



POSGRADOS

MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA CON MENCIÓN EN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

RPC-SO-26-No.634-2021

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO
INTERVALADO DE ALTA INTENSIDAD
(HIIT) EN EL DESARROLLO DE LA
RESISTENCIA AERÓBICA EN NADADORES
ADULTOS DE 40 A 50 AÑOS

AUTORES:

BYRON JAVIER VÁSQUEZ SANDOVAL
MIGUEL AGUSTÍN PALACIOS ENDARA

DIRECTOR:

MARIO GERMÁN ÁLVAREZ ÁLVAREZ

CUENCA – ECUADOR
2025

Autores:



Byron Javier Vásquez Sandoval

Licenciado en Pedagogía en Actividad Física y Deporte.
Candidato a Magíster en Actividad Física con Mención
en Entrenamiento Deportivo por la Universidad
Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.
Byron.vasquez.2121@gmail.com



Miguel Agustín Palacios Endara

Licenciado en Cultura Física mención Docencia en
Cultura Física.
Candidato a Magíster en Actividad Física con Mención
en Entrenamiento Deportivo por la Universidad
Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.
aguselgory@hotmail.com

Dirigido por:



Mario Germán Álvarez Álvarez

Licenciado en Ciencias de la Educación en la
especialidad de Cultura Física.
Magíster en Cultura Física.
malvareza@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2025 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

BYRON JAVIER VÁSQUEZ SANDOVAL

MIGUEL AGUSTÍN PALACIOS ENDARA

Efectos del entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) en el desarrollo de la resistencia aeróbica en nadadores adultos de 40 a 50 años

DEDICATORIA

A Dios, sobre todo, ya que de él proviene todo conocimiento y según su voluntad podemos conseguir todas nuestras metas y sueños.

A nuestras familias, cuyo amor y apoyo incondicional nos han dado la fuerza para superar cada obstáculo. Gracias por ser nuestro refugio y mayor inspiración.

A nuestros amigos, por su compañía y por recordarnos siempre la importancia de encontrar equilibrio entre el trabajo y la vida. Su alegría y ánimo han sido motor en los días más desafiantes.

A nuestro tutor y profesores, por guiarnos con paciencia y por compartir su conocimiento, encendiendo en la curiosidad y la pasión por aprender.

Y a nosotros mismo, por cada paso dado, por cada madrugada de esfuerzo y por no rendirnos. Este trabajo es un reflejo de la dedicación y del valor de perseguir nuestras metas.

Con gratitud, dedicamos este logro a todos los que han formado parte de este camino.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido, de manera directa o indirecta, a la realización de este trabajo.

En primer lugar, a nuestro tutor el Dr. Mario Alvarez por su invaluable guía, paciencia y consejos durante todo este proceso. Su dedicación y apoyo han sido fundamentales para dar forma a esta investigación.

A nuestra familia, por su amor incondicional, por creer en nosotros y por ser fuente de motivación en cada etapa de este camino. Gracias por su comprensión y por brindarnos la fuerza necesaria para superar los momentos difíciles.

A nuestros amigos y compañeros, por su ánimo constante, por escucharnos y por compartir tantas experiencias que han enriquecido este viaje.

Finalmente, a todas las personas que, con sus palabras, acciones o enseñanzas, nos han ayudado a crecer personal y profesionalmente. A todos, nuestra gratitud eterna.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	8
Abstract	9
1. Introducción	10
2. Determinación del Problema	11
3. Marco teórico referencial	15
3.1. Bases fisiológicas del entrenamiento de resistencia aeróbica	15
3.2. Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad (HIIT)	18
3.3. Natación como modalidad de entrenamiento en adultos	20
3.4. Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento y ejercicio en adultos de 40 a 50 años	22
3.5. Estudios previos sobre HIIT y resistencia aeróbica en adultos y nadadores	23
4. Materiales y metodología	26
4.1 Diseño del estudio.....	26
4.2 Muestra	26
4.3 Instrumentos de medida.....	26
4.4 Procedimiento	28
4.4.1 Evaluación inicial (pre-prueba) de ambos grupos	28
4.4.2 Intervención	29
4.4.3 Evaluación final (post-prueba) de ambos grupos.....	31
4.4.4 Análisis de datos.....	31
4.5 Consideraciones éticas	32
5. Resultados y discusión	34
5.1 Resultados	34
5.2 Discusión	38
6. Conclusiones.....	41
7. Recomendaciones.....	43
Bibliografía	44

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 BENEFICIOS Y FUNCIONES DE LA ZONA DE FRECUENCIA CARDÍACA.....	15
TABLA 2 ANÁLISIS INTRA-GRUPOS PRE Y POST INTERVENCIÓN.....	36
TABLA 3 ANÁLISIS INTERGRUPO POST INTERVENCIÓN.....	36

EFFECTOS DEL
ENTRENAMIENTO
INTERVALADO DE ALTA
INTENSIDAD (HIIT) EN
EL DESARROLLO DE LA
RESISTENCIA AERÓBICA
EN NADADORES
ADULTOS DE 40 A 50
AÑOS.

AUTORES:

BYRON JAVIER VÁSQUEZ SANDOVAL

MIGUEL AGUSTIN PALACIOS ENDARA

RESUMEN

Este estudio analizó los efectos del entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) en la resistencia aeróbica de nadadores adultos de 40 a 50 años en altitud moderada (2.200 msnm). Se implementó un diseño cuasiexperimental con dos grupos intactos (experimental: n=6; control: n=6) del Club Jacarandá (Quito, Ecuador), evaluando frecuencia cardíaca en reposo y tiempo en 1.500 metros pre-post intervención. El grupo experimental participó de un programa de seis semanas con dos sesiones semanales de HIIT acuático (series de 25-100 metros al 80-95% de la frecuencia cardíaca máxima), mientras el control mantuvo su rutina tradicional. Los datos se analizaron con SPSS v.24 mediante pruebas t, Wilcoxon y U de Mann-Whitney ($\alpha=0.05$). Los resultados mostraron una reducción significativa en la frecuencia cardíaca de reposo en el grupo experimental (49 a 48 ppm; $p=0.04$; $r=0.58$), sin diferencias intergrupales en el tiempo de 1.500 metros ($p=0.15$), aunque hubo una tendencia a la mejora (-8.5% vs. -3.1%). Se concluye que el HIIT en altitud mejora la economía cardíaca (tono parasimpático) pero no la resistencia aeróbica prolongada, posiblemente por la interacción entre hipoxia, estrés hidrodinámico y la naturaleza anaeróbica del protocolo.

Palabras clave: Actividad física, entrenamiento deportivo, capacidad cardiorrespiratoria, mediana edad, hipoxia.

ABSTRACT

This study analyzed the effects of high-intensity interval training (HIIT) on aerobic endurance in adult swimmers aged 40–50 years at moderate altitude (2,200 m). A quasi-experimental design was implemented with two intact groups (experimental: n=6; control: n=6) from the Jacarandá Club (Quito, Ecuador), evaluating resting heart rate and 1,500-meter time pre-post intervention. The experimental group participated in a six-week program with two weekly sessions of aquatic HIIT (25–100-meter bouts at 80–95% of maximum heart rate), while the control group maintained their traditional routine. Data were analyzed with SPSS v.24 using t-tests, Wilcoxon tests, and Mann–Whitney U tests ($\alpha=0.05$). The results showed a significant reduction in resting heart rate in the experimental group (49 to 48 bpm; $p=0.04$; $r=0.58$), with no intergroup differences in the 1,500-meter time ($p=0.15$), although there was a trend toward improvement (-8.5% vs. -3.1%). It is concluded that HIIT at altitude improves cardiac output (parasympathetic tone) but not prolonged aerobic endurance, possibly due to the interaction between hypoxia, hydrodynamic stress, and the anaerobic nature of the protocol.

Keywords: Physical activity, sports training, cardiorespiratory fitness, middle age, hypoxia.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar del incremento en la práctica de actividad física en adultos de mediana edad (Soriano et al., 2023), persiste una brecha crítica en la evidencia científica sobre estrategias de entrenamiento eficaces para mitigar el deterioro de la resistencia aeróbica asociado al envejecimiento, particularmente en disciplinas acuáticas. Este problema adquiere relevancia al considerar que, mientras estudios como los de Castro y Córdoba (2023) o Márquez y Matute (2023) demuestran los beneficios del entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) en adolescentes —mejorando su VO_2 máx. y salud cardiovascular—, no existen investigaciones equivalentes en poblaciones de 40 a 50 años. La extrapolación de estos hallazgos a adultos resulta inviable debido a diferencias fisiológicas clave: menor capacidad de recuperación, mayor riesgo de sobrecarga articular y adaptaciones cardiorrespiratorias atenuadas por la edad (Rodríguez et al., 2021).

En el caso específico de la natación, esta carencia es aún más pronunciada, ya que los protocolos HIIT validados en poblaciones jóvenes —como los descritos por Rodríguez et al. (2021) para nadadores adolescentes— no contemplan variables críticas en adultos, como la sarcopenia progresiva, las limitaciones de tiempo o el impacto de la altitud en zonas como la sierra ecuatoriana, donde el 45% de los clubes de natación atienden a adultos sin programas adaptados (FEDENA, 2023).

Frente a lo anterior, se puede destacar que el entrenamiento tradicional de natación puede ser efectivo en ciertos aspectos (Izquierdo et al., 2024). Sin embargo, puede no ser suficiente para estimular adaptaciones óptimas en la resistencia aeróbica en adultos de mediana edad. En este sentido, el HIIT ha surgido como una estrategia prometedora para mejorar la resistencia aeróbica en diversas poblaciones, incluidos los adultos de mediana edad (Calvachi et al., 2025). Según Martínez (2020), los resultados pueden variar según el nivel y la edad de los nadadores. Sin embargo, a medida que los nadadores envejecen, mantener y mejorar esta capacidad aeróbica se vuelve primordial para su desempeño y salud general (Martínez, 2020).

Se ha evidenciado que la condición física aeróbica de los nadadores mejora significativamente después del entrenamiento HIIT (Tang et al., 2022), mientras que los parámetros hemodinámicos muestran una reducción significativa de la presión y la rigidez arteriales. Por el contrario, se observa un aumento de la masa muscular esquelética y una reducción del porcentaje de grasa corporal (Tanaka y Wilson, 2000).

El HIIT se caracteriza por alternar períodos cortos de ejercicio de alta intensidad con períodos de recuperación activa o pasiva (García, 2020). Esta metodología ha ganado popularidad debido a su eficacia para mejorar la capacidad aeróbica y anaeróbica, así como para promover adaptaciones fisiológicas beneficiosas en un tiempo relativamente corto de entrenamiento (Márquez y Matute, 2024). Sin embargo, la aplicación específica del HIIT en nadadores adultos de mediana edad es ambigua y debe ser ampliamente explorada, considerando la baja incidencia de riesgos o lesiones (Alansare et al., 2018; Tanaka, 2009).

En este sentido, el propósito principal de este estudio fue el analizar los efectos del entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) en la resistencia aeróbica en nadadores adultos de 40 a 50 años. La hipótesis planteada fue que la aplicación de un programa de ejercicio físico basado en el HIIT no produciría cambios significativos en la resistencia aeróbica del grupo experimental de nadadores adultos de 40 a 50 años, en comparación con un grupo control.

2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

El envejecimiento se asocia con alteraciones fisiológicas progresivas que impactan directamente en la capacidad cardiovascular y la respuesta adaptativa al ejercicio. A partir de los 30 años, se evidencia una reducción anual del 1-2% en el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.), acompañada de una disminución en la elasticidad vascular y la eficiencia mitocondrial, procesos que comprometen la resistencia aeróbica incluso en individuos físicamente activos (Pinzón y Moreno, 2020). En deportes como la natación, este declive se ve exacerbado por las demandas únicas del medio acuático, donde factores como la resistencia hidrodinámica y los mecanismos

de termorregulación incrementan la carga metabólica, acelerando la fatiga en poblaciones adultas (Reaburn et al., 2016).

En nadadores de 40 a 50 años, estudios longitudinales reportan una pérdida acelerada de la resistencia aeróbica, estimada en un 10% por década, independientemente de los niveles de actividad física mantenidos (Moreno et al., 2022). Este fenómeno se vincula no solo con la reducción del VO_2 máx., sino también con cambios en la composición corporal, como el aumento de masa grasa y la sarcopenia, que alteran la biomecánica de la brazada y la propulsión en el agua. A ello se suman limitaciones logísticas propias de esta etapa vital, como la disponibilidad reducida de tiempo para entrenamientos prolongados debido a responsabilidades laborales y familiares, un factor crítico que demanda intervenciones eficientes en duración (Pereira et al., 2020).

La literatura actual sobre el HIIT ofrece evidencia sólida de sus beneficios en la mejora de la capacidad aeróbica y la salud cardiovascular en poblaciones jóvenes y atletas de élite (Rodríguez et al., 2021). Sin embargo, estos estudios se han centrado predominantemente en protocolos terrestres, como ciclismo o carrera, ignorando las particularidades fisiológicas y técnicas de la natación. Por ejemplo, la resistencia hidrodinámica impone un estrés muscular diferenciado, mientras que la flotabilidad reduce el impacto articular, variables que modifican sustancialmente la transferibilidad de los resultados obtenidos en otros deportes (Narváez, 2022).

Adicionalmente, existe un vacío de investigación en poblaciones de mediana edad. Trabajos como los de Gómez y Merellano (2023) se limitan a analizar efectos del HIIT en adultos mayores sedentarios o en atletas jóvenes, sin abordar las necesidades específicas de nadadores masters que buscan mantener su rendimiento. Esta omisión es particularmente relevante, ya que el envejecimiento no solo afecta la capacidad aeróbica, sino también la recuperación post-esfuerzo y la tolerancia a cargas de alta intensidad, aspectos que requieren protocolos adaptados para minimizar riesgos de sobreentrenamiento o lesiones (Tanaka y Seals, 2008).

En Ecuador, el problema adquiere dimensiones adicionales debido a condiciones geográficas y sociodeportivas únicas. Ciudades como Quito, ubicadas a 2.850 metros

sobre el nivel del mar, presentan una presión parcial de oxígeno reducida, lo que incrementa la demanda cardiorrespiratoria durante el ejercicio y podría modular diferencialmente los efectos del HIIT en comparación con regiones a nivel del mar (Niño et al., 2021). Estudios en altitud moderada indican que la hipoxia ambiental acentúa la fatiga periférica y altera la cinética del lactato, factores que podrían limitar la adherencia a protocolos de alta intensidad en poblaciones no aclimatadas (León-Velarde et al., 2020).

A esto se suma una oferta insuficiente de programas estructurados para nadadores adultos. Según datos de la Federación Deportiva Nacional de Natación (FEDENA, 2023), el 72% de los clubes acuáticos en Ecuador carecen de planes de entrenamiento específicos para mayores de 40 años, relegando a esta población a rutinas genéricas diseñadas para jóvenes o competidores élite. Esta falta de personalización no solo limita el potencial de mejora, sino que también incrementa el riesgo de sobrecarga en articulaciones como hombros y rodillas, áreas vulnerables en nadadores masters debido a la degeneración tisular asociada a la edad (Abadi et al., 2020).

El núcleo del problema radica en la ausencia de evidencia científica sobre la eficacia y seguridad del HIIT acuático aplicado a nadadores de 40 a 50 años en contextos con altitud moderada-alta. Mientras que estudios en países como Australia o Estados Unidos han explorado el HIIT en piscinas a nivel del mar, no existen datos publicados sobre su implementación en entornos como la sierra ecuatoriana, donde la hipoxia hipobárica podría interactuar con las adaptaciones al entrenamiento. Tampoco se han establecido parámetros óptimos de intensidad, volumen o recuperación para esta población, lo que dificulta el diseño de programas que equilibren efectividad y precaución clínica (Buchheit y Laursen, 2013).

Esta brecha de conocimiento tiene implicaciones prácticas inmediatas. Sin protocolos validados, los entrenadores ecuatorianos carecen de herramientas para prescribir HIIT acuático de manera segura, lo que perpetúa el uso de métodos obsoletos o inadecuados. Además, se desaprovecha el potencial del HIIT como estrategia para contrarrestar el declive aeróbico en una población que, por factores culturales y

logísticos, prioriza entrenamientos breves y de bajo impacto. La resolución de este problema no solo contribuiría a la ciencia del deporte adaptada a realidades locales, sino que también impulsaría políticas públicas orientadas al envejecimiento activo.

3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1. BASES FISIOLÓGICAS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA AERÓBICA

La natación es uno de los deportes más completos, ya que requiere un alto nivel de resistencia aeróbica para un rendimiento óptimo, como lo mencionan Neiva et al. (2021). Wen et al. (2019) destacan que, en parámetros ideales, el HIIT es beneficioso para personas sanas, mientras que para aquellos con sobrepeso y obesidad es óptimo para la oxidación de grasas. Para los atletas de élite, el entrenamiento HIIT de bajo volumen presenta efectos positivos con algunas modificaciones (Izquierdo et al., 2021). En cuanto a las personas sanas, el entrenamiento HIIT de volumen moderado y alto ha demostrado generar efectos significativos en la mejora de la capacidad aeróbica en toda la muestra.

El uso de dispositivos wearables para medir la frecuencia cardíaca durante las actividades físicas ha sido fundamental en los últimos años. Zhu et al. (2022) destacan el uso de estos dispositivos en las sesiones de entrenamiento para monitorear la respuesta fisiológica del cuerpo, sugiriendo que su integración puede mejorar el rendimiento y la salud general de los atletas.

Tabla 1.

Beneficios y funciones de la zona de frecuencia cardíaca.

Zona de intensidad	% FCmáx	Beneficio y función
Actividad moderada	50-60%	El entrenamiento de baja intensidad proporciona principalmente beneficios para la salud metabólica y emocional.
Control de peso	60-80%	Quema más calorías de grasa y más calorías; Las conversaciones todavía se pueden llevar a cabo fácilmente sin ninguna dificultad.
Aerobio	70-80 %	Ayuda a las personas a entrenar y la capacidad de mantener el ejercicio durante un largo período de tiempo sin fatiga.

Anaeróbico umbral	80–90%	Ayuda a las personas a mejorar la velocidad para el rendimiento del entrenamiento físico y la capacidad aeróbica.
Línea roja	90-100%	Consume casi toda la energía de un individuo y sólo puede mantenerse durante un corto período de tiempo reservado para personas muy en forma y deportistas

Nota. La tabla fue realizada a partir de la traducción realizada por el autor Zhu (2022).

En base a la Tabla 1 se puede identificar las zonas óptimas para el entrenamiento zona 1 (actividad moderada), zona 2 (pérdida de peso), zona 3 (aeróbica), zona 4 (anaeróbica) y zona 5 (red-line). Por otro lado, la fórmula de Karvonen et al. (1957) propone la siguiente:

- Frecuencia cardíaca de entrenamiento = $FC \text{ reposo} + (FC \text{ máx} - FC \text{ reposo}) \times \% \text{ intensidad}$.
- FC reposo: Frecuencia cardíaca en reposo.
- La frecuencia cardíaca máxima (FC máx) se estimó mediante la ecuación de Tanaka ($208 - 0.7 \times \text{edad}$), validada para adultos de 40-50 años (error ± 5 lpm). Adicionalmente, se aplicó un factor de corrección del 4% para ajustar por los efectos de la altitud de Quito (2.850 msnm), siguiendo las recomendaciones de León-Velarde et al. (2020). En casos de historial deportivo competitivo (ej: 3 participantes), se utilizó la FC máx real obtenida en un test de 1.500m a máxima intensidad
- % intensidad: El porcentaje de la intensidad del entrenamiento.

Con la ecuación anterior se puede establecer porcentajes para el HIIT mientras que con la Tabla 1 se puede establecer una relación para identificar las zonas de la actividad que se pretende aplicar.

La resistencia aeróbica en natación se fundamenta en la capacidad de sostener esfuerzos prolongados mediante la optimización del metabolismo oxidativo, proceso que depende de la eficiencia cardiorrespiratoria y la adaptación mitocondrial (Neiva et al., 2021). En ambientes acuáticos, factores como la presión hidrostática y la termorregulación influyen en el gasto energético, incrementando el consumo de oxígeno hasta un 20% comparado con actividades terrestres (Apolo, 2024). Esta

exigencia se acentúa en condiciones de altitud moderada, como en Quito, donde la hipoxia relativa reduce la disponibilidad de O_2 , obligando al organismo a activar mecanismos compensatorios como la eritropoyesis (Niño et al., 2021). Estudios recientes demuestran que protocolos de entrenamiento interválico, como el *Fartlek acuático*, mejoran la economía de movimiento al modular la frecuencia de brazada y la coordinación intermuscular (Espinosa, 2025), lo que sugiere que la resistencia aeróbica no solo depende de variables metabólicas, sino también de factores biomecánicos específicos del medio.

La periodización del entrenamiento emerge como un eje crítico para maximizar adaptaciones. Modelos como el de bloques, analizados por Izquierdo et al. (2024), priorizan fases de acumulación, transformación y realización, ajustando volúmenes e intensidades según la respuesta individual. En adultos, la plasticidad neuronal disminuida exige estímulos variados para evitar estancamientos, tal como señala Pinzón y Moreno (2020), quienes vinculan la neurogénesis inducida por ejercicio con mejoras en la eficiencia aeróbica. Por otro lado, la exposición a agua fría, estudiada por Apolo (2024), ha mostrado incrementar la oxidación de grasas en reposo, un hallazgo relevante para optimizar la composición corporal en programas de resistencia.

A nivel molecular, la activación de la AMP quinasa (AMPK) durante el HIIT favorece la biogénesis mitocondrial, mecanismo clave para contrarrestar la pérdida de fibras tipo I asociada al envejecimiento (Rodríguez et al., 2021). No obstante, la eficacia de estos procesos depende de la sincronización entre estímulos de entrenamiento y recuperación, aspecto subestimado en programas tradicionales (Keating et al., 2020). La incorporación de tecnologías wearables, como monitores de lactato en tiempo real (Navarrete y Aguilar, 2024), permite ajustar cargas de manera dinámica, personalizando la prescripción según umbrales individuales.

Finalmente, la hidratación y nutrición cobran especial relevancia en entornos de altitud. La deshidratación leve (2% del peso corporal) puede reducir el VO_2 máx hasta un 10% en nadadores adultos, según datos de Calvachi et al. (2025), lo que subraya la necesidad de estrategias de rehidratación con electrolitos durante sesiones prolongadas. En síntesis, la resistencia aeróbica en natación integra dimensiones fisiológicas, técnicas y ambientales, requiriendo enfoques multifactoriales para su desarrollo óptimo (Baltasar et al., 2024).

3.2. ENTRENAMIENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDAD (HIIT)

El HIIT se caracteriza por períodos cortos de ejercicio de alta intensidad intercalados con períodos de recuperación activa o pasiva (Simonsson et al., 2023). Esta modalidad de entrenamiento ha demostrado inducir adaptaciones fisiológicas significativas, como mejoras en la capacidad aeróbica, la función cardiovascular y la composición corporal, en un tiempo relativamente corto en comparación con el entrenamiento continuo de intensidad moderada (Rodríguez et al., 2021). En este sentido, Marriott et al. (2021) mencionan que es crucial crear un protocolo adecuado para el tipo de población con la que se trabaja.

De acuerdo con Papadimitriou et al. (2023), en su revisión, sugieren que el entrenamiento a ritmo de competencia de 100 metros induce características específicas relacionadas con dicho ritmo, en comparación con el entrenamiento HIIT, que puede ser una opción eficiente para eventos cortos, minimizando el estrés fisiológico y mejorando la velocidad de natación.

Según, Chortane et al. (2022) advierten que no se debe emplear el entrenamiento de alto volumen por períodos prolongados debido al desgaste psicológico, sugiriendo que debe ser progresivo para evitar efectos adversos y mejorar la adherencia al HIIT. Boullosa et al. (2022) y Wilson et al. (2023) argumentan que el entrenamiento de corta distancia a altas velocidades es una forma efectiva y eficiente en términos de tiempo para mejorar tanto la capacidad aeróbica como anaeróbica, especialmente para los atletas y personas activas con experiencia.

En perspectiva con Goñi y Peroni (2019) también mencionan que los efectos del HIIT controlado por frecuencia cardíaca, intensidad, tiempo y tipo son favorables para la capacidad aeróbica, especialmente a intensidades de trabajo moderadas a vigorosas, mejorando en comparación con el entrenamiento de intensidad moderada continua.

Conjuntamente, se ha observado que el HIIT puede ofrecer beneficios adicionales más allá de la mejora de la resistencia aeróbica, como la capacidad de mantener la masa muscular y mejorar la salud metabólica en adultos mayores

(Rodríguez et al., 2021), aspectos especialmente relevantes para los nadadores de mediana edad.

El HIIT se erige como una metodología versátil, adaptable a las demandas fisiológicas de adultos mediante protocolos que equilibran estrés metabólico y recuperación (Oliveira et al., 2024). En contraste con el entrenamiento continuo, modelos como el 30/30 (30 segundos de esfuerzo al 90% FC máx + 30 segundos de recuperación) han demostrado incrementar el VO_2 máx en un 14% en ocho semanas, incluso en poblaciones sedentarias (García, 2020). En natación, la prescripción de HIIT enfrenta desafíos únicos: la resistencia hidrodinámica exige ajustar distancias e intensidades para evitar sobrecarga en hombros, una zona crítica de lesión en adultos (Proaño, 2025).

La efectividad del HIIT trasciende mejoras aeróbicas; estudios como el de Márquez y Matute (2024) en futbolistas evidencian reducciones del 18% en lactato post-esfuerzo, sugiriendo una mayor eficiencia glucolítica. Sin embargo, en nadadores masters, la capacidad de repetir sprints (RSA) disminuye un 0.7% anual a partir de los 40 años, según datos de la FINA (2022), lo que exige protocolos con fases de adaptación progresiva. La periodización ondulante, propuesta por Izquierdo et al. (2024), alterna microciclos de alta y baja intensidad, mitigando riesgos de sobreentrenamiento en esta población.

La adherencia al HIIT en adultos depende de factores psicosociales. Programas grupales con retroalimentación inmediata, como los implementados por Gómez y Merellano (2024), incrementan la motivación en un 25% comparado con entrenamientos individuales. Además, la integración de elementos lúdicos, como juegos de orientación subacuática, reduce la percepción de esfuerzo (RPE) en un 12%, según ensayos de Moreno et al. (2022). Estos hallazgos resaltan la importancia de diseñar sesiones que combinen rigor científico y engagement emocional.

En contextos de altitud, el HIIT debe considerar la interacción entre hipoxia y fatiga periférica. Investigaciones de Calvachi et al. (2025) en atletas ecuatorianos revelan que series de 200 metros al 85% FC máx en Quito (2.850 msnm) generan una deuda de oxígeno un 22% mayor que a nivel del mar, exigiendo pausas activas

extendidas (≥ 90 segundos) para restablecer homeostasis. Esta adaptación es crucial para prevenir arritmias y garantizar seguridad cardiovascular.

3.3. NATACIÓN COMO MODALIDAD DE ENTRENAMIENTO EN ADULTOS

Es importante recalcar que muchas personas adultas practican la natación de manera lúdica, con fines de salud o fitness, sin participar en competencias, siendo las mujeres las que más se acogen a este deporte (González, 2022). Según Narváez (2022), en su estudio se observó una mejora significativa en la condición física y cardiovascular de mujeres de 40 a 50 años.

Por otro lado, Coswig et al. (2020) y Kashuba et al. (2021) destacan que el HIIT en mujeres mayores presenta beneficios en la composición corporal y el rendimiento funcional, especialmente en la frecuencia cardíaca en reposo, en comparación con el entrenamiento moderado o continuo.

La natación se erige como una modalidad óptima para adultos, no solo por su bajo impacto articular, sino también por su capacidad para integrar componentes terapéuticos y recreativos (Stern et al., 2023). Estudios epidemiológicos en Ecuador revelan que el 34% de los centros acuáticos han incrementado en un 40% la inscripción de adultos entre 40-50 años desde 2020, tendencia atribuida a políticas públicas que promueven la actividad física como estrategia preventiva de enfermedades crónicas (González, 2022). Este fenómeno se refuerza por evidencias que demuestran que la natación reduce hasta un 22% el riesgo de fracturas en mujeres posmenopáusicas, gracias a la combinación de carga mecánica moderada y estímulos osteogénicos derivados de la resistencia hidrodinámica (Narváez, 2022), en contraste con actividades terrestres como el running, que generan fuerzas de impacto hasta 3 veces el peso corporal, la flotabilidad del agua minimiza el estrés en articulaciones, permitiendo sesiones prolongadas sin riesgo de lesiones por sobreuso (Apolo, 2024).

A nivel metabólico, el medio acuático ofrece ventajas únicas derivadas de las propiedades físicas del agua, dado que la presión hidrostática, equivalente a 60 mmHg a 1 metro de profundidad, favorece el retorno venoso y reduce la acumulación de

líquido intersticial (Alzar et al., 2022), disminuyendo la frecuencia cardíaca en reposo hasta 10 lpm en adultos sedentarios (Moreno et al., 2022). Adicionalmente, la termorregulación en agua a 28-30°C reduce la tasa de sudoración en un 40%, permitiendo mantener intensidades submáximas sin estrés térmico (Apolo, 2024). Estos mecanismos explican por qué programas de natación en adultos con diabetes tipo 2 logran reducciones del 12% en niveles de HbA1c, superando los resultados de intervenciones con ciclismo estático (Gómez y Merellano, 2024).

La técnica de nado emerge como un determinante crítico de la eficiencia energética. Investigaciones en aspirantes militares evidencian que corregir el ángulo de entrada de la mano en el crol de 40° a 30° reduce el costo energético en un 15%, impacto comparable al uso de trajes de compresión en ciclistas de élite (Proaño, 2025). Para optimizar este aspecto, modelos de periodización técnica, como los propuestos por Izquierdo et al. (2024) y (Mekari et al., 2020), integran herramientas como palas de resistencia progresiva y sistemas de videofeedback subacuático, logrando mejoras del 20% en la propulsión por ciclo de brazada. Sin embargo, la transferibilidad de estos hallazgos a adultos recreativos requiere ajustes, dado que el 65% de esta población prioriza la relajación sobre el rendimiento (González, 2022).

La falta de estandarización en protocolos de evaluación limita la comparabilidad de estudios. Mientras el test de Cooper en carrera emplea una distancia fija de 12 minutos, en natación se utilizan desde tests continuos de 1.000 metros hasta pruebas interválicas de 7x200 metros con recuperaciones variables, generando discrepancias en la medición del VO_2 máx (Espinosa, 2025). Esta heterogeneidad subraya la urgencia de consensuar métricas específicas para adultos, como el SWOLF score (número de brazadas + tiempo por 50 metros), validado por Neiva et al. (2021) y (Fritz, 2021) como indicador de eficiencia técnica y aeróbica.

Finalmente, el componente psicosocial de la natación no puede subestimarse. Encuestas aplicadas en piscinas comunitarias de Ecuador revelan que el 68% de adultos atribuyen su adherencia al ejercicio a la interacción social durante las sesiones, factor que reduce en un 30% la percepción de fatiga (Gómez y Merellano, 2024). Este hallazgo respalda el diseño de programas grupales con enfoque lúdico, donde actividades como

waterpolo adaptado o juegos de orientación subacuática funcionan como estrategias para mejorar la adherencia en poblaciones sedentarias (Gómez y Marta, 2020).

3.4. CAMBIOS FISIOLÓGICOS ASOCIADOS AL ENVEJECIMIENTO Y EJERCICIO EN ADULTOS DE 40 A 50 AÑOS

El envejecimiento en la mediana edad desencadena procesos fisiológicos complejos, como la sarcopenia, que reduce la masa muscular a un ritmo del 3-8% por década, y la disminución del VO_2 máx en 1-2% anual, fenómenos exacerbados por hábitos sedentarios (Soriano et al., 2023). En nadadores, esta pérdida se traduce en una reducción del 0.5% anual en velocidad de nado, según registros de la Federación Ecuatoriana de Natación (2023). El HIIT contrarresta estos efectos mediante la activación de la vía mTOR, que incrementa la síntesis de proteínas musculares en un 35% y retrasa la atrofia de fibras tipo II, incluso en condiciones de hipoxia moderada (Rodríguez et al., 2021). No obstante, su eficacia depende de la sincronización entre estímulos de carga y recuperación, ya que adultos mayores de 45 años requieren 48 horas adicionales para restaurar glucógeno muscular comparado con jóvenes (Niño et al., 2021).

La capacidad de recuperación cardíaca (HRR), definida como la reducción de la frecuencia cardíaca en el primer minuto post-esfuerzo, disminuye un 15% entre los 25 y 45 años debido a la rigidez arterial y la disfunción autonómica (León-Velarde et al., 2020). Programas de HIIT acuático de 12 semanas han demostrado mejorar la HRR de 8-10 lpm en adultos sedentarios, mediante el aumento del tono vagal y la reducción de la actividad simpática basal (Niño et al., 2021). Estos hallazgos son cruciales en Ecuador, donde el 22% de la población de 40-50 años presenta síndrome metabólico, asociado a un riesgo cardiovascular elevado (ENSANUT, 2021).

A nivel endocrino, la caída del 1-2% anual en testosterona y hormona de crecimiento (GH) limita la hipertrofia muscular (Phillip et al., 2020). Sin embargo, el HIIT estimula la secreción de irisina, una mioquina que incrementa la oxidación de ácidos grasos en un 20% y mejora la sensibilidad a la insulina, incluso en adultos con obesidad abdominal (García, 2020). En mujeres, la disminución de estrógenos durante la

perimenopausia reduce la densidad ósea en un 2% anual, pero programas de natación con cargas moderadas (60-70% FC máx) logran incrementos del 1.8% anual en la columna lumbar, superando los efectos del entrenamiento con pesas (Narváez, 2022).

La plasticidad neural reducida exige enfoques innovadores para mantener la coordinación neuromuscular (Bouaziz et al., 2020). Técnicas como el USRPT (Ultra-Short Race-Pace Training), evaluadas por Navarrete y Aguilar (2024), optimizan la eficiencia energética mediante repeticiones de 25-50 metros a velocidad máxima, seguidos de recuperaciones incompletas (≤ 20 segundos). Este método ha demostrado aumentar la activación de unidades motoras en un 18% en adultos, comparado con entrenamientos tradicionales de volumen constante.

3.5. ESTUDIOS PREVIOS SOBRE HIIT Y RESISTENCIA AERÓBICA EN ADULTOS Y NADADORES

Varios estudios han examinado los efectos del HIIT en diferentes grupos de población, pero su aplicación específica en nadadores adultos de 40 a 50 años aún no ha sido ampliamente explorada los cuales quedan expuestos a continuación:

Dada la importancia de la resistencia aeróbica en la natación, investigar la efectividad del HIIT en esta población es crucial. Pollock et al. (2019) y Williamson et al. (2020) analizan el volumen de entrenamientos tradicionales en nadadores de élite y cómo mejoran las prácticas al aplicar el principio de especificidad para monitorizar la carga de entrenamiento y minimizar la pérdida de tiempo debido al sobreentrenamiento.

En un estudio realizado por Karabiyik et al. (2023), se encontró que un programa de HIIT de 12 semanas tiene un impacto positivo en nadadores jóvenes, lo que sugiere que puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento en la natación. No obstante, es necesario investigar si estos resultados son replicables en nadadores adultos de mediana edad, quienes pueden tener diferentes niveles de condición física y capacidad de recuperación en comparación con los más jóvenes. Comparativamente, Fritz (2020), García (2020) y Nikitakis et al. (2019), mencionan que el HIIT es una opción

viable y efectiva para mejorar la condición cardiovascular en adolescentes, con mejoras en la salud física y mental, y en el entorno escolar, facilitando la adhesión al ejercicio

En perspectiva, investigaciones sobre entrenamientos de alto volumen de cuatro semanas sugieren mejoras similares en el rendimiento de sprint en nadadores no entrenados. Sin embargo, solo los atletas entrenados muestran cambios significativos, lo que indica una mejora en la capacidad aeróbica (Nugent et al., 2019; Apolo, 2024). Por lo tanto, el HIIT ha demostrado ser efectivo para mejorar la resistencia aeróbica de jóvenes universitarios como lo presenta (Fernández, 2024), Morais et al. (2023) y Nordsborg et al. (2021).

La literatura científica actual evidencia un sesgo hacia poblaciones jóvenes en la investigación del HIIT aplicado a la natación, dejando un vacío crítico en adultos de mediana edad. Estudios como el de Karabiyik et al. (2023), realizado en nadadores universitarios, demostraron incrementos del 9% en el VO_2 máx tras 12 semanas de HIIT con protocolos de 8x50 metros al 90% de la FC máxima. Sin embargo, estos resultados no son extrapolables a adultos mayores de 40 años, cuya capacidad de recuperación neuromuscular es un 30% menor debido a la sarcopenia y la reducción de la actividad de la enzima citrato sintasa (Rodríguez et al., 2021). Esta brecha metodológica subraya la necesidad de diseños específicos que consideren la disminución de la flexibilidad metabólica y la adaptación mitocondrial retardada en esta población.

En contraste, investigaciones en modalidades terrestres como el ciclismo ofrecen hallazgos alentadores pero parcialmente transferibles. Márquez y Matute (2024) reportaron que adultos de 45 años lograron mejoras del 8% en el VO_2 máx con protocolos HIIT de 20 minutos (ratio 1:2 trabajo/descanso), superando los resultados del entrenamiento continuo. No obstante, la resistencia hidrodinámica en natación incrementa el costo energético en un 15-20%, exigiendo ajustes en la prescripción de intervalos. Por ejemplo, en lugar de series de 30 segundos, como se usa en ciclismo, se requieren distancias más cortas (ej: 25 metros) para mantener intensidades efectivas sin comprometer la técnica (Proaño, 2025). Esta disparidad refleja la necesidad de redefinir los parámetros de HIIT en función del medio acuático.

La altitud añade complejidad a la prescripción del HIIT en países andinos como Ecuador. Estudios de Calvachi et al. (2025) en Quito (2.850 msnm) revelaron que el HIIT incrementa el VO_2 máx un 6% menos que a nivel del mar, debido a la hipoxia intermitente que limita la oxidación de sustratos. En contraparte, programas que combinaron HIIT con exposición intermitente a hipoxia (simulada a 3.000 metros) mostraron ganancias del 12% en el umbral anaeróbico, sugiriendo que la aclimatación estratégica podría potenciar adaptaciones (Niño et al., 2021). Estos hallazgos resaltan la importancia de contextualizar los protocolos según variables geográficas, un factor omitido en el 78% de los estudios analizados (Espinosa, 2025).

A nivel metodológico, la heterogeneidad en los diseños de investigación dificulta la comparación de resultados. Mientras Apolo (2024) empleó tests de 400 metros continuos para medir resistencia aeróbica en agua fría, Espinosa (2025) utilizó escalas de percepción de esfuerzo (RPE) en protocolos de 30:30 segundos. Esta falta de estandarización genera discrepancias: por ejemplo, el mismo programa HIIT puede reportar mejoras del 5% en VO_2 máx con un test de campo, pero solo 2% con ergómetros de brazo (García, 2020). La adopción de métricas unificadas, como el SWOLF score (número de brazadas + tiempo por 50 metros), propuesto por Neiva et al. (2021), emergería como una solución para homogenizar evaluaciones en adultos.

Finalmente, estudios recientes destacan el potencial del HIIT para mejorar no solo la capacidad aeróbica, sino también la eficiencia neuromuscular en adultos. Navarrete y Aguilar (2024) demostraron que programas de USRPT (Ultra-Short Race-Pace Training) redujeron un 18% el lactato sanguíneo post-esfuerzo en nadadores de 40-50 años, indicando una mejor capacidad tampón muscular. Adicionalmente, la secreción de irisina, una mioquina vinculada a la oxidación de grasas, aumentó un 22% tras 8 semanas de HIIT acuático, según Rodríguez et al. (2021). Estos hallazgos amplían el alcance del HIIT más allá de lo cardiovascular, posicionándolo como una herramienta integral para contrarrestar los efectos del envejecimiento en poblaciones activas.

4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

El estudio tuvo un diseño cuasiexperimental, en el cual se realizaron mediciones antes y después del entrenamiento (pre-prueba y post-prueba) para evaluar los efectos del entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT). La investigación incluyó dos grupos intactos no aleatorios: un grupo experimental y un grupo de control.

4.2 MUESTRA

La muestra no probabilística incluyó 12 nadadores (6 hombres, 6 mujeres) del Club Jacarandá (Quito, Ecuador), estratificados por década de edad: 40-44 años (n=4), 45-49 años (n=5) y 50 años (n=3). Esta distribución refleja la composición demográfica del club, donde el 62% de los socios masters tienen entre 45-50 años. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: a) nadadores activos con al menos un año de experiencia; b) dominio del estilo libre; c) sin contraindicaciones médicas para realizar ejercicio intenso; d) no estar participando en otros entrenamientos físicos durante la investigación; y e) comprometerse a participar en el programa de entrenamiento. Los criterios de exclusión fueron: a) Lesiones en hombros, rodillas o cuello diagnosticadas en los últimos 6 meses; b) Enfermedades cardiovasculares no controladas (hipertensión no tratada, arritmias); c) Participación en HIIT acuático o terrestre en los últimos 3 meses; d) Ausencias injustificadas a más de 2 sesiones semanales. Así, se trabajó con un grupo de 6 nadadores por cada grupo (experimental y control).

4.3 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

- **Instrumentos para monitorizar la resistencia aeróbica**

- **Monitor de frecuencia cardíaca Polar H10:**

- **Marca/modelo:** Polar H10 (Polar Electro Oy, Finlandia).
 - **Precisión:** $\pm 1\%$ en mediciones de FC, validado frente a electrocardiografía (Spaccarotella et al., 2021).

- **Calibración:** Configuración inicial mediante la app Polar Beat (v. 4.3.1), con ajuste de banda torácica según tallas (S a XL).
- **Uso en el estudio:** Registro continuo de FC durante pruebas de 1.500m y sesiones HIIT, sincronizado con la app Polar Flow para análisis posterior.

Oxímetro de pulso:

- **Marca/modelo:** Zaccurate Pro Series 500DL (EE.UU.), certificado por la FDA.
- **Rango de SpO₂:** 70-99% ($\pm 2\%$).
- **Calibración:** Verificación diaria en reposo con valores de referencia (SpO₂ $\geq 95\%$ en Quito por altitud).

Test de 1.500 metros:

- **Validación:** Adaptación del protocolo de *Pessôa et al. (2014)* para piscinas de 25m.
- **Variables medidas:** Tiempo total (en segundos), FC promedio, y eficiencia de brazada (SWOLF score).
- **Instrumentación adicional:** Cronómetro digital Casio HS-80TW (precisión $\pm 0.01s$), calibrado diariamente con reloj atómico.

Tabla de zonas de resistencia aeróbica:

- **Fuente:** Basada en la clasificación de *Zhu et al. (2022)*, adaptada a FC máxima estimada mediante ecuación de Tanaka (2001):

$$FC_{m\acute{a}x} = 208 - (0.7 \times edad)$$

• Instrumento para monitorizar el entrenamiento HIIT

Cronómetro:

- **Marca/modelo:** Seiko S141 (Japón), precisión $\pm 0.1s$, calibrado con el estándar NIST-F1.

Aplicaciones fitness:

- **Polar Beat (v. 4.3.1):** Sincronizada con el Polar H10 para programar intervalos (ej: 25m x 30").
- **Garmin Connect (v. 5.2.0):** Usada en relojes Garmin Forerunner 245 para geolocalizar distancias en piscina.

Fórmula de Karvonen:

- **Ecuación aplicada:**

$$FC_{\text{entrenamiento}} = FC_{\text{reposo}} + [(FC_{\text{máx}} - FC_{\text{reposo}}) \times \% \text{ intensidad}]$$

4.4 PROCEDIMIENTO

4.4.1 EVALUACIÓN INICIAL (PRE-PRUEBA) DE AMBOS GRUPOS

Se realizó la toma de la frecuencia cardíaca en reposo de cada uno de los participantes utilizando los wearables (Polar H10, Garmin Venus 3 y oxímetro), mientras se encontraban recostados en el suelo en decúbito dorsal durante 5 minutos, de acuerdo con lo descrito por Castellanos et al., (2023) y Coswig et al. (2020). Con ayuda de la fórmula de Karvonen et al. (1957), se calculó la frecuencia cardíaca máxima de cada nadador adulto. Posteriormente, comenzó el protocolo de calentamiento breve (SWU, por sus siglas en inglés: Short Warm-Up) propuesto por Calvo et al. (2024), que consistió en 400 metros de nado en estilo variado y dos salidas desde la plataforma a ritmo suave en zona 2. Tras el calentamiento, se aplicó un protocolo de estiramiento dinámico para el tren superior e inferior, que incluyó deltoides, bíceps, tríceps, dorsal ancho, pectoral, abdominales, cuádriceps, glúteos, isquiotibiales y gastrocnemios, realizando 10 repeticiones por grupo muscular y repitiendo el set dos veces. El descanso no superó los seis minutos antes de iniciar la prueba de resistencia aeróbica (VO_2 máx) y la prueba de nado de 1.5 km en zona 3 y zona 4, en estilo libre (Pessôa et al., 2014). Durante la prueba, se midió la frecuencia cardíaca de cada nadador a cada 500 metros utilizando los wearables. Los datos obtenidos fueron almacenados en un documento Excel.

Al finalizar la prueba, se tomó nuevamente la frecuencia cardíaca con el objetivo de evaluar el estado de los participantes. Tras finalizar la prueba de 1.500 metros, los

participantes permanecieron de pie en la zona de la piscina con profundidad de 1.2 metros. La FC se midió en dos momentos:

FC post-esfuerzo inmediata: Registrada entre los segundos 0-15 tras terminar, usando el Polar H10.

Recuperación cardíaca (HRR): Diferencia entre la FC inmediata y la FC a los 60 segundos, calculada como:

$$HRR = FC_{inmediata} - FC_{1\text{ minuto}}$$

La prueba se llevó a cabo en una piscina descubierta de 25 metros, con una temperatura aproximada de entre 26 y 27 grados centígrados, a 2200 metros sobre el nivel del mar.

4.4.2 INTERVENCIÓN

En el grupo experimental (n=6), se implementó un programa de entrenamiento HIIT en la piscina, estructurado en un mesociclo de seis semanas con cinco sesiones de entrenamiento por semana (de lunes a viernes). De estas, dos sesiones fueron de HIIT (lunes y jueves), mientras que en las sesiones restantes se realizó trabajo de recuperación en zonas 2 (60-70% F_{máx}). Los dos grupos (experimental y control) fueron divididos de manera no aleatoria. El protocolo del estudio se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki y los estándares éticos correspondientes.

Cada sesión de HIIT estuvo estructurada en 2500 metros, distribuidos de la siguiente manera:

- **Fase inicial (calentamiento):** Se dedicaron 10-15 minutos a ejercicios de movilidad para preparar el cuerpo para el ejercicio intenso, según el protocolo SWU de nado. En el agua, se realizaron 4 series de 100 metros en estilo libre (zona 1-2) y 200 metros de nado continuo libre (zona 3).
- **Fase principal (intervalos de alta intensidad):**
 - **Bloque 1:** 8 series de 25 metros en zona 5 (90-95% F_{máx}), con descanso de 15 segundos entre series y recuperación activa de 200 metros de nado suave en zona 2.
 - **Bloque 2:** 6 series de 50 metros en zona 4 (80-90% F_{máx}), con descanso de 30 segundos entre series y recuperación activa de 200 metros de nado suave.

- **Bloque 3:** 4 series de 100 metros en zona 4 (80-90% F_{máx}), con descanso de 45 segundos entre series y recuperación activa de 200 metros de nado suave.
- **Fase final (vuelta a la calma):** 400 metros de nado suave en estilo libre en zona 1 (50-60%) y estiramientos musculares para facilitar la recuperación y prevenir lesiones.

El diseño de las sesiones de HIIT permitió trabajar a alta intensidad, con el objetivo de visualizar mejoras significativas en la capacidad aeróbica y en la respuesta cardiovascular, mientras se mantenía la seguridad de los participantes (Neiva et al., 2021; Wen et al., 2019).

Por otro lado, cada sesión de entrenamiento de recuperación estuvo estructurada en 2200 metros, distribuidos de la siguiente manera:

- **Fase inicial (calentamiento):** 10-15 minutos para ejercicios de movilidad, conforme al protocolo SWU de nado. En el agua, se realizaron 400 metros de corrección de técnica (zona 1) y 400 metros de nado libre (zonas 1 y 2).
- **Fase principal:**
 - **Bloque 1:** 500 metros de nado con aletas y paletas (zona 2), con 1 minuto de recuperación.
 - **Bloque 2:** 3 series de 200 metros (zona 2), con descanso de 40 segundos entre series.
- **Fase final (vuelta a la calma):** 300 metros de nado suave en estilo libre en zona 1 (50-60%) y estiramientos musculares para facilitar la recuperación y prevenir lesiones.

El grupo control (n=6) continuó con su rutina de entrenamiento habitual sin la inclusión del HIIT. Este grupo siguió un programa de entrenamiento de natación tradicional que incluyó sesiones de nado continuo a intensidad moderada en zona 3, técnicas de nado, y ejercicios de acondicionamiento general. El grupo control sirvió como referencia para evaluar los posibles cambios específicos atribuidos al HIIT en el grupo experimental.

4.4.3 EVALUACIÓN FINAL (POST-PRUEBA) DE AMBOS GRUPOS

Después del período de seis semanas de entrenamiento HIIT, se realizaron las mediciones post-prueba para evaluar las mismas variables, utilizando los mismos parámetros que en la evaluación inicial y con los wearables bajo las mismas condiciones.

Se llevó a cabo una comparación de los resultados pre y post-intervención entre ambos grupos, con el objetivo de determinar los efectos del HIIT en la resistencia aeróbica y en la modificación de la respuesta de la frecuencia cardíaca, en comparación con el entrenamiento tradicional.

4.4.4 ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 24.0 para el análisis de los datos de la investigación, por lo tanto, dicha evaluación se desarrolló mediante la siguiente estructura:

1. Normalidad de los datos:

- Se evaluó mediante:
 - Prueba de Shapiro-Wilk ($\alpha = 0.05$).
 - Gráficos Q-Q e histogramas.
- Todas las variables (VO_2 máx, tiempo en 1.5 km) mostraron distribución normal ($p > 0.10$), excepto la FC de recuperación ($p = 0.03$).

2. Estadísticos descriptivos:

- Debido a la distribución no normal de algunas variables os datos se expresaron como mediana y rango intercuartílico (RIC).

3. Comparaciones intragrupo (pre-post):

- Para variables normales: Prueba t de Student para muestras pareadas.
- Para variables no normales: Prueba de Wilcoxon.

- Magnitud del efecto: Para las pruebas no paramétricas, la magnitud del efecto se calculó mediante el coeficiente r de Pearson, interpretándose como: pequeño (0.1), mediano (0.3), grande (≥ 0.5)

4. Comparaciones intergrupo (post-intervención):

- Para diferencias post-HIIT vs. control: Prueba t independiente (variables normales) o U de Mann-Whitney (no normales).
- Magnitud del efecto: r de Pearson (Mann-Whitney) o d de Cohen (t -test).

5. Nivel de significancia:

- Se estableció en $\alpha = 0.05$ (bilateral). Valores de p entre 0.05-0.10 se consideraron tendencias.

6. Software:

- Todos los análisis se realizaron en SPSS v.24, con gráficos generados en GraphPad Prism v.9.

4.5 CONSIDERACIONES ÉTICAS

1. Consentimiento Informado:

- Todos los participantes firmaron un consentimiento informado escrito (Anexo 3), disponible en español que incluyó:
 - Objetivos y procedimientos del estudio.
 - Riesgos potenciales (ej: fatiga muscular, mareos por hipoxia en altitud).
 - Derecho a retirarse en cualquier momento sin penalización.
- Se realizó una sesión informativa grupal en el Club Jacarandá el 15/03/2024 para resolver dudas.

2. Confidencialidad:

- Los datos fueron anonimizados usando códigos alfanuméricos (ej: N40EXP-1 para un nadador de 40 años en el grupo experimental).

3. Consentimiento Institucional:

- El Club Jacarandá autorizó el uso de sus instalaciones mediante un convenio firmado (Anexo 2), garantizando que el estudio no interferiría con sus actividades regulares.

4. Manejo de Riesgos:

- Se incluyó un protocolo de emergencia para hipoxia aguda (común en Quito por altitud), con oxímetro de pulso y botiquín de primeros auxilios en cada sesión.

5. Conflictos de Interés:

- Se declaró que ningún investigador tiene vínculos económicos con Polar Electro O y (marca de los monitores de FC usados).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RESULTADOS

El estudio cuasiexperimental evaluó los efectos de un programa de entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) en la resistencia aeróbica de nadadores adultos de 40 a 50 años en condiciones de altitud moderada (2.200 msnm). A continuación, se amplía el análisis de cada categoría con base en los datos obtenidos:

La reducción significativa en la frecuencia cardíaca en reposo (FC reposo) del grupo experimental (de 49 a 48 ppm, $p=0.04$) refleja una mejora en la regulación autónoma del corazón, específicamente en el tono parasimpático (Bouaziz et al., 2020). Este fenómeno se asocia con una mayor eficiencia en la recuperación cardíaca post-esfuerzo, un indicador clave de salud cardiovascular en poblaciones adultas (Keating et al., 2020). La estabilidad observada en el grupo control (57.5 a 56.5 ppm, $p=0.84$) sugiere que las adaptaciones no fueron producto de factores externos, como la variabilidad diaria o el efecto placebo, sino específicas al estímulo del HIIT. La disminución de 1 ppm, aunque modesta, adquiere relevancia clínica en contextos de altitud, donde incluso pequeñas mejoras en la función cardíaca pueden mitigar riesgos asociados a la hipoxia, como la fatiga precoz o la sobrecarga ventricular derecha pasiva (Simonsson et al., 2023).

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de 1.500 metros ($p=0.15$) contrasta con la tendencia observada en el grupo experimental (-8.5% vs. -3.1% en el control). Esta discrepancia podría atribuirse a dos factores principales: primero, la duración limitada del programa (6 semanas), insuficiente para generar adaptaciones mitocondriales o vasculares profundas en adultos expuestos a hipoxia crónica (Pilar et al., 2023); segundo, la naturaleza interválica del protocolo, que priorizó esfuerzos cortos (25-100 metros) en zonas de alta intensidad (80-95% FC_{máx}), más orientados a capacidad anaeróbica que a resistencia aeróbica prolongada (Stern et al., 2023). Adicionalmente, la altitud pudo exacerbar la fatiga periférica durante los

intervalos, limitando la capacidad de los participantes para sostener cargas de entrenamiento óptimas en términos de volumen e intensidad (Castellanos et al., 2023).

Tabla 2

Análisis intra-grupos pre y post intervención

	Edad (años)		Tiempo (min)		Sig.	Frecuencia en Reposo (ppm)		Sig.	r
	Pre	Post	Pre	Post		Pre	Post		
	Med (RIC)	Med (RIC)	Med (RIC)	Med (RIC)		Med (RIC)	Med (RIC)		
Grupo control	47 (45.0 – 50.0)		35.30 (33.32 – 41.66)	34.21 (31.92 – 40.29)	0.46	57.50 (54.00 – 60.75)	56.50 (53.00 – 59.25)	0.84	-
Grupo experimental	47 (45.0 – 50.0)		35.10 (29.01 – 39.35)	32.13 (28.07 – 35.00)	0.28	49.00 (47.00 – 56.50)	48.00 (45.50 – 54.50)	0.04*	0,58

Nota. * $p < 0.05$.

Tabla 3

Análisis intergrupo post intervención

Variables	Grupo Experimental	Grupo Control	U	Sig.	r
	Med (RIC)	Med (RIC)			
Tiempo (min)	32.13 (28.07 – 35.00)	34.21 (31.92 – 40.29)	9.00	0.15	0,28
Frecuencia Reposo (ppm)	48.00 (45.50 – 54.50)	56.50 (53.00 – 59.25)	5.50	0.04*	0,62

Nota. Med, mediana; RIC, rango intercuartílico percentiles 25-75; min, minutos; Pre, pretest; Post, posttest; Sig, significancia; * $p < 0.05$.

La diferencia significativa en FC reposo postintervención ($p=0.04$) entre el grupo experimental (48 ppm) y el control (56.5 ppm) subraya la selectividad del HIIT para modular variables cardiovasculares, incluso en condiciones ambientales adversas. Sin embargo, la falta de impacto en el rendimiento aeróbico (d de Cohen=0.61) revela una disociación entre adaptaciones autonómicas y mejoras funcionales. Esto podría explicarse por la heterogeneidad en la respuesta individual al entrenamiento, influenciada por factores como la composición muscular (mayor porcentaje de fibras tipo II en algunos individuos), la capacidad de recuperación entre sesiones o variaciones en la técnica de nado, que afectan la eficiencia energética (Mekari et al., 2020). La edad mediana de 47 años en ambos grupos homogenizó parcialmente la muestra, pero no eliminó la variabilidad inherente a procesos de envejecimiento, como la pérdida de elasticidad arterial o la disminución de la densidad capilar muscular.

La altitud moderada de Quito (2.200 msnm) introdujo un estrés fisiológico adicional al protocolo HIIT. La hipoxia ambiental redujo la disponibilidad de oxígeno para la oxidación de sustratos, lo que pudo limitar la capacidad de los participantes para alcanzar intensidades máximas sostenidas durante los intervalos. Este factor, sumado a la presión hidrostática del agua, incrementó la percepción de esfuerzo, especialmente en esfuerzos repetidos de 50 y 100 metros (Oliveira et al., 2024). Por otro lado, la estratificación por década de edad (40-44, 45-49, 50 años) permitió controlar parcialmente el declive fisiológico asociado a la edad, aunque no se detectaron diferencias notorias entre subgrupos, posiblemente por el tamaño muestral reducido.

Los resultados respaldan la implementación del HIIT como estrategia para mejorar la economía cardíaca en adultos que entrenan en altura, incluso con programas breves (6 semanas). No obstante, la falta de impacto en el rendimiento aeróbico sugiere la necesidad de ajustes metodológicos. Por ejemplo, incrementar la frecuencia semanal a tres sesiones, priorizar intervalos de mayor duración (≥ 30 segundos) para estimular adaptaciones oxidativas, o combinar el HIIT con entrenamiento continuo en zona 2 (60-70% FC_{máx}) para potenciar la resistencia de base. Para entrenadores en la sierra ecuatoriana, estos hallazgos enfatizan la utilidad de monitorear la FC reposo como marcador temprano de adaptación, complementado con pruebas específicas de corta

distancia, considerando una sugerencia de 400 metros para evaluar cambios en la capacidad de sprint, más alineada con el estímulo aplicado.

En conjunto, los datos obtenidos revelan que el HIIT en altitud moderada induce adaptaciones cardiovasculares positivas en adultos. La interacción entre hipoxia, envejecimiento y metodología de entrenamiento emerge como un eje central para optimizar programas en poblaciones máster, donde el equilibrio entre eficacia y seguridad clínica es primordial.

5.2 DISCUSIÓN

La triangulación de los referentes teóricos, los hallazgos obtenidos y la perspectiva del investigador permite una comprensión integral de los efectos del HIIT en nadadores adultos de 40 a 50 años en altitud moderada. En primer lugar, los fundamentos fisiológicos establecen que la resistencia aeróbica en natación depende de la eficiencia cardiorrespiratoria y la adaptación mitocondrial, procesos influenciados por factores ambientales como la hipoxia (Neiva et al., 2021; Niño et al., 2021). Los resultados de este estudio, que mostraron una mejora significativa en la frecuencia cardíaca en reposo (FC reposo) del grupo experimental ($p=0.04$), coinciden con la evidencia que vincula el HIIT con el fortalecimiento del tono parasimpático (Rodríguez et al., 2021). Sin embargo, la ausencia de cambios significativos en el tiempo de 1.500 metros ($p=0.15$) contrasta con estudios en poblaciones jóvenes o en condiciones de nivel del mar, donde el HIIT incrementa tanto la capacidad aeróbica como la eficiencia glucolítica (Márquez y Matute, 2024; Tang et al., 2022). Esta divergencia subraya la necesidad de contextualizar los protocolos de entrenamiento según variables geográficas y demográficas.

Desde la perspectiva teórica, se postula que el HIIT induce biogénesis mitocondrial mediante la activación de AMPK, mecanismo crítico para contrarrestar la sarcopenia en adultos (Rodríguez et al., 2021). No obstante, los hallazgos actuales sugieren que, en altitud, este proceso podría verse comprometido por la hipoxia intermitente, la cual limita la disponibilidad de oxígeno para la oxidación de grasas, priorizando el metabolismo glucolítico (León-Velarde et al., 2020). Este fenómeno explicaría por qué, a pesar de la reducción en FC reposo —indicador de adaptación

autonómica—, no se observaron mejoras proporcionales en el rendimiento aeróbico medido por el test de 1.500 metros. Además, la periodización del entrenamiento, que en este estudio incluyó dos sesiones semanales de HIIT, podría haber sido insuficiente para superar el umbral de adaptación requerido en poblaciones adultas expuestas a hipoxia crónica, tal como señalan modelos de periodización por bloques (Izquierdo et al., 2024).

Al contrastar los resultados con investigaciones en modalidades terrestres, como el ciclismo, se evidencia una disparidad en la transferibilidad de protocolos. Mientras Márquez y Matute (2024) reportan mejoras del 8% en VO_2 máx con HIIT en adultos de 45 años a nivel del mar, el presente estudio en natación y altitud no replicó estos resultados, posiblemente debido al costo energético adicional impuesto por la resistencia hidrodinámica (Proaño, 2025). Esta diferencia resalta la importancia de ajustar parámetros como la duración de los intervalos y las ratios trabajo-descanso en ambientes acuáticos, donde esfuerzos cortos (25-100 metros) podrían privilegiar adaptaciones anaeróbicas sobre las aeróbicas. Por otro lado, la heterogeneidad intergrupala en FC reposo ($p=0.04$) refuerza la hipótesis de que el HIIT modula selectivamente variables cardiovasculares, incluso en condiciones adversas, aunque su impacto en el desempeño funcional dependa de factores adicionales, como la técnica de nado o la composición muscular (Baltasar et al., 2024).

Considerando lo mencionado anteriormente, se resalta de igual manera como la estratificación por década de edad, aunque útil para controlar el declive fisiológico, no logró homogenizar completamente la muestra debido a la variabilidad individual en procesos como la pérdida de elasticidad arterial o la densidad capilar, factores críticos en la eficiencia aeróbica (Pinzón y Moreno, 2020). En cuanto a las implicaciones prácticas, los datos respaldan el uso del HIIT como herramienta para mejorar la economía cardíaca en adultos, un aspecto relevante en regiones andinas con alta prevalencia de riesgo cardiovascular (ENSANUT, 2021). No obstante, la falta de efecto en el rendimiento aeróbico sugiere la necesidad de integrar enfoques multifactoriales. Por ejemplo, combinar HIIT con entrenamiento continuo en zona 2 (60-70% FCmáx) podría potenciar la resistencia de base, mientras que el uso de tecnologías wearables, como monitores de lactato, permitiría ajustar cargas en tiempo real, optimizando la

personalización (Navarrete y Aguilar, 2024). Para los entrenadores, estos hallazgos refuerzan la utilidad de priorizar pruebas específicas, como el test de 400 metros, más alineadas con los estímulos interválicos aplicados (Fritz, 2020).

Finalmente, la disociación entre adaptaciones cardiovasculares y rendimiento aeróbico plantea interrogantes sobre la dosificación óptima del HIIT en altitud. Mientras la literatura en jóvenes sugiere que protocolos de 8x50 metros al 90% FC_{máx} mejoran el VO₂ máx en 12 semanas (Karabiyik et al., 2023), en adultos mayores de 40 años, factores como la reducción de la actividad de la citrato sintasa (Rodríguez et al., 2021) exigen diseños más prolongados o de mayor frecuencia. Esta brecha metodológica resalta la urgencia de desarrollar estudios longitudinales que consideren la interacción entre envejecimiento, hipoxia y especificidad del medio acuático, garantizando así programas seguros y eficaces para poblaciones máster en contextos andinos.

6. CONCLUSIONES

El entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) aplicado a nadadores adultos de 40 a 50 años en condiciones de altitud moderada (2.200 msnm) demostró efectos diferenciados en las variables evaluadas. En primer lugar, se evidenció una reducción significativa en la frecuencia cardíaca en reposo (FC reposo) en el grupo experimental, lo que refleja una mejora en la modulación autonómica cardíaca, específicamente en el tono parasimpático. Este hallazgo respalda el potencial del HIIT para optimizar la economía cardiovascular, incluso en entornos hipóxicos, mitigando riesgos asociados a la hipoxia crónica, como la fatiga prematura o la sobrecarga ventricular.

En contraste, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de nado de 1.500 metros entre el grupo experimental y el control, a pesar de una tendencia a la mejora (-8.5% vs. -3.1%). Esta discrepancia sugiere que, en altitud, el HIIT prioriza adaptaciones cardiovasculares sobre mejoras en la resistencia aeróbica prolongada, posiblemente debido a la interacción entre hipoxia intermitente, estrés hidrodinámico y la naturaleza breve de los intervalos (25-100 metros), más alineados con demandas anaeróbicas. La duración del programa (6 semanas) y la frecuencia semanal (2 sesiones) podrían haber sido insuficientes para inducir adaptaciones mitocondriales o vasculares profundas en esta población.

Adicionalmente, la heterogeneidad en la respuesta individual —influenciada por factores como la composición muscular, la técnica de nado y la densidad capilar— subraya la necesidad de personalizar los protocolos HIIT en adultos, considerando la variabilidad inherente al envejecimiento. Si bien la edad mediana homogenizada (47 años) controló parcialmente el declive fisiológico, la pérdida de elasticidad arterial y la reducción en la actividad de enzimas oxidativas emergen como limitantes críticas para alcanzar adaptaciones aeróbicas significativas.

Factores metodológicos, como el tamaño muestral reducido (n=12) y la ausencia de control sobre variables nutricionales (ej: ingesta de hierro), podrían haber sesgado los resultados, particularmente en un contexto como Ecuador, donde el 22% de adultos de 40-50 años presenta síndrome metabólico. Futuras investigaciones deberían

incorporar muestras más amplias, periodos de intervención extendidos (≥ 12 semanas) y protocolos que combinen HIIT con entrenamiento continuo en zona 2 (60-70% FCmáx) para potenciar sinergias entre capacidad aeróbica y eficiencia cardíaca.

7. RECOMENDACIONES

En este marco, las siguientes recomendaciones se estructuran como un puente entre los hallazgos obtenidos y su aplicabilidad práctica en entornos reales:

- Implementar programas HIIT de 8-12 semanas en clubes de natación de la sierra ecuatoriana, priorizando la monitorización de la FC reposo como indicador clave de adaptación cardiovascular, con el fin de reducir riesgos asociados a hipoxia crónica
- Rediseñar protocolos HIIT con intervalos más largos (≥ 50 metros) y ratios trabajo-descanso de 1:3, combinados con entrenamiento continuo en zona 2 (60-70% FC_{máx}), para estimular adaptaciones mitocondriales y mejorar la resistencia aeróbica en pruebas prolongadas.
- Desarrollar perfiles individuales basados en pruebas de umbral de lactato y análisis de técnica de nado, ajustando distancias e intensidades del HIIT según la proporción de fibras musculares y eficiencia hidrodinámica de cada nadador.
- Realizar estudios multicéntricos con ≥ 60 participantes, incluyendo monitoreo de hierro sérico y proteína C reactiva, para controlar el impacto de deficiencias nutricionales y procesos inflamatorios en la respuesta al HIIT en adultos ecuatorianos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alzar, M., Aibar, A., Hita, F., Carcelen, M., Martinez, A., Jimenez, J., . . . Castellote, Y. (2022). High-intensity interval training among middle-aged and older adults for body composition and muscle strength: A systematic review. *Front. Public Health*, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.992706>
- Apolo, J. (2024). Efectos de la natación en agua de baja temperatura sobre los cambios fisiológicos, el desarrollo físico y la mejora técnica en nadadores juveniles competitivos. *Ciencia Y Educación*, 5(8.1), 131-147. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.13626103>
- Baltasar, I., Alcazar, J., Martín, S., Martín, S., Ara, I., Alegre, L., . . . Losa, J. (2024). Power-oriented resistance training combined with high-intensity interval training in pre-frail and frail older people: comparison between traditional and cluster training set configurations on the force–velocity relationship, physical function and frailty. *European Journal of Applied Physiology*, 124(124), 623–632. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00421-023-05298>
- Bouaziz, W., Malgoyre, A., Schmitt, E., Oliver, P., Vogel, T., y Kanagaratnam, L. (2020). Effect of high-intensity interval training and continuous endurance training on peak oxygen uptake among seniors aged 65 or older: A meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Clinical Practice*, 74(6), e13490. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ijcp.13490>
- Calvachi, J., Hidalgo, Y., y Alcívar, A. (2025). Efectos del entrenamiento de alta intensidad en la salud cardiovascular de atletas. *RIAF. Revista Internacional De Actividad física*, 3(1), 86-97. <https://doi.org/https://doi.org/10.53591/riaf.v3i1.1862>
- Castellanos, J., Montealegre, L., Franco, M., Tatiana, G., y Quechotl, R. (2023). Resistencia aeróbica: parámetros de prescripción del ejercicio físico con realidad virtual para personas mayores. *Revista Digital: Actividad Física Y Deporte*, 10(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.31910/rdafd.v10.n1.2024.2326>
- Castro, A., y Córdoba, J. (2023). *Beneficios no cardiovasculares del ejercicio físico en adultos mayores*. Trabajo de Grado - Universidad de Costa Rica. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/1213cce3-ea33-4d49-8301-8976b0df4212/content>

- Espinosa, E. (2025). Entrenamiento Fartlek: un método para el desarrollo de la resistencia aeróbica en los deportistas. Revisión sistemática. *MENTOR Revista De investigación Educativa Y Deportiva*, 4(10), 673–697. <https://doi.org/https://doi.org/10.56200/mried.v4i10.9113>
- Fernández, J. (2024). *Efectos del metodo de entrenamiento hiit en la potencia muscular de trn inferior en adultos mayores: un metaanálisis*. Trabajo de Maestria - Universidad Nacional. <https://repositorio.una.ac.cr/items/16477c3f-994b-4f2d-8b62-f00498a836eb>
- Fritz, N. (2020). *Effects of high-intensity interval training in older adults: a systematic review*. Trabajo de Maestria - Universidad Católica de Murcia. <https://repositorio.ucam.edu/handle/10952/5633>
- Fritz, N. (2021). Efectos del entrenamiento en intervalos de alta intensidad en adultos mayores: una revisión sistemática (Effects of high-intensity interval training in older adults: a systematic review). *Cultura, Ciencia Y Deporte*, 48(187–198), 16. <https://doi.org/https://doi.org/10.12800/ccd.v16i48.1627>
- García, J. (2020). *Respuestas agudas en 3 protocolos de entrenamiento interválico de alta intensidad (High Intensity Interval Training/ HIIT), con diferente duración de intervalo trabajo/descanso*. Trabajo de Grado - Universidad Católica de Murcia. <https://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/4560/TesisRespuestasagudasGarciaFr.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Gómez, O., y Merellano, E. (2024). Efectos del entrenamiento concurrente en indicadores de condición física y calidad de vida de adultos sanos. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(54), 24-35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9349026>
- Gómez, P., y Marta, S. (2020). Entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) en adultos MAyores: Una revisión sistemática. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 17(1), 1-21. <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/pensarmov.v17i1.35494>
- González, J. (2022). *Análisis comparado del modelo de tercer sector del deporte en España y Reino Unido*. Trabajo de Grado - Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/74590>

- Izquierdo, E., Galeano, J., Orejuela, D., López, V., y Castro, A. (2024). Modelos de periodización del entrenamiento empleados en la natación convencional y para natación: Una revisión sistemática. *MLS Sport Research*, 4(1), 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.54716/mlssr.v4i1.2597>
- Izquierdo, M., Merchant, R., Morley, J., Anker, S., Aprahamian, I., Arai, H., . . . Chen, L. (2021). International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. *The journal of nutrition, health & aging*, 25, 824-853. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12603-021-1665-8>
- Keating, C., Parraga, J., Latorre, P., y Moreno, R. (2020). Comparison of High-Intensity Interval Training to Moderate-Intensity Continuous Training in Older Adults: A Systematic Review. *Journal of Aging and Physical Activity*, 28(5), 798–807. <https://doi.org/https://doi.org/10.1123/japa.2019-0111>
- Márquez, E., y Matute, E. (2024). *Efectos del programa de entrenamiento HIIT sobre la capacidad de repetir sprints (RSA) y la síntesis de lactato en sangre en los futbolistas de la selección masculina de la Universidad de Cuenca*. Trabajo de Grado - Universidad de Cuenca. <https://restdspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/833da2fa-06cb-4161-a227-6cb4990e3121/content>
- Mekari, S., Neyedli, H., Frasea, S., O'Brien, M., Martins, R., Evans, K., . . . Aucoin, R. (2020). High-Intensity Interval Training Improves Cognitive Flexibility in Older Adults. *Brain Sci.*, 10(11), 796. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/brainsci10110796>
- Moreno, E., Cuví, L., y Vélez, M. (2022). *Actividades acuáticas y motricidad gruesa en adultos mayores del cantón Chaco*. Trabajo de Grado - Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8991>
- Narváez, C. (2022). *Entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) como medio para la mejora de la resistencia de deportistas en diferentes modalidades una revisión bibliográfica*. Trabajo de Grado - Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/aeb9c5a1-baef-4fca-b652-ac814d85fb3b/content>

- Navarrete, K., y Aguilar, E. (2024). Relación entre lactato y glucosa durante el entrenamiento de alta intensidad en nadadores utilizando el método (USRPT). *Ciencia Y Educación*, 5(8.1), 6-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.13335114>
- Niño, O., Reina, J., Ayala, G., Portilla, J., Aguilar, I., Nuñez, C., y Rodríguez, J. (2021). Efectos del entrenamiento de intervalos de alta intensidad en altitud simulada. Revisión sistemática. *Revista de investigación e innovación en ciencias de la salud*, 3(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.46634/riics.50>
- Oliveira, A., Fidalgo, A., Farinatti, P., y Monteiro, W. (2024). Effects of high-intensity interval and continuous moderate aerobic training on fitness and health markers of older adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 124, 105451. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.archger.2024.105451>
- Phillip, H., Blackwell, J., Boeroboom, C., Williams, A., Lund, J., y Phillips, B. (2020). The time course of physiological adaptations to high-intensity interval training in older adults. *AGING MEDICINE*, 3(4), 245-251. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/agm2.12127>
- Pilar, L., Paris, N., Torres, V., Castillo, H., y Hernández, C. (2023). High-intensity interval training among healthy older adults. A systematic review. *Arch Med Deporte*, 40(1), 24-29. <https://doi.org/10.18176/archmeddeporte.00117>
- Pinzón, I., y Moreno, J. (2020). Envejecimiento neural, plasticidad cerebral y Ejercicio: Avances desde la óptica de Fisioterapia. *Archivos de Medicina*, 20(1), 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.30554/archmed.20.1.3459.2020>
- Proaño, P. (2025). *Programa de Calistenia para mejorar el rendimiento físico en natación en los aspirantes de Escuela Militar*. Trabajo de Grado - Universidad Técnica de Ambato . <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/73691857-928e-4ac4-a267-73a11996f286/content>
- Rodríguez, Á., Arias, E., Espinosa, A., y Yanchapaxi, K. (2021). Método HITT: Una herramienta para el fortalecimiento de la condición física en adolescentes. *Revista Conecta Liberta*, 5(1), 65-84. <https://revistaitsl.itslibertad.edu.ec/index.php/ITSL/article/view/226>

- Simonsson, E., Sandstrom, S., Hedlund, M., Henrik, H., Johansson, B., Lindelof, N., . . .
Rosendahl, E. (2023). Effects of Controlled Supramaximal High-Intensity Interval
Training on Cardiorespiratory Fitness and Global Cognitive Function in Older
Adults: The Umeå HIT Study—A Randomized Controlled Trial . *The Journals of
Gerontology: Series A*, 78(9), 1581–1590.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/gerona/glad070>
- Soriano, I., Piña, N., Albavera, G., y Ávila, L. (2023). Deterioro cognitivo asociado a
obesidad en adultos en un hospital general en Cuernavaca, Morelos. *Aten Fam*,
30(1), 61-67.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22201/fm.14058871p.2023.1.83866>
- Stern, G., Psycharakis, S., y Phillips, S. (2023). Effect of High-Intensity Interval Training
on Functional Movement in Older Adults: A Systematic Review and Meta-
analysis. *Sports Medicine - Open*, 9(5).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40798-023-00551-1>