basel)*. 2021 Oct 28;11(11):1149. doi: 10.3390/life11111149. PMID: 34833025; PMCID: PMC8623245.
24. Lundby C, Hamarsland H, Hansen J, Bjørndal H, Berge SN, Hammarstöm D, Rønnestad BR. Hematological, skeletal muscle fiber, and exercise performance adaptations to heat training in elite female and male cyclists. *J Appl Physiol (1985)*. 2023 Jul 1;135(1):217-226. doi: 10.1152/jappphysiol.00115.2023. Epub 2023 Jun 1. PMID: 37262101.