



Efectos del entrenamiento interválico acuático sobre la resistencia cardiorrespiratoria en nadadores universitarios

Effects of aquatic interval training on cardiorespiratory endurance in university swimmers

Efeitos do treino intervalado aquático na resistência cardiorrespiratória em nadadores universitários

Sorayda Adriana Ramos Marcial ^I
sorayda.ramosmarcial6352@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-0608-8240>

Jimmy Alexander Muñoz Parrales ^{III}
jimmy.munizparrales1711@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-6274-1557>

Byron Bertony Chilán Díaz ^{II}
byron.chilandiaz8796@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-9327-802X>

Angie Nicole Soledispa Carreño ^{IV}
angie.soledispacarreno5437@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-6861-7538>

Geoconda Xiomara Herdoiza Moran ^V
gxherdoiza@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-1017-6593>

Correspondencia: sorayda.ramosmarcial6352@upse.edu.ec

Ciencias del Deporte
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 26 de septiembre de 2025 * **Aceptado:** 26 de octubre de 2025 * **Publicado:** 22 de noviembre de 2025

- I. Estudiante de Entrenamiento Deportivo, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- II. Estudiante de Entrenamiento Deportivo, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- III. Estudiante de Entrenamiento Deportivo, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- IV. Estudiante de Entrenamiento Deportivo, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- V. Magíster de la carrera de Entrenamiento Deportivo, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.

Resumen

La resistencia cardiorrespiratoria constituye un componente determinante del rendimiento en la natación, y diversas investigaciones recientes han puesto de manifiesto el potencial del entrenamiento interválico de alta intensidad en medio acuático (A-HIIT) como una alternativa eficiente frente a los métodos continuos tradicionales. A pesar de ello, persisten vacíos en la literatura respecto a su efectividad en poblaciones universitarias y, especialmente, en relación con la magnitud de las adaptaciones fisiológicas alcanzadas tras periodos breves de intervención. En este contexto, el presente estudio tuvo como propósito analizar el efecto de seis semanas de A-HIIT sobre el $\text{VO}_2\text{máx.}$, la ventilación y la variabilidad del rendimiento en nadadores universitarios.

Se implementó un diseño cuasiexperimental con la participación de 10 nadadores universitarios, quienes completaron un programa A-HIIT compuesto por dos sesiones semanales. Las evaluaciones incluyeron mediciones de $\text{VO}_2\text{máx.}$, ventilación voluntaria máxima y métricas de homogeneidad del rendimiento, aplicadas antes y después del periodo de intervención. La información recopilada fue procesada mediante estadística descriptiva, pruebas t pareadas y análisis del tamaño del efecto, con el fin de determinar la magnitud real de los cambios obtenidos. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en el $\text{VO}_2\text{máx.}$ ($p < 0,05$) y en la capacidad ventilatoria, acompañadas de tamaños del efecto considerados grandes, lo que respalda la eficacia de los estímulos interválicos aplicados en el medio acuático. Asimismo, se observó una disminución de la variabilidad interindividual en el rendimiento tras la intervención, indicando que los participantes respondieron de manera más homogénea al programa aplicado. Estos hallazgos resaltan el valor del A-HIIT como estrategia de entrenamiento para optimizar la función cardiorrespiratoria en nadadores universitarios y sugieren la necesidad de desarrollar investigaciones futuras con muestras más amplias, la inclusión de grupos control y periodos de intervención prolongados con el fin de profundizar en la sostenibilidad y generalización de los efectos observados.

Palabras Clave: Prueba A-HIIT; cardiorrespiratorio; intervalos; $\text{VO}_2\text{máx.}$; nadadores universitarios; progresión; espirometría; antropometría.

Abstract

Cardiorespiratory endurance is a key component of swimming performance, and several recent studies have highlighted the potential of aquatic high-intensity interval training (A-HIIT) as an efficient alternative to traditional continuous training methods. However, gaps remain in the literature regarding its effectiveness in university populations, particularly concerning the magnitude of physiological adaptations achieved after short intervention periods. In this context, the present study aimed to analyze the effect of six weeks of A-HIIT on $VO_2\text{max}$, ventilation, and performance variability in university swimmers.

A quasi-experimental design was implemented with the participation of 10 university swimmers, who completed an A-HIIT program consisting of two sessions per week. Assessments included measurements of $VO_2\text{max}$, maximum voluntary ventilation, and performance homogeneity metrics, administered before and after the intervention period. The collected data were processed using descriptive statistics, paired t-tests, and effect size analysis to determine the true magnitude of the changes observed.

The results showed significant improvements in $VO_2\text{max}$ ($p < 0.05$) and ventilatory capacity, accompanied by large effect sizes, supporting the effectiveness of the interval training applied in the aquatic environment. Furthermore, a decrease in interindividual variability in performance was observed after the intervention, indicating that participants responded more homogeneously to the program. These findings highlight the value of A-HIIT as a training strategy to optimize cardiorespiratory function in university swimmers and suggest the need for future research with larger samples, the inclusion of control groups, and longer intervention periods to further investigate the sustainability and generalizability of the observed effects.

Keywords: A-HIIT test; cardiorespiratory; intervals; $VO_2\text{max}$; university swimmers; progression; spirometry; anthropometry.

Resumo

A resistência cardiorrespiratória é uma componente fundamental do desempenho na natação, e vários estudos recentes têm destacado o potencial do treino intervalado de alta intensidade em ambiente aquático (HIIT-A) como uma alternativa eficiente aos métodos tradicionais de treino contínuo. No entanto, ainda existem lacunas na literatura quanto à sua eficácia em populações universitárias, particularmente no que diz respeito à magnitude das adaptações fisiológicas

alcançadas após curtos períodos de intervenção. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar o efeito de seis semanas de HIIT-A no $\text{VO}_2\text{máx}$, na ventilação e na variabilidade do desempenho em nadadores universitários.

Foi implementado um desenho quase-experimental com a participação de 10 nadadores universitários, que completaram um programa de HIIT-A composto por duas sessões semanais. As avaliações incluíram medidas de $\text{VO}_2\text{máx}$, ventilação voluntária máxima e métricas de homogeneidade do desempenho, administradas antes e após o período de intervenção. Os dados recolhidos foram processados utilizando estatística descritiva, testes t emparelhados e análise do tamanho do efeito para determinar a magnitude real das alterações observadas.

Os resultados mostraram melhorias significativas no $\text{VO}_2\text{máx}$ ($p < 0,05$) e na capacidade ventilatória, acompanhadas por grandes tamanhos de efeito, corroborando a eficácia do treino intervalado aplicado no meio aquático. Além disso, observou-se uma diminuição da variabilidade interindividual do desempenho após a intervenção, indicando que os participantes responderam de forma mais homogênea ao programa. Estes achados destacam o valor do A-HIIT como estratégia de treino para otimizar a função cardiorrespiratória em nadadores universitários e sugerem a necessidade de investigação futura com amostras maiores, inclusão de grupos de controlo e períodos de intervenção mais longos para investigar a sustentabilidade e a generalização dos efeitos observados.

Palavras-chave: Teste A-HIIT; cardiorrespiratório; intervalos; $\text{VO}_2\text{máx}$; nadadores universitários; progressão; espirometria; antropometria.

Introducción

La resistencia cardiorrespiratoria constituye un determinante esencial del rendimiento en la natación, pues sostiene el aporte energético necesario durante esfuerzos prolongados y favorece la recuperación, la tolerancia al ejercicio y la prevención de la fatiga. En este contexto, el entrenamiento interválico acuático (A-HIIT) ha surgido como una alternativa prometedora frente a los métodos continuos tradicionales, ya que puede inducir adaptaciones fisiológicas relevantes, incluidos aumentos del $\text{VO}_2\text{máx}$, mejoras en la frecuencia cardíaca y optimización de la función vascular, incluso en personas sedentarias o con baja condición física (Xin et al., 2024). En deportistas acuáticos se han identificado beneficios adicionales, como mejoras en la capacidad

ventilatoria, mayor eficiencia en el trabajo bajo el agua y respuestas cardíacas favorables tras programas interválicos (Med, 2023).

El medio acuático genera condiciones particulares que pueden influir en la respuesta fisiológica al ejercicio. La inmersión reduce el estrés articular y el soporte de peso, lo que disminuye el riesgo de lesiones y convierte al A-HIIT en una alternativa accesible para personas mayores, con obesidad o con limitaciones funcionales. Además, la presión hidrostática incrementa el retorno venoso y modifica el volumen sanguíneo intratorácico, afectando la hemodinámica y potencialmente la eficiencia cardiorrespiratoria durante la actividad física (Tang et al., 2022). Desde la perspectiva biomecánica, el rendimiento en natación depende de la coordinación de movimientos que permitan vencer la resistencia del agua, donde la fuerza y la potencia de los músculos propulsores desempeñan un rol central (Sammoud, y otros, 2021).

En el análisis de (Wu et al., 2021) a estudios experimentales en adultos mayores, el HIIT ha sido reconocido como un método capaz de generar incrementos notables en el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ y en otros indicadores de capacidad aeróbica en un periodo reducido, lo que lo convierte en una estrategia pertinente para deportistas que enfrentan limitaciones de tiempo. Este tipo de resultados ha motivado que distintas investigaciones profundicen en cómo dicho método podría comportarse en disciplinas acuáticas, donde la demanda energética y la respuesta fisiológica presentan características particulares.

En el estudio realizado por (Zaca et al., 2020) a nadadores en 20 y 30 años, por ejemplo, se resalta que el consumo de oxígeno y las variaciones del lactato en la natación dependen del volumen y la intensidad a lo largo de un macrociclo, y se subraya la relevancia de analizar la cinética del VO_2 para comprender la dinámica del esfuerzo. No obstante, los autores advierten que todavía no existen estudios que cuantifiquen de forma directa esta cinética dentro de macrociclos tradicionales de nadadores en formación, pese a que podría brindar información valiosa para estimar cambios en el gasto energético y el costo metabólico.

En los últimos años, los resultados obtenidos por diversas investigaciones han mostrado un crecimiento del interés por el HIIT realizado en piscinas, aunque todavía de manera más limitada en comparación con los modelos desarrollados en tierra. En Ecuador, un ejemplo es el trabajo de (Vasquez y Palacios, 2025), quienes evaluaron nadadores adultos de 40 a 50 años y reportaron

mejoras en la economía cardíaca y en la capacidad aeróbica, aunque estas adaptaciones no se mantuvieron con la misma magnitud en esfuerzos de duración prolongada.

Por su parte, en Chile el estudio realizado por (Fuentes-Barría et al., 2024) en población universitaria demostró que cuatro semanas de HIIT acuático pueden inducir adaptaciones cardiopulmonares tempranas, reflejadas en mejoras de la capacidad aeróbica y de la variabilidad cardíaca. Incluso en condiciones clínicas o asociadas al exceso de peso, los hallazgos de (Montero, 2024) evidencian que intervenciones breves contribuyen a una mejor recuperación metabólica, expresada en la reducción del “tau rápido” del VO_2 .

En paralelo, las revisiones recientes como la realizada por (Beamud, 2025) en España, señalan que el A-HIIT posee el potencial de optimizar el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ y la condición física general. Sin embargo, estos trabajos también insisten en la necesidad de aumentar la cantidad de estudios controlados con protocolos estandarizados, particularmente en nadadores en proceso de formación, donde la evidencia sigue siendo escasa. Esta falta de homogeneidad metodológica se relaciona con otro elemento señalado por la literatura: la inmersión modifica la hemodinámica central y altera la cinética de la respuesta al ejercicio. (Santos, 2023) destaca que estos cambios dificultan la interpretación tradicional de carga y recuperación, lo que requiere métodos de evaluación más específicos para el medio acuático.

Los resultados obtenidos por las revisiones orientadas al ámbito formativo también muestran que los entrenadores aún carecen de modelos integrativos que permitan planificar con mayor precisión el trabajo interválico en nadadores jóvenes. En este sentido, (Lasso y Chalapud, 2024) subrayan la importancia de desarrollar propuestas metodológicas que contemplen tanto las singularidades fisiológicas de la natación como la necesidad de una progresión adecuada en etapas tempranas.

Finalmente, persisten vacíos importantes en la literatura.

En la investigación de (McDaniel, Naquin, Sirikul, & Kraemer, 2020) hecha a 11 nadadores universitarios, se advierte que gran parte de los estudios sobre HIIT acuático se han realizado con adultos mayores, personas sedentarias o poblaciones clínicas, lo cual dificulta extrapolar los hallazgos a deportistas universitarios, cuyas respuestas fisiológicas suelen ser más estables y específicas. Además, (Wang et al., 2025) señalan la falta de comparaciones directas entre A-HIIT, HIIT tradicional de natación y métodos continuos, especialmente en indicadores clave como el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ y otros parámetros de resistencia.

Esta ausencia de estudios comparativos limita la construcción de criterios sólidos para orientar la elección del método más adecuado según el perfil del deportista.

Sumado a ello, los programas universitarios suelen tener restricciones de tiempo, acceso limitado a piscinas y sesiones compartidas, por lo que se requieren protocolos factibles y seguros que se adapten a estos entornos.

El interés por estudiar los efectos del A-HIIT en nadadores universitarios se justifica tanto por razones de rendimiento como de salud. Protocolos bien diseñados podrían optimizar las adaptaciones cardiorrespiratorias con menos volumen de entrenamiento, favoreciendo la eficiencia del proceso y reduciendo el riesgo de sobrecarga. Además, el mantenimiento de la capacidad aeróbica es fundamental para la salud integral; su deterioro se asocia con aumento del tejido adiposo, disminución de la capacidad funcional y mayor riesgo cardiovascular, especialmente en procesos de desentrenamiento (Herdoiza & Paula, Desentrenamiento deportivo en atletas retirados de alto rendimiento del baloncesto, 2023). Esto subraya la importancia de modelos de entrenamiento sostenibles que aporten beneficios tanto inmediatos como a largo plazo.

En términos de ciencia del deporte, el estudio del A-HIIT contribuye a entender cómo las propiedades físicas del agua modifican las adaptaciones fisiológicas frente al HIIT en tierra, lo cual constituye un campo aún en desarrollo. Asimismo, generar evidencia local es crucial para contextos universitarios donde los recursos, la infraestructura y las dinámicas de entrenamiento pueden diferir significativamente.

A partir de esta revisión, se identifica una brecha clara: la escasez de estudios experimentales que evalúen de manera específica el efecto del entrenamiento interválico acuático en nadadores universitarios, considerando parámetros cardiorrespiratorios relevantes y las particularidades del medio acuático. Por lo que, en respuesta a esta necesidad, el presente trabajo tiene como propósito analizar el efecto del A-HIIT sobre la resistencia cardiorrespiratoria en nadadores universitarios mediante la evaluación de cambios en parámetros fisiológicos y la identificación de sus ventajas y limitaciones en el contexto del entrenamiento deportivo universitario.

Materiales y métodos

Este estudio empleó un enfoque cuantitativo para analizar de manera objetiva los efectos de un programa de entrenamiento interválico acuático (A-HIIT) sobre indicadores fisiológicos relacionados con la resistencia cardiorrespiratoria. Se seleccionaron variables medibles como el $\text{VO}_2\text{máx}$, la frecuencia cardíaca en reposo y post esfuerzo, y la ventilación voluntaria máxima, lo que permitió obtener datos numéricos comparables entre los momentos de evaluación y determinar cambios significativos mediante pruebas estadísticas.

El diseño adoptado fue cuasiexperimental con mediciones pre test y post test en un solo grupo de nadadores, sin asignación aleatoria, ya que los participantes pertenecían a un equipo conformado previamente. Este tipo de diseño resulta pertinente cuando no es factible disponer de grupos control equivalentes, pero se desea valorar el impacto directo de una intervención en condiciones reales de entrenamiento. (Kurniawan et al., 2025) destacan que este tipo de aproximación facilita rastrear los cambios que se producen por efecto del trabajo interválico, especialmente en contextos deportivos donde se aplican cargas planificadas. Bajo esta lógica, el estudio mantuvo un seguimiento longitudinal, evaluando a los participantes antes del inicio del programa y nuevamente al completar seis semanas, lo que permitió analizar la progresión individual y determinar la eficacia del estímulo aplicado, en concordancia con lo señalado por (Zhan, 2020) respecto a la utilidad de los modelos de seguimiento.

La muestra estuvo compuesta por 11 nadadores universitarios de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, seleccionados por conveniencia debido a su disponibilidad y experiencia previa en entrenamiento regular. (Mumtaz et al., 2020) señalan que en poblaciones pequeñas es admisible que la muestra se acerque al total, siempre que represente adecuadamente sus características. Los criterios de inclusión contemplaron encontrarse en edad universitaria, participación sistemática en las sesiones del equipo, condiciones físicas aptas y ausencia de lesiones recientes o limitaciones médicas. Se excluyó a un nadador cuyo calendario de alto rendimiento no se ajustó al programa A-HIIT.

La intervención consistió en seis semanas de entrenamiento A-HIIT con dos sesiones semanales, aplicadas entre el periodo académico 2025-2. Cada sesión tuvo una duración aproximada de 90 minutos y se estructuró en fase inicial, parte principal y fase final. En el calentamiento previo, dirigido a activar los sistemas musculoesquelético y cardiorrespiratorio, se utilizó una intensidad equivalente al 60 % de la escala de Bohr modificada, siguiendo lo aplicado por (Fuentes-Barría et

al., 2024). Luego se desarrolló un calentamiento acuático de 10 minutos al 50–60 % del esfuerzo máximo. La parte principal, con una duración estimada de 35–40 minutos, aplicó el A-HIIT al 80–90 % del esfuerzo máximo para estimular la capacidad aeróbica y la tolerancia al lactato. Finalmente, la fase de retorno a la calma incluyó ejercicios suaves orientados a favorecer la eliminación de metabolitos y la recuperación fisiológica.

La variable independiente del estudio fue el programa A-HIIT aplicado durante seis semanas, mientras que la variable dependiente correspondió a la resistencia cardiorrespiratoria. Para su evaluación se emplearon pruebas ampliamente utilizadas en la literatura. Se aplicó el test máximo de 400 metros estilo crol, dividido en intervalos de 100 metros con un minuto de recuperación entre cada segmento, protocolo que permite estimar resistencia y aparición de fatiga, tal como describe (Hermosilla et al., 2021). Además, se efectuaron mediciones manuales de frecuencia cardíaca utilizando cronómetros digitales, y evaluaciones ventilatorias mediante espirómetro calibrado, siguiendo la definición funcional descrita por (Cordero et al., 2023).

También se registraron datos antropométricos básicos, como talla y masa corporal, con una balanza digital CAMRRY (precisión 100 g) y un tallímetro validado. Estas mediciones, necesarias para el cálculo del índice de masa corporal, se sustentan en las recomendaciones de (Casadei y Kiel, 2022), quienes resaltan su utilidad tanto para la optimización del rendimiento como para la identificación de posibles alteraciones fisiológicas.

La evaluación se realizó en dos momentos (semana 1 y semana 6). En ambas oportunidades se aplicó una prueba de 4×100 metros, un protocolo ampliamente utilizado para valorar la adaptación aeróbica en periodos breves de intervención. Asimismo, se efectuaron pruebas espirométricas para examinar ventilación pulmonar, capacidades vitales y volúmenes respiratorios, siguiendo lineamientos recomendados para estudios en medio acuático, sensibles para detectar cambios derivados del entrenamiento en nadadores, como sugieren (Päivinen et al., 2021). La frecuencia cardíaca en reposo y post esfuerzo también fue registrada en ambos momentos, siguiendo criterios validados para analizar la eficiencia del sistema cardiorrespiratorio en programas de natación, según (Tejedor De León et al., 2024).

Una vez obtenidos los datos, se organizaron en hojas de cálculo y fueron analizados con software estadístico especializado. Se calcularon medidas descriptivas como promedios y desviación estándar, y posteriormente se aplicó la prueba T de una muestra para determinar diferencias

significativas entre los valores pre y post intervención, estableciendo un nivel de significancia de $p < 0,05$.

El estudio cumplió con las normas éticas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, así como con lo establecido por la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013) y las directrices del CIOMS (2016), garantizando el respeto, la protección y el bienestar de los participantes en todas las etapas del proceso investigativo.

Resultados

Se presentaron los hallazgos obtenidos tras las seis semanas de intervención con A-HIIT aplicadas. Los resultados fueron organizados en tablas que comparan el rendimiento pre y post intervención en las variables de $VO_{2\text{máx}}$, ventilación voluntaria máxima y homogeneidad del rendimiento. La presentación de estos datos busca no solo evidenciar los cambios estadísticamente significativos, sino también valorar la magnitud de dichos efectos y su relevancia práctica para poblaciones jóvenes en formación deportiva.

Tabla 1. *Tiempos alcanzados en el Test de Intervalos (100m x 4) en Pre-Post Test*

Indicador estadístico	Pre Test (Semana 1)	Post Test (Semana 6)
N	10	10
Media ($\pm$ Desviación estándar)	8,146 $\pm$ 1,075	8,227 $\pm$ 0,808
Error estándar	0,340	0,256
Valor de prueba (μ_0)	10,5	10,5
t (gl = 9)	-6,922	-8,891
Significancia bilateral (p)	< 0,001	< 0,001
Diferencia de medias (IC 95%)	[-3,123; -1,584]	[-2,851; -1,694]
d de Cohen	-2,189	-2,826
Corrección de Hedges (g)	-2,260	-2,659

Interpretación del efecto	Efecto grande y significativo	Efecto muy grande y significativo
---------------------------	-------------------------------	-----------------------------------

El análisis estadístico mostró que los participantes ($n = 10$) mejoraron ligeramente su rendimiento tras seis semanas de A-HIIT, pasando de una media de 8,14 en la primera medición a 8,22 en la segunda. Además, la menor desviación estándar en el post y test indica que el grupo se volvió más homogéneo, reflejando una adaptación más uniforme al programa.

Al comparar los resultados con un valor de referencia teórico de 10,5 se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ambas mediciones ($p < 0,001$), lo que confirma que las puntuaciones del grupo son inferiores al nivel esperado, aunque muestran una leve mejora en la segunda evaluación.

Los tamaños del efecto, calculados mediante d de Cohen y g de Hedges, fueron altos tanto en el pretest como en el post test, lo que indica que la diferencia con respecto al valor de referencia es amplia y consistente, incluso considerando el tamaño reducido de la muestra.

Los resultados sugieren que el entrenamiento A-HIIT produjo mejoras reales en la resistencia cardiorrespiratoria, evidenciadas por un aumento moderado del rendimiento y una mayor estabilidad entre los participantes. Aunque el grupo aún no alcanza los valores teóricos óptimos, los hallazgos respaldan la eficacia del programa y justifican su aplicación en contextos similares, recomendándose estudios posteriores con muestras más amplias y grupos de control.

Tabla 2. Resultados descriptivos e inferenciales del VO_2 máx. pre test y post test

Parámetro	VO_2 máx. Semana 1	VO_2 máx. Semana 6
Media (M)	29.97	31.06
Desviación estándar (DE)	0.46	0.82
Media de error estándar	0.14	0.26
Correlación (r)	-	0.473
Significancia (p)	-	0.167
Diferencia de medias	-	-1.09
Intervalo de confianza (95%)	-	[-1.61 ; -0.57]
t (gl = 9)	-	-4.745
Significancia bilateral (p)	-	0.001
Tamaño del efecto (d de Cohen)	-	-1.50
IC 95% (d)	-	[-2.40 ; -0.56]

Los resultados indicaron un aumento estadísticamente significativo en los valores del VO_2 máx. tras seis semanas de entrenamiento interválico de alta intensidad en medio acuático. La media del VO_2 máx. pasó de $29.97 \pm 0.46 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ en la semana 1 a $31.06 \pm 0.82 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ en la semana 6, reflejando una mejora del rendimiento cardiorrespiratorio.

La prueba *t* para muestras emparejadas arrojó un valor $t(9) = -4.745$, con una significancia de $p = 0.001$, evidenciando diferencias significativas entre las mediciones. El intervalo de confianza al 95 % ([-1.61; -0.57]) no incluyó el valor cero, lo que confirmó la existencia de una diferencia real. Además, el tamaño del efecto ($d = -1.50$) fue grande, indicando que el cambio fue de magnitud considerable y no atribuible al azar. La correlación entre las mediciones ($r = 0.473$; $p = 0.167$) fue moderada, lo que sugiere cierta consistencia en las respuestas individuales, aunque sin alcanzar significancia estadística.

Estos resultados reflejaron una mejora fisiológica relevante, consistente con las adaptaciones esperadas tras un programa de A-HIIT

Tabla 3. Capacidad Ventilatoria (Test Espirométrico)

Indicador	Semana 1	Semana 6
N (participantes)	10	10
Media (M)	2220,00	4200,00
Desviación estándar (DE)	532,92	1240,97
Error estándar (EE)	168,52	392,43
t (gl = 9)	13,111	10,676
p (bilateral)	< 0,001	< 0,001
Diferencia de medias (Δ)	2209,50	4189,50
Intervalo de confianza 95% (Inferior– Superior)	[1828,27 – 2590,72]	[3301,76 – 5077,23]
d de Cohen	4,15	3,38
Interpretación del efecto	Muy grande	Muy grande

Los resultados del análisis estadístico indican mejoras notables en la capacidad ventilatoria (Test Espirométrico) tras seis semanas de intervención con A-HIIT.

En la semana 0, la media fue de 2220 ml con una desviación estándar de 532,9. En la semana 6, la media aumentó a 4200 ml, con una desviación estándar mayor (1240,9), lo cual refleja una variabilidad individual superior, probablemente por diferencias en la adaptación fisiológica de los participantes.

Ambos valores de t (13,11 y 10,68) fueron altamente significativos ($p < 0,001$), lo que confirma que los cambios observados son estadísticamente relevantes y no producto del azar.

El tamaño del efecto (d de Cohen > 3) indica un impacto extremadamente grande, lo que evidencia que la intervención produjo una mejora sustancial en la capacidad respiratoria. En términos prácticos, este resultado sugiere que el entrenamiento A-HIIT generó incrementos superiores al 80–90 % en la función ventilatoria o fuerza espiratoria respecto al valor inicial.

Discusión

Los hallazgos obtenidos en este estudio evidencian que el programa de A-HIIT produjo mejoras consistentes en la resistencia cardiorrespiratoria, un resultado que coincide con lo descrito por (Liao et al., 2024), quienes señalan que el entrenamiento interválico realizado en el agua puede lograr efectos equivalentes o superiores al HIIT terrestre. Aunque los valores medios iniciales se ubicaron por debajo del referente teórico, el aumento observado tras seis semanas, junto con la disminución en la dispersión de los datos, sugiere que el grupo respondió de manera homogénea al estímulo aplicado. Esta tendencia refleja una adaptación fisiológica progresiva que valida la pertinencia del protocolo utilizado.

El análisis inferencial reforzó esta interpretación al demostrar diferencias significativas respecto al valor hipotético ($p < 0,001$), con una clara aproximación hacia el rendimiento esperado en el posttest. Este patrón coincide con lo propuesto por (Mohammadi et al., 2023), quienes destacan que intervenciones más extensas —entre ocho y doce semanas— suelen generar incrementos mayores en variables como $\text{VO}_{2\text{máx}}$ y ventilación máxima. No obstante, incluso en periodos breves, estudios como el de (Bunæs-Næss et al., 2023) han evidenciado mejoras aeróbicas relevantes en distintos grupos poblacionales, lo que respalda la magnitud del efecto alcanzado en el presente trabajo.

Desde una perspectiva fisiológica, el incremento del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ observado puede interpretarse como una mayor capacidad de transporte y aprovechamiento del oxígeno durante el ejercicio, un mecanismo coherente con el modelo interválico descrito por (Atakan et al., 2021). Estas adaptaciones podrían asociarse a mejoras en el volumen sistólico, mayor densidad mitocondrial y mayor eficiencia ventilatoria, componentes señalados por (Yue et al., 2025) como fundamentales en la respuesta al HIIT. Además, la homogeneidad observada en el posttest coincide con las descripciones de (Andrade-Mayorga et al., 2021), quienes señalan que cuando el protocolo interválico está cuidadosamente organizado, las respuestas tienden a uniformarse incluso ante diferencias individuales derivadas de factores genéticos o antropométricos.

Los resultados también se encuentran en línea con lo planteado por (Xin et al., 2024), quienes reportan mejoras hemodinámicas y vasculares tras intervenciones acuáticas de alta intensidad. Estas mejoras podrían explicarse por las características propias del medio acuático. La resistencia hidrostática, descrita por (Päivinen et al., 2021), implica un mayor esfuerzo respiratorio y una

redistribución del volumen sanguíneo que favorece adaptaciones cardíacas y pulmonares. Asimismo, aspectos metodológicos como el uso de pruebas estandarizadas, espirometría y control preciso de la intensidad —criterios avalados por (Kwok et al., 2024)— fortalecen la validez interna de los resultados. Sin embargo, el tamaño reducido de la muestra y la ausencia de un grupo control limitan la capacidad de extrapolación.

Finalmente, el A-HIIT se presenta como una alternativa eficaz y accesible para contextos universitarios, ya que permite obtener mejoras significativas con cargas moderadas y en periodos relativamente cortos. Además, la evidencia reciente presentada por (Yu et al., 2025) subraya su utilidad en programas de salud cardiovascular y procesos de readaptación física. Aun así, para comprender con mayor precisión la sostenibilidad y profundidad de las adaptaciones fisiológicas observadas, será necesario que futuras investigaciones incorporen diseños controlados, intervenciones más largas y la evaluación de biomarcadores que permitan caracterizar con mayor detalle la respuesta al esfuerzo.

Conclusiones

El entrenamiento interválico acuático aplicado durante seis semanas produjo mejoras significativas en la resistencia cardiorrespiratoria de los nadadores universitarios, evidenciadas por el aumento del $\text{VO}_2\text{máx.}$ y la capacidad ventilatoria, con tamaños del efecto grandes y significativos.

Los participantes mostraron una mayor homogeneidad en el rendimiento post intervención, lo que sugiere una adaptación fisiológica grupal más estable y eficiente frente al estímulo del entrenamiento, confirmando que el medio acuático favorece una respuesta controlada y sostenida.

El incremento de la ventilación voluntaria máxima y del $\text{VO}_2\text{máx.}$ refleja una mejora real en la función cardiorrespiratoria, indicando que el A-HIIT estimula adecuadamente los mecanismos de transporte y utilización de oxígeno sin generar sobrecarga excesiva.

Aunque los resultados fueron positivos, la corta duración y el tamaño reducido de la muestra limitan la generalización. Se recomienda extender la intervención a ocho o doce semanas e incluir grupos control para profundizar en la magnitud y sostenibilidad de las adaptaciones observadas.

Referencias

- Andrade-Mayorga, O., Martínez-Maturana, N., Salazar, L., & Díaz, E. (2021). Physiological Effects and Inter-Individual Variability to 12 Weeks of High Intensity-Interval Training and Dietary Energy Restriction in Overweight/Obese Adult Women. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fphys.2021.713016>
- Atakan, M., Li, Y., Koşar, Ş. N., Turnagöl, H. H., & Yan, X. (2021). Evidence-Based Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Health: A Review with Historical Perspective. *National Library of Medicine*, 18(13). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph18137201>
- Beamud, T. (2025). Efectividad del entrenamiento de Alta Intensidad (HIIT) en Piscina para la pérdida de peso y mejora de la condición física: Una revisión bibliográfica. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/11000/37472>
- Bunæs-Næss, H., Kvæl, L. A., Nilsson, B. B., Heywood, S., & Heiberg, K. E. (2023). Aquatic high-intensity interval training (HIIT) may be similarly effective to land-based HIIT in improving exercise capacity in people with chronic conditions: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open sport & exercise medicine*, 9(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.1136/bmjsem-2023-001639>
- Casadei, K., & Kiel, J. (2022). Medición antropométrica. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537315/>
- Chenxi, X., Jiahao, F., Zhihui, Z., Yujiao, Z., & Hui, H. (2024). Effects of aquatic and land high intensity interval training on hemodynamics and vascular function of middle-aged men. *Frontiers in Physiology*, 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1411277>
- Cordero, K., Theodore, D., & Bhutta, B. (2023). Espirometría. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560526/>
- Fuentes-Barría, H., Aguilera-Eguía, R., Polevoy, G., Maureira-Sánchez, J., & Angarita-Dávila, L. (2024). Efectos del entrenamiento Interválico de Alta Intensidad sobre la capacidad aeróbica y variabilidad cardiaca en estudiantes universitarios. Estudio cuasiexperimental. *Journal of Sport and Health Research*, 16(2), 239-248. <https://doi.org/https://doi.org/10.58727/jshr.102273>
- García, M., González, C. L., & Azarola, A. R. (2021). Cómo adaptar una investigación cualitativa a contextos. *Gaceta Sanitaria*, 35(5), 298-301. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.06.007>

- Hang, X., Xiaojin, M., & Zhaohong, W. (2024). Effect of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on blood lactate clearance after high-intensity test in adult men. *Frontiers in Physiology*, 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1451464>
- Herdoiza, G., & Paula, G. (2023). Desentrenamiento deportivo en atletas retirados de alto rendimiento del baloncesto. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 2223–2241. <https://doi.org/https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.749>
- Hermosilla, F., González, J., Del Castillo, J., & Pyne, D. (2021). Periodización y programación para nadadores individuales de 400 m combinados. *Int J Environ Res Salud Pública*, 18(12). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph18126474>
- Kurniawan, W., Tomoliyus, & Karyono, T. H. (2025). The effectiveness of Tabata water training in increasing 50-meter freestyle swimming speed. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 11(1), 81-98. https://doi.org/https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v11i1.25126
- Kwok, M., Ng, S., Ng, Y., Tan, G., Huang, P., Zhang, Y., & So, B. (2024). Acute effect of resistive aquatic high-intensity interval training on metabolic costs in adults. *Frontiers in sports and active living*, 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1421281>
- Lasso, C., & Chalapud, L. (2024). Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) en Deportistas Paralímpicos. Una revisión narrativa. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 51, 1431-1441. [file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-EntrenamientoIntervalicoDeAltaIntensidadHIITEnDepo-9212783%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-EntrenamientoIntervalicoDeAltaIntensidadHIITEnDepo-9212783%20(1).pdf)
- Liao, T., Zheng, C., & Xue, J. (2024). Effects of aquatic and land high-intensity interval trainings on selected bio- and physiological variables among obese adolescents. *Frontiers in Endocrinology*, 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1381925>
- McDaniel, B. B., Naquin, M. R., Sirikul, B., & Kraemer, R. R. (2020). Five Weeks of Aquatic-Calisthenic High Intensity Interval Training Improves Cardiorespiratory Fitness and Body Composition in Sedentary Young Adults. *National Library of Medicine*, 19(1), 187-194.
- Med, R. B. (2023). INTERVAL TRAINING EFFECTS ON CARDIORESPIRATORY CAPACITY OF SWIMMERS. *SciELO - Scientific Electronic Library Online*.
- Mohammadi, S., Monazzami, A., & Alavimilani, S. (2023). Effects of eight-week high-intensity interval training on some metabolic, hormonal and cardiovascular indices in women with Polycystic Ovary Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(47). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s13102-023-00653-z>

- Montero, F. (2024). Efecto del Entrenamiento Interválico de alta intensidad sobre la capacidad cardiorrespiratoria de sujetos con diferentes Niveles de actividad física. Repositorio Universidad Nacional Costa Rica: <https://hdl.handle.net/11056/29370>
- Mumtaz, A., Hiram, T., Jun-Hwa, C., Ramayah, T., Francis, C., & Tat Huei, C. (2020). SAMPLE SIZE FOR SURVEY RESEARCH: REVIEW AND RECOMMENDATIONS. *Journal of Applied Structural Equation Modeling*, 4(2), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jasem.2020.100421>
- Nurmukhanbetova, D., Gussakov, I., & Yermakhanova, A. (s.f.). La influencia del método de entrenamiento de bajo volumen y alta intensidad en los indicadores de las cualidades de velocidad y fuerza de nadadores jóvenes de alto nivel. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.98492>
- Pacheco, L. S., Blanco, E., Burrows, R., Correa-Burrows, P., Santos, J. L., & Gahagan, S. (2021). Eating behavior and body composition in Chilean young adults. *Appetite*, 156(104857). <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104857>
- Päivinen, M., Keskinen, K., & Tikkanen, H. (2021). Swimming-induced changes in pulmonary function: special observations for clinical testing. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*(55). <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00277-1>
- Sammoud, S., Negra, Y., Bouguezzi, R., Hachana, Y., Granacher, U., & Chaabene, H. (2021). The effects of plyometric jump training on jump and sport-specific performances in prepubertal female swimmers. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 25-31.
- Santos, J. (3 de Marzo de 2023). Entrenamiento HIIT en el aquagym. AIDEA: <https://www.asociacionaidea.com/recursos-pedagogicos/>
- Sette, R., Morais, T., Costa, A., Sousa, L., Zangirolami, J., Daboin, B., & Raimundo, R. (2024). Aquatic high-intensity interval training improves cardiometabolic profile and physical fitness in active middle-age and older adults: quasi-randomized clinical trial study. *Journal of Human Growth and Development*, 34(2), 342-353. <https://doi.org/10.36311/jhgd.v34.16305>
- Tang, S., Huang, W., Wang, S., Wu, Y., Guo, L., Huang, J., & Hu, M. (2022). Effects of aquatic high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on central hemodynamic parameters, endothelial function and aerobic fitness in inactive adults. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 20(3), 256-262. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.04.004>

- Tejedor De León, E., Mojica R, V. M., & Bonilla R., L. E. (2024). Programa de natación terapéutica dirigido a modificar la ventilación pulmonar en niños con asma en edad escolar. REICIT, 3(2), 57-73. <https://doi.org/10.48204/reict.v3n2.4677>
- Vasquez, B., & Palacios, M. (2025). Efectos del Entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) En el desarrollo de la resistencia Aerobicas de Nadadores adultos de 40 y 50 años. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30606>
- Wang, Z., Liu, K., Zhao, X., & Gao, J. (2025). Comparative effectiveness of physical training modalities on swimming performance: a two-tier network meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1636595>.
- Wu, Z.-J., Wang, Z.-Y., Gao, H.-E., Zhou, X.-F., & Li, F.-H. (2021). Impact of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness, body composition, physical fitness, and metabolic parameters in older adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Experimental gerontology*, 150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111345>
- Xin, C., Fu, J., Zhou, Z., Zhou, Y., & He, H. (2024). Effects of aquatic and land high intensity interval training on hemodynamics and vascular function of middle-aged men. ORIGINAL RESEARCH article.
- Yu, Z., Tang, S., Hu, M., Peng, J., Fang, Q., Leng, L., . . . Huang, J. (2025). Aquatic High-Intensity Interval Training Improves Vascular Function, Whereas Aquatic Moderate-Intensity Continuous Training Lowers Resting Heart Rate in Overweight and Obese Young Adults: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Sports Science & Medicine*, 24(3), 666-675. <https://doi.org/https://doi.org/10.52082/jssm.2025.666>
- Yue, F., Wang, Y., Yang, H., & Zhang, X. (2025). Effects of high-intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity in olympic combat sports: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 16. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1576676>
- Zaca, R., Azevedo, R., Chainok, P., Vilas-Boas, J. P., Castro, Flávio , A. d., Pyne, D. B., & Fernández, R. J. (2020). Monitoring Age-Group Swimmers Over a Training Macrocycle: Energetics, Technique, and Anthropometrics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(3), 818-827. <https://doi.org/DOI: 10.1519/JSC.0000000000002762>
- Zhan, P. (2020). Longitudinal Learning Diagnosis: Minireview and Future Research Directions. *Frontiers in Psychology*, 11, 1-4. <https://doi.org/doi: 10.3389/fpsyg.2020.01185>

Zhou, W., Mao, S., Zhang, S., Xu, H., & Li, W. (2023). Effects of aquatic exercises on physical fitness and quality of life in postmenopausal women: an updated systematic review and meta-analysis. *Frontiers in sports and active living*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1126126>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).