

## Estrategias de calentamiento y rendimiento contrarreloj en nadadores. Revisión rápida de la literatura

### Warm-up strategies and time trial performance in swimmers. Rapid review of the literature

\*Diego Enríquez-Enríquez, \*Carlos Mecina-Zapata, \*Hernán Riveros-Cárcamo, \*Daniel Jerez-Mayorga,

\*Rodrigo Ramírez-Campillo, \*\*Luis Javier Chiroso-Ríos, \*Francisco Guede-Rojas.

\*Universidad Andres Bello (Chile), \*\*Universidad de Granada (España)

**Resumen.** El propósito de este estudio fue analizar la efectividad de diversas estrategias de calentamiento sobre el rendimiento en pruebas contrarreloj hasta 200-m, mediante una revisión rápida de la literatura. Utilizando directrices PRISMA, se realizó una búsqueda en la base de datos MEDLINE/Pubmed considerando estudios experimentales desde el año 2013. La calidad metodológica se evaluó mediante la escala PEDro. De 181 registros iniciales se incluyeron finalmente 16 estudios. Todos presentaron un diseño metodológico cruzado con calidad baja (tres estudios), regular (12 estudios) y buena (un estudio). Participó un total de 161 hombres y 75 mujeres con edad media de 17.96 años, compitiendo a nivel universitario, nacional o internacional. Estrategias de calentamiento activo en el agua mejoraron el tiempo de la prueba hasta en un 1.48%. La reducción de la fase de transición posterior a la realización de calentamiento activo en el agua mejoró el tiempo hasta en un 1.50%. Estrategias adicionales al calentamiento activo en el agua, mejoraron el tiempo hasta en un 2.04%. A partir de esta revisión, se concluye que no existe suficiente evidencia que sustente el uso de las diversas estrategias de calentamiento sobre el rendimiento en pruebas contrarreloj; no obstante, sus porcentajes de reducción del tiempo representan una opción interesante para nadadores y entrenadores en entornos competitivos.

**Palabras claves:** Natación; Ejercicio de calentamiento; Rendimiento deportivo; Fenómenos fisiológicos musculoesqueléticos y neuronales; Fuerza muscular; Ejercicio pliométrico; Temperatura corporal.

**Abstract.** This study aimed to analyze the effectiveness of various warm-up strategies on time trial performance up to 200-m through a rapid literature review. Using PRISMA guidelines, a search was performed in the MEDLINE/Pubmed database considering experimental studies since 2013. Methodological quality was assessed using the PEDro scale. From 181 initial records, 16 studies were finally included. All presented a crossover methodological design with low (three studies), fair (12 studies), and good (one study) quality. A total of 161 men and 75 women participated, with a mean age of 17.96 years, competing at university, national, or international levels. In-water active warm-up strategies improved time trial performance by up to 1.48%. Reducing the transition phase after in-water active warm-up improved time by up to 1.50%. Strategies added to in-water active warm-up improved time by up to 2.04%. From this review, we conclude that there is insufficient evidence to support using different warm-up strategies on time trial performance; however, their time reduction percentages represent an interesting option for swimmers and coaches in competitive environments.

**Keywords:** Swimming; Warm-up exercise; Athletic Performance; Musculoskeletal and Neural Physiological Phenomena; Muscle strength; Plyometric Exercise; Body Temperature.

---

Fecha recepción: 06-01-22. Fecha de aceptación: 29-09-22

Francisco Guede-Rojas

francisco.guede@unab.cl

## Introducción

Antes de una competición o un entrenamiento, los atletas suelen llevar a cabo diversas actividades de calentamiento con el propósito de generar efectos agudos que optimicen el desempeño posterior (Gómez-Álvarez et al., 2021). El calentamiento puede mejorar el rendimiento físico mediante el incremento de la temperatura corporal, del metabolismo muscular (Gray et al., 2011), del consumo de oxígeno (Burnley & Jones, 2007) y mediante la potenciación post-activación (PAP) (Kilduff et al., 2011). Las estrategias comúnmente utilizadas son el calentamiento pasivo (CPas) y activo. El CPas consiste en mantener y/o elevar la temperatura muscular o central (Tcore) a través de medios externos o ajenos al individuo (McGowan et al., 2015). Por su parte, el calentamiento activo involucra la realización de ejercicio físico que puede inducir mayores cambios metabólicos y cardiovasculares con respecto al CPas (Bishop, 2003a). Estas estrategias se han utilizado tanto de manera aislada como combinada con la finalidad de evaluar sus efectos tanto sobre parámetros fisiológicos como de rendimiento físico en diversas disci-

plinas deportivas (Faulkner et al., 2013; Gómez-Álvarez et al., 2021; Kilduff et al., 2011; López-Álvarez & Sánchez-Sixto, 2021).

La prescripción de calentamiento activo debe considerar el control del volumen (por ejemplo, distancia recorrida y tiempo de ejecución, entre otros) y de la intensidad del ejercicio (por ejemplo, esfuerzo percibido y frecuencia cardíaca, entre otros), así como también del tiempo de recuperación posterior a éste (Bishop, 2003b). Específicamente en natación, el calentamiento activo en el agua (CAA) es la estrategia más comúnmente utilizada en todos los niveles competitivos (McGowan et al., 2015). Sin embargo, la influencia del volumen e intensidad del calentamiento sobre el rendimiento en pruebas contrarreloj (PC) no ha sido suficientemente determinada (Al-Nawaiseh et al., 2012; Arnett, 2002; Balilionis et al., 2012).

Por otra parte, la fase de transición (FT) definida como el tiempo transcurrido entre el calentamiento y la competencia, parece ser crítica en el desempeño posterior de nadadores y su prolongación excesiva podría disminuir los beneficios del calentamiento (McGowan et al., 2014;

Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho, 2017). En contextos competitivos, la duración de la FT es establecida por la organización de cada evento, siendo habitualmente superior a 15 minutos (McGowan et al., 2015). En consecuencia, todos estos factores son fundamentales para lograr el óptimo rendimiento en PC, más aún, considerando que a nivel competitivo una décima de segundo puede determinar la diferencia entre un puesto y otro (McGowan et al., 2017).

Respecto al CPas, los métodos más habituales de aplicación en entornos competitivos corresponden al uso de prendas para la conservación de la temperatura corporal (Neiva, Marques, Barbosa, et al., 2014). Este tipo de calentamiento rara vez se utiliza de forma aislada, siendo usualmente complementado con diversas estrategias de calentamiento activo fuera del agua (CAFA) (por ejemplo, calistenia y ejercicios inspiratorios por medio de dispositivos de carga umbral, entre otros). El CAFA se ha utilizado como una estrategia adjunta al CAA o alternativamente cuando éste no es posible de llevar a cabo. Más aún, la combinación de estas estrategias adicionales al CAA (por ejemplo, saltos utilizando un pantalón calefaccionado) podrían generar mayores beneficios sobre el rendimiento, especialmente cuando la FT es prolongada (McGowan, Thompson, et al., 2016). En este sentido, la evidencia tanto de CPas (Carlile, 1956; De Vries, 1959) como de CAFA (Kilduff et al., 2011; Nepocatyh et al., 2010) ha sido escasa y en general poco concluyente.

En la práctica competitiva es habitual que muchos atletas y entrenadores diseñen rutinas de calentamiento basados en sus propias experiencias, implicando una problemática relevante de abordar (McGowan et al., 2014). Por ello, independientemente de los conocidos beneficios fisiológicos del calentamiento (Bishop, 2003b) y desde la perspectiva deportiva, no cabe duda que el tiempo alcanzado en PC es un indicador de interés pragmático para nadadores y entrenadores. Por consiguiente, el propósito de este estudio fue analizar la efectividad de diversas estrategias de calentamiento sobre el rendimiento en PC hasta 200-m, mediante una revisión rápida de la literatura.

## Metodología

Revisión rápida sistematizada de la literatura (Grant & Booth, 2009) basada en las directrices de la declaración PRISMA (Page et al., 2021). El protocolo fue registrado en la plataforma INPLASY (n°202190038).

### Criterios de participación

Criterios de inclusión: (i) población: nadadores de ambos sexos  $\geq 15$  años, participantes en competencias de nivel universitario, regional, nacional o internacional; (ii) intervención: estrategias de CAA y adicionales (CPas y/o CAFA); (iii) comparación: cualquier estrategia de calentamiento o condición control; (iv) medida de resultado: tiempo de ejecución en PC  $\leq 200$ -m; (v) temporalidad:

estudios publicados desde 2013; (vi) tipos de estudio: experimentales como ensayos controlados (con o sin aleatorización) y estudios cruzados o crossover. Se excluyeron artículos que: (i) fueron realizados en aguas abiertas; (ii) consideraron pruebas submáximas o hasta el agotamiento; (iii) se centraron en la recuperación entre dos o más PC; (iv) correspondieron a protocolos, estudios secundarios, tesis e informes de conferencia.

### Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se utilizó la base de datos MEDLINE/PubMed, con fecha de acceso 15 de diciembre de 2021. La estrategia utilizada fue: Población (#1) “elite swimming” OR swimming OR “international swimmers” OR swim OR athletes[MeSH Terms] OR swimming[MeSH Terms]; Intervención (#2) “warm-up strategies” OR “additional warm-up activities” OR “transition phase” OR warm-up OR warm-up exercise[MeSH Terms]; Medida de resultado (#3) “sports performance” OR performance OR athletic performance[MeSH Terms]. Última operación: #1 AND #2 AND #3 en All Fields. Sólo se utilizó filtros en humanos (humans) y fecha (publication date).

### Selección de estudios y extracción de información

Tres revisores independientes llevaron a cabo la selección que consideró un cribado por títulos/resúmenes a partir de su importación a un procesador de texto. A continuación, se realizó la revisión de texto completo de cada uno de los estudios seleccionados del cribado. Finalmente, de los estudios incluidos se extrajo la información mediante un formulario que consideró: características del diseño metodológico, nombre de autores, población, intervención, resultados y conclusiones. Los conflictos en las etapas de selección y extracción se resolvieron mediante consenso.

### Calidad metodológica

Se aplicó la escala PEDro de 10 puntos (Cashin & McAuley, 2020) considerando calidad:  $< 4$  puntos “baja”; 4-5 puntos “regular”, 6-8 puntos “buena” y 9-10 puntos “excelente”. La clasificación de los estudios seleccionados fue realizada por dos autores independientemente, y los desacuerdos fueron consensuados.

## Resultados

### Resultados de la búsqueda

Se identificaron 181 estudios para cribado de los cuales se excluyeron 166 (Población  $n=45$ ; Intervención  $n=39$ ; Medida de resultado  $n=72$ ; Tipos de estudios  $n=10$ ). Los 15 estudios seleccionados para la revisión de texto completo fueron incluidos. Además, un estudio fue incorporado a partir de la revisión de las listas de referencias, resultando en un total de 16 estudios incluidos. La figura 1 presenta el diagrama de flujo del proceso de selección.

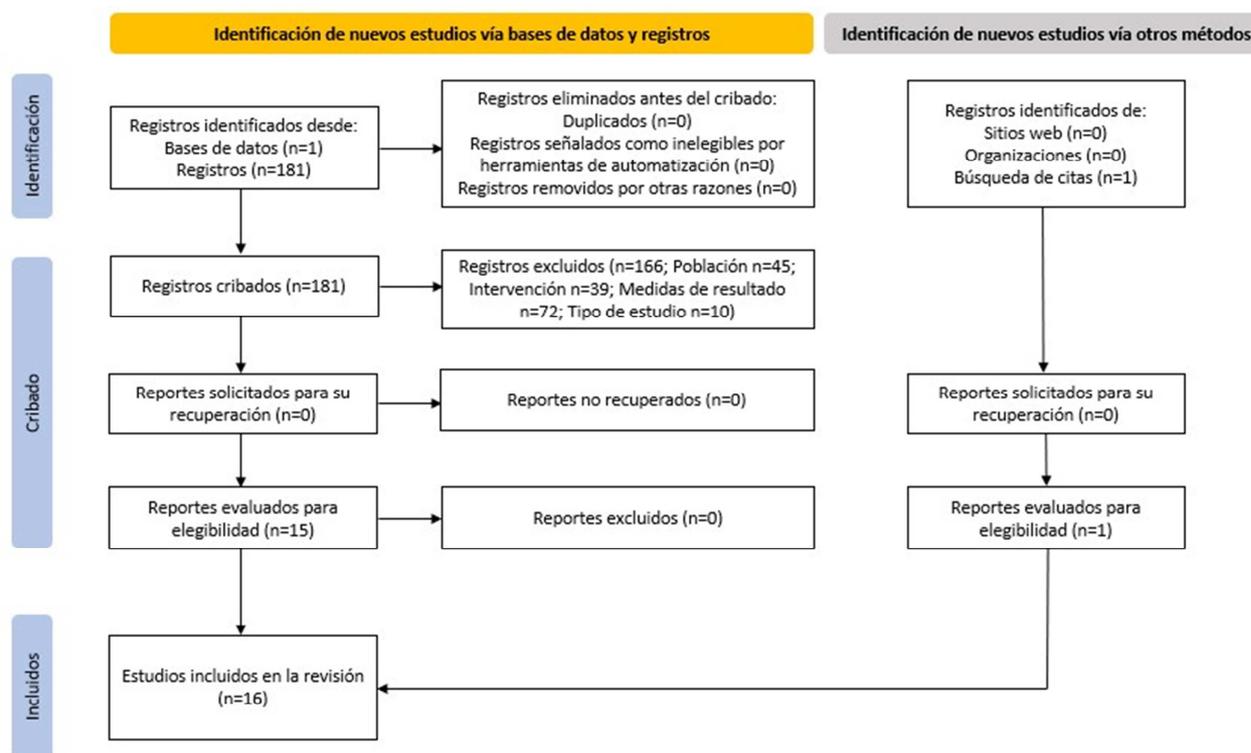


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección

### Diseños metodológicos y participantes

Todos los estudios presentaron un diseño cruzado. Asimismo, todos presentaron al menos una condición de estrategia activa en el agua. Sólo un estudio incorporó una condición de estrategia pasiva por sí sola (Adams & Psycharakis, 2014), mientras que ocho estudios utilizaron estrategias adicionales en alguna de las condiciones estudiadas (Adams & Psycharakis, 2014; Galbraith & Willmott, 2018; Hancock et al., 2015; McGowan et al., 2017; McGowan, Pyne, et al., 2016; McGowan, Thompson, et al., 2016; Sarramian et al., 2015; Wilson et al., 2014). Las condiciones experimentales fueron asignadas aleatoriamente, aunque en dos estudios se asignaron convenientemente (Sarramian et al., 2015; Wilkins & Havenith, 2017). Tres estudios se categorizaron como “baja calidad” (Jimenez-Perez et al., 2021; Sarramian et al., 2015; Wilkins & Havenith, 2017), 12 como “regular calidad” (Adams & Psycharakis, 2014; Cuenca-Fernández et al., 2020; Galbraith & Willmott, 2018; Hancock et al., 2015; McGowan et al., 2017; McGowan, Pyne, et al., 2016; McGowan, Thompson, et al., 2016; Neiva et al., 2015; Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho, 2017; Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, Teixeira, et al., 2017; West et al., 2013; Wilson et al., 2014), uno como “buena calidad” (Neiva, Marques, Fernandes, et al., 2014) y ninguno obtuvo “excelente calidad”. Los ítems de la escala PEDro que presentaron menor cumplimiento fueron: asignación oculta (criterio tres), grupo inicial comparable (criterio cuatro) y cegamiento (criterios cinco, seis y siete). El número total de participantes fue 236 (161 hombres y 75 mujeres). La edad y estatura media fue de 17.96 años y 1.80 metros,

respectivamente. Los nadadores fueron descritos como competitivos a nivel universitario, nacional e internacional. Tres estudios no especificaron si el nivel competitivo era nacional o internacional (Tabla 1).

### Estrategias de calentamiento

El calentamiento en piscina fue la estrategia más utilizada en los estudios incluidos representando un 45.2% del total de las condiciones estudiadas. En relación a las comparaciones entre condiciones y sus influencias sobre las PC, sólo un estudio contrastó el uso de un CAA versus ningún calentamiento (Neiva, Marques, Fernandes, et al., 2014), tres estudios analizaron distintas condiciones de CAA (Hancock et al., 2015; Neiva et al., 2015; Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, Teixeira, et al., 2017) y otros tres estudios compararon la extensión de distintas FT posteriores a un CAA (Jimenez-Perez et al., 2021; Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho, 2017; West et al., 2013). El tamaño del efecto (d) se determinó en 10 de los estudios incluidos (Adams & Psycharakis, 2014; Galbraith & Willmott, 2018; Jimenez-Perez et al., 2021; McGowan et al., 2017; McGowan, Pyne, et al., 2016; McGowan, Thompson, et al., 2016; Neiva et al., 2015; Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho, 2017; Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, Teixeira, et al., 2017; Neiva, Marques, Fernandes, et al., 2014). A continuación, se presentan los resultados para estrategias de CAA y adicionales (CPas y/o CAFA).

### Calentamiento activo en el agua (CAA)

Los resultados de Neiva, Marques, Fernandes, et al.

(2014) sugieren que la aplicación de un CAA puede influenciar positivamente el tiempo de ejecución en 100-m estilo libre ( $p < .05$ ). Respecto a la prescripción del calentamiento, un estudio que evaluó tres volúmenes de nado como CAA sobre el tiempo en 100-m estilo libre, reportó mejores resultados al aplicar un volumen de 1200-m ( $p = .01$ ;  $d = 0.95$ ) y 600-m ( $p < .01$ ;  $d = 1.12$ ) versus 1800-m (Neiva et al., 2015). En cambio, otro estudio no encontró diferencias significativas al analizar dos intensidades de CAA sobre el tiempo de 100-m estilo libre ( $p > .05$ ) (Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, Teixeira, et al., 2017). Como estrategia alternativa al CAA tradicional, Hancock, Sparks, & Kullman (2015) cuantificaron la influencia de un protocolo de carga relacionado a una PAP en piscina sobre el tiempo de 100-m estilo libre. Los resultados indicaron que la adición del protocolo PAP mejoró el tiempo en la PC ( $p = .029$ ) en comparación al CAA.

En cuanto a la duración de la FT y su impacto sobre el rendimiento en PC, West et al. (2013) evaluaron el efecto de dos FT posteriores a un CAA (nado 1600-m) sobre el tiempo de 200-m estilo libre. Los autores demostraron que una FT de 20 minutos redujo el tiempo en relación con una de 45 minutos ( $p < .05$ ). Asimismo, otro estudio comparó dos FT posteriores a un CAA (nado 1200-m) sobre el tiempo de 100-m estilo libre (Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho, 2017). Los resultados indicaron que 10 minutos de FT mejoró el tiempo con respecto a una de 20 minutos ( $p < .01$ ;  $d = 0.99$ ). Por su parte, Jimenez-Perez et al. (2021) evaluaron el efecto de tres FT (10, 20 y 45 minutos) posteriores a un CAA (nado 1200-m) sobre el tiempo de 100-m crol frontal, no encontrando diferencias significativas ( $p > .05$ ). La tabla 1 expone los protocolos de calentamiento, las condiciones experimentales y tiempos en PC.

#### ***Estrategias adicionales al CAA (CAFA, CPas)***

Diversos estudios han evaluado estrategias adicionales principalmente para mantener los beneficios del CAA. En efecto, Galbraith & Willmott (2018) analizaron dos estrategias de CPas realizadas durante la FT luego de un CAA regular individualizado (30 minutos) sobre el tiempo de 100-m brazada de especialidad. Los resultados demostraron que el tiempo mejoró cuando la vestimenta fue abrigada con respecto a cuando ésta fue limitada ( $p < .01$ ;  $d = 0.1$ ). Por el contrario, Wilkins & Havenith (2017) no encontraron diferencias ( $p = .06$ ) entre una chaqueta calefaccionada versus una convencional aplicadas durante una FT de 30 minutos posterior a un CAA sobre el tiempo de 50-m estilo libre; sin embargo, en el grupo masculino la condición con chaqueta calefaccionada mejoró el tiempo en comparación con la condición de chaqueta convencional ( $p < .05$ ). Adams & Psycharakis (2014) no encontraron diferencias ( $p > .05$ ) entre los tres protocolos (CAA, CPas y CAA+CPas) sobre el tiempo de 100-m brazada de espe-

cialidad con una FT de 20 minutos. Wilson et al. (2014) examinaron el efecto de CAA y CAFA sobre el tiempo de 100-m estilo libre. Los resultados indicaron que la condición que realizó un CAA y posteriormente un CAFA durante la FT logró el menor tiempo en la PC en comparación a la condición que realizó sólo un CAA ( $p < .05$ ).

En cuanto a estímulos asociados a PAP como estrategia adicional al CAA, Sarramian et al. (2015) compararon la efectividad de diferentes protocolos sobre el tiempo de 50-m estilo libre. Una condición consistió en un CAA de 30 minutos seguido de una FT de 15 minutos, mientras que las otras tres condiciones consistieron en distintos protocolos de PAP precedidos por 15 minutos de CAA y FT establecidas individualmente. Los resultados mostraron que el protocolo de PAP de la parte superior del cuerpo (PSPAP) produjo tiempos significativamente mayores en comparación al CAA ( $p = .046$ ). En contraste, las condiciones de PAP combinada de la parte superior e inferior del cuerpo (CPAP) y PAP de la parte inferior del cuerpo (PIPAP) no difirieron respecto al CAA ( $p > .05$ ). Cuando los datos se dividieron por género, el CAA y CPAP mejoraron el tiempo con relación a PSPAP, sólo en el grupo masculino ( $p = .047$  y  $p = .02$ , respectivamente). De forma similar, Cuenca-Fernández et al. (2020) evaluaron los efectos de dos protocolos de PAP comparados a un CAA con una FT de seis minutos sobre el tiempo de 50-m estilo libre. Los resultados indicaron que ambos protocolos de PAP pueden mejorar el tiempo durante los primeros 15-m ( $p < .05$ ); sin embargo, el rendimiento final en la PC no fue mejor que el obtenido mediante el CAA ( $p > .05$ ).

Los estudios que se presentan a continuación incorporaron la combinación de estrategias de calentamiento, en su mayoría ejecutadas durante la FT. McGowan, Thompson, et al. (2016) determinaron la efectividad de CPas y CAFA aplicados durante una FT de 30 minutos posterior a un CAA de 25 minutos sobre el tiempo de 100-m estilo libre. Tanto el CAFA como la combinación de ambas estrategias mejoraron el tiempo respecto a la condición que aplicó únicamente un CAA ( $p < .05$ ;  $d = 0.18$  y  $p < .01$ ;  $d = 0.27$ , respectivamente). Mediante CPas se logró un tiempo marginalmente menor ( $p > .05$ ;  $d = 0.12$ ). Asimismo, McGowan et al. (2017) encontraron que la condición que combinó un CPas y un CAFA durante la FT (posterior a un CAA) mejoró el tiempo de 100-m estilo libre respecto a una condición que realizó únicamente un CAA ( $p < .01$ ;  $d = 0.21$ ). No obstante, McGowan, Pyne, Thompson, et al. (2016) no encontraron diferencias ( $p = .55$ ;  $d = -0.05$ ) sobre el tiempo de 100-m estilo pecho al analizar estrategias de CPas (en extremidades inferiores) y CAFA aplicadas durante una FT de 30 minutos posterior a un CAA (nado 1350-m). La tabla 1 expone los protocolos de calentamiento, las condiciones experimentales y tiempos en PC.

Tabla 1  
Características de los estudios incluidos

Autores	Sujetos, nivel competitivo y PC	Estrategias de calentamiento y FT	Protocolos de calentamiento	Tiempo (s) (Media $\pm$ DE)	Conclusión y reducción de tiempo en PC (%)	Puntaje PEDro
Neiva et al. (2014)	H (n=10) M (n=10) NR 100-m EL	CE1: Sin calentamiento. CE2: CAA FT: 10 min	CAA: 1000-m de ejercicios técnicos; tirón y patada; series a RC.	CE1=67.15 $\pm$ 5.60 CE2=68.10 $\pm$ 5.14	Mejor rendimiento al aplicar CAA. CE1<CE2**=1.48%	6/10
Neiva et al. (2015)	H (n=11) Nacional 100-m EL	CE1: CAA CE2: CAA CE3: CAA FT: 10 min	CAA: ventilación usual y en 5ta brazada; ejercicios de patadas; $\uparrow$ LB; giros; $\uparrow$ rapidez; series a RC; nado a RT. Volumen total de CAA en CE1: 600-m; CE2: 1200-m; CE3: 1800-m.	CE1=59.38 $\pm$ 2.18 CE2=59.29 $\pm$ 1.95 CE3=60.18 $\pm$ 2.46	Mejor rendimiento después de 1200-m y 600-m. CE1<CE3***=1.34% CE2<CE3***=1.46% CE2<CE1=0.15%	5/10
Hancock et al. (2015)	H (n=15) M (n=15) Universitario 100-m EL	CE1: CAA CE2: CAA+PAP FT: 6 min	CAA: 900-m similar al calentamiento precompetitivo. PAP: Nado resistido mediante un sistema de poleas.	CE1=63.45 $\pm$ 5.37; 59.47 $\pm$ 2.56 (H); 67.42 $\pm$ 4.39 (M) CE2=62.91 $\pm$ 5.06; 59.05 $\pm$ 2.55 (H); 66.78 $\pm$ 3.80 (M)	Un protocolo PAP adicionado a CAA mejoró el rendimiento. CE2<CE1*=0.85% CE2<CE1=0.71% (H) CE2<CE1=0.95% (M)	4/10
Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, Teixeira, et al. (2017)	H (n=13) Nacional 100-m EL	CE1: CAA CE2: CAA FT: 10 min	CAA: 700-m (ventilación usual y en 5ta brazada; ejercicios de patadas; $\uparrow$ LB); series específicas (CE1: 8x50-m@1:00 [2x50-m ejercicio de giros; 2x50-m $\uparrow$ rapidez]; 4x [25-m RC+25-m RT]; CE2: 8x50-m@1:00 [98-102% VC]); 100-m a RT.	CE1=57.87 $\pm$ 1.84 CE2=57.83 $\pm$ 1.77	Las dos intensidades de CAA no produjeron diferencias de rendimiento. CE2<CE1=0.10%	5/10
West et al. (2013)	H (n=4) M (n=4) Internacional 200-m EL	CE1: CAA CE2: CAA FT CE1: 20 min; CE2: 45 min	CAA: 1200-m EL; ejercicios de patadas, tirones y técnicos, medley individual (40-60 lpm por debajo de FCmax); 4x50-m EL a RC (15s descanso); 200-m RT.	CE1=125.74 $\pm$ 3.64 CE2=127.60 $\pm$ 3.55	Un CAA con FT de 20 min mejoró el rendimiento respecto de una FT de 45 min. CE1<CE2**=1.50%	4/10
Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho (2017)	H (n=11) Nacional 100-m EL	CE1: CAA CE2: CAA FT CE1: 10 min; CE2: 20 min.	CAA: 700-m (ventilación usual y a la 5ta brazada); ejercicios de patadas; $\uparrow$ LB; 8x50-m@1:00 98–102% VC; 100-m RT.	CE1=58.41 $\pm$ 1.99 CE2=59.06 $\pm$ 1.86	Un CAA con FT de 10 min mejoró el rendimiento respecto de una FT de 20 min. CE1<CE2**=1.10%	5/10
Jimenez-Perez et al. (2021)	H (n=9) NR 100-m crol	CE1: CAA CE2: CAA CE3: CAA FT CE1: 10 min; CE2: 20 min; CE3: 45 min	CAA: 300-m (ventilación usual y a la 5ta brazada); 4x100-m ejercicios de patadas y $\uparrow$ LB @1:50; 8x50-m@1:00 [2x(50-m ejercicios, 50-m $\uparrow$ progresivo de la rapidez. 25-m a 85–90% del ritmo para 100-m y 25-m RT; 25-m a 85–90% del ritmo para 100-m desde el bloque de partida y 25-m RT)]; 100-m RT.	CE1=61.69 $\pm$ 3.44 CE2=61.88 $\pm$ 3.27 CE3=61.54 $\pm$ 3.06	FT>10 min no provocó cambios térmicos relacionados con el rendimiento. CE1<CE2=0.31% CE3<CE2=0.55% CE3<CE1=0.24%	3/10
Wilson et al. (2014)	H (n=9) M (n=6) Internacional 100-m EL	CE1: CAA CE2: CMI CE3: CAA+CMIS CE4: CAA+CMI FT: NR.	CAA: 100x25-m (estilo mariposa, espalda, pecho y libre; ejercicios aislados tanto para extremidades superiores como inferiores y ejercicios bajo el agua). CMI: 2x30 inspiraciones al 40% de la presión inspiratoria máxima, con dispositivo de carga umbral. CMIS: 2x30 inspiraciones al 15% de la presión inspiratoria máxima, con dispositivo de carga umbral.	CE1=57.67 $\pm$ NR CE2=58.24 $\pm$ NR CE3=57.39 $\pm$ NR CE4=57.05 $\pm$ NR	El CMI adicionado a CAA mejoró el rendimiento respecto de CAA. CE4<CE2**=2.04% CE3<CE2*=1.46% CE4<CE1=1.07% CE1<CE2=0.98% CE4<CE3=0.59% CE3<CE1=0.49%	5/10
Adams & Psycharakis (2014)	H (n=12) NR 100-m BE	CE1: CAA CE2: CPas CE3: CAA+CPas FT: 20 min	CAA: 20 min (EL, BE; ejercicios aislados para extremidades inferiores y superiores; prácticas de partidas y giros; 200-m de RT). CPas: Sentado en una sauna por 20 min. CAA+CPas: CAA (10 min, misma intensidad, pero mitad de la distancia) + CPas (sentado en un sauna por 10 min).	CE1=61.1 $\pm$ 6.4 CE2=62.2 $\pm$ 5.7 CE3=61.4 $\pm$ 6.7	Ningún protocolo de calentamiento fue superior en cuanto a rendimiento. CE1<CE2=1.77% CE3<CE2=1.29% CE1<CE3=0.49%	4/10
McGowan, Thompson, et al. (2016)	H (n=11) M (n=5) Nacional 100-m EL	CE1: CAA CE2: CAA+CPas CE3: CAA+CAFA CE4: CAA+CPas+CAFA FT: 30 min	CAA: 400-m EL a RT; 3x100-m medley individual; 3x100-m EL (80, 90, 95% RC); 4x50-m (15-m RC, 35-m RT); 4x25-m EL (inicio con zambullida, RC). CPas: Chaqueta con elementos calefactores. Utilizada por toda la FT. CAFA: 3xlanzamiento de balones medicinales (2kg); 3x10s patada de mariposa simulada sosteniendo un dispositivo de oscilación; 3xsaltos sobre una caja de 0.4-m. Todos los ejercicios completados al máximo esfuerzo, 2xcircuito y 10s de descanso entre cada ejercicio.	CE1=60.70 $\pm$ 3.36 CE2=60.37 $\pm$ 3.15 CE3=60.26 $\pm$ 3.50 CE4=59.90 $\pm$ 3.70	Mejora rendimiento cuando CAFA se realiza sólo o junto con CPas durante FT. CE4<CE1**=1.05% CE4<CE2=0.78% CE3<CE1*=0.68% CE4<CE3=0.60% CE2<CE1=0.43% CE3<CE2=0.18%	5/10
McGowan et al. (2017)	H (n=12) M (n=13) Nacional/ Internacional 100-m EL	CE1: CAA CE2: CAA+CPas+CAFA FT: 30 min	CAA: 400-m <50% FCmax; 4x100-m a 60% FCmax, 80s descanso; 4x50-m a 60% FCmax, 15s descanso; 100-m a 50% FCmax; 2x50-m (remos de manos) marca personal+3s, 60s descanso; 2x25-m con zambullida 95% FCmax, 60s descanso; 100-m a 50% FCmax. CPas: Chaqueta con elementos calefactores, Utilizada por toda la FT.	CE1= 53.7 $\pm$ 2.0 (H); 58.9 $\pm$ 2.2 (M) CE2= 53.2 $\pm$ 1.5 (H);	CPas+CAFA durante la FT mejoró el rendimiento. CE2<CE1**=0.80% CE2<CE1**=0.93% (H) CE2<CE1**=0.85% (M)	4/10

			CAFA: Descrito por McGowan, Thompson, et al. (2016). Saltos llevando rodillas al pecho con peso corporal, en lugar de saltos sobre una caja.	58.4±2.0 (M)		
Galbraith & Willmott (2018)	H (n=6) M (n=3) NR 100-m BE	CE1: CAA+CPas1 CE2: CAA+CPas2 FT: 30 min	CAA: 30 min individual (ritmo constante y RT, ejercicios técnicos). CPas1: vestimenta limitada (camiseta normalizada del club). CPas2: vestimenta de abrigo (camiseta normalizada del club, camiseta con capucha, pantalones, guantes, calcetines y zapatillas deportivas).	CE1=63.00±7.75 CE2=62.63±7.69	Vestimenta abrigada durante la FT mejoró el rendimiento. CE2<CE1**=0.59%	4/10
McGowan, Pyne, et al. (2016)	H (n=6) M (n=4) Nacional/ Internacional 100-m EP	CE1: CAA CE2: CAA+ (CPas+CAFA) FT: 30 min	CAA: 400-m EL <50% FCmax; 4×100-m EL a 60% FCmax, 80s descanso; 4×50-m EP a 60% FCmax, 15s descanso; 100-m EL a 50% FCmax; 2×50-m (remos de manos) ritmo de marca personal EL+3s, 60s descanso; 2×25-m con zambullido y EP a 95% FCmax, 60s descanso; 100-m EL a 50% FCmax. CPas: Pantalones con elementos calefactores. CAFA: Descrito por McGowan, Thompson, et al. (2016). Saltos llevando rodillas al pecho con peso corporal, en lugar de saltos sobre una caja.	CE1=68.6±4.0 CE2=68.4±3.9	CPas+CAFA durante la FT no mejoró el rendimiento. CE2<CE1=0.29%	4/10
Wilkins & Havenith (2017)	H (n=8) M (n=4) Nacional/ Internacional 50-m EL	CE1: CAA+CPas1 CE2: CAA+CPas2 FT: 30 min	CAA: Descrito por West et al. (2013), con los 4×50-m modificados para orientarlos más hacia la carrera. [4×50-m EL: (1) empujar 15-m patada bajo el agua, (2) 15-m giros, (3) zambullida 15-m RC y (4) zambullida 25-m a RC (FC medida), 200-m RT]. Durante la FT, los participantes usaron pantalón estándar, camiseta manga larga y uno de los dos tipos de chaquetas. CPas1: Chaqueta estándar. CPas2: Chaqueta con elementos calefactores.	CE1=26.51±2.0; 25.18±0.5 (H); 29.18±0.5 (M) CE2= 26.30±2.1; 24.93±0.4 (H); 29.03±1.0 (M).	CPas+CAFA durante la FT mejoró la fuerza de la parte superior del cuerpo, la potencia de salida y el rendimiento en la PC. CE2<CE1=0.83% CE2<CE1*=1.01% (H) CE2<CE1=0.38% (M)	3/10
Sarramian et al. (2015)	H (n=10) M (n=8) Nacional 50-m EL	CE1: CAA 30' CE2: CAA 15'+CAFA (PSPAP) CE3: CAA 15'+CAFA (PIPAP) CE4: CAA 15'+CAFA (CPAP) FT CE1: 30 min; CE2, CE3 y CE4: Establecidas individualmente.	CAA: Diferentes velocidades; ejercicios de patadas; carreras cortas y vuelta a la calma. CAFA: 10 min Post CAA. PSPAP: 1×3RM pull-up. PIPAP: 1×5 saltos sobre una caja (41cm de alto y 73cm profundidad). CPAP: 1×3RM pull-up + 1×5 saltos sobre una caja.	CE1=29.00±2.05; 27.51±1.06 (H); 30.87±1.25 (M) CE2=29.36±1.88; 28.01±1.17 (H); 31.05±1.00 (M) CE3=29.20±2.09; 27.72±1.04 (H); 31.05±1.48(M) CE4=29.11±2.18; 27.49±1.12 (H); 31.12±1.27 (M)	Mejor rendimiento después de CAA. CE1<CE2*=1.23% CE4<CE2=0.85% CE1<CE3=0.68% CE3<CE2=0.54% CE1<CE4=0.38% CE4<CE3=0.31% CE4<CE2*=1.86% (H) CE1<CE2*=1.79% (H) CE3<CE2=1.03% (H) CE4<CE3=0.84% (H) CE1<CE3=0.76% (H) CE4<CE1=0.07% (H) CE1<CE4=0.80% (M) CE2<CE4=0.22% (M) CE3<CE4=0.22% (M) CE1<CE3=0.58% (M) CE1<CE2=0.58% (M) CE2<CE3=0.00% (M)	3/10
Cuenca-Fernández et al. (2020)	H (n=14) Nacional 50-m EL	CE1: CAA CE2: CAA+CAFA (CRM) CE3: CAA+CAFA (CEx) FT: 6 min	CAA= 400-m (2×100-m EL a RT con dos partidas desde la pared; 2×50-m crol frontal (12.5-m rápido/12.5-m RT); 100-m crol frontal a ritmo normal; estiramiento dinámico de extremidades superiores e inferiores, 2×1 repetición por ejercicio (1 min×serie) CRM: 1×3 repeticiones de estocadas y 1×3 de brazadas, ambas a 85% de 1RM. CEx: 1×4 repeticiones (miembros inferiores y superiores con volante excéntrico adaptado a 1RM).	CE1=27.28±1.42 CE2=27.31±1.45 CE3=27.51±1.43	Los protocolos PAP no mejoraron el rendimiento final de la PC. CE1<CE3=0.84% CE2<CE3=0.73% CE1<CE2=0.11%	4/10

↑ Aumento; BE Brazada de la especialidad del nadador; H Hombres; M Mujeres; DE Desviación estándar; PC Prueba contrarreloj; NR No reportado; CE Condición experimental; CAA Calentamiento activo en agua; CAFA Calentamiento activo fuera del agua; CPas Calentamiento pasivo; EL Estilo libre; EP: Estilo pecho; FB Frecuencia de brazada; FC frecuencia cardíaca; FCmax Frecuencia cardíaca máxima; PAP Potenciación post-activación; CPAP Potenciación post-activación combinada; PIPAP Potenciación post-activación parte inferior de cuerpo; PSPAP Potenciación post-activación parte superior del cuerpo; FT Fase de transición; CMI Calentamiento muscular inspiratorio; CMIS Calentamiento muscular inspiratorio simulado; CRM Calentamiento de repetición máxima; CEX Calentamiento excéntrico; LB Largo de brazada; lpm Latidos por minuto; RM Repetición máxima; RC Ritmo de carrera; RT Ritmo tranquilo; VC Velocidad crítica \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ . Observación: el cálculo de diferencia porcentual se realizó tomando como referencia a la condición que obtuvo el mayor tiempo en cada comparación.

## Discusión

Esta revisión tuvo como propósito analizar la efectividad de diversas estrategias de calentamiento sobre el rendimiento en PC hasta 200-m, mediante una revisión rápida de la literatura. La mayoría de los estudios no reportaron efectos estadísticamente significativos para las distintas estrategias de calentamiento sobre el rendimiento en PC; sin embargo, debido al carácter aplicado hacia los contextos competitivos resultó interesante expresar los resultados en términos porcentuales. Es así como desde este punto de vista los principales hallazgos fueron: (i) mediante un CAA el tiempo se reduce entre 0.10% y 1.48%; (ii) la disminución de la FT posterior a un CAA reduce el tiempo entre 0.24% y 1.50%; (iii) la combinación de estrategias reduce el tiempo entre 0.00% y 2.04%. Respecto de la calidad metodológica, la mayor parte de los estudios obtuvo menos de 6 puntos en la escala PEDro, implicando en términos generales una regular calidad.

Según Pyne, Trewin, & Hopkins (2004), los nadadores pueden aumentar sustancialmente sus posibilidades de medalla mejorando su rendimiento en tan solo un 0.40%. Esto se demostró durante los últimos juegos olímpicos de 2020, donde la medalla de bronce y la cuarta posición están separadas por tan solo un 0.14% (0.03s) y un 0.37% (0.09s) en los 50-m estilo libre masculinos y femeninos, respectivamente (International Olympic Committee [IOC], 2020). Si bien la ausencia de significación estadística no permite transferir los resultados a la población, el valor de  $p$  puede ser discutible en ciertos contextos (Stovitz et al., 2017). Por tal razón, los porcentajes de reducción del tiempo en PC pueden ser decisivos para el logro de los objetivos competitivos y justifica su incorporación como resultado de interés en esta revisión.

Los resultados de los estudios sugieren que las mejoras en PC se asocian principalmente a cambios en la temperatura, patrón biomecánico durante la carrera y efectos relacionados a una PAP. Según Bishop (2003b) una  $T_{core}$  y/o temperatura muscular elevadas previas a la PC son claves para el rendimiento. En efecto, West et al. (2013) plantearon que una  $T_{core}$  elevada y, sobre todo, una temperatura muscular elevada al comienzo de la PC puede ser uno de los principales mecanismos responsables de mejorar el rendimiento en 200-m estilo libre. Así, el aumento de la temperatura muscular incrementa el metabolismo anaeróbico durante el ejercicio, lo que puede beneficiar el rendimiento a corto y mediano plazo (Bishop, 2003a).

Si bien para West et al. (2013) no fue factible medir la temperatura muscular, los autores sostienen que esto no le resta importancia a sus resultados, ya que tanto la  $T_{core}$  como la temperatura muscular influyen en el rendimiento (Mohr et al., 2004). A su vez, advierten que FT superiores a 20 minutos pueden ser suficientes para que la  $T_{core}$  vuelva a su valor basal. Por su parte, Adams & Psycharakis (2014) reportaron frecuencias cardíacas elevadas después del calentamiento, tanto en la condición que aplicó únicamente CPas como la que combinó CAA y CPas. Además,

ésta variable se mantuvo elevada antes de la PC en todas las condiciones en comparación a su valor basal lo que podría sugerir un mayor reclutamiento de fibras musculares A de contracción rápida al comienzo de la prueba (Brown et al., 2008); sin embargo, no hubo diferencias en el rendimiento entre las tres condiciones. Considerando los 20 minutos de FT utilizados en éste estudio, podríamos especular que gran parte de los efectos del calentamiento hayan desaparecido al comienzo de la PC, en concordancia con lo planteado por West et al. (2013).

Resulta interesante lo expuesto por Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho (2017) quienes señalan que la  $T_{core_{net}}$  antes de la PC no explica por sí misma las mejoras de rendimiento, sugiriendo que la frecuencia cardíaca ( $p < .01$ ,  $d = 1.07$ ) y el consumo de oxígeno ( $p = .07$ ,  $d = 0.81$ ) podrían entregar un importante soporte complementario. En contraste, el estudio de Jimenez-Perez et al. (2021) cuyo diseño adoptó muchos aspectos del protocolo empleado por Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho (2017), no demostró diferencias significativas en el rendimiento. Especulamos que esta diferencia se explicaría en parte por el volumen del CAA, particularmente el de las series a 85-90% del ritmo de 100-m estilo libre. A saber, Jimenez-Perez et al. (2021) aplicaron 2x25-m (total 50-m) en comparación a 8x50-m (total 400-m) empleado por Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho (2017). Asimismo, la inmersión en piscina a 26° C por 10 minutos pudo significar una disminución de la temperatura muscular basal al comienzo del CAA y, en consecuencia, una temperatura muscular inferior a la que podría obtenerse si es que se hubiese evitado la inmersión inicial. Hipotéticamente ambas razones pudieron significar una menor influencia sobre el rendimiento por parte del protocolo de CAA utilizado por Jimenez-Perez et al. (2021), considerando la relación de la temperatura muscular y el rendimiento en pruebas de corta duración (Bishop, 2003a).

Debido a la dificultad de modificar la duración de la FT en entornos competitivos, surgió el interés de plantear estrategias que permitan mantener la temperatura corporal y activación muscular a lo largo de ésta (McGowan et al., 2015; West et al., 2013). Al respecto, McGowan, Thompson, et al. (2016), reportaron que una menor reducción de la  $T_{core}$  durante la FT se asocia fuertemente con un mejor rendimiento ( $R^2 = 0.91$ ;  $p = 0.04$ ). De igual forma, McGowan et al. (2017) demostraron que la mantención de la  $T_{core}$  durante la FT mejora el rendimiento en el tiempo de partida y en 100-m estilo libre ( $p = .03$ ;  $d = .78$ ). McGowan, Pyne, Thompson, et al. (2016) encontraron que el aumento de la temperatura de la piel por sí sola, no fue suficiente para atenuar la disminución de la  $T_{core}$  en la FT, lo que explicaría la ausencia de incrementos de rendimiento y según los autores, es posible que la superficie cubierta por los elementos calefactores fuera insuficiente. Similarmente, Jimenez-Perez et al. (2021) señalan que la temperatura de la piel no es un buen predictor del rendimiento en nadadores adolescentes y Galbraith

& Willmott (2018) reportaron mejoras sobre el rendimiento a pesar de que el confort térmico, la temperatura timpánica y de la piel no presentaron diferencias significativas entre las condiciones previas a la PC. Por lo tanto, según este último estudio no queda claro si la mantención de la temperatura por medio del uso de ropa abrigada durante la FT haya sido el mecanismo responsable de la mejora del rendimiento.

Una de las formas de medir el rendimiento es a través de la rapidez de nado, la cual, está determinada por la eficiencia mecánica (por ejemplo, longitud y frecuencia de brazada, y resistencia al avance, entre otros) (Liu et al., 2021). Cualquier aumento de la rapidez requiere un incremento proporcional de fuerza muscular, el desarrollo de potencia y la capacidad/eficiencia de los sistemas de suministro energético para mantenerla (Vorontsov, 2011). En efecto, Neiva et al. (2015) obtuvieron un mejor rendimiento en los primeros 50-m posiblemente debido al aumento de la frecuencia de brazada. Se ha reportado que el calentamiento induce una mayor excitabilidad de las motoneuronas, aumentando la tasa de producción de fuerza y logrando una mayor frecuencia de brazada (Folland et al., 2008). Más aún, el aumento de la relación testosterona:cortisol en la condición que nadó 1200-m puede influenciar la producción de fuerza al facilitar la liberación de neurotransmisores contribuyendo a una mayor frecuencia de brazada (Kraemer & Ratamess, 2005). En concordancia, Wilkins & Havenith (2017) plantearon que el aumento de la rapidez de nado, particularmente en hombres, se logra principalmente por medio del aumento de la frecuencia de brazada asociada a una mejor mantención de la temperatura muscular durante la FT.

Por otro lado, Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, & Marinho (2017) consideraron que el mejor rendimiento en los primeros 50-m se debe a una mayor frecuencia de brazada junto a una mayor eficiencia de nado, reflejada en el índice de brazada y eficiencia de propulsión. En contraste, Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, Teixeira, et al. (2017) obtuvieron resultados similares mediante patrones biomecánicos diferentes, sugiriendo la importancia de los ejercicios utilizados en el calentamiento sobre las adaptaciones sensoriomotoras. Los autores recomiendan que, si la estrategia de carrera depende de una mayor frecuencia de brazada, se deben usar series a ritmo de carrera, mientras que, si se necesita una mayor eficiencia de nado, se debe usar estimulación aeróbica. Además, una serie aeróbica mantiene aumentada la Tcore y debe usarse cuando la FT es prolongada (Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo, Viana, Teixeira, et al., 2017).

Una de las respuestas al calentamiento activo es la PAP, método utilizado tanto dentro como fuera del agua, la cual permite mejorar la contracción muscular, la fuerza y la rapidez en el rendimiento deportivo (McGowan et al., 2014; Tillin & Bishop, 2009). Aunque la potenciación y fatiga coexisten posterior a un esfuerzo máximo o submáximo, la fatiga suele disiparse con mayor rapidez creando un intervalo de tiempo para una mejora del rendimiento

por medio de la potenciación. En general, el efecto de la PAP es mayor en deportistas más fuertes, con FT más cortas y aplicando una serie con una carga de 1RM, mientras que, en deportistas con un nivel de fuerza inferior se requieren FT más extensas y la realización de múltiples series con cargas submáximas (Seitz & Haff, 2016). Además, los ejercicios pliométricos inducen un efecto de PAP levemente mayor, tardando menos en aparecer en comparación con ejercicios tradicionales como la sentadilla (Seitz & Haff, 2016). Específicamente en natación, Thng et al. (2019) observaron que existe una relación estrecha al realizar saltos verticales sin carga externa y el rendimiento de partida en natación. Por otra parte, Gouvêa et al. (2013) mostraron un efecto óptimo de la PAP sobre el rendimiento en salto cuando se considera una FT de 8-12 minutos y una disminución paulatina de éste desde los 16 minutos en adelante.

Pocos estudios han explorado los efectos inmediatos de la PAP en natación (Kilduff et al., 2011). Al respecto, Hancock et al. (2015) mostraron que el rendimiento en 100-m estilo libre mejora como resultado de un protocolo de carga PAP. Según los autores, la mejora en el segundo parcial de 50-m fue especialmente importante, puesto que las aplicaciones de PAP en estudios anteriores sólo investigaron pruebas de corta duración (15s o menos). Por ello, los autores afirman que ejercicios de acondicionamiento correctamente ejecutados pueden proveer mejoras que persistan por un minuto o más. Sarramian et al. (2015) reportaron que varones obtienen una mayor mejora sobre el rendimiento en comparación a mujeres cuando se utiliza un protocolo CPAP, fenómeno que podría explicarse por su mayor área de sección transversal de fibras tipo II y a tiempos de contracción más cortos. Esto sugiere que un protocolo CPAP, puede ser tan efectivo como un CAA, permitiendo un calentamiento eficaz cuando no hay disponibilidad de una piscina previo a la carrera. En contraste, el protocolo PSPAP no muestra cambios significativos sobre el rendimiento, argumentándose que ejercicios de levantamiento o pull-up no logran replicar adecuadamente el movimiento de brazada en estilo libre (Sarramian et al., 2015). Asimismo, Cuenca-Fernández et al. (2020) mostraron un deterioro del rendimiento en 50-m después de los protocolos; no obstante, se registraron buenos resultados al principio de la carrera. Esto se explicaría por un descenso progresivo del largo y frecuencia de brazada como resultado de la fatiga causada por los calentamientos de PAP en las extremidades superiores.

Se ha sugerido que la natación implica un sobreesfuerzo en la dinámica inspiratoria (Lomax et al., 2012) por lo que estrategias de calentamiento específicas podrían entregar beneficios. Al respecto, Wilson et al. (2014) demostraron un mejor rendimiento al utilizar un dispositivo de carga umbral para realizar un calentamiento muscular inspiratorio posterior a un CAA. Así, esta sencilla práctica podría utilizarse por sí sola o de manera combinada con otras estrategias durante la FT para complementar y/o mantener los beneficios del CAA.

Como fortalezas de esta revisión se reconoce: (i) reporte estructurado según directrices PRISMA; (ii) selección y extracción de la información realizada independientemente; (iii) análisis de la calidad metodológica de los estudios incluidos y (iv) consideración de una medida de resultado relevante no sistematizada previamente. Dentro de las limitaciones se considera: (i) utilización de sólo una base de datos; (ii) no se realizó un análisis cuantitativo de los resultados (metaanálisis).

El CAA es una práctica habitual antes de la carrera y en muchos casos ha demostrado tener un efecto positivo sobre el rendimiento. Algunos autores destacan principalmente la importancia del CAA individualizado debido a la heterogeneidad de los resultados presentados en éstos, evidenciando en algunos casos un mejor rendimiento en PC sin un calentamiento previo (Neiva et al., 2015; Neiva, Marques, Fernandes, et al., 2014; Wilkins & Havenith, 2017). Por otro lado, cuando esto no es posible y particularmente en hombres, se sugiere un volumen  $\leq 1200$ -m. En contraste, se advierte que un volumen  $\geq 1800$ -m podría afectar negativamente el rendimiento (Neiva et al., 2015). Además, se recomienda prescribir el calentamiento de tal manera que éste finalice inmediatamente antes del llamado de los nadadores al área de clasificación (West et al., 2013). En efecto, se ha descrito como óptimo un período de recuperación post calentamiento desde cinco hasta 20 minutos (Bishop, 2003b). Por otra parte, estudios se han centrado en mantener y/o mejorar los efectos ergogénicos del CAA mediante estrategias adicionales aplicadas durante la FT con resultados mayoritariamente positivos. Respecto al CPas, se han obtenido resultados favorables mediante estrategias prácticas que pueden aplicarse en conjunto con CAFA (McGowan et al., 2017; McGowan, Pyne, et al., 2016; McGowan, Thompson, et al., 2016; Wilkins & Havenith, 2017).

Debido a las limitaciones metodológicas observadas en los estudios incluidos, futuras investigaciones debiesen considerar una condición sin calentamiento como control, mayores tamaños muestrales, mayor diversidad en los estilos de nado competitivos, mejor simulación de las condiciones competitivas reales, un mayor control sobre las estrategias adicionales de calentamiento como, por ejemplo, el tiempo de aplicación de prendas calefaccionadas y las zonas cubiertas por éstas. Por otra parte, los protocolos de CAFA han obtenido resultados dispares. Si bien, algunos protocolos se asocian a mejores tiempos de partida, esto no ha podido transferirse a la fase de propulsión en agua. Posiblemente los ejercicios de acondicionamiento utilizados, particularmente para los miembros superiores, no replican la complejidad del patrón de brazada, por lo tanto, es necesario identificar las actividades de acondicionamiento y FT que permitan el mayor beneficio de cada nadador.

## Conclusión

A partir de esta revisión, se concluye que no existe su-

ficiente evidencia que sustente el uso de las diversas estrategias de calentamiento sobre el rendimiento en PC; no obstante, sus porcentajes de reducción del tiempo representan una opción interesante para nadadores y entrenadores en entornos competitivos. Mayores estudios de elevada calidad metodológica se requieren para generar conclusiones robustas acerca del tipo de calentamiento que favorezca un mayor rendimiento en PC.

## Referencias

- Adams, S., & Psycharakis, S. G. (2014). Comparison of the effects of active, passive and mixed warm ups on swimming performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 54(5), 559–565.
- Al-Nawaiseh, A., Albiero, A., & Bishop, P. (2012). Impact of different warm-up procedures on a 50-yard swimming sprint. *International Journal of Academic Research*, 5(1), 44–48. <https://doi.org/10.7813/2075-4124.2013/5-1/a.8>
- Arnett, M. G. (2002). Effects of Prolonged and Reduced Warm-Ups on Diurnal Variation in Body Temperature and Swim Performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(2), 256. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2002\)016<0256:EOPARW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2002)016<0256:EOPARW>2.0.CO;2)
- Balilionis, G., Nepocaty, S., Ellis, C. M., Richardson, M. T., Negggers, Y. H., & Bishop, P. A. (2012). Effects of Different Types of Warm-Up on Swimming Performance, Reaction Time, and Dive Distance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3297–3303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248ad40>
- Bishop, D. (2003a). Warm up I: Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine*, 33(6), 439–454. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333060-00005>
- Bishop, D. (2003b). Warm up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 33(7), 483–498. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00002>
- Brown, P. I., Hughes, M. G., & Tong, R. J. (2008). The Effect of Warm-Up on High-Intensity, Intermittent Running Using Nonmotorized Treadmill Ergometry. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 801–808. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a5775>
- Burnley, M., & Jones, A. M. (2007). Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *European Journal of Sport Science*, 7(2), 73–75. <https://doi.org/10.1080/17461390701456148>
- Carlile, F. (1956). Effect of Preliminary Passive Warming on Swimming Performance. *Research Quarterly . American Association for Health , Physical Education and Recreation*, 27(2), 143–151. <https://doi.org/10.1080/10671188.1956.10612865>
- Cashin, A. G., & McAuley, J. H. (2020). Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *Journal of Physiotherapy*, 66(1), 59. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.08.005>

- Cuenca-Fernández, F., Ruiz-Teba, A., López-Contreras, G., & Arellano, R. (2020). Effects of 2 Types of Activation Protocols Based on Postactivation Potentiation on 50-m Freestyle Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(11), 3284–3292. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002698>
- De Vries, H. A. (1959). Effects of various warm-up procedures on 100-yard times of competitive swimmers. *Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 30(1), 11–20. <https://doi.org/10.1080/10671188.1959.10613002>
- Faulkner, S. H., Ferguson, R. A., Hodder, S. G., & Havenith, G. (2013). External muscle heating during warm-up does not provide added performance benefit above external heating in the recovery period alone. *European Journal of Applied Physiology*, 113(11), 2713–2721. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2708-6>
- Folland, J. P., Wakamatsu, T., & Fimland, M. S. (2008). The influence of maximal isometric activity on twitch and H-reflex potentiation, and quadriceps femoris performance. *European Journal of Applied Physiology*, 104(4), 739–748. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0823-6>
- Galbraith, A., & Willmott, A. (2018). Transition phase clothing strategies and their effect on body temperature and 100-m swimming performance. *European Journal of Sport Science*, 18(2), 182–189. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1411528>
- Gómez-Álvarez, N., Schweppe-Villa, A., Parra-Gatica, A., Cid-Rojas, F., Pavez-Adasme, G., & Hermosilla-Palma, F. (2021). Acute effects of different warm-up strategies on physical performance and motor skills in schoolchildren. *Retos*, 42, 18–26. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V42I0.86525>
- Gouvêa, A. L., Fernandes, I. A., César, E. P., Silva, W. A. B., & Gomes, P. S. C. (2013). The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on post-activation potentiation studies. *Journal of Sports Sciences*, 31(5), 459–467. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.738924>
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Gray, S. R., Soderlund, K., Watson, M., & Ferguson, R. A. (2011). Skeletal muscle ATP turnover and single fibre ATP and PCr content during intense exercise at different muscle temperatures in humans. *Pflugers Archiv European Journal of Physiology*, 462(6), 890, 892. <https://doi.org/10.1007/s00424-011-1032-4>
- Hancock, A. P., Sparks, K. E., & Kullman, E. L. (2015). Postactivation Potentiation Enhances Swim Performance in Collegiate Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 912–917. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000744>
- International Olympic Committee. (2020). *Tokyo 2020 Swimming - Olympic Results by Discipline*. <https://olympics.com/en/olympic-games/tokyo-2020/results/swimming>
- Jimenez-Perez, I., Gil-Calvo, M., Vardasca, R., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2021). Pre-exercise skin temperature evolution is not related with 100 m front crawl performance. *Journal of Thermal Biology*, 98(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102926>
- Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Owen, N. J., West, D. J., Bracken, R. M., & Cook, C. J. (2011). Effect of postactivation potentiation on swimming starts in international sprint swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2422–2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318201bf7a>
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*, 35(4), 339–361. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00004>
- Liu, Y., Lu, G., Chen, J., & Zhu, Q. (2021). Exploration of internal and external factors of swimmers' performance based on biofluid mechanics and computer simulation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph18126471>
- Lomax, M., Iggleden, C., Tourell, A., Castle, S., & Honey, J. (2012). Inspiratory Muscle Fatigue After Race-Paced Swimming Is Not Restricted to the Front Crawl Stroke. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2729–2733. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182429af8>
- López-Álvarez, J., & Sánchez-Sixto, A. (2021). Efectos de la Potenciación Post-Activación con cargas de máxima potencia sobre el rendimiento en sprint y cambio de dirección en jugadores de baloncesto (Effects of Post-Activation Potentiation with maximal power loads on Sprint and Change of Direction p. *Retos*, 41, 648–652. <https://doi.org/10.47197/retos.v41i0.82105>
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., Raglin, J. S., Osborne, M., & Rattray, B. (2017). Elite sprint swimming performance is enhanced by completion of additional warm-up activities. *Journal of Sports Sciences*, 35(15), 1493–1499. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1223329>
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., & Rattray, B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Medicine*, 45(11), 1524. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x>
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., & Rattray, B. (2016). Evaluating warm-up strategies for elite sprint breaststroke swimming performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 975–978. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0581>
- McGowan, C. J., Rattray, B., Thompson, K., Pyne, D., & Raglin, J. (2014). Current warm-up practices and the contemporary issues faced by elite swimming coaches. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(12), e82. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.11.333>
- McGowan, C. J., Thompson, K. G., Pyne, D. B., Raglin, J.

- S., & Rattray, B. (2016). Heated jackets and dryland-based activation exercises used as additional warm-ups during transition enhance sprint swimming performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(4), 354–358. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.04.012>
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches - Beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(3), 156–162. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00349.x>
- Neiva, H. P., Marques, M. C., Barbosa, T. M., Izquierdo, M., & Marinho, D. A. (2014). Warm-up and performance in competitive swimming. *Sports Medicine*, 44(3), 319–330. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0117-y>
- Neiva, H. P., Marques, M. C., Barbosa, T. M., Izquierdo, M., Viana, J. L., & Marinho, D. A. (2017). Effects of 10 min vs. 20 min passive rest after warm-up on 100 m freestyle time-trial performance: A randomized crossover study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(1), 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.04.012>
- Neiva, H. P., Marques, M. C., Barbosa, T. M., Izquierdo, M., Viana, J. L., Teixeira, A. M., & Marinho, D. A. (2015). The Effects of Different Warm-up Volumes on the 100-m Swimming Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(11), 3026–3036. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001141>
- Neiva, H. P., Marques, M. C., Barbosa, T. M., Izquierdo, M., Viana, J. L., Teixeira, A. M., & Marinho, D. A. (2017). Warm-up for Sprint Swimming: Race-Pace or Aerobic Stimulation? A Randomized Study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2423–2431. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001701>
- Neiva, H. P., Marques, M. C., Fernandes, R. J., Viana, J. L., Barbosa, T. M., & Marinho, D. A. (2014). Does warm-up have a beneficial effect on 100-m freestyle? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 145–150. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2012-0345>
- Nepocaty, S., Bishop, P. A., Balilionis, G., Richardson, M. T., & Hubner, P. J. (2010). Acute Effect of Upper-Body Vibration on Performance in Master Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3396–3403. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e8a4fe>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pyne, D. B., Trewin, C. B., & Hopkins, W. G. (2004). Progression and variability of competitive performance of Olympic swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 22(7), 613–620. <https://doi.org/10.1080/02640410310001655822>
- Sarramian, V. G., Turner, A. N., & Greenhalgh, A. K. (2015). Effect of Postactivation Potentiation on Fifty-Meter Freestyle in National Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1003–1009. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000708>
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231–240. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0415-7>
- Stovitz, S. D., Verhagen, E., & Shrier, I. (2017). Misinterpretations of the “p value”: A brief primer for academic sports medicine. *British Journal of Sports Medicine*, 51(16), 1176–1177. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097072>
- Thng, S., Pearson, S., & Keogh, J. W. L. (2019). Relationships Between Dry-land Resistance Training and Swim Start Performance and Effects of Such Training on the Swim Start: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 49(12), 1957–1973. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01174-x>
- Tillin, N., & Bishop, D. J. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its effects on performance. *Sports Medicine*, 39(2), 147–166.
- Vorontsov, A. (2011). Strength and Power Training in Swimming. En *World Book of Swimming: From Science to Performance* (pp. 313–343).
- West, D. J., Dietz, B. M., Bracken, R. M., Cunningham, D. J., Crewther, B. T., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2013). Influence of post-warm-up recovery time on swim performance in international swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 172–176. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.06.002>
- Wilkins, E. L., & Havenith, G. (2017). External heating garments used post-warm-up improve upper body power and elite sprint swimming performance. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 231(2), 91–101. <https://doi.org/10.1177/1754337116650322>
- Wilson, E. E., McKeever, T. M., Lobb, C., Sherriff, T., Gupta, L., Hearson, G., Martin, N., Lindley, M. R., & Shaw, D. E. (2014). Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance. En *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 48, Número 9). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092523>