



## Respuesta térmica de los bíceps y cuádriceps en pruebas de velocidad y fondo en natación

## Thermal response of the biceps and quadriceps in swimming speed and distance tests

Sebastián Mejía Moreno\*

Universidad Autónoma de Querétaro, México

[smejia14@alumnos.uaq.mx](mailto:smejia14@alumnos.uaq.mx)

ORCID: 0009-0000-6996-5060

Omar Trejo Chávez

Universidad Autónoma de Querétaro, México

[otrejo06@alumnos.uaq.mx](mailto:otrejo06@alumnos.uaq.mx)

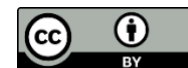
ORCID: 0000-0001-8279-5246

Irving Armando Cruz-Albarrán

Universidad Autónoma de Querétaro, México

[irving.cruz@uaq.mx](mailto:irving.cruz@uaq.mx)

ORCID: 0000-0002-5962-6599



Licencia [Creative Commons Attribution 4.0](#)

International License (CC BY 4.0)

\* Autor de correspondencia

Sección: Artículo de investigación

Fecha de recepción: 06/08/2023 | Fecha de aceptación: 04/12/2023

Referencia del artículo en estilo APA 7ª. edición:

Mejía Moreno, S., Trejo Chávez, O., & Cruz-Albarrán, I. A. (2023). Respuesta térmica de los bíceps y cuádriceps en pruebas de velocidad y fondo en natación. *Transdigital*, 4(8), 1–13. <https://doi.org/10.56162/transdigital274>

## Resumen

La natación es un deporte que demanda la activación de distintos grupos musculares. Una demanda excesiva puede repercutir directamente en la condición del nadador. Por ello, es importante monitorear la actividad muscular. Este estudio tuvo por objetivo evidenciar las diferencias y similitudes de la activación muscular a través de la termografía en los distintos estilos de natación. Se identificó la activación de los diferentes grupos musculares que participan en cada gesto técnico, de cada uno de los estilos de nado. Asimismo, se analizó el aumento térmico en el requerimiento energético de dichas zonas musculares. Se estudiaron diez nadadores de alto rendimiento; cinco hombres y cinco mujeres, quienes fueron divididos de acuerdo con la prueba que realizaron, la velocidad o el fondo. Se usó una cámara termográfica para la recolección de las muestras. Entre las ventajas de esta tecnología se tiene que es una herramienta no invasiva e inócua. Las imágenes se tomaron en un tiempo efectivo de intervención. Se compararon dos grupos musculares: el bíceps del tren superior y el cuádriceps del tren inferior. Durante las dos sesiones de estudio, la alberca estuvo a una temperatura promedio de  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . El análisis de temperaturas antes de las pruebas muestra una temperatura máxima alcanzada de  $32^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por cada grupo muscular estudiado; la diferencia de temperatura entre el bíceps y el cuádriceps fue de  $1^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . El conocimiento de la demanda muscular por zonas puede hacer más objetivo el entrenamiento.

**Palabras clave:** termografía infrarroja, natación, activación muscular.

## Abstract

Swimming is a sport that requires the activation of different muscle groups. Excessive demand can have a direct impact on the swimmer's condition. Therefore, it is important to monitor muscle activity. This study aimed to demonstrate the differences and similarities of muscle activation through thermography in different swimming styles. The activation of the different muscle groups that participate in each technical gesture, of each of the swimming styles, was identified. Likewise, the thermal increase in the energy requirement of these muscle areas was analyzed. Ten high-performance swimmers were studied; five men and five women, who were divided according to the test they performed, speed or distance. A thermal imaging camera was used to collect the samples. Among the advantages of this technology is that it is a non-invasive and harmless tool. The images were taken at an effective intervention time. Two muscle groups were compared: the biceps of the upper body and the quadriceps of the lower body biceps. During the two study sessions, the pool was at an average temperature of  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . The temperature analysis before the tests shows a maximum temperature reached of  $32^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  for each muscle group studied; the temperature difference between the biceps and quadriceps was  $1^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Knowing the muscle demand by zone can make training more objective.

**Keywords:** infrared thermography, swimming, muscle activation.

## 1. Introducción

### 1.1. Métodos de evaluación en natación

Un entrenador siempre buscará un mejor seguimiento integral del rendimiento de sus atletas para desarrollar una mejor técnica que repercuta en la forma deportiva del atleta, con el objetivo de que tenga un buen desempeño durante sus competencias. Para ello existen diversas evaluaciones que se han aplicado en el mundo del deporte y la natación. Se sabe que, a nivel competitivo, el objetivo principal de un nadador es reducir el tiempo en el que nada un estilo con la mejor técnica posible. Según el reglamento de la Federación Internacional de Natación (FINA) hay cuatro maneras o estilos de nadar, que están regulados y suelen distinguirse en competencias: crawl, dorso, mariposa y pecho. Los cuatro estilos mencionados requieren de un control técnico para una buena ejecución (FINA, 2017).

### 1.2. Importancia de la técnica en los estilos de nado

La natación, como alto rendimiento, es un deporte individual donde hay muchas exigencias. Una de las formas en las que se ha evaluado el avance de los nadadores ha sido por el ritmo en el que progresan sus habilidades técnicas y el nivel en el que se encuentran los nadadores. Son evaluados con referencia al número de puntos otorgados por FINA en cada competencia, los cuales como máximo son 1000 puntos. Actualmente, se ha utilizado el método de objetos característicos (COMET, por sus siglas en inglés) para una evaluación más específica hacia los estilos que nadan; así como para evaluar la calidad de progresión de los nadadores a lo largo de la temporada en su técnica de nado. De igual forma, se pueden utilizar métodos de análisis de decisiones multicriterio, basándose en el conocimiento experto de definir una forma de evaluar dicha progresión (Więckowski & Kołodziejczyk, 2020). Sin embargo, también es importante desarrollar una buena técnica de nado, con la correcta dosificación del entrenamiento, para mejorar el rendimiento físico del nadador. Debido a ello se realiza un estudio en el cual usaron el potencial de una Unidad de Medición Inercial de Sacro (IMU, por sus siglas en inglés) para la evaluación del rendimiento en cada fase de natación (*push-off* de la pared, deslizamiento, preparación de trazos y natación) en las cuatro técnicas principales de natación: crawl, dorso, mariposa y pecho. Las variables proporcionadas por la IMU están asociadas al rendimiento de los nadadores y se pueden utilizar para estimar las métricas de los objetivos de la evaluación del rendimiento y la optimización del entrenamiento (Hamidi Rad et al., 2021).

Una buena técnica beneficia el rendimiento del atleta; se realiza para que exista un menor desgaste físico y, por ende, una correcta activación de los grupos musculares involucrados en cada gesto técnico. Dentro de cada uno de los estilos de natación, la activación muscular es la correcta comunicación entre sistema nervioso central y los músculos, generando una adecuada contracción para conseguir un movimiento eficaz del gesto técnico que se está realizando. Cada músculo o grupos musculares se comportan de diferente manera, en dependencia de la necesidad de contracción / frecuencia y eficiencia de uso al ejecutar alguna tarea que involucre en mayor medida la demanda de éstos. El sistema humano es una máquina con funcionamiento biológico (Verkhoshansky, 2004) que

posee una energía finita para desarrollar las acciones en competición. La eficiencia también se conoce como economía de los movimientos y hace referencia a la forma de ser eficaz, pero con el menor esfuerzo físico teniendo un menor coste energético. Debido a ello han aparecido nuevas tecnologías de evaluación en el mundo del deporte. Una de ellas es la termografía, que permite evaluar respuestas fisiológicas asociadas a la temperatura de la piel.

### 1.3. Impacto de la termografía en diversos estudios

Según Cruz-Albarrán et al. (2017) la termografía infrarroja (TI) es una herramienta innovadora y no invasiva que capta la radiación emitida por un cuerpo. Ésta es mostrada en forma de temperatura a través de una imagen térmica. Cabe mencionar que en el dispositivo de TI se pueden tomar imágenes de cuerpo completo o de alguna zona corporal en específico. En los últimos años se ha convertido en una tecnología clave y accesible con múltiples aplicaciones en numerosos campos profesionales. Se ha utilizado para el diagnóstico de eficiencia energética en instalaciones industriales y de edificios, para diagnósticos médicos, investigación, arte y seguridad. Sus principales ventajas son: la técnica no es invasiva, es un proceso rápido, y permite la obtención de datos objetivos para una mejor toma de decisión de manera precisa e inmediata. La termografía es similar a la gammagrafía porque es una técnica de imagen fisiológica más que anatómica.

Diversos estudios enfocados en el área deportiva han implementado el dispositivo de TI, mostrando resultados favorables en la prevención de lesiones, y en la detección de desgaste muscular (Jiménez Gordillo, 2018). En el caso de esta investigación para la comparación de demanda muscular entre distintos ejercicios. El uso de la termografía cada vez va tomando más importancia en el área deportiva porque ha sido muy beneficiosa para identificar signos de lesión antes de que se produzca, permitiendo actuar de manera preventiva durante el proceso de entrenamiento.

En el ámbito de la natación, se ha evaluado a través de la termografía la carga de trabajo de los músculos individuales en el curso de una actividad física en estilo de crawl; específicamente para la prevención, el diagnóstico temprano y la terapia adecuada con respecto a su sobrecarga y lesión, dando como resultado un perfil térmico medio del nadador de tres clubes de natación de élite. Asimismo, Domingues et al. (2021) muestran un estudio que tuvo por objetivo comprobar si se produce un aumento notorio de la temperatura cutánea corporal durante las diferentes técnicas de nado (crawl y espalda), identificando las regiones más afectadas. También analizaron la simetría térmica del atleta, así como su modificación después de la natación. De igual manera evaluaron la precisión de la termografía como método para identificar y distinguir el aumento de temperatura en estos diferentes estilos. Se reclutaron diez nadadores masculinos y se evaluaron dos técnicas de natación diferentes: se observó que la termografía es una herramienta de vital importancia en el ámbito deportivo.

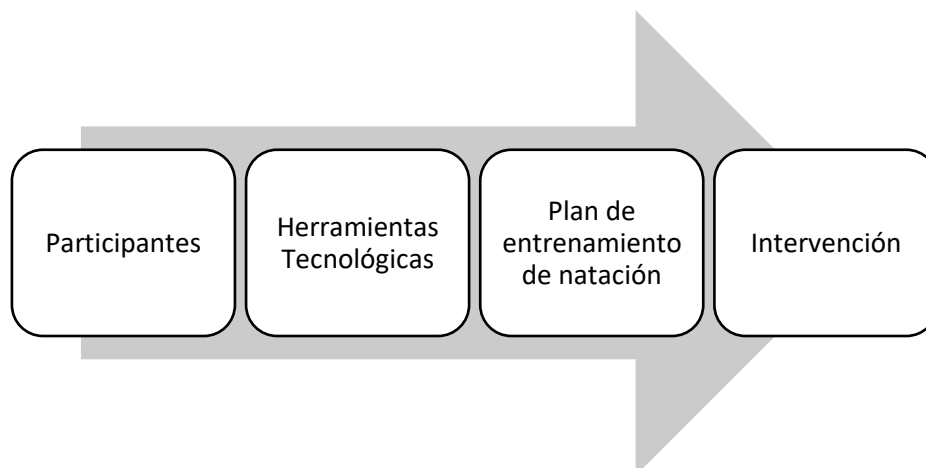
## 2. Método de investigación

### 2.1. Diseño metodológico

El diseño metodológico tuvo cuatro etapas: primero, descripción de los sujetos de evaluación que colaboraron en la investigación; segunda, presentación de las herramientas que se utilizaron para llevar a cabo la investigación de campo; tercera, planificación; y, por último, la intervención con los atletas, explicando cómo se realizó el procedimiento antes, durante y después de las tomas de imágenes termográficas (Figura 1).

Figura 1

*Diseño metodológico*



### 2.2. Participantes

La participación de los sujetos fue totalmente voluntaria. Quienes decidieron participar firmaron un consentimiento informado para la autorización de la toma de imágenes termográficas con fines de investigación. Además, se les entregó una carta de confidencialidad de datos. Se realizó un estudio de campo conformado por diez nadadores de alto rendimiento (cinco hombres y cinco mujeres), los cuales fueron divididos de acuerdo con la prueba que realizaron, velocidad o fondo. La edad promedio fue de  $16 \pm 1.8$  años, un peso de  $60 \pm 1$  kg, una estatura de  $1.70 \pm 0.1$  m, con un índice de masa corporal de  $22 \pm 1.6$ . El proyecto se aprobó por el comité de bioética de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) con el No. de registro lefyd/31.08.21./50.

## 2.3. Herramientas tecnológicas

Para esta investigación se utilizó una cámara termográfica modelo FLIR A310, con una sensibilidad térmica de 0.05 a 30° C, con una resolución infrarroja de 320 x 240 píxeles y un rango espectral entre 7.5 y 13 nanómetros. Para el análisis de las imágenes se hizo uso de una computadora personal HP OMEN con INTEL®, Core i7-9750Hx64, procesador 2.59 GHz con 8.00 GB de RAM. Para medir la temperatura de la alberca se utilizó un termómetro flotante.

## 2.4. Plan de entrenamiento

El plan de entrenamiento se llevó a cabo con el método interválico, que son fases repetidas de un ejercicio físico. Se caracteriza por utilizar los tiempos de descanso como uno de los medios fundamentales para regular la carga de entrenamiento. Esta planificación fue llevada a cabo una vez por semana, durante dos semanas consecutivas. Se nadó cierta distancia con periodos de tiempo de descanso entre cada distancia nadada (Tabla 1). Los atletas de fondo tuvieron 15 segundos de descanso entre las cuatro series de 100 metros, 20 segundos de descanso en la única serie de 400 metros, y 60 segundos de descanso en las 8 series de 50 metros. En cambio, los nadadores de velocidad tuvieron un descanso de 40 segundos entre las 12 series de 50 metros. El método interválico también se aplicó nadando una serie principal (el volumen de entrenamiento para fondistas fue de 1200 metros en total y velocistas 600 metros en total). La carga de entrenamiento realizada fue de 80% - 90%, en el estilo de nado en el que cada uno de ellos estaban especializados. Dicha intensidad se tomó en cuenta porque genera una activación muscular más notoria en cada uno de los músculos que participan en los diferentes estilos de nado (Bompa & Buzzichelli, 2019), debido a que están más cercanos a su 100%. Ese porcentaje hace referencia a un ritmo de nado de competencia, su máxima velocidad. Este mismo se controla de acuerdo con el tiempo que realizan en la prueba en la que son especialistas durante sus competencias o en sus test pedagógicos de acuerdo a la planificación que tienen.

Tabla 1

*Porcentajes de intensidad en el entrenamiento deportivo*

Zona de intensidad	Porcentaje Máximo (%)	Intensidad
1	>100	Super máxima
2	90-100	Máxima
3	80- 90	Fuerte
4	70-80	Medio Fuerte
5	50-70	Media
6	<50	Baja

Bompa & Buzzichelli (2019) definen que la intensidad es la relación con la producción de potencia (consumo de energía y/o trabajo por unidad de tiempo). Refieren que, cuanto mayor trabajo tenga el deportista por unidad de tiempo, mayor será la intensidad. A esa función se le llama activación neuromuscular y está determinada por las cargas externas, velocidad de ejecución, cantidad de fatiga desarrollada y ejercicio realizado, especialidad de cada nadador, y distancia que nadan. El método interválico sirve para elevar el nivel de resistencia. En este método se utilizan los tiempos de descanso (Tabla 1) para regular la carga de entrenamiento. La Tabla 2 muestra el número de participantes estudiados, recordando cómo se dividieron los atletas, por distancia en la cual se desenvuelven competitivamente, el método de entrenamiento utilizado y, por último, cómo fueron dosificadas las cargas para la evaluación por medio de imágenes termográficas.

**Tabla 2**

*Planificación de entrenamiento deportivo de distancias por especialidad*

Participantes	Especialidad	Prueba	Método de entrenamiento	Planificación (Volumen de entrenamiento)
1	Fondista	7.5 km		1x400mts descanso 20 seg,
2	Fondista	5 km		4x100mts descanso 15 seg,
3	Fondista	10 km		8x50mts paso descanso 60 seg) (1200 m)
4	Fondista	7.5 km		
5	Fondista	10 km		
6	Velocista	200 m Pecho		12 x 50 mts, descanso de 40 seg (600m)
7	Velocista	200 m Pecho		
8	Velocista	100m Mariposa	Interválico	
9	Velocista	100 m Pecho		
10	Velocista	200m pecho		

## 2.4. Intervención

Al inicio de la sesión, los sujetos ingresaron a la alberca durante 10 min para regular la temperatura corporal a la temperatura del agua, la cual durante las dos sesiones de análisis estuvo a  $28^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Durante ese tiempo se les dio información del estudio, cómo sería realizado, e indicaciones específicas. Posteriormente, se llevó a cabo la primera toma de imagen termográfica, antes de comenzar actividad. El proceso para la tomas realizadas fue el

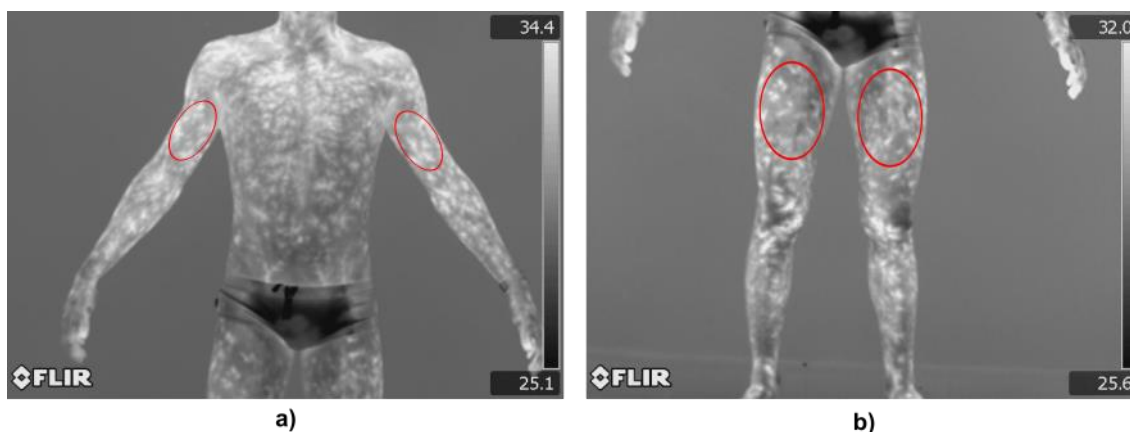
siguiente: recopilación de los datos de cada sujeto, edad, estatura, estilo principal de nado y distancia (Tabla 2). Una vez recopilada la información realizaron un calentamiento específico para adaptarse a las habilidades técnicas de su deporte. En este caso nadaron estilo libre durante 400 metros. Después salían de la alberca para tomar la otra muestra de imagen termográfica. Se les indicó que deberían secarse con una toalla de microfibra suavemente para evitar elevar la temperatura en diversas partes del cuerpo, evitando de esta manera una interpretación imprecisa de la temperatura. Posteriormente, llevaron a cabo una sesión normal, con series de calentamiento y el trabajo que ya tenían planificado dentro de su etapa de preparación. Se evaluó una serie principal en la que los velocistas y fondistas nadaban la distancia como se muestra en la Tabla 1. La toma final se realizó al terminar la serie principal, con el mismo procedimiento: salir de la alberca y secarse con toalla de microfibra sin tallar fuertemente para evitar cambios de temperatura en las partes musculares no involucradas.

## 2.5. Análisis estadístico

Una vez que se tomaron las imágenes termográficas durante la intervención, se procedió a realizar la extracción de temperatura. Para ello se optó por analizar los bíceps y los cuádriceps, tanto derechos como izquierdos (Figura 2). Posteriormente se realizó la prueba de normalidad de datos con base en el método de Shapiro-Wilk. Para conocer las diferencias entre etapas, se realizó un ANOVA de medidas repetidas con pruebas post hoc de Tukey. Asimismo, para conocer las diferencias entre grupos, por región de interés, se utilizó una prueba t de student de muestras no emparejadas.

**Figura 2**

*Regiones de interés analizadas*



Nota. a) Bíceps; b) Cuádriceps.



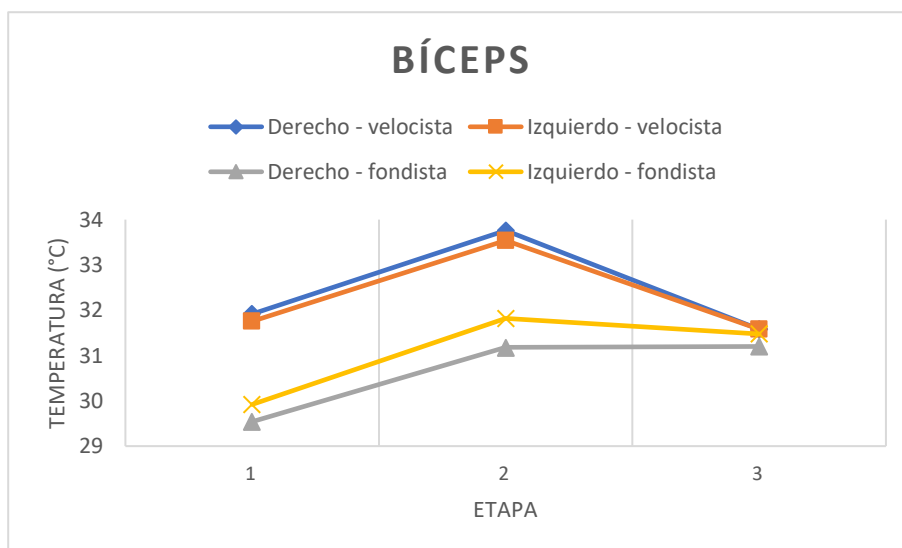
## 3. Resultados

La extracción de datos de temperatura de las regiones de interés (bíceps y cuádriceps) se realizó por medio del software FLIR Tools, de forma manual. Una vez que se obtuvieron los datos térmicos se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y se obtuvo una distribución normal.

Posteriormente, se llevaron a cabo los análisis de medidas repetidas para los bíceps tanto de fondistas como de velocistas (Figura 3). Para el bíceps derecho de los velocistas se encontró un aumento de temperatura de la etapa uno respecto a la dos ( $p = 0.002$ ) y un decremento de temperatura de la etapa tres respecto a la etapa dos ( $p < 0.001$ ). Asimismo, para el bíceps derecho se obtuvo un aumento de temperatura de la etapa uno a la dos ( $p = 0.048$ ). Por otro lado, se observó un decremento de temperatura de la etapa tres respecto a la dos ( $p < 0.001$ ). Para el caso de los fondistas, no se encontraron diferencias significativas entre cada una de las etapas.

Figura 3

*Comportamiento térmico de los bíceps de fondistas y velocistas en cada etapa*



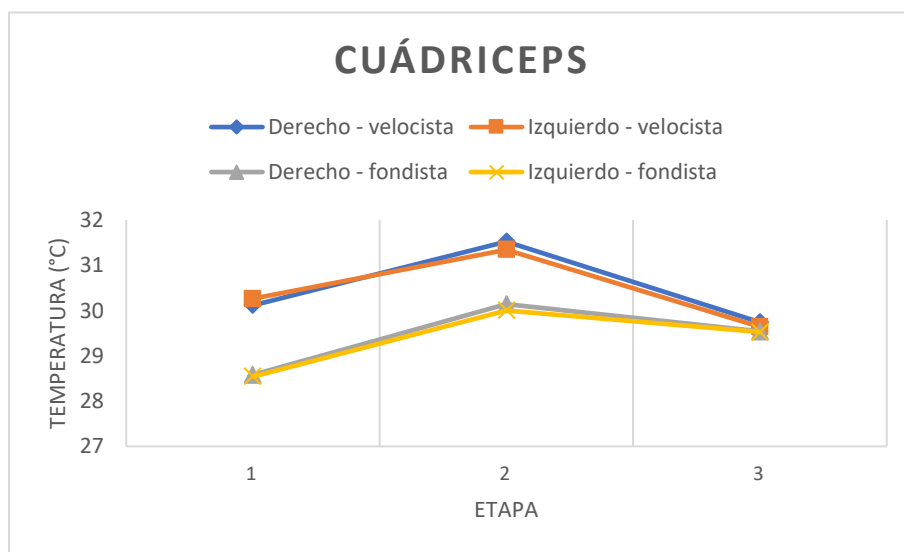
*Nota.* Etapa 1: aclimatación; etapa 2: calentamiento; etapa 3: serie principal.

Los resultados del análisis de temperatura de los cuádriceps se muestran en la Figura 4. Para el cuádriceps derecho de los velocistas se puede observar un incremento de temperatura de la etapa uno a la dos ( $p = 0.041$ ). Por otro lado, de la etapa dos a la tres se observa un decremento de temperatura ( $p = 0.014$ ). Respecto al cuádriceps izquierdo, se puede observar un aumento de temperatura ( $p = 0.05$ ) de la etapa uno a la dos. Para el

caso de la etapa dos a la tres se puede apreciar un decremento de temperatura ( $p = 0.035$ ). Una vez realizado el análisis de datos de los fondistas, de manera similar a los bíceps, no existió ninguna variación de temperatura significativa en ninguna de las etapas.

Figura 4

Comportamiento térmico de los cuádriceps de fondistas y velocistas en cada etapa



## 4. Discusión

En este estudio se compararon dos grupos musculares: el bíceps del tren superior y el cuádriceps del tren inferior. Durante las dos sesiones, la alberca estuvo a una temperatura promedio de  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . La temperatura de la alberca se encuentra dentro del rango  $25^{\circ}\text{C}$  y  $28^{\circ}\text{C}$ , autorizada por la FINA. Durante la primera toma termográfica los resultados fueron de una temperatura máxima de  $32^{\circ}\text{C}$  por cada grupo muscular. La diferencia de temperatura entre el bíceps y el cuádriceps fue de  $1^{\circ}\text{C}$ .

La diferencia de temperatura en la segunda toma (Etapa 2) fue de  $1.7^{\circ}\text{C}$  y  $1.9^{\circ}\text{C}$ . En la misma etapa de la sesión incrementa la mitad de lo que anteriormente se menciona. Durante la tercera toma, que es donde nadan la serie principal (Etapa 3), es menor a la temperatura que ellos alcanzan durante el calentamiento en cada uno de los grupos musculares. Como mencionan Abbiss et al. (2010), en el estudio en el cual examinaron la relación de la temperatura ambiental en la producción de potencia, activación muscular, la temperatura corporal y el esfuerzo físico percibido.

Otro punto muy importante por el cual la cámara infrarroja detecta cambio de temperatura en el cuerpo es por medio de la termogénesis, lo cual se da por un proceso de producción de calor en nuestro organismo, en el cual participa el tejido adiposo. El objetivo de este tejido es convertir la energía del alimento en calor en la cual se utiliza la glucosa y los lípidos. Asimismo, se define la termogénesis como una fuente de producción térmica, que es un proceso homeostático importante para mantener la temperatura corporal cuando el ser humano se enfrenta a bajas temperaturas; juega un papel fundamental también durante la elevación de temperatura. Las principales fuentes de producción de calor metabólico son: la oxidación mitocondrial en el tejido adiposo pardo, el aumento de frecuencia cardíaca y los temblores en el músculo esquelético.

Bompa y Buzzichelli (2019) demuestra que, durante el entrenamiento, el cuerpo y la mente se exponen a factores estresantes debido al volumen e intensidad de éste. Esta diferencia es muy notoria debido a que el atleta genera adaptaciones a nivel de rendimiento a lo largo de todo su periodo de entrenamiento, siempre y cuando sea un entrenamiento planificado, metódico y estimulante. El objetivo de cada plan de entrenamiento bien organizado es inducir adaptaciones que mejoren el rendimiento. Estas adaptaciones al entrenamiento son provocadas por las repeticiones sistemáticas durante las sesiones de ejercicios. Por ende, suceden cambios estructurales y fisiológicos que son el resultado de las demandas específicas que los deportistas imponen a su organismo por las actividades que ejercen, y depende del volumen, intensidad y frecuencia de entrenamiento (Bompa & Buzzichelli, 2019). Por ello, los cambios de temperatura son notorios, ya que existen adaptaciones a nivel fisiológico en cada uno de los atletas, dependiendo si son velocistas o fondistas.

Como ya se ha mencionado anteriormente, un deportista siempre buscará rendimientos superiores. Por ello Bompa y Buzzichelli (2019) menciona que el atleta debe exponerse a un incremento sistemático y progresivo del estímulo de entrenamiento para que se eleven las capacidades psicológicas y de prestación del deportista. Es decir, tiene que superar el umbral de adaptación. Esta adaptación se da debido a que hay una respuesta fisiológica progresiva a largo plazo ante un programa de entrenamiento general y específico del deporte, que el atleta está realizando, y cuya meta es que el deportista sea capaz de soportar las demandas específicas de su competencia. Esta adaptación se produce por una serie de cambios a favor en las funciones del organismo. En este caso, a nivel metabólico ocurre un incremento de adenosín trifosfato (ATP) y fosfocreatina (PCr) en los depósitos musculares, que es la capacidad del músculo para almacenar glucógeno. El resultado es la capacidad muscular de tolerar una acumulación de lactato y retrasar la aparición de fatiga. También hay una adaptación estable o precompetitiva; esta es la fase en la cual mejora el equilibrio entre la carga de trabajo y la compensación. Es decir, entre los elevados factores estresantes y la capacidad para tolerar y recuperarse de ellos. Por ese motivo, tuvieron una elevación mayor de temperatura al inicio de la sesión, ya que a lo largo del entrenamiento su cuerpo fue teniendo esa adaptación a la fatiga, lo cual se reflejó en la disminución de temperatura a nivel muscular.

Debido a eso, cada entrenamiento creó una reacción a las respuestas de adaptación del organismo, que es llamado efecto del entrenamiento (Cooper, 1970). Uno de los tres efectos es llamado *efecto inmediato del entrenamiento*, que es el que Cooper muestra en este caso de estudio, lo cual se detecta durante e inmediatamente

después de una sesión de entrenamiento en forma de una reacción fisiológica a las cargas de trabajo, que son: incremento de latidos, aumento de presión sanguínea, y disminución de la producción de fuerza como resultado de la fatiga.

Por otra parte, la relación entre la fatiga y las ganancias del entrenamiento es un factor 3:1. Esto quiere decir que la fatiga tiene una duración menor, debido a que el tipo de trabajo puede cambiar, dado que un entrenamiento aeróbico es más exigente y por la misma razón genera más fatiga. En el caso positivo de una sesión de entrenamiento, esto es visible después de eliminar la fatiga generada en el calentamiento. Esta relación es observada posterior a la serie principal, que fue en la que los atletas nadaban a una intensidad competitiva. Como se ha mencionado a lo largo del estudio, este tipo de adaptación fisiológica beneficia a los atletas que a nivel competitivo buscan mejorar, con una planificación adecuada, asociada a su deporte, ya sea de velocidad o de resistencia; entonces tendrán adaptaciones fisiológicas y musculares. Cada una de estas adaptaciones van a ayudar a los atletas a mejorar en su rendimiento y tener mejores resultados a nivel personal y competitivo.

## 5. Conclusiones

El objetivo fue evidenciar las diferencias y similitudes en las distintas especialidades de la natación. Cabe mencionar que se estudió a jóvenes con una técnica de nado competitiva. Una mala técnica en personas principiantes o intermedios podría involucrar otros grupos musculares, o aumentar de manera distinta la temperatura corporal. Lo que se logró analizar en este estudio fueron los cambios de temperatura en los bíceps y cuádriceps, en los estilos de nado, de acuerdo con su especialidad, ya sea velocidad o fondo. Se analizó el comportamiento térmico entre ambos músculos, derivado de los diferentes estilos de natación, con el objetivo principal de conocer la activación muscular de los músculos involucrados. Existe interés en que ese tipo de estudio a nivel deportivo, terapéutico y médico siga implementándose por los profesionales del área de la salud y del área deportiva. A los entrenadores les podría beneficiar de muchas maneras, dándoles un mayor enfoque al desarrollo de la técnica en cada uno de los estilos de nado mencionados, o incluso en algún otro deporte, ya que así el atleta tendría un mejor desempeño y evitaría lesionarse. Esto puede ser benéfico para los entrenadores, complementando y confirmando la selección y creación de ejercicios en la especialización de sus nadadores, en su preparación física y desarrollo técnico. Ayudaría también a la prevención de lesiones y rehabilitación, al proveer información de fácil interpretación relacionando la demanda muscular con el estilo ejecutado.

## Referencias

- Abbiss, C. R., Burnett, A., Nosaka, K., Green, J. P., Foster, J. K., & Laursen, P. B. (2010). Effect of hot versus cold climates on power output, muscle activation, and perceived fatigue during a dynamic 100-km cycling trial. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 117-125. <https://doi.org/10.1080/02640410903406216>
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. A. (2019). *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento*. TUTOR.
- Cooper, K. H. (1970). *The New Aerobics*. Bantam Doubleday Dell Publishing Group.
- Cruz-Albarran, I. A., Benitez-Rangel, J. P., Osornio-Rios, R. A., & Morales-Hernandez, L. A. (2017). Human emotions detection based on a smart-thermal system of thermographic images. *Infrared Physics & Technology*, 81, 250-261. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2017.01.002>
- Domingues, A. S., Barbosa, F., Seixas, A., Borgonovo-Santos, M., Pereira, E. M., Vardasca, R., Gabriel, J., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2021). Infrared thermography in swimming: Thermal characterization of swimming technique. En *Research Anthology on Business Strategies, Health Factors, and Ethical Implications in Sports and eSports* (pp. 795-815). IGI Global.
- FINA. *World Aquatics*. Página web oficial de la Federación Internacional de Natación. <https://www.worldaquatics.com/swimming>.
- Hamidi Rad, M., Aminian, K., Gremeaux, V., Massé, F., & Dadashi, F. (2021). Swimming phase-based performance evaluation using a single IMU in main swimming techniques. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.793302>
- Jiménez Gordillo, V. (2018). Diseño de una propuesta metodológica que facilite la detección temprana de alteraciones en extremidades inferiores asociadas a lesiones en el miembro contralateral mediante uso de imágenes infrarojas [Tesis de grado de la Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia]. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10771/T08358.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- Verkhoshansky, Y. (2006). *Teoría y Metodología del Entrenamiento Deportivo*. Paidotribo Editorial.
- Więckowski, J., & Kołodziejczyk, J. (2020). Swimming progression evaluation by assessment model based on the COMET method. *Procedia Computer Science*, 176, 3514-3523 <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.035>
- 
- Mejía Moreno, S., Trejo Chávez, O., & Cruz-Albarrán, I. A. (2023). Respuesta térmica de los bíceps y cuádriceps en pruebas de velocidad y fondo en natación. *Transdigital*, 4(8), 1-13. <https://doi.org/10.56162/transdigital274>