

## El control de los índices biológicos de las cargas físicas: una revisión desde la Natación Control of biological indices of physical loads: a review from Swimming

Ericka Joselyn Hinojosa-García<sup>1</sup>, Alfredo Portela-Sáenz<sup>2</sup>, Dorges Heredia-Guilarte<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Licenciada en Terapia Física. Centro Integral de Fisioterapia, Colima, México. [kia\\_203@hotmail.com](mailto:kia_203@hotmail.com)*

<sup>2</sup> *Doctor en Medicina. Especialista en Medicina Deportiva. Universidad Pedagógica del Caribe, Quintana Roo, México. [aportela052@gmail.com](mailto:aportela052@gmail.com)*

<sup>3</sup> *Doctor en Ciencias de la Cultura Física. Universidad CDEFIS, Michoacán, México. [drdorges@gmail.com](mailto:drdorges@gmail.com)*

### RESUMEN

Los índices biológicos de las cargas físicas en Natación, reflejan las respuestas del organismo ante el esfuerzo, y su control permite optimizar el plan de entrenamiento deportivo. Dada la importancia y actualidad que tiene el control de los índices biológicos de las cargas físicas, en este trabajo se formuló el siguiente problema de investigación: ¿Cómo se controlan los índices biológicos de las cargas físicas en el deporte Natación? Como objetivo general se planteó: elaborar una revisión narrativa de resultados de investigaciones científicas que abordan el tema. Se emplearon los métodos análisis documental, analítico-sintético e inductivo-deductivo. La evidencia científica sugiere que la Natación, demanda de un control sistemático y programado de los índices biológicos para planificar de forma correlacionada los componentes externos e internos las cargas físicas del entrenamiento deportivo, según las exigencias de cada prueba competitiva, estilo e individualidades del deportista, lo cual propicia una preparación sostenida, eficaz y eficiente.

**Palabras clave:** control; índices biológicos: cargas físicas; revisión narrativa; Natación

### ABSTRACT

Biological indexes of physical loads in swimming reflect the body's responses to effort, and their control allows for the optimization of the sports training plan. Given the importance and relevance of the control of biological indexes of physical loads, the following research problem was formulated in this work: How are biological indexes of physical loads controlled in the sport of swimming? The general objective was to prepare a narrative review of the results of scientific research that address the topic. Documentary analysis, analytical-synthetic and inductive-deductive methods were used. Scientific evidence suggests that swimming requires systematic and programmed control of biological indexes to plan in a correlated way the external and internal components of the physical loads of sports training, according to the demands of each competitive test, style and individualities of the athlete, which promotes a sustained, effective and efficient preparation.

**Keywords:** control; biological indices: physical loads; narrative review; Swimming

## INTRODUCCIÓN

El entrenamiento deportivo, como proceso de adaptación fisiológica y mejora del rendimiento, requiere de un monitoreo preciso y constante. Los índices biológicos, al reflejar las respuestas del organismo ante el esfuerzo físico, se erigen como herramientas fundamentales para optimizar los programas de entrenamiento. Entre estos indicadores, la frecuencia cardíaca (FC), el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{máx.}}$ ) y la producción de lactato (LS) han sido ampliamente estudiados debido a su estrecha relación con la intensidad del ejercicio, la capacidad aeróbica y anaeróbica, respectivamente.

La FC, un parámetro fácilmente accesible, proporciona una estimación rápida de la intensidad del ejercicio y permite individualizar las zonas de entrenamiento. El  $VO_{2\text{máx.}}$  por su parte, representa el máximo volumen de oxígeno que un individuo puede consumir por minuto durante el ejercicio máximo y es considerado el estándar de oro para evaluar la capacidad aeróbica. La LS, un subproducto del metabolismo anaeróbico, se relaciona con el umbral anaeróbico y la acumulación de fatiga.

El control de estos índices biológicos permite a los entrenadores y deportistas ajustar de manera precisa la carga de entrenamiento, maximizando los beneficios de la adaptación y minimizando el riesgo de sobreentrenamiento o lesiones. Además, la monitorización continua de estos parámetros facilita la identificación temprana de señales de fatiga o sobrecarga, permitiendo realizar las intervenciones necesarias para asegurar una recuperación adecuada.

El control y la interpretación adecuada de estos indicadores biológicos proporciona a los entrenadores, preparadores físicos e investigadores, herramientas poderosas para la planificación, seguimiento y evaluación de los entrenamientos, permitiendo una adaptación más eficiente a las demandas específicas de cada deporte. Sin embargo, para que estos indicadores sean verdaderamente útiles, es necesario entender las bases fisiológicas que subyacen a cada uno de ellos y la interacción entre ellos durante las diferentes fases del entrenamiento. Además, la variabilidad interindividual en las respuestas fisiológicas a las cargas físicas debe ser tomada en cuenta al interpretar los datos, ya que factores como el clima, el nivel de condición física, la genética, la nutrición, el descanso y el estado psicológico de los deportistas influyen en manera significativa en las mediciones.

En el caso específico de la Natación, se hace imprescindible el control de índices biológicos por sus particularidades. La Natación combina exigencias aeróbicas y anaeróbicas, caracterizándose por su variedad de estilos, distancias y demandas fisiológicas específicas.

Dada la importancia y actualidad que tiene el control de los índices biológicos de las cargas físicas, se considera imprescindible que los profesionales del deporte, en especial los del deporte Natación, conozcan los principales estudios investigativos que aportan conocimientos básicos y actualizados en el tema. De ahí que en esta investigación de tipo teórica-documental se formuló el siguiente **problema de investigación**: ¿Cómo se controlan los índices biológicos de las cargas físicas en el deporte Natación? Como **objetivo general** del trabajo de investigación se plantea: elaborar una revisión narrativa de resultados de investigaciones científicas que abordan el control de los índices biológicos de las cargas físicas en el deporte Natación.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los métodos análisis documental, analítico-sintético e inductivo-deductivo para sistematizar la información científico-técnica actual en la temática.

## DESARROLLO

En esta sección del trabajo se exponen criterios científicos que caracterizan a cada indicador biológico de las cargas de entrenamiento deportivo (frecuencia cardíaca, consumo máximo de oxígeno y producción de lactato) y una síntesis de los resultados de investigaciones científicas donde se controlan estos importantes parámetros fisiológicos en el contexto del deporte Natación.

La **FC**, es uno de los parámetros más utilizados en la monitorización del entrenamiento, refleja la respuesta del sistema cardiovascular ante una carga física determinada. La relación entre la FC y la intensidad del ejercicio permite establecer zonas de entrenamiento que favorecen la mejora de distintos sistemas fisiológicos, como el aeróbico y el anaeróbico. La capacidad de regulación de la frecuencia cardíaca durante la actividad física es un reflejo directo de la eficiencia del sistema cardiovascular, y su monitoreo constante ofrece una perspectiva precisa sobre la intensidad de los entrenamientos y la recuperación del deportista. Sin embargo, la interpretación de la FC en el contexto del entrenamiento requiere un conocimiento profundo de las respuestas individuales y de la variabilidad que puede presentar entre deportistas de distintas disciplinas y niveles de condición física.

A continuación, se describen los principales métodos y tecnologías utilizadas para el control o monitoreo de la FC en el deporte:

- ❖ **Monitores de ritmo cardíaco (MRC):** herramientas como relojes inteligentes y bandas de pecho permiten medir la FC basal, en reposo y máxima durante el esfuerzo. Estos dispositivos ofrecen datos en tiempo real para evaluar la intensidad del entrenamiento.
- ❖ **Electrocardiograma (ECG):** considerado el estándar de referencia para medir la FC, este método se emplea en pruebas ergométricas para un análisis detallado del ritmo cardíaco.

En la tabla 1 se presentan datos con rangos mínimos y máximos de frecuencia cardíaca para nadadores, organizados por diferentes distancias competitivas, elaborada a partir de la sistematización de estudios científicos y datos específicos encontrados en la literatura científica.

**Tabla 1**

*Rangos de frecuencia cardíaca (latidos por minuto - bpm) identificados en nadadores en diferentes distancias competitivas, según fuentes de investigaciones relevantes.*

Distancia competitiva	Mínimo (bpm)	Máximo (bpm)	Fuentes bibliográficas
50-100 metros	140	200	Olstad et al. (2019) Kamandulis et al. (2020)
200-400 metros	130	190	Goss et al. (2020) Sixsmith et al. (2023)
800-1500 metros	120	180	Kamandulis et al. (2020) Goss et al. (2020)

En los datos presentados en la tabla 1 se evidencia que la FC en las distancias más cortas se eleva a valores cercanos al máximo, pues se caracterizan por una alta exigencia anaeróbica. En distancias largas, la FC es más estable debido al predominio del metabolismo aeróbico.

Seguidamente, se presenta un resumen de los resultados de investigaciones relevantes relacionadas con el control o monitorización de la FC en nadadores.

**1. Artículo científico** “Frecuencia cardíaca máxima para nadadores”, de Olstad et al. (2019).

**Hallazgos:** el estudio concluyó que los protocolos para medir la frecuencia cardíaca máxima en Natación no requieren ajuste según la especialidad del nadador (velocidad o medio fondo) y que la FC máxima es ligeramente menor en Natación comparada con carrera. **Metodología:** se realizaron tres pruebas de velocidad máxima en piscina y una en carrera a 12 nadadores élite.

**Conclusión:** las pruebas específicas por deporte son recomendables para evaluar la capacidad aeróbica en nadadores.

**2. Artículo científico** “*Variación en el perfil de frecuencia cardíaca durante una sesión de Natación submáxima prolongada*”, de Goss et al. (2020). **Hallazgos:** se supervisa que la FC de los nadadores se mantiene constante en repeticiones submáximas prolongadas, mientras que el tiempo de completación aumentó, sugiriendo que los entrenadores deben considerar la variabilidad individual en la FC al prescribir intensidades de entrenamiento. **Metodología:** estudio con 12 nadadores que realizaron repeticiones de 91.4 m a un ritmo sostenido, registrándose la FC y tiempo de finalización. **Conclusión:** la variabilidad en FC indica que es necesario un enfoque personalizado para el monitoreo de la intensidad en Natación.

**3. Artículo científico** “*Variabilidad de la frecuencia cardíaca diaria en reposo en nadadores adolescentes durante 11 semanas de entrenamiento*”, de Kamandulis et al. (2020). **Hallazgos:** el estudio concluyó que los protocolos para medir la frecuencia cardíaca máxima en Natación no requieren ajuste según la especialidad del nadador (velocidad o medio fondo) y que la FC máxima es ligeramente menor en Natación comparada con carrera. **Metodología:** se realizaron tres pruebas de velocidad máxima en piscina y una en carrera a 12 nadadores élite. **Conclusión:** las pruebas específicas por deporte son recomendables para evaluar la capacidad aeróbica en nadadores.

**4. Artículo científico** “*Evaluación del uso de la monitorización de la frecuencia cardíaca en nadadores competitivos*”, de Sixsmith et al. (2023). **Hallazgos:** este estudio evaluó la implementación del monitoreo de FC para estimar la intensidad del entrenamiento en nadadores. Encontró que los datos de FC no siempre corresponden con el volumen planeado, indicando que las medidas internas y externas de la intensidad de entrenamiento no son intercambiables. **Metodología:** se empleó un diseño observacional longitudinal, monitoreando a 10 nadadores competitivos durante seis meses, comparando la distribución de la intensidad planificada con los datos de FC en tiempo real. **Conclusión:** las diferencias en las medidas internas y externas de la intensidad sugieren la necesidad de estrategias integradas para el monitoreo de entrenamiento en Natación.

Para cumplir con el objetivo del trabajo, se abordan también consideraciones científico-metodológicas sobre el índice o indicador biológico de consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx.).

El VO<sub>2</sub>máx., por su parte, es un indicador fundamental de la capacidad aeróbica de un individuo. Se refiere a la máxima cantidad de oxígeno que el cuerpo puede utilizar durante el ejercicio intenso y es considerado uno de los mejores reflejos de la eficiencia del sistema cardiovascular y respiratorio. La mejora del VO<sub>2</sub>máx., es uno de los principales objetivos de los entrenamientos aeróbicos, ya que una mayor capacidad de transporte y utilización de oxígeno implica una mayor eficiencia energética y, por ende, un mayor rendimiento físico en esfuerzos prolongados. En este sentido, el VO<sub>2</sub>máx es ampliamente utilizado tanto en la evaluación del estado físico inicial de los deportistas como en la determinación de la efectividad de un programa de entrenamiento.

A continuación, se describen los principales **métodos y tecnologías** utilizadas para el control o monitoreo del VO<sub>2</sub>máx. en el deporte:

- ❖ **Pruebas directas y dispositivos de análisis de gases:** equipos de laboratorio como los analizadores portátiles permiten mediciones precisas del VO<sub>2</sub> máx. mediante protocolos de ejercicio progresivo.
- ❖ **Estimaciones indirectas:** métodos como la relación FC-VO<sub>2</sub> o la fórmula de extrapolación basada en la edad son usados para calcular el VO<sub>2</sub>máx. en escenarios donde los equipos sofisticados no están disponibles.

**Tabla 2**

*Rangos de consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx) identificados en nadadores en diferentes distancias competitivas, según fuentes de investigaciones relevantes.*

Distancia competitiva	Mínimo (ml/kg/min.)	Máximo (ml/kg/min.)	Fuentes bibliográficas
50-100 metros	55	70	Kimura et al. (1990) Sousa et al. (2014)
200-400 metros	60	75	Fernandes & Vilas-Boas (2012) Li et al. (2022)
800-1500 metros	65	85	Bojan et al. (2011) Kimura et al. (1990)

Respecto a los datos de VO<sub>2</sub>máx. de la tabla 2, es importante resaltar que los nadadores élites de distancias largas tienden a exhibir mayores valores de VO<sub>2</sub>máx., demostrando una mayor capacidad aeróbica.

Por otra parte, se presenta también un resumen de los resultados de investigaciones relevantes relacionadas con el control o monitorización del  $VO_{2max}$  en nadadores.

**1. Artículo científico** “*Natación simulada: una herramienta útil para evaluar el  $VO_2$  Max de nadadores en el laboratorio*”, de Kimura et al. (1990). **Hallazgos:** el protocolo de Natación simulada en laboratorio alcanzó el 91% del  $VO_2$  máximo de la Natación con tethering, mostrando su validez como alternativa. **Metodología:** comparación de protocolos de  $VO_2$  máx en laboratorio y en piscina con mediciones cardiorrespiratorias. **Conclusión:** la simulación de Natación es confiable y válida para evaluar el  $VO_2$  máximo en entornos controlados.

**2. Artículo científico** “*Tiempo hasta el agotamiento a la velocidad máxima de  $VO_2$  en Natación.*”, de Fernandes y Vilas-Boas (2012). **Hallazgos:** los nadadores de élite mantuvieron la intensidad de  $VO_{2max}$  entre 215 y 260 segundos, influenciados por parámetros biomecánicos. **Metodología:** pruebas de nado hasta el agotamiento en velocidades de  $VO_2$  máx con análisis de parámetros metabólicos y biomecánicos. **Conclusión:** la economía y el índice de brazada son determinantes clave en la capacidad aeróbica máxima.

**3. Artículo científico** “*Cinética del  $VO_2$  durante el ejercicio intenso y pesado en Natación*”, de Filho et al. (2012). **Hallazgos:** la cinética del  $VO_2$  diferenció entre intensidades moderadas y severas, observándose  $VO_2$  máximo solo por encima del punto de compensación respiratoria. **Metodología:** transiciones de intensidad constante en piscina para analizar cinética de  $VO_2$  por oxímetro pulmonar. **Conclusión:** el punto de compensación respiratoria define límites fisiológicos para ejercicios severos en Natación.

**4. Artículo científico** “*Cinética del  $VO_2$  y contribuciones metabólicas al nadar al 95, 100 y 105 % de la velocidad del  $VO_2$  máx.*”, de Sousa et al. (2014). **Hallazgos:** la contribución aeróbica disminuyó con velocidades cercanas al  $VO_2$  máximo, mientras que el componente metabólico se ajustó a la intensidad. **Metodología:** protocolos incrementales y de intensidad constante con análisis telemétrico de  $VO_2$ . **Conclusión:** los ajustes cardiovasculares y metabólicos son consistentes en intensidades cercanas al  $VO_2$  máx.

**5. Artículo científico** “*Cambios en el  $VO_{2max}$  causados por el ejercicio aeróbico en nadadores*”, de Li et al. (2023). **Hallazgos:** el entrenamiento aeróbico y de fuerza incrementó significativamente el  $VO_2$  máximo de los nadadores en comparación con entrenamiento regular. **Metodología:** pruebas de  $VO_2$  máx antes y después de un protocolo de entrenamiento aeróbico

y de fuerza. **Conclusión:** las intervenciones de fuerza y aeróbicas mejoran la capacidad aeróbica y competitiva.

Seguidamente, se abordan consideraciones científico-metodológicas sobre el índice o indicador biológico producción de lactato (LS).

La LS, es otro de los indicadores fisiológicos de gran importancia en el entrenamiento deportivo, particularmente en disciplinas de alta intensidad. La acumulación de lactato en la sangre es un resultado de la actividad anaeróbica, y su medición permite conocer el umbral de lactato, es decir, el punto en el que el cuerpo comienza a producir lactato más rápidamente de lo que puede eliminarlo. Este umbral es crucial para comprender la tolerancia al esfuerzo de los deportistas y ajustar las cargas de entrenamiento en función de la capacidad del atleta para mantener intensidades cercanas a dicho umbral sin experimentar una fatiga prematura. La medición de la producción de lactato se ha consolidado como una herramienta clave en el diseño de entrenamientos específicos de resistencia anaeróbica y en la personalización de programas de preparación física en deportes de resistencia y fuerza explosiva.

A continuación, se describen los principales **métodos y tecnologías** utilizadas para el control o monitoreo de la LS en el deporte:

- ❖ **Medición directa de lactato sanguíneo:** utilizando analizadores portátiles, el lactato se mide durante y después del ejercicio, indicando los umbrales aeróbicos y anaeróbicos.
- ❖ **Correlación con VO<sub>2</sub>máx.:** el lactato guarda relación con la capacidad aeróbica máxima, proporcionando información adicional sobre la eficiencia metabólica.

**Tabla 3**

*Rangos de producción de lactato (LS) identificados en nadadores en diferentes distancias competitivas, según fuentes de investigaciones relevantes.*

<b>Distancia competitiva</b>	<b>Mínimo (mmol/L)</b>	<b>Máximo (mmol/L)</b>	<b>Fuentes bibliográficas</b>
50-100 metros	4.0	12.0	Bonifazi et al. (1993) Arsoniadis et al. (2019)
200-400 metros	3.5	10.0	Campos et al. (2017) Pelayo et al. (2004)
800-1500 metros	2.5	8.0	Pelayo et al. (2004) Stavrianeas & Stephenson (2007)

En referencia a los datos de la tabla 3, es necesario revelar que los niveles más altos de lactato se observan en distancias cortas, debido a la activación predominante de la glucólisis anaeróbica.

Por consiguiente, se presenta un resumen de los resultados de investigaciones relevantes relacionadas con el control o monitorización de la LS en nadadores.

**1. Artículo científico** *“Un estudio comparativo de las pruebas de lactato en sangre en Natación”*, de Keskinen et al. (1989). **Hallazgos:** diferentes protocolos para evaluar el lactato producen resultados similares para las velocidades equivalentes al umbral anaeróbico, pero mostró variabilidad en el rango anaeróbico superior. **Metodología:** aplicación de pruebas de 100, 300 y 400 m con medición de lactato y frecuencia cardíaca. **Conclusión:** los protocolos combinados permiten una evaluación integral de la capacidad anaeróbica y aeróbica.

**2. Artículo científico** *“Acumulación de lactato en sangre en nadadores de alto nivel después de la competición”*, de Bonifazi et al. (1993). **Hallazgos:** la acumulación de lactato mostró una relación directa con las velocidades en competencias y las distancias nadadas, siendo más alta en eventos cortos. **Metodología:** aplicación de muestreo auricular de lactato en 421 muestras post-competencia en 203 nadadores élite. **Conclusión:** las concentraciones de lactato reflejan aptitudes individuales y estrategias de entrenamiento.

**3. Artículo científico** *“Monitoreo del umbral de lactato en nadadores de alto rango mundial”*, de Pyne et al. (2001). **Hallazgos:** se observaron cambios en el umbral de lactato (LT) durante la temporada, mostrando una mejora antes de competencias clave. Sin embargo, estas mejoras no se correlacionaron directamente con el rendimiento competitivo. **Metodología:** aplicación de cargas de 7x200 m para determinar el LT en cuatro puntos de la temporada en nadadores de nivel mundial. **Conclusión:** aunque el LT mejoró con el entrenamiento, no se observaron mejoras directas en el rendimiento competitivo.

**4. Artículo científico** *“Mediciones de recuperación de lactato en sangre, entrenamiento y rendimiento durante un período de 23 semanas de Natación competitiva”*, de Pelayo et al. (2004). **Hallazgos:** la recuperación de lactato se correlacionó con las fases aeróbicas y anaeróbicas del entrenamiento, mostrando signos de sobreentrenamiento al final de la temporada. **Metodología:** aplicación de pruebas de lactato con recuperación pasiva en diferentes fases del entrenamiento de seis nadadores. **Conclusión:** la recuperación de lactato es un marcador útil para ajustar las cargas de entrenamiento y evitar el sobreentrenamiento.

**5. Artículo científico** “*La prueba de lactato revisada: un indicador confiable del progreso del entrenamiento para todos los nadadores*”, de Stavrianeas et al. (2007). **Hallazgos:** el umbral de lactato mostró mejoras significativas en nadadores intermedios, correlacionadas con un mejor rendimiento. **Metodología:** aplicación de pruebas periódicas de 5x200 m con medición de lactato utilizando analizadores portátiles. **Conclusión:** los analizadores portátiles son herramientas eficaces y económicas para monitorear el progreso en Natación.

Las diferencias entre los rangos mínimos y máximos identificados para la FC, el VO<sub>2</sub>máx. y la LS en nadadores pueden explicarse por varios factores basados en las fuentes bibliográficas analizadas.

## 1. Factores fisiológicos y adaptaciones al entrenamiento

### En cuanto a la frecuencia cardíaca:

- ❖ Las diferencias en la frecuencia cardíaca mínima y máxima reflejan las variaciones en el nivel de entrenamiento aeróbico y anaeróbico. Por ejemplo, nadadores más entrenados tienden a tener frecuencias cardíacas en reposo más bajas debido a una mayor eficiencia cardíaca (Kamandulis et al., 2020).
- ❖ Durante esfuerzos máximos (p. ej., distancias cortas como 50-100 metros), las frecuencias cardíacas alcanzan valores más altos debido a una mayor demanda de oxígeno y metabolismo anaeróbico (Olstad et al., 2019).

### En cuanto al consumo máximo de oxígeno:

- ❖ Las diferencias de VO<sub>2</sub>máx entre distancias reflejan la relación entre el metabolismo aeróbico y anaeróbico predominante en cada evento. Las distancias más largas (800-1500 metros) dependen más del metabolismo aeróbico, lo que requiere un VO<sub>2</sub>máx más alto (Fernandes & Vilas-Boas, 2012).
- ❖ En distancias cortas, el VO<sub>2</sub>máx sigue siendo relevante, pero el sistema anaeróbico tiene un papel predominante, reduciendo la necesidad de alcanzar niveles máximos de consumo de oxígeno (Kimura et al., 1990).

### En cuanto a la producción de lactato:

- ❖ Los valores de lactato reflejan el tipo de metabolismo predominante. En distancias cortas (50-100 metros), el metabolismo anaeróbico genera altos niveles de lactato debido a la rápida acumulación de ácido láctico en ausencia de suficiente oxígeno (Bonifazi et al., 1993).
- ❖ En distancias largas (800-1500 metros), los valores de lactato son más bajos debido a la predominancia del metabolismo aeróbico, que utiliza mecanismos más eficientes de eliminación de lactato (Pelayo et al., 2004).

## 2. Tipos de pruebas y protocolos utilizados en los estudios

Las diferencias en los rangos también pueden atribuirse a las metodologías empleadas en los estudios analizados. Algunos autores utilizaron pruebas de laboratorio (como Natación simulada en ergómetros), mientras que otros analizaron valores en competencias reales. Estas diferencias metodológicas influyen en las mediciones de parámetros fisiológicos:

- ❖ **Frecuencia cardíaca:** pruebas en situaciones controladas tienden a registrar valores más bajos en comparación con condiciones de competición real (Sixsmith et al., 2023).
- ❖ **Consumo máximo de oxígeno:** protocolos de ejercicio continuo versus intermitente afectan los niveles medidos, especialmente en distancias largas (Sousa et al., 2014).
- ❖ **Producción de lactato:** las pruebas de lactato dependen del momento de la toma (inmediatamente después del esfuerzo o durante la recuperación), lo que puede causar variabilidad en los valores reportados (Stavrianeas & Stephenson, 2007).

## 3. Variabilidad Individual de los Nadadores

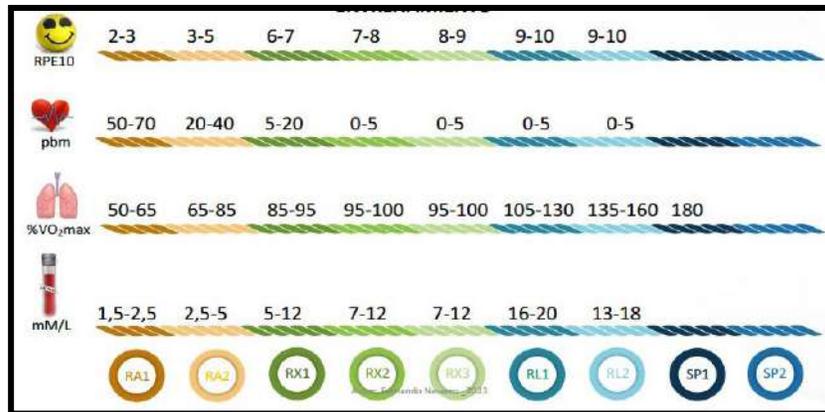
Los valores establecidos reflejan la heterogeneidad entre los nadadores en términos de:

- ❖ **Nivel de experiencia:** nadadores élite muestran menores frecuencias cardíacas en reposo, mayores  $VO_{2max}$  y mejor tolerancia al lactato que nadadores de niveles intermedios (Goss et al., 2020).
- ❖ **Edad y sexo:** factores como la edad y el sexo afectan significativamente la capacidad aeróbica, anaeróbica y la frecuencia cardíaca. Por ejemplo, nadadores adolescentes tienen valores de frecuencia cardíaca máxima más altos que adultos (Kamandulis et al., 2020).

Por último, se muestran en las figuras 1, 2 y 3, ejemplos de cómo se emplean y correlacionan los índices biológicos de FC, VO<sub>2</sub>máx y LS con los componentes externos de las cargas o contenidos para establecer zonas de entrenamiento en la Natación.

### Figura 1

*Ejemplo de estimación de rangos de índices biológicos de intensidad de las cargas (contenidos) físico-técnicas en la Natación de alto rendimiento.*

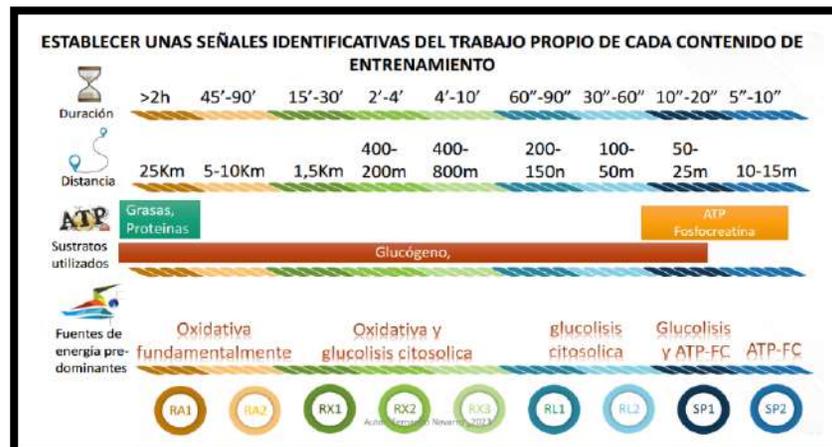


Fuente: Navarro (2023).

**Leyenda:** RA1-Resistencia Aerobia 1, RA2-Resistencia Aerobia 2, RX1-Resistencia Mixta 1, RX2-Resistencia Mixta 2, RX3-Resistencia Mixta 3, RL1-Resistencia Láctica 1, RL2-Resistencia Láctica 2, SP1-Sprint 1, SP2-Sprint 2, RPE10-Percepción del Esfuerzo en escala de 10 puntos, pbm-Pulsaciones por debajo de la frecuencia cardíaca máxima por minuto, %VO<sub>2</sub>máx- Porcentaje del Máximo Consumo de Oxígeno, mM/L-Concentración de Lactato.

### Figura 2

*Ejemplo de estimación de rangos de duración y volumen en distancias de las cargas físico-técnicas en la Natación de alto rendimiento.*



Fuente: Navarro (2023).

**Leyenda:** RA1-Resistencia Aerobia 1, RA2-Resistencia Aerobia 2, RX1-Resistencia Mixta 1, RX1-Resistencia Mixta 2, RX1-Resistencia Mixta 3, RL1-Resistencia Láctica 1, RL1-Resistencia Láctica 2, SP1-Sprint 1, SP1-Sprint 2.

### Figura 3

*Ejemplo de plan de estimación de índices externos e internos (biológicos) de las cargas físico-técnicas en zonas energéticas de potencia y capacidad anaerobias en la Natación de alto rendimiento.*

ZONAS DE ENTRENAMIENTO	Duración del estímulo (mm:ss)	Distancia del estímulo (m)	Velocidad	Descanso (min:ss)	Volumen por serie (m)	Descanso por serie (mm:ss)	Volumen total (m)	Frecuencia cardiaca (bpm)	Concentración lactato (mM/l)	Ejemplos de tareas
PAE	2:00-3:00	150-200	V <sub>alt</sub>	1:00-3:00	600	5:00-10:00	1000-1600	>185	>6	2x(3x200/3:00)/10:00
	0:30-2:00	50-100		0:15-0:45	300-500					2x(4x100/0:15)/5:00
CLA	1:00-2:00	100-150	V <sub>alt</sub>	1:00-3:00	400-800	7:00-10:00	1000-2000	Máx.	>8	3x(4x100/3-2-1)/10:00
	0:30-0:45	50-75		0:10-0:15	200-400	4:00-8:00				3x(6x75/0:15)/8:00
PLA	0:45-1:00	75-100	V <sub>alt</sub>	1:30-3:00	200-300	8:00-15:00	600-1000	Máx.	>8	3x(3x75/1:30)/10:00
	0:30	50	V <sub>sub</sub>	0:30	150-200					4x(3x50/0:30)/10:00
CAL	0:20	25-40	V <sub>max</sub> -V <sub>sub</sub>	3:00	-	-	200-400	-	4-6	8x25/3:00
			V <sub>sub</sub>	1:00	100	3:00-4:00				3x(4x25/1:00)/4:00
	0:10	15-20	V <sub>sub</sub>	0:30	-	-				10x15/0:30
PAL	<0:10	15-20	V <sub>max</sub>	3:00	-	-	200-300	-	2-4	10x15/3:00
				1:00	30-60	5:00-7:00				4x(3x15/1:00)/5:00

**Fuente:** Navarro (2010).

**Leyenda:** PAL- Potencia Anaeróbica Aláctica, CAL- Capacidad Anaeróbica Aláctica, PLA- Potencia Anaeróbica Láctica, CLA- Capacidad Anaeróbica Láctica, PAE-Potencia Aeróbica.

### CONCLUSIONES

Se elaboró una revisión narrativa de resultados de investigaciones científicas que abordan el proceso de control de los índices biológicos de las cargas físicas en el deporte Natación, en especial los de frecuencia cardiaca, consumo máximo de oxígeno y producción de lactato, por ser los principales parámetros.

La evidencia científica sugiere que la Natación, requiere del control sistemático y programado de estos índices biológicos para planificar de forma correlacionada los componentes externos e internos las cargas físicas del entrenamiento deportivo, según las demandas de cada prueba, estilo e individualidades del deportista. Por tanto, esto no solo mejora el rendimiento, sino que

también brinda marcadores para monitorizar y proteger la salud del nadador, lo cual propicia una preparación sostenida, eficaz y eficiente.

## REFERENCIAS

- Arsoniadis, G., Nikitakis, I., Botonis, P., Malliaros, I. y Toubekis, A. (2019). Validación de parámetros fisiológicos y biomecánicos durante la Natación continua a una velocidad correspondiente al umbral de lactato. *Actas*. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019025004>
- Bojan, J., Miloš, P., Tomislav, O., y Nataša, M. (2011). Importancia del consumo máximo de oxígeno durante la Natación. *Facta universitatis. Serie educación física y deporte* , 9, 183-191.
- Bonifazi, M., Martelli, G., Marugo, L., Sardella, F. y Carli, G. (1993). Acumulación de lactato en sangre en nadadores de alto nivel después de una competición. *The Journal of sports medicine and physical fitness* , 33 1, 13-8.
- Campos, E., Kalva-Filho, C., Gobbi, R., Barbieri, R., Almeida, N., & Papoti, M. (2017). Contribución anaeróbica determinada en distancias de Natación: relación con el rendimiento. *Frontiers in Physiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00755>
- Fernandes, R., y Vilas-Boas, J. (2012). Tiempo hasta el agotamiento a la velocidad máxima de VO<sub>2</sub> en Natación: una revisión. *Journal of Human Kinetics*, 32, 121-134. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0029-1>
- Fernandes, R., Cardoso, C., Soares, S., Ascensão, A., Colaço, P. y Vilas-Boas, J. (2003). Límite de tiempo y componente lento del VO<sub>2</sub> en intensidades correspondientes al VO<sub>2</sub>máx en nadadores. *Revista Internacional de Medicina Deportiva*, 24, 576 - 581. <https://doi.org/10.1055/s-2003-43274>
- Filho, D., Alves, F., Reis, J., Greco, C., y Denadai, B. (2012). Cinética del VO<sub>2</sub> durante el ejercicio intenso y pesado en Natación. *Revista internacional de medicina deportiva*, 33, 744-748. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299753>
- Goss, C., Greenshields, J., Brammer, C., Kojima, K., Wright, B., Chapman, R. y Stager, J. (2020). Variación en el perfil de frecuencia cardíaca durante un combate de Natación submáximo

- prolongado. *Revista internacional de fisiología y rendimiento deportivo*, 1-4. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0895>
- Kamandulis, S., Juodsukis, A., Stanislovaitienė, J., Zuoziene, I., Bogdelis, A., Mickevicius, M., Eimantas, N., Snieckus, A., Olstad, B., y Venckunas, T. (2020). Variabilidad diaria de la frecuencia cardíaca en reposo en nadadores adolescentes durante 11 semanas de entrenamiento. *Revista internacional de investigación medioambiental y salud pública*, 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17062097>
- KI, K., Komi, P. y Rusko, H. (1989). Un estudio comparativo de las pruebas de lactato en sangre en Natación\*. *Revista internacional de medicina deportiva*, 10, 197-201. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024900>
- Kimura, Y., et al. (1990). Natación simulada: una herramienta útil para la evaluación del VO<sub>2</sub>máx de nadadores en el laboratorio. *British Journal of Sports Medicine*, 24, 201 - 206. <https://doi.org/10.1136/bjism.24.3.201>
- Li, T., Jiang, L. y Li, L. (2022). Cambios en el VO<sub>2</sub>máx producidos por el ejercicio aeróbico en nadadores. *Revista Brasileira de Medicina del Deporte*. [https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022\\_0319](https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0319)
- Mitchell, J., y Huston, J. (1993). El efecto del calentamiento de alta y baja intensidad en las respuestas fisiológicas a un rendimiento de Natación estandarizada y Natación atada. *Journal of sports sciences*, 11(2), 159-65. <https://doi.org/10.1080/02640419308729979>
- Navarro, F. (2023). La unidad ciclica de entrenamiento como recurso para la planificación [conferencia]. *Certificación en modelos de planificación del entrenamiento deportivo*, Universidad CDEFIS, Morelia, México.
- Navarro, F. et al. (2010). *Planificación del entrenamiento y su control*. Cultivalibros.
- Olstad, B., Bjørlykke, V. y Olstad, D. (2019). Frecuencia cardíaca máxima para nadadores. *Deportes*, 7. <https://doi.org/10.3390/sports7110235>

- Pelayo, P., Mujika, I., Sidney, M., y Chatard, J. (2004). Mediciones de recuperación de lactato sanguíneo, entrenamiento y rendimiento durante un período de 23 semanas de Natación competitiva. *Revista Europea de Fisiología Aplicada y Fisiología Ocupacional*, 74, 107-113. <https://doi.org/10.1007/BF00376502>
- Pyne, D., Lee, H. y Swanwick, K. (2001). Monitorización del umbral de lactato en nadadores de primer nivel mundial. *Medicina y ciencia en deportes y ejercicio*, 33(2), 291-7. <https://doi.org/10.1097/00005768-200102000-00019>
- Sixsmith, H., Crowcroft, S. y Slattery, K. (2023). Evaluación del uso de la monitorización de la frecuencia cardíaca para nadadores de competición. *Revista internacional de fisiología y rendimiento deportivo*, 1-7. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2023-0009>
- Solana, M., Morales, J., Buscà, B., Carbonell, M., & Rodríguez, L. (2019). Heart-Rate Variability in Elite Synchronized Swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 14 4, 464-471. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2018-0538>
- Sousa, A., Vilas-Boas, J., y Fernandes, R. (2014). Cinética del VO<sub>2</sub> y contribuciones metabólicas al nadar al 95, 100 y 105 % de la velocidad del VO<sub>2</sub>máx. *BioMed Research International*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/675363>
- Starling, R., Costill, D., Trappe, T., Jozsi, A., Trappe, S. y Goodpaster, B. (1995). Efecto del diseño del traje de baño en las demandas energéticas de la Natación. *Medicina y ciencia en deportes y ejercicio*, 27(7), 1086-9. <https://doi.org/10.1249/00005768-199507000-00019>
- Stavrianeas, S. y Stephenson, A. (2007). Revisión de las pruebas de lactato: un indicador fiable del progreso del entrenamiento para todos los nadadores. *Revista internacional de investigación y educación acuática*, 1, 7. <https://doi.org/10.25035/IJARE.01.01.07>
- Yamamura, C., Miyagi, O., Zushi, S., Ishiko, T., Matsui, N., y Kitagawa, K. (1998). Intensidad del ejercicio durante una rutina libre en nadadores sincronizados bien entrenados. *Revista Japonesa de Aptitud Física y Medicina Deportiva*, 47, 199-207. <https://doi.org/10.7600/JSPFSM1949.47.199>