UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE POSGRADO

CARRERA DE MAESTRÍA EN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"ENTRENAMIENTO DE INTERVALOS DE ALTA INTENSIDAD (HIIT) SOBRE EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (VO_2 MAX.) EN CICLISTAS MÁSTER DEL EQUIPO MADEC DE LA PROVINCIA DE IMBABURA"

Trabajo de titulación previo a la obtención del título en Magister en Entrenamiento Deportivo

Línea de investigación: Salud y bienestar integral

AUTOR:

Guzmán Paspuel Franklin Esteban

DIRECTOR:

MSc. Fredy Geovanny Moposita Caillamara

Ibarra – Ecuador

2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	GUZMÁN PASPUEL FRANKLIN ESTEBAN

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre el consumo máximo de oxígeno (Vo_2 Max.) en ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura.
AUTOR (ES):	GUZMÁN PASPUEL FRANKLIN ESTEBAN
FECHA: DD/MM/AAAA	13 de abril de 2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	☐ **PREGRADO** ■ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Entrenamiento Deportivo
DIRECTOR /ASESOR:	**DIRECTOR:** MSc. Fredy Moposita Caillamara **ASESOR:** MSc. Jacqueline Nataly Aules León

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 02 días del mes de junio de 2026

EL AUTOR: Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN ESTEBAN
GUZMAN PASPUEL

Nombre: Guzmán P. Franklin E.

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ibarra, a los 13 días del mes de abril de 2026

MSc. Fredy Geovanny Moposita Caillamara

DIRECTOR TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
FREDY GEOVANNY
MOPOSITA CAILLAMARA

(f)_____

MSc. Fredy Geovanny Moposita Caillamara

CC: 1713489787

DEDICATORIA

Con todo mi amor y profunda gratitud, dedico este proyecto de investigación a las luces de mi vida, quienes dan sentido a cada uno de mis esfuerzos y me inspiran a seguir adelante cada día.

A mi esposa, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por acompañarme con fortaleza en cada paso de este camino. Gracias por ser mi compañera de vida, por tu comprensión y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mis hijos, la que es de mis metas personales pero a la vez el más grande de los orgullos y las alegrías, porque cada uno de los triunfos que consigna este trabajo también es parte de cada uno de ustedes, porque el amor de ustedes, junto con sus miradas, sonrisas y presencia, fueron la fuerza que me hizo seguir, la fuerza que me impulsó a no ceder ni un centímetro. Este trabajo es para ustedes, para que siempre luchen por sus sueños con fe y enérgicamente.

A mi familia, por ser mi puntal, por ser mi refugio y por ser el corazón que me sostiene, que me apoya y me guía, es por eso y por mucho más que les estoy agradecida por su apoyo, por su confianza y por enseñarme que el amor que se da en familia es el estímulo más potente para conseguir cualquier meta.

Este trabajo representa no sólo haber cumplido una meta, sino que además representa el amor, la dedicación y el apoyo de toda aquella gente que ha sido parte de mi camino profesional.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este proyecto se ha convertido en un viaje profundamente enriquecedor, y en este último paso me siento sinceramente agradecida con todas las personas que han iluminado cada etapa de este camino.

A Dios, por la vida, por ser mi luz y fortaleza constante y mi fuente de abundante sabiduría y bendiciones en cada intento.

A mi esposa, por su amor incondicional, su apoyo, su amor y su fe en mí. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, por ayudarme a hacer mis sueños realidad y por ser mi mayor ejemplo de amor, unión y esfuerzo.

A mi familia, mi refugio, mi sostén, por su paciencia y comprensión, por darme siempre un hogar donde hay amor, unión y apoyo incondicional.

A mis amados hijos, Nicolás y Luciana, por ser el motor que me impulsa. Sus sonrisas, su luz y su ternura me ayudaron a tener la fuerza que me fue necesaria para culminar esta meta. Todo esfuerzo tiene sentido con ustedes.

A mi más sincero agradecimiento al magíster Moposita Freddy, mi asesor de titulación, por su guía y compromiso y constante acompañamiento. Su guía sirvió de gasolina para este trabajo.

A mi querida Universidad Técnica del Norte (UTN), mi más sincero agradecimiento por la formación integral que me ofreció, por el apoyo institucional en este proceso y por los recursos que se nos brindaron. Esta ha sido la casa donde me fui haciendo profesionalmente, la que sirvió para mi formación.

Este proyecto representa, no únicamente el cumplimiento de una meta de formación académica, sino una manera de demostrar la fe, el esfuerzo y el amor de quienes creyeron en mí.

Índice de Contenidos

CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN 13
1.1. Contextualización del problema 13
1.2. Formulación del problema 13
1.3. Antecedentes 13
1.4. Objetivos de la investigación 14
1.5. Justificación 15
CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL 18
2.1. Estado del arte 18
2.2. Marco conceptual 21
2.2.1. Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) 21
2.2.2. Consumo Máximo de Oxígeno (VO_2 max.) 27
2.2.3. Periodización del Entrenamiento en Ciclistas 32
2.3. Marco legal 35
2.3.1. Fundamentación Constitucional y Derechos Fundamentales 35
2.3.2. Marco internacional: la ética universal en la investigación deportiva 36
2.3.3. Marco legal ecuatoriano: investigación responsable y protección de datos 36
2.3.4. Principios bioéticos aplicados: entre la autonomía y la seguridad 37
2.3.5. Garantías Legales y Responsabilidades Institucionales 38
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO 40
3.1 Enfoque de la investigación 40
3.2. Tipo de investigación 40
3.2.1. Descriptivo 40
3.2.2. Explicativo 40
3.3. Métodos 41
3.3.1. Métodos deductivos 41
3.3.2. Métodos empíricos 41
3.3.3. Métodos estadísticos 42
3.3.4. Métodos teóricos 43
3.4. Diseño de la investigación 44
3.5. Operación de variables 46
3.6. Procedimientos 48
3.6.1. Estructura de Macrociclos 50
3.7. Descripción del Modelo Propuesto 50
3.7.1. Nivel Macro (Planificación Anual) 51

3.7.2. Nivel Meso (Bloques HIIT Estandarizados) 51
3.7.3. Nivel Micro (Control Semanal) 53
3.8. Sistema de Control y Seguimiento Propuesto 53
3.9. Viabilidad 53
3.10. Impacto Esperado 53
3.11. Técnicas e instrumentos de investigación 54
3.7.3. Test Indirectos campo Vo2 Máx 54
3.12. Población 57
3.13. Muestra 57
3.14. Criterios de inclusión muestral 57
3.15. Criterios de exclusión durante el estudio 58
3.15.1. Muestreo 58
3.16. Consideraciones bioéticas 58
3.16.1. Principios Bioéticos Aplicados 58
3.17. Medidas de seguridad implementadas 59
3.17.1. Principio de justicia 60
3.17.2. Confidencialidad y manejo de datos 60
CAPÍTULO 4 RESULTADOS 61
4.1. Prueba de normalidad 62
4.2. Antropometría básica 63
4.3. Pruebas físicas 64
4.4. Baterías utilizadas en la investigación 65
4.5. Gráficas pruebas físicas 66
4.6. Análisis de los test de resistencia 67
4.7. Análisis gráfico test de resistencia 1 Km, 10 km y 14 km 69
4.8. Análisis de Resultados: Efecto del HIIT en el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) 70
4.9. Análisis gráfico del máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx.) inicial y final 73
4.10. Análisis de Resultados: Comportamiento de la Frecuencia Cardíaca y Eficiencia Cardiovascular 74
4.11. Análisis de resultados: dinámica de la frecuencia cardíaca y cinética de recuperación 77
CONCLUSIONES 81
RECOMENDACIONES 83
Anexos 91
Anexo 1 Carta de aceptación 91
Anexo 2 Registro fotografico 93

Anexo 3 Tabulación de datos recolectados..... 95
Anexo 4 Consentimiento informado 97

Índice de Tablas

Table 1 Características de la preparación general 34
Table 2 Características de la preparación específica 34
Table 3 Operación de variables 46
Table 4 Esquema del diseño 48
Table 5 Diagnóstico inicial del VO_2 máx. y variables asociadas (Pretest) 49
Table 6 Indicadores de cumplimiento y control del programa HIIT (8 semanas) 49
Table 7 Comparación Pretest vs Postest del VO_2 máx. 50
Table 8 Integración del HIIT en el Macrociclo Anual 51
Table 9 Entrenamiento HIIT en la planificación 51
Table 10 Estructura Estándar de Mesociclo HIIT 53
Table 11 Indicadores de Monitoreo Permanente 53
Table 12 Prueba de normalidad 62
Table 13 Antropometría básica 63
Table 14 Análisis de resultados y prueba paramétrica 65
Table 15 Test de resistencia 1km, 10 km y 14 km 69
Table 16 Resultados VO_2 máx antes y después de la intervención 70
Table 17 Resultados Fc antes y después de la intervención 74

Índice de figuras

Figura 1 Principales protocolos (4x4, Tabata, 30´´/30´´ y otros) 23
Figura 2 Beneficios fisiológicos 24
Figura 3 Determinantes anatomofisiologías del VO_2” máx. en ciclistas 25
Figura 4 Riesgos, limitaciones y control de la carga 27
Figura 5 Métodos de medición en laboratorio y pruebas de campo 29
Figura 6 Estructura del periodo de entrenamiento 51
Figura 7 Planificación 52
Figura 8 Garmin modelo Forerunner 945 54
Figura 9 Flujo de evaluación de los ciclistas 54
Figura 10 Comparación de medias pre-test post-test pruebas físicas 66
Figura 11 Comparación de medias pre-test post-test VO_2 máx 1 Km y 10 km. 73
Figura 12 Comparación de medias de la frecuencia cardiaca pre-test post-test test 10 km. 77

RESUMEN

ENTRENAMIENTO DE INTERVALOS DE ALTA INTENSIDAD (HIIT) SOBRE EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (VO_2 MAX.) EN CICLISTAS MÁSTER DEL EQUIPO MADEC DE LA PROVINCIA DE IMBABURA.

Autor: Guzmán Paspuel Franklin Esteban

Correo: feguzmanp@utn.edu.ec

El presente estudio se desarrolló en la provincia de Imbabura, en ciclistas del equipo MADEC. Con el objetivo de determinar el efecto de un programa de entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.), la investigación se presenta como cuantitativo, cuasi – experimental utilizando el pre-test y post-test para la recolección de los datos, en una muestra de 20 ciclistas máster (30 - 45 años) con un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se aplicó una intervención de 8 semanas con el protocolo HIIT 4´×4´, 30´´/30´´ y P5 (intensidad de 85-95%) de 2 a 3 sesiones semanales. Se utilizó evaluaciones de campo con los test de 1 km, 10 km, 14 km y estimación indirecta del VO_2 máx en las distancias de 1 km y 10 km a través de fórmulas estandarizadas. Se evidenció la mejora significativa del VO_2 máx indirecto en el test de 1k se incrementó un 0,05 ml/kg/min, 00,1%; $p < 0,001$, en cuanto que en el test de 10 km donde se incrementó un 7,45 ml/kg/min, 11,2%; $p < 0,000$. Se consideró la evaluación de la frecuencia cardiaca en el test de 10 km, en reposo, en la llegada, a los 60 segundos. La intervención con el entrenamiento HIIT es efectivo para mejorar significativamente la capacidad aeróbica, constituyendo con una metodología viable para optimizar la preparación física en deportistas adultos, garantizando un aumento significativo del VO_2 máx indirecto.

Palabras clave: entrenamiento interválico de alta intensidad, consumo máximo de oxígeno, capacidad aeróbica, ciclismo máster, rendimiento deportivo.

ABSTRACT

HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING (HIIT) ON MAXIMAL OXYGEN UPTAKE (VO_2 MAX) IN MASTER CYCLISTS FROM THE MADEC TEAM OF IMBABURA PROVINCE

Author: Guzmán Paspuel Franklin Esteban

Email: feguzmanp@utn.edu.ec

This study was conducted in the province of Imbabura, with cyclists from the MADEC team. The objective was to determine the effect of a high-intensity interval training (HIIT) program on maximal oxygen consumption (VO_2 max). The research was quantitative and quasi-experimental, using pre-test and post-test methods for data collection. A sample of 20 master cyclists (30-45 years old) was selected using non-probability convenience sampling. An 8-week intervention was implemented with the HIIT protocol of 4'×4', 30''/30'', and P5 (85-95% intensity) in 2 to 3 sessions per week. Field assessments were conducted using 1 km, 10 km, and 14 km tests, and VO_2 max was indirectly estimated at the 1 km and 10 km distances using standardized formulas. A significant improvement in indirect VO_2 max was observed in the 1 km test, increasing by 0.05 ml/kg/min (0.01%); $p < 0.001$. In the 10 km test, the increase was 7.45 ml/kg/min (11.2%); $p < 0.000$. Heart rate was measured during the 10 km test at rest, at the finish, and at 60 seconds. The HIIT training intervention is effective in significantly improving aerobic capacity, constituting a viable methodology for optimizing physical preparation in adult athletes and guaranteeing a significant increase in indirect VO_2 max.

Keywords: high-intensity interval training (HIIT), maximal oxygen consumption, aerobic capacity, master cycling, athletic performance.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Contextualización del problema

En el ámbito del ciclismo competitivo, especialmente en la categoría máster, mantener niveles óptimos de resistencia física representa un reto constante debido al proceso natural de envejecimiento y al desgaste fisiológico que experimentan los deportistas. En la provincia de Imbabura, el equipo MADEC, conformado por ciclistas máster de destacada trayectoria, ha evidenciado en sus últimas competencias una disminución progresiva en los niveles de rendimiento, particularmente en pruebas de larga duración, donde la resistencia aeróbica juega un papel crucial (Rubio, 2023).

A pesar de que los entrenamientos tradicionales se centran mayoritariamente en sesiones de fondo o volumen, existe una creciente evidencia científica que respalda la eficacia del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés) como una alternativa eficiente para mejorar la resistencia cardiovascular y el rendimiento general, incluso en atletas mayores. No obstante, en el contexto local, se observa un limitado uso de esta metodología entre los entrenadores y deportistas del equipo MADEC, lo cual genera incertidumbre sobre su verdadero impacto en la mejora del rendimiento físico (Cazares, 2022).

La insuficiencia de estudios donde se evalúe el impacto del HIIT en ciclistas máster en la provincia de Imbabura imposibilita tomar decisiones documentadas, al momento de incluir este tipo de entrenamiento en los planes de preparación de forma habitual, de ahí que surgiera la necesidad de investigar si la aplicación de un programa de entrenamiento HIIT tiene un impacto positivo en la mejora de la resistencia de los ciclistas máster del equipo MADEC, para establecer estrategias basadas en evidencias que optimizan su rendimiento deportivo.

1.2. Formulación del problema

En este contexto, se formula el siguiente problema de investigación:

¿Qué incidencia tiene el entrenamiento HIIT en la resistencia de los ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura- Ecuador?

1.3. Antecedentes

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés) ha ganado notoriedad en el ámbito deportivo por su eficacia en la mejora de la capacidad aeróbica y anaeróbica en diferentes disciplinas, incluido el ciclismo. Numerosos estudios

internacionales, como los realizados por Gibala et al. (2012) y Laursen & Jenkins (2002), han demostrado que el HIIT puede inducir adaptaciones fisiológicas significativas, incluyendo un aumento en el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), la eficiencia cardiovascular y la resistencia muscular, en un periodo más corto en comparación con los entrenamientos tradicionales de baja intensidad.

En cuanto a Latinoamérica, e investigaciones como la de Rodríguez y Díaz (2019) en Colombia muestran que existe una mejora en el rendimiento de ciclistas juveniles al ejecutar HIIT, mostrando su viabilidad en ciclistas en formación como en ciclistas competidores ya experimentados. En el Ecuador, específicamente en la categoría máster, existe poco material de producción científica en el que los efectos del HIIT se analicen de forma específica en ciclistas máster.

El club de ciclismo MADEC, situado en la provincia de Imbabura, sería considerado una forma deportiva ya consolidada en la categoría máster (30 años y más), donde su participación en competencias regionales y nacionales ha puesto de manifiesto la necesidad de plantearse metodologías de estudio diseñadas para ver de qué forma se puede mejorar el rendimiento y prolongar la vida deportiva de sus ciclistas. El HIIT, a pesar de ser una alternativa viable, no está aún validado mediante un estudio formal y sistemático en este tipo de grupos.

Estos antecedentes evidencian la necesidad de esta investigación, la cual espera ofrecer información sobre la aplicabilidad y efectividad del HIIT en ciclistas máster del Ecuador, ayudando con la información empírica que se espera ayudar a mejorar el estudio, la resistencia y favorecer el desarrollo del ciclismo en la región.

1.4.Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto de un programa de entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) en ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el nivel inicial de consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) en los ciclistas máster del equipo MADEC.
- Aplicar un programa de entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) adaptado a las características fisiológicas, la edad y el nivel competitivo de los ciclistas máster.

- Comparar los valores de VO_2 máx. obtenidos antes y después de la intervención para determinar la eficacia del programa de entrenamiento HIIT.

1.5. Justificación

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) ha sido objeto de numerosos estudios en los últimos años debido a sus beneficios comprobados en la mejora del rendimiento cardiovascular, la capacidad aeróbica y anaeróbica, y la eficiencia metabólica. Desde una perspectiva fisiológica, el HIIT estimula adaptaciones en el sistema cardiovascular y muscular de forma más eficiente que los entrenamientos de baja intensidad de larga duración. Sin embargo, gran parte de la literatura se ha centrado en atletas jóvenes o en poblaciones con sobrepeso, existiendo aún un vacío en investigaciones aplicadas a ciclistas máster (Villacres, 2025)

Este estudio busca aportar a la construcción teórica del conocimiento en el ámbito de las ciencias del deporte, al analizar cómo incide el entrenamiento HIIT en un grupo específico de ciclistas mayores de 35 años. La investigación contribuirá a fortalecer la base científica sobre el impacto del HIIT en la resistencia aeróbica y ayudará a comprender si su aplicación es viable y beneficiosa para deportistas en etapa máster. Por otra parte, permitirá contrastar aquellos hallazgos anteriores y, al mismo tiempo, establecer nuevas aproximaciones en el campo de la preparación física en la población de mayores activos (Sisalima y Dávila, 2025).

Desde el punto de vista práctico, esta investigación permitirá al equipo MADEC ofrecer herramientas válidas para la mejora de la planificación del entrenamiento, desarrollando así una metodología que podría optimizar el rendimiento deportivo en un menor tiempo de dedicación. En un contexto en el cual los ciclistas máster a menudo tienen que compatibilizar la práctica deportiva con su vida personal o laboral, el HIIT les ofrece una alternativa eficiente que podría permitir conseguir mejoras significativas para la resistencia sin incrementar el tiempo de dedicación al entrenamiento (Gunsha, 2025).

Además, los resultados obtenidos servirán como guía para entrenadores, preparadores físicos y fisioterapeutas que trabajan con poblaciones similares, permitiéndoles diseñar programas más efectivos y adaptados a las necesidades de los deportistas máster. La práctica del ciclismo en la categoría máster no solo tiene un componente competitivo, sino también recreativo y de salud. Fomentar estrategias de entrenamiento eficaces como el HIIT puede contribuir a mejorar la calidad de vida de los adultos mayores, al promover hábitos saludables y aumentar la funcionalidad física a largo plazo. En el caso específico de Imbabura, donde el ciclismo es una disciplina con

amplia acogida, este estudio puede motivar a otros deportistas máster a mantenerse activos y buscar métodos de entrenamiento más eficaces y seguros (Parrado, 2025).

De igual manera, esta investigación podría animar a ciertas instituciones deportivas de la zona a que realicen inversiones en la implementación de programas de formación y actualización para los entrenadores, colaborando así en el desarrollo del deporte en la zona y fomentando el envejecimiento activo. Por otro lado, desde el punto de vista metodológico, esta investigación ofrece una oportunidad para implementar un diseño de tipo cuasiexperimental o experimental con mediciones pre y post intervención, estableciendo así relaciones causales entre tipo de entrenamiento y niveles de resistencia. La propuesta de diseño y el tipo de intervención junto a las mediciones, los post-test antes después, permitirán estimar con precisión la cuantificación del efecto del entrenamiento HIIT en términos de los cambios que se produzcan en los parámetros fisiológicos de los ciclistas, validando así la eficacia del método desde el lado empírico. Para el logro de esto, también se propondrá la utilización de instrumentos de medición estandarizados y rigurosos, aumentando la calidad de la evidencia generada (Suárez, 2025).La razón por la cual el presente estudio se justifica puede establecerse con la necesidad de optimizar el rendimiento físico de los ciclistas máster mediante métodos de entrenamiento fundamentados en la evidencia científica, específicamente el HIIT (entrenamiento interválico de alta intensidad). Todo ello porque esta metodología se ha establecido como efectiva para la mejora de la resistencia aeróbica, la cual es fundamental en el ciclismo de alto rendimiento, particularmente en los ciclistas adultos, que tienen especificidades fisiológicas distintas a las de los deportistas jóvenes.

Dentro del ámbito del equipo MADEC, de la provincia de Imbabura, el desarrollo de un enfoque sistemático que incorpore el HIIT puede constituir una herramienta clave para mejorar la preparación física y aumentar la eficacia del entrenamiento y el rendimiento en competición. Considerando que el equipo MADEC conjuga a ciclistas convencidos de la edad máster, los cuales a menudo no cuentan con programas de entrenamiento adaptados a sus condiciones, se hace urgente evaluar las efectivas de estrategias específicas de forma tal que puedan satisfacer las necesidades e implicaturas de los ciclistas máster.

Por otro lado, en Ecuador aún existe una limitada aplicación de métodos avanzados de entrenamiento en el deporte máster, y eso propicia una preparación física desigual y una baja representación competitiva en los distintos escenarios nacionales e internacionales. En este sentido, la investigación no sólo beneficiará al equipo MADEC

sino que también aportará pruebas que puedan ser replicadas en otros clubes y otras disciplinas del ciclismo en Ecuador.

El estudio también tiene una dimensión práctica importante, ya que sus resultados permitirán generar una propuesta de entrenamiento HIIT validada en campo, lo que servirá de guía para entrenadores, preparadores físicos y organismos deportivos interesados en mejorar la resistencia y el rendimiento de ciclistas adultos. A largo plazo, este tipo de investigaciones fortalece la cultura del deporte basado en la ciencia, promueve el envejecimiento activo y competitivo, y contribuye al desarrollo de programas de entrenamiento más inclusivos y personalizados (Mosquera, 2025).

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Estado del arte

Tauda et al. (2024) sostienen a nivel internacional que el entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) ha sido ampliamente documentado como un método eficaz para el desarrollo del consumo máximo de oxígeno. Investigaciones en diferentes poblaciones han demostrado que protocolos basados en intervalos cortos y largos generan adaptaciones cardiovasculares significativas. Establecieron que intervalos de 15 segundos de trabajo al 90-95% de la frecuencia cardíaca máxima, seguidos de 15 segundos de recuperación activa, permiten acumular tiempo significativo por encima del 90% del VO_2 max, optimizando la estimulación del sistema oxidativo sin llegar al agotamiento completo.

A la inversa, Gómez (2023) demostró que programas de tres semanas con sprints de repeticiones de 13 × 30 segundos con 15 segundos de recuperación incrementaron el VO_2 max y la potencia aeróbica máxima en ciclistas de élite, y los cuales no se observaron con intervalos largos apilados por percepción del esfuerzo.

Otro modelo que se versa es el protocolo 4′×4′, consiste en cuatro minutos de esfuerzo al 90-95% de la frecuencia cardíaca máxima seguidos de tres minutos de recuperación activa al 70%, repetido cuatro veces. Este método ha reportado aumentos promedio del VO_2 max del 7.2% tras ocho semanas de aplicación sistemática (Tauda y Cruzat, 2023).

Arles y Peñaranda (2023) hacen mención de otras variantes en la distribución de la potencia dentro de los intervalos, evidenciando que intensidades variables durante intervalos de cinco minutos incrementan un 43% el tiempo acumulado por encima del 90% del VO_2 max (410 segundos versus 286 segundos en intervalos constantes), sin aumentar la percepción subjetiva de esfuerzo ni la fatiga cardiovascular.

Los autores Márquez y Matute (2024) concluyeron que el entrenamiento con sprints repetidos (3 series de 13 × 30 segundos) produjeron mejoras significativas en el VO_2 max y la potencia de 20 minutos, pero que protocolos de intervalos largos (4 × 5 minutos) no encontraron cambios equivalentes, sugiriendo que el volumen acumulado a intensidades altas determina las adaptaciones.

Los protocolos comerciales de entrenamiento específico para ciclistas, como el plan de Training Peaks de nueve semanas, combinan series prolongadas de VO_2 max con trabajo en Sweet Spot y umbral, progresando de 8 a 11 horas semanales y buscando

aumentos controlados en la capacidad cardiorrespiratoria (Parra, 2022). Por su parte, Vargas (2024) propone la utilización del test de 5 minutos (P5) para establecer intensidades del 85-95% de la potencia máxima, con intervalos de 3-4 minutos y recuperaciones equivalentes, acumulando entre 12 y 20 minutos semanales en zona específica de VO_2 Max. Estas aplicaciones prácticas validan la transferencia de la evidencia científica a programas de entrenamiento estructurado.

El trabajo realizado (2025) en el Departamento del Cauca (Colombia) es uno de los escasos trabajos empíricos con ciclistas de América Latina, aunque solo centrándose en para-ciclismo. Las autoras apuntan a las dificultades metodológicas establecidas con la heterogeneidad poblacional y la dispersión territorial, limitaciones que también pueden ser extrapolables al contexto ecuatoriano. La investigación se financió gracias a la Universidad del Cauca y la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. Se pone en evidencia el interés institucional en poder generar evidencia local.

El trabajo realizado (2025) en el Departamento del Cauca (Colombia) es uno de los escasos trabajos empíricos con ciclistas de América Latina, aunque solo centrándose en para-ciclismo. Las autoras apuntan a las dificultades metodológicas establecidas con la heterogeneidad poblacional y la dispersión territorial, limitaciones que también pueden ser extrapolables al contexto ecuatoriano. La investigación se financió gracias a la Universidad del Cauca y la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. Se pone en evidencia el interés institucional en poder generar evidencia local.

A diferencia del entrenamiento continuo de intensidad moderada, el HIIT genera estímulos agudos que superan repetidamente el 90% del VO_2 max., induciendo adaptaciones cardiovasculares que trascienden las capacidades del entrenamiento tradicional. En el contexto específico de ciclistas máster, esta relación adquiere particular relevancia dado el declive natural del rendimiento aeróbico asociado al envejecimiento (Varela, 2024)

Estudios controlados en atletas veteranos demuestran que protocolos estructurados de HIIT pueden revertir parcialmente el deterioro del VO_2 max. Montero (2024) en su investigación con deportistas entrenados de diferentes edades, observaron que el protocolo clásico de 4′×4′ minutos al 90-95% de la frecuencia cardíaca máxima generó incrementos promedio del 7.2% en VO_2 max. tras ocho semanas de intervención.

Estos hallazgos son congruentes con los recientes metaanálisis, que muestran mejorías significativas en VO_2 max. en ancianos realizando HIIT (entrenamiento en intervalos de alta-intensidad), superando los resultados del entrenamiento de resistencia

continua. Sin embargo, la magnitud de la respuesta en máster es bastante menor que la de la población entrenada joven, reflejando una baja plasticidad adaptativa asociada a factores centrales y periféricos.

La evidencia comparativa entre protocolos revela que no todos los formatos de HIIT son igualmente efectivos en máster. García (2023) demostró en su estudio que sprint intervalos (13×30 segundos al 100-115% de la potencia máxima) mejoraron significativamente el VO_2 max. y la potencia funcional en ciclistas de élite, mientras que intervalos largos emparejados por percepción de esfuerzo no generaron cambios equivalentes. Este hallazgo sugiere que el volumen acumulado a intensidades supra máximas es determinante, pero en máster la viabilidad del SIT es cuestionable debido al mayor riesgo de lesiones en tejidos blandos con menor capacidad de reparación. Por el contrario, el protocolo 4′×4′ o variantes de intervalos de 3-5 minutos al 85-95% del VO_2 max. ofrecen una relación riesgo-beneficio más favorable para veteranos.

Desde la perspectiva fisiológica las mejoras en VO2 max. inducidas por HIIT en deportistas de categoría máster son explicadas por adaptaciones tanto centrales como periféricas. A nivel central se puede observar que la hipertrofia ventricular y el aumento del volumen sistólico, si bien la capacidad de aumentar la frecuencia cardíaca máxima está limitada por el envejecimiento del tejido de conducción (Aispuru, 2023).

A nivel periférico, el HIIT estimula la biogénesis mitocondrial vía activación de vías de señalización (PGC-1α), incrementando la densidad capilar y la actividad de enzimas oxidativas en fibras tipo I y IIa. Billat et al. (2002) sugieren que el HIIT promueve mayor utilización de ácidos grasos incluso en atletas altamente entrenados, mejora que resulta crítica en máster donde la capacidad oxidativa basal está comprometida. Adicionalmente, la capacidad de amortiguamiento de hidrógeno se ve mejorada, retardando la inhibición enzimática y la fatiga en esfuerzos repetidos (Jerez, 2025).

No obstante, existen limitaciones importantes. Valenzuela et al. (2010)en revisión narrativa sobre atletas máster, concluyen que, aunque el ejercicio de resistencia vitalicio ralentiza el declive del VO_2 max., no previene la reducción inevitable de la frecuencia cardíaca máxima, sugiriendo que parte del deterioro es intrínseco e independiente del entrenamiento. Esto implica que los incrementos por HIIT en máster pueden alcanzar techos más bajos que en jóvenes. Además, la heterogeneidad de respuesta es mayor: mientras algunos veteranos exhiben adaptaciones robustas, otros muestran respuestas

modestas o nulas, posiblemente relacionadas con variaciones genéticas, histórico de entrenamiento y estado inflamatorio basal (Fernández, 2024).

La evidencia científica también alerta sobre la necesidad de periodización cuidadosa. Seiler y colaboradores describen que atletas de resistencia exitosos distribuyen aproximadamente el 80% del volumen de entrenamiento a baja intensidad y solo el 20% a HIIT o umbrales superiores. En máster, esta proporción debe respetarse estrictamente para evitar lesiones por sobrecarga. La monitorización mediante variabilidad de frecuencia cardíaca, niveles de creatin-quinasa y cuestionarios de recuperación se vuelve indispensable para detectar sobre entrenamiento temprano, dado que la sensación subjetiva de fatiga puede subestimar el estrés fisiológico acumulado (Naranjo, 2022).

A pesar de que la literatura sobre ciclistas máster es escasa, las investigaciones con población adulta entrenada pueden proporcionar pistas de gran peso. En este sentido, los estudios de Vargas (2024) en deportistas veteranos mostraron que los intervalos cortos con recuperaciones activas son fácilmente llevaderos, tanto psicológica como fisiológicamente, permitiendo alcanzar grandes porcentajes del VO_2 max sin los altos niveles de estrés generados por protocolos de agotamiento. En población con discapacidad física, Quilindo y Narváez (2024) no evidenciaron alteraciones en el índice de masa corporal tras seis semanas de realizar HIIT, pero sí observaron mejoras en la respuesta cardiovascular, sugiriendo así que existe un aumento de la capacidad física de cada una de las vías de producción energética sin que la composición corporal parezca tener relación directa con la adaptación a HIIT.

Desde un punto de vista general, Parra (2022) sugiere que los ciclistas adultos también podrían beneficiarse de protocolos de intervalos cortos (10-60 segundos al 100-115% del VO_2 max) o largos (2-6 minutos al 85-100% del VO_2 max), dependiendo de la ruta metabólica que se quiera potenciar. Sin embargo, la mayoría de los estudios en deportistas de élite han utilizado muestras de joven edad, existiendo una importante brecha en el conocimiento sobre las respuestas fisiológicas de los atletas máster que tienen un declive natural de la capacidad oxidativa y una mayor susceptibilidad a lesiones.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT)

Concepto y fundamentos del HIIT

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) se define como un método estructurado que alterna periodos de esfuerzo máximo o supra máximo (intensidad ≥ 80-95% de la frecuencia cardíaca máxima o del VO_2 pico) con intervalos de recuperación

activa o reposo pasivo (Sisalima y Dávila, 2025). Este enfoque maximiza las adaptaciones cardiovasculares, metabólicas y neuromusculares en períodos de tiempo más cortos comparados con el entrenamiento continuo de intensidad moderada. La eficacia del HIIT radica en su capacidad para acumular tiempo significativo por encima del umbral del VO_2 max, estimulando la biogénesis mitocondrial, la capacidad de bombeo cardíaco y la eficiencia del consumo oxidativo (Montero, 2024)

Narváez (2022) afirma que los fundamentos teóricos del HIIT se basan en dos principios: (1) estímulo máximo del sistema oxidativo, donde la alternancia de esfuerzos permite mantener el VO_2 max durante períodos prolongados sin alcanzar el agotamiento prematuro; y (2) adaptación metabólica dual, que estimula simultáneamente las vías anaeróbica y aeróbica, promoviendo transformaciones en fibras musculares tipo II y aumento de la densidad mitocondrial en fibras tipo I. La relación trabajo-descanso se configura según el objetivo: intervalos cortos (10-60 segundos) con recuperaciones breves favorecen la potencia anaeróbica, mientras que intervalos largos (2-6 minutos) con recuperaciones proporcionales optimizan la capacidad oxidativa máxima.

Principales protocolos (4x4, Tabata, 30´´/30´´ y otros)

En la actualidad existen diferentes protocolos de HIIT aplicados al ciclismo y diferenciados en base a la duración de los intervalos, la intensidad y la relación trabajo descanso:

- Protocolo 4'×4': desarrollado en Noruega de 4 intervalos de 4' al 90 FCmáx, alternados con 3' de actividad de recuperación activa en un 60-70% de la intensidad. Ha demostrado aumentos promedios de VO_2 máx del 7.2% después de 8 semanas de aplicación en deportistas de resistencia. En ciclistas se aplica en rodillo o en subidas controladas, midiendo la potencia de referencia mediante test incrementales (Montero, 2024).
- Protocolo Tabata: basado en el trabajo de (Tauda et al., 2024) se centra en 8 ejercicios de 20" de esfuerzo supra máximo (por encima del 100% del VO_2 máx) y 10" de recuperación pasiva, cosa que nos da una duración total de 4'. Este protocolo fue diseñado en los ciclistas en ergómetro y produce importantes incrementos en capacidad aeróbica y anaeróbica en la misma sesión.
- Protocolo 30"/30": intervalos de 30" al 100-115% de la potencia asociada al VO_2 máx, alternados con 30" de recuperación activa al 40-50% de la potencia asociada al VO_2 máx. Chang et al. (2024) han demostrado que 3 semanas de este protocolo (13 repeticiones por serie, 3 series por cada sesión) incrementan el VO_2 máx y la

potencia de 20 minutos en ciclistas de élite, en comparación a intervalos largos emparejados por percepción de esfuerzo que no producen cambios significativos equivalentes.

- Protocolo Billat: consiste en intervalos de 30" al 100% de la velocidad asociada al VO_2 máx, alternados con 30" de recuperación con una eficacia al 50% de la velocidad asociada al VO_2 máx. Permite mantener el VO_2 máx en la sesión durante 10-12 minutos acumulados y tiene buenos resultados con deportistas de resistencia que deben manejar tiempo entre entrenamientos (Aguirregaray et al., 2023).
- Protocolo P5: En ciclistas, se basa en el test de 5' al máximo de potencia sostenible (P5), alternados con intervalos de 3-4' al 85-95% de P5 y recuperaciones al 30-40% del FTP - functional threshold power-. La progresión semanal se basa en aumentar los Tiempos en Zona (TZ) desde 12 hasta 20 minutos acumulados (Gómez, 2023).

Figura 1

Principales protocolos (4x4, Tabata, 30´´/30´´ y otros)



Nota. Adaptada de Aguirregaray et al., (2023) y Chang et al. (2024).

Beneficios fisiológicos y adaptaciones cardiovasculares

El HIIT provoca una serie de adaptaciones a nivel central y periférico que optimizan el transporte y la utilización del oxígeno. En cuanto a la adaptación central, se observan las siguientes:

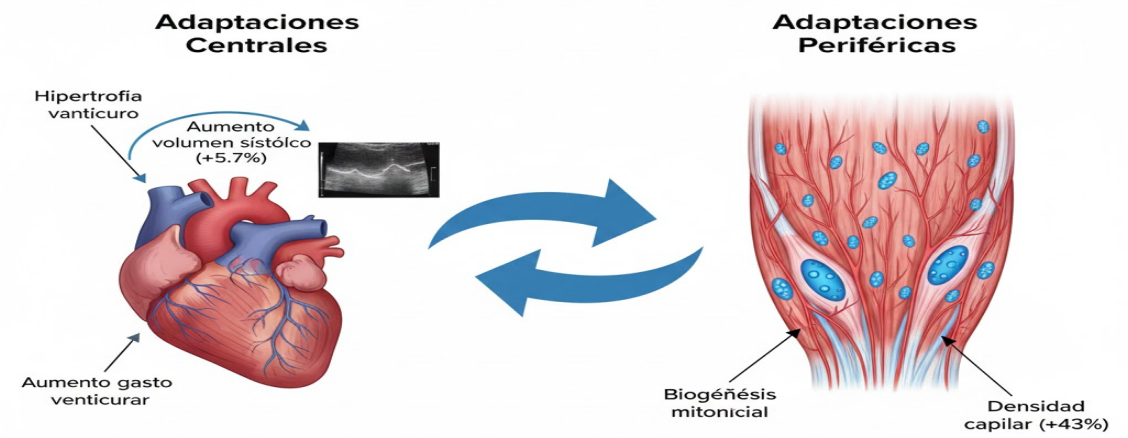
- Hipertrofia ventricular y aumento del volumen sistólico: El corazón experimenta remodelado morfológico con un aumento del diámetro ventricular y grosor de

paredes, lo cual aumenta la cantidad de sangre que se bombea en cada latido. Diferentes estudios clínicos en pacientes con insuficiencia cardíaca mostraron mejoras en la fracción de eyección ventricular, con un incremento del 5,7 % en promedio después de programas de HIIT. En atletas sanos, estas adaptaciones se tradujeron como un aumento del volumen sistólico en reposo y durante el ejercicio sub máximo (Santamaria y Santamaria, 2020).

- Aumento del VO_2 pico: Un metaanálisis en pacientes con cardiopatía mostraron mejores promedio de 3,1 $ml \cdot kg^{-1}min^{-1}$ en VO_2 pico tras el HIIT, lo cual fue considerado también como superior al entrenamiento continuado moderado. En ciclistas, se reportan aumentos del 7-9 % tras 3-4 semanas de protocolos específicos (Palacios et al., 2020).

Figura 2

Beneficios fisiológicos



Nota. Adaptado de Santamaria y Santamaria (2020).

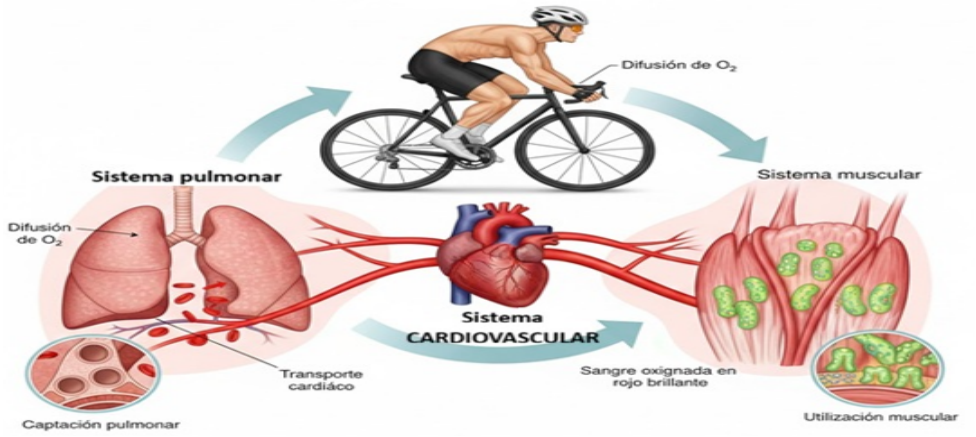
A nivel periférico, se producen:

- **Biogénesis mitocondrial y densidad capilar:** El estrés oxidativo generado por intervalos repetidos activa vías de señalización (PGC-1α), incrementando la densidad mitocondrial y la actividad de enzimas oxidativas. Esto se traduce en mayor capacidad de extracción de oxígeno muscular (Anedda, 2020).
- **Eficiencia del consumo de oxígeno**: La capacidad del músculo esquelético para utilizar oxígeno mejora sustancialmente, reduciendo el costo energético del movimiento a intensidades sub máximas (Gómez, 2025)

- **Adaptaciones metabólicas**: HIIT reduce el estrés oxidativo y la fatiga periférica mediante mejora en el manejo de lactato y mayor eficiencia del sistema de transporte de electrones (Casuso, 2024).

Figura 3

Determinantes anatomofisiologías del VO_2" máx. en ciclistas



Nota: Adaptada de Gómez (2025) y Anedda (2020).

Aplicaciones en deportes de resistencia.

En el ciclismo, el HIIT se integra en periodización anual para desarrollar capacidad aeróbica máxima y potencia funcional. Las aplicaciones específicas incluyen:

- Desarrollo VO_2 max en pretemporada: Protocolos de 4′×4′ o 5×5 minutos se utilizan durante 6-8 semanas para aumentar el techo cardiorrespiratorio previo al periodo competitivo. Rønnestad et al. (2024) aseguran que ciclistas que realizaron sprint intervalos (13×30 segundos) lograron mejorar tanto su VO_2 max como su potencia de 20 minutos de la prueba en ciclos, mientras que grupos con intervalos largos no mostraron cambios significativos.
- Mantenimiento de la condición durante periodo de competición: Intervalos cortos tipo 30′′/30′′ mantienen las adaptaciones utilizando menores volúmenes de entrenamientos, permitiendo reducir la fatiga acumulada. Estudios en para ciclismo colombiano mostraron que 8 sesiones de HIIT en 4 semanas mejoraron las media de contrarreloj en 3.7-6.7% no generando efectos adversos (Tauda y Cruzat, 2023).
- Entrenamiento específico para contrarreloj o escalada: El protocolo P5 (85-95% potencia de 5 minutos) junto a intervalos de 3-4 minutos permite entrenar las demandas de esfuerzos sostenidos en competición optimizando la tolerancia hacia el lactato y mejorando la cadencia de pedaleo (Narváez, 2022).

- Adaptación a altitud: En contextos como la cordillera andina como Imbabura (2225 msnm), la capacidad del HIIT se podría incrementar la respuesta a la hipoxia a través de una mayor densidad de las mitocondrias y la mejora en el transporte del oxígeno, aunque esto requiere personalizar la intensidad al ser menor el VO_2 max a la altura (Gómez, 2023).

Riesgos, limitaciones y control de la carga.

Aunque el HIIT es seguro para poblaciones sanas, existen riesgos específicos que requieren monitorización rigurosa:

- **Síndrome de sobreentrenamiento**: El volumen acumulado de esfuerzo de alta intensidad puede generar fatiga crónica, disminución del rendimiento y alteraciones endocrinas. Silva (2024) advierte que protocolos de alta frecuencia sin recuperación adecuada incrementan el riesgo de lesiones y agotamiento
- **Eventos cardiovasculares agudos**: En individuos con cardiopatía no diagnosticada, el estrés agudo puede precipitar arritmias o isquemia. No obstante, metaanálisis en pacientes con insuficiencia cardíaca confirmaron que HIIT es seguro cuando se supervisa, con baja incidencia de eventos adversos (Arles & Peñaranda, 2023).
- **Lesiones musculoesqueléticas**: Las altas cargas mecánicas en cortos periodos de tiempo pueden aumentar el riesgo de tendinopatía, sobre todo en ciclistas máster con degeneración tendinosa previa. La personalización en la intensidad inicial es determinante (García M. J., 2023).

Estrategias de control de carga:

- **Monitorización de frecuencia cardíaca**: Mantener la FC entre 85-95% de la máxima durante intervalos y 60-70% en recuperaciones permite asegurar la dosis de estímulo sin sobrecarga. Fernández (2024) utilizo este monitoreo en tiempo real para prevenir efectos adversos en para ciclismo (Luna et al, 2025).
- **Percepción subjetiva del esfuerzo (RPE):** La Escala de Borg (6-20) permite ajustar la intensidad de entrenamiento a la condición diaria del deportista y, en el caso de intervalos largos, se puede mantener dicha intensidad en intervalos entre 15 y 17 ("duro" a "muy duro") (Tauda y Cruzat, 2023);
- **Potencia (watts):** Establecer umbrales en ciclistas a partir de un test de 5 minutos (P5) o de rampa abre la puerta para programar intervalos al 85-95 % de la potencia

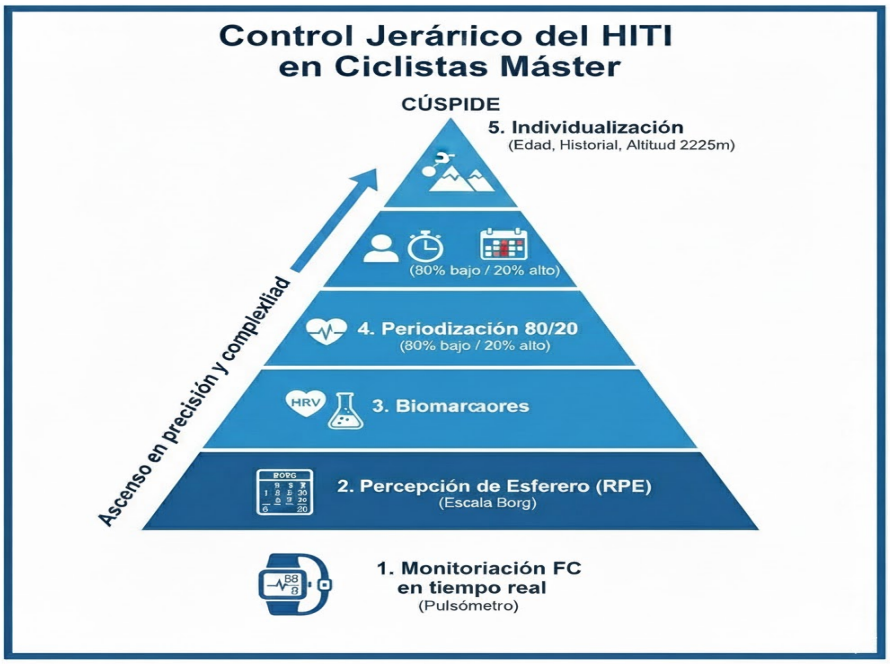
máxima, para asegurar una progresión controlada, y el Tiempo en Zona (TiZ) no debería ser mayor a 20 minutos semanales durante los primeros meses del programa (Palacios et al, 2024);

- **Biomarcadores de la fatiga:** El control de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) en reposo, los niveles de creatin-quinasa (CK) y cuestionarios de recuperación nos permiten detectar el estado de sobreentrenamiento en una fase temprana (Montero, 2024);
- **Periodización:** Limitar el entrenamiento a 2-3 sesiones semanales y evitar días consecutivos sin recuperación activa. Este total debe progresar lentamente (8-12 semanas) antes de entrar en un período de desacoplamiento.

La evidencia sugiere que, con supervisión adecuada, el HIIT es una herramienta segura y eficaz incluso en poblaciones clínicas, siempre que se respeten los principios de individualización y progresión gradual.

Figura 4

Riesgos, limitaciones y control de la carga



Nota. Adaptada de Palacios et al. (2024) y Luna et al. (2025).

2.2.2. Consumo Máximo de Oxígeno (VO_2 max.)

Definición y fundamentos fisiológicos.

Tal y como nos indica Maute (2024), podemos considerar el VO_2 max. como la capacidad que tienen de manera conjunta los sistemas pulmonares, cardiovascular y muscular para captar oxígeno, transportarlo y utilizarlo durante la práctica del ejercicio

en condiciones de alta intensidad. Éste se suele expresar en mililitros por kilogramo de peso corporal por minuto ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) o bien considerándolo como un valor absoluto en litros por minuto ($L \cdot min^{-1}$).

Por su parte Tigre et al. (2024) afirman que desde una perspectiva funcional, representa la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede metabolizar por unidad de tiempo, reflejando directamente la eficiencia del sistema cardiorrespiratorio y la capacidad oxidativa del músculo esquelético. Cuando un ciclista alcanza su VO_2 max., el oxígeno consumido se estabiliza a pesar de incrementos adicionales en la carga de trabajo, marcando el límite superior de su capacidad aeróbica.

Este parámetro emerge de la interacción coordinada de tres componentes fisiológicos: la capacidad pulmonar para ventilar y oxigenar la sangre, la función cardíaca para bombear volumen sistólico, y la capacidad muscular para extraer y utilizar el oxígeno arterial. A nivel celular, el VO_2 max. limita la producción de adenosín trifosfato (ATP) vía oxidativa; cuando la demanda energética supera este umbral, el metabolismo anaeróbico se intensifica, generando acumulación de lactato y fatiga metabólica (Arana y Tello, 2020).

La edad avanza y el VO_2 max. presenta un descenso natural a partir de los 25-30 años, avisándose un decrecimiento de aproximadamente el 10% por cada periodo de 10 años en personas sedentarias. No obstante, la práctica sistemática disminuye esta pérdida, logrando que los deportistas máster alcancen resultados considerablemente superiores a los de las personas no entrenadas (Labeix et al., 2025).

Métodos de medición en laboratorio y pruebas de campo.

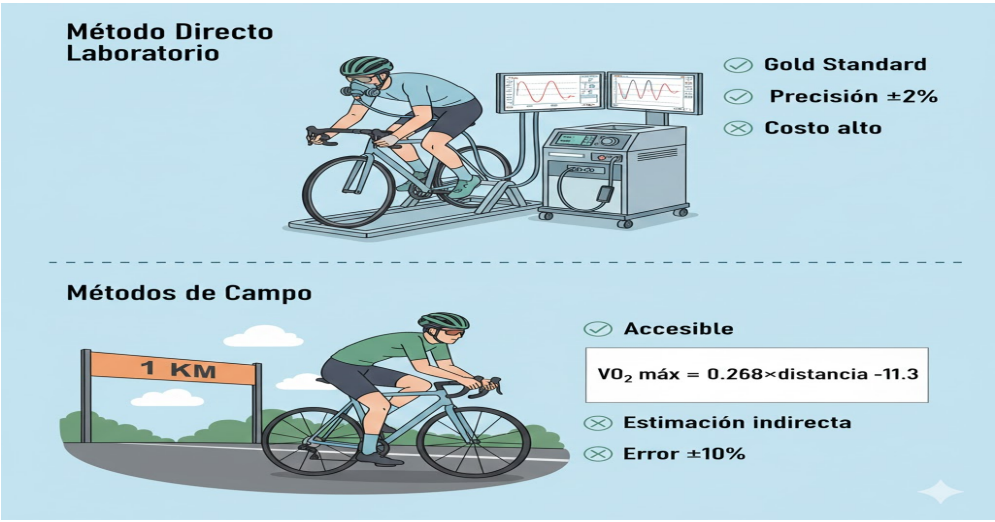
El VO_2 max. es un indicador de rendimiento que puede ser determinado utilizando métodos directos considerados gold standard o técnicas indirectas que estiman el valor del mismo. Los métodos directos se desarrollan en laboratorio mediante la ergometría ciclista incremental en cicloergómetro, donde se mide continuamente el consumo de gases respiratorios mediante mascarilla conectada al carro metabólico. Durante la prueba se alcanzan niveles de potencia (vatios) a través de un aumento progresivo cada 1-3 minutos hasta el agotamiento voluntario: el VO_2 max. se considera que se ha alcanzado cuando el consumo de oxígeno aumenta y se estabiliza o desciende de la mano de la carga, en el que se suceden una serie de criterios secundarios que como la frecuencia cardiaca máxima, coeficiente respiratorio > 1.15 y percepción de esfuerzo máxima en la Escala de Borg (Medina, 2020).

Cáceres y Echeverría (2023) hacen referencia que esta modalidad ofrece precisión exacta, pero requiere equipamiento costoso y personal especializado, limitando su accesibilidad. Según Tauda y Cruzat (2023)Las pruebas de campo constituyen alternativas válidas y accesibles para estimar el VO_2 max. sin necesidad de analizadores de gases. El test de Cooper constituye una de las pruebas indirectas más reproducibles, consistiendo en recorrer la máxima distancia posible en 12 minutos de carrera continua en terreno llano. La fórmula VO_2 max. = 0.0268 × distancia (m) – 11.3 permite estimar el consumo máximo con correlación alta respecto a medidas directas. Para personas con menor condición física o ciclistas máster con limitaciones articulares.

Otro método ampliamente difundido es el test de Course Navette, donde el deportista realiza desplazamientos de 20 m a ritmos progresivamente acelerados marcados por audio, hasta el fallo. La velocidad final completada permite calcular VO_2 max. = 5.857 × velocidad ($km \cdot h^{-1}$) – 19.458. En el contexto ciclista moderno, dispositivos GPS y pulsómetros estiman el VO_2 max. mediante algoritmos basados en relación potencia-frecuencia cardíaca, ofreciendo referencia válida para monitoreo continuo, aunque con menor precisión que el análisis directo de gases. La elección del método debe considerar validez, reproducibilidad y contexto específico del deportista (Naranjo, 2022).

Figura 5

Métodos de medición en laboratorio y pruebas de campo



Nota. La figura resume la información de este apartado, elaboración propia, adaptada de Tauda y Cruzat (2023).

Importancia del VO_2 max. en el rendimiento ciclista.

El VO_2 max. es el predictor del rendimiento más fuerte en ciclismo de resistencia, siendo un buen indicador del tamaño del "motor aeróbico" disponible para mantener

esfuerzos prolongados. Un VO_2 max. elevado permite generar energía preferentemente mediante el metabolismo oxidativo en lugar de requerir la activación anaeróbica, que lleva a la acumulación de lactato y a la fatiga, en un contexto de competición en ruta, contrarreloj, fondo, etc. Los ciclistas con mayor VO_2 max. son capaces de mantener intensidades absolutas superiores sin ver comprometida la homeostasis metabólica, lo cual se traduce en mayores velocidades medias y menos tiempo de carrera (Castillo y Quillupangui, 2024).

Los valores de referencia permiten clasificar a los deportistas: ciclistas recreativos exhiben rangos de 40-50 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, atletas entrenados alcanzan 55-65 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, mientras que élite mundial supera los 70-80 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. No obstante, el VO_2 max. no constituye el único determinante del rendimiento; la economía de pedaleo, el porcentaje de VO_2 max. sostenible (intensidad en umbral), la eficiencia mecánica y la capacidad de recuperación entre esfuerzos configuran factores complementarios que explican la variabilidad en competición (Huera & Chica, 2025). En el caso de los ciclistas máster, el mantenimiento de valores elevados de VO_2 max. mediante entrenamiento específico resulta crítico para compensar el declive natural asociado al envejecimiento, preservando la capacidad competitiva y la salud cardiovascular a largo plazo (Espejo et al., 2023).

2.2.3. Ciclistas Máster y Respuesta Fisiológica

Cambios fisiológicos relacionados con la edad.

El envejecimiento provoca alteraciones multifactoriales en el sistema cardiorrespiratorio y musculoesquelético que impactan directamente el rendimiento ciclista. La literatura científica establece que el VO_2 max. declina aproximadamente 10% por década a partir de los 30 años, siendo esta reducción más marcada en atletas entrenados que en población sedentaria deba sus valores basales superiores. (Castillo y Quillupangui, 2024) identificaron que esta disminución se asocia principalmente a reducciones en el gasto cardíaco máximo, producto del descenso de la frecuencia cardíaca máxima y del volumen sistólico, originado por pérdida de elasticidad miocárdica y aumento de la resistencia vascular periférica (Huera y Chica, 2025).

En el plano de la musculación, la sarcopenia es un elemento sumamente importante, ya que la pérdida de la masa muscular magra asciende a 10% a los 50 años y ello puede llegar a superar el 30% a los 80 años. La atrofia muscular va acompañada de disminución en la densidad mitocondrial, actividad de la enzima oxidativa y capacidad de extracción de oxígeno periférico, con reducción de la eficacia del consumo de oxígeno y de la economía de pedaleo. En los ciclistas máster también se producen cambios en la

composición corporal que son desfavorables, como el incremento del porcentaje de grasa corporal, que al igual que en la resistencia, cuyo metabolismo oxidativo es casi nulo, y la disminución de la capacidad tampón de hidrógeno, ocasionando una mayor susceptibilidad a la fatiga metabólica para esfuerzos intensos (Giraldo, 2025).

La capacidad de recuperación se ve comprometida por alteraciones en la función endocrina (disminución de testosterona y hormona del crecimiento) y por mayor inflamación sistémica crónica, retardando la reparación tisular y la resíntesis de glucógeno muscular post-ejercicio. Estos cambios explican por qué los ciclistas veteranos requieren periodos de recuperación más prolongados y son más susceptibles al sobre entrenamiento (Espejo et al., 2023).

Adaptaciones al HIIT en deportistas mayores.

Aunque el envejecimiento reduce la plasticidad fisiológica, el HIIT constituye una herramienta eficaz para mitigar el declive. Estudios en atletas máster demuestran que protocolos de intervalos largos (4′×4′ minutos al 90-95% de la frecuencia cardíaca máxima) generan mejoras significativas en VO_2 max., aunque de menor magnitud que en jóvenes (García M. J., 2023). Montero (2024) confirmaron que tanto intervalos cortos (15:15 segundos) como largos (4′×4′ minutos) mejoraron el volumen sistólico y el VO_2 max. en deportistas entrenados, recomendando los intervalos largos por su mayor viabilidad psicológica y menor riesgo de lesiones

Una investigación reciente comparó HIIT (4′×4′ minutos) versus sprint intervalos (SIT) en atletas de resistencia, evidenciando que el HIIT incrementó el VO_2 max. en 6.5% en hombres y 7.3% en mujeres, mientras que el SIT no produjo mejoras significativas y generó mayor incidencia de lesiones (Parra, 2022)

Esto es particularmente relevante para ciclistas máster, cuyos tejidos blandos presentan menor elasticidad y mayor tiempo de reparación. Flores (2020) describen que las adaptaciones periféricas al HIIT en veteranos incluyen aumento de la actividad enzimática oxidativa y glucolítica, mejora en la capacidad de amortiguamiento de hidrógeno y posible incremento en la utilización de ácidos grasos, adaptaciones que contrarrestan parcialmente el declive mitocondrial propio del envejecimiento.

Considerando el contexto latinoamericano Aguirregaray et al. (2023) incluye en su trabajo ciclistas con parálisis cerebral, aunque los resultados sobre mejoras de 7-9.4 % en vo_2max. y en potencia anaeróbica de 4 semanas de HIIT parecen indicar que incluso con problemas de adaptación (y/o limitar la concentración que puedan hacer acorde a la carga) llegan a responder si se monitorizan las cargas a partir de la frecuencia cardiaca y

la percepción del esfuerzo. Para ciclistas máster ecuatorianos, aclimatados a altitud baja en Imbabura, el HIIT podría estimular la respuesta a la hipoxia durante un periodo crónico aunque es necesaria más investigación específica para apoyar esta conclusión.

Recuperación, nutrición y prevención de lesiones.

La recuperación de los ciclistas máster implica la utilización de estrategias propias. La síntesis proteica muscular desciende con la edad, lo que hace necesario el uso de dosis más elevadas de proteína para estimular la reparación de los tejidos. Los resultados de los estudios en ciclistas de élite muestran que la ingesta combinada de carbohidratos (1.2 $g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$) y proteínas (0.4 $g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$) durante las primeras 2 horas post-ejercicio mejora el performance 18 horas más tarde, produciendo cambios más rápidos del estado catabólico al estado anabólico (García, 2024).

Para atletas máster, recomendaciones se sitúan entre 1.6-2.0 $g \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$ de proteína, distribuidos en dosis de 0.25-0.30 $g \cdot kg^{-1}$ cada 3-5 horas, con especial énfasis en la ventana post-ejercicio (Arles y Peñaranda, 2023). La prevención de lesiones constituye una prioridad. Los tejidos blandos (tendones, ligamentos) pierden elasticidad y capacidad de reparación, aumentando el riesgo de tendinopatías y lesiones por sobrecarga. La mala ejecución técnica durante intervalos intensos incrementa este riesgo, siendo fundamental dominar el gesto pedaleante antes de incrementar la potencia. Estrategias de rehabilitación, fortalecimiento de cadenas cinéticas y periodización cuidadosa (máximo 2-3 sesiones HIIT semanales, sin días consecutivos) son esenciales (Parra, 2022).

La nutrición antiinflamatoria tiene un efecto protector. La adición de antioxidantes (vitamina C, polifenoles) y ácidos grasos omega-3 podría atenuar el daño oxidativo agudo y la inflamación crónica provocada por el entrenamiento intensivo en los veteranos. También se ha comprobado que la suplementación con creatina monohidratada y caseína pre-sueño (40 g) facilita la recuperación muscular y reduce la severidad de los traumatismos, aunque la evidencia a nivel de ciclistas máster requiere una mayor profundización. De manera correspondiente en altitud, Imbabura'lla optimización del hierro y la vitamina D son esenciales para mantener la capacidad de transporte de oxígeno y la salud ósea respectivamente (Fernández, 2024).

2.2.3. Periodización del Entrenamiento en Ciclistas

Estructura de la periodización anual

La planificación del entrenamiento en ciclismo se estructura mediante macrociclos, mesociclos y microciclos, lo que permite la realización de una progresión sistemática con el objetivo de obtener picos de rendimiento óptimos en momentos

competitivos determinados (Issurin, 2019). En el caso del ciclista máster esta estructura cobra una especial relevancia debido al hecho de que el proceso de envejecimiento da como resultado una menor capacidad de recuperación, un incremento en la inflamación sistémica, una mayor predisposición a sufrir lesiones y un aumento en el riesgo de sobreentrenamiento (Seiler, 2010). Así pues, la periodización debe tener en cuenta la carga, la intensidad y la inclusión de estrategias de recuperación contempladas previamente para simplificar una super compensación adecuada del entrenamiento a la vez que la salud del ciclista no se ve comprometida.

El macrociclo incluye la temporada completa la cual oscila entre los 10 y los 12 meses. Éste se divide en tres grandes fases: el periodo de preparación, el periodo competitivo y un periodo de transición. En ciclistas máster la planificación del macrociclo debe incluir periodos de descarga con una frecuencia más alta (siendo aproximadamente cada tres o cuatro semanas) en comparación con los atletas jóvenes (Montero, 2024) lo que daría como resultado una menor capacidad de super compensación en relación a la edad. Esta estrategia favorece la recuperación fisiológica a la vez que minimiza el riesgo de acumular una fatiga crónica excesiva.

Por su parte, el mesociclo constituye una unidad estructural de entrenamiento con una duración aproximada de 3 a 6 semanas, diseñada para cumplir objetivos fisiológicos específicos. En población máster, se recomienda una estructura basada en tres semanas de carga progresiva seguidas de una semana de recuperación activa. Esta adaptación responde a características propias del envejecimiento, tales como la menor síntesis proteica muscular y el aumento de la inflamación basal, factores que requieren una planificación más conservadora y estratégica de las cargas (Giraldo, 2025; Vargas, 2024).

En último lugar, el micro ciclo configura la unidad básica semanal de planificación, comprendida entre cinco a diez días, siendo lo habitual la configuración en un esquema de siete días, distribución de la carga de trabajo específico. Se debe evitar la programación de las sesiones de manera consecutiva en los ciclistas máster, teniendo en cuenta el desarrollo del VO_2 máx., teniendo en cuenta el descanso mínimo de 48 horas entre estímulos, y ajustando la carga de trabajo en base a biomarcadores como la variabilidad de la FC (HRV) y la creatina quinasa (CK), así como en la propuesta de la percepción subjetiva del esfuerzo, con la finalidad de realizar la adaptación y disminuir las probabilidades del riesgo de sobrecarga (Parra, 2022).

Periodo preparatorio

El periodo preparatorio constituye la base fisiológica de la temporada y se subdivide en:

- **Preparación general**
- **Preparación específica**

Preparación general (4 - 8 semanas)

Durante esta fase se busca desarrollar la base aeróbica y la resistencia general.

Objetivos principales:

- Intensidad entre **60–75% de la FC máxima**.
- Volumen progresivo de **6 a 10 horas semanales**.
- Inclusión temprana de HIIT leve (2–3 min al 80–85% FC máx, 1 sesión semanal).
- Trabajo técnico de pedaleo.
- Entrenamiento de fuerza preventiva (Arles y Peñaranda, 2023).

Table 1

Características de la preparación general

Variable	Parámetro
Duración	4–8 semanas
Intensidad predominante	60–75% FC máx
Volumen inicial	6–10 horas/semana
HIIT leve	1 sesión semanal
Fuerza	2 sesiones semanales

Nota. Distribución de método HIIT en la preparación.

Preparación específica (6–10 semanas)

En esta etapa se incrementa la intensidad con énfasis en VO_2 máx y potencia umbral.

Características principales:

- Intervalos **4´×4´ min al 90–95% FC máx** (2 sesiones/semana).
- Protocolo **30´´/30´´** (1 sesión semanal).
- Tiempo en Zona (TiZ) progresivo: **12 → 20 min acumulados**.
- Trabajo en **Sweet Spot (88–94% FTP)** (Tauda y Cruzat, 2023).
- Mesociclos 3:1 (carga-recuperación).

Table 2

Características de la preparación específica

Variable	Parámetro
Duración	6–10 semanas
HIIT principal	4´×4´ min (90–95% FC máx)

Intervalos cortos	30´´/30´´
Sweet Spot	88–94% FTP
Recuperación	1 semana cada 3

Nota. Distribución de método HIIT en la preparación.

Periodo competitivo

Se divide en:

- **Fase precompetitiva**
- **Fase competitiva**

Fase precompetitiva (2–4 semanas)

Busca optimizar el rendimiento antes del primer evento.

Características:

- Reducción del volumen total en 20–30%.
- Mantenimiento de 2 sesiones HIIT semanales.
- Simulaciones de competencia (3×8 min al 95–100% FTP).
- Monitorización de HRV y CK (Naranjo, 2022).

Fase competitiva

Objetivo: mantener adaptaciones minimizando fatiga acumulada.

- Distribución polarizada (80% baja intensidad / 20% alta intensidad).
- HIIT de mantenimiento (30´´/30´´ o 15/15).
- Microciclos flexibles.
- Tapering 3–5 días antes de eventos clave.
- Periodización inversa para competencias prioritarias (Vargas, 2024).

2.3. Marco legal

2.3.1. Fundamentación Constitucional y Derechos Fundamentales

El presente estudio se sustenta en el marco constitucional ecuatoriano que reconoce la investigación científica como un pilar fundamental del desarrollo humano y social. La Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 26, garantiza expresamente el derecho a la educación superior y la libertad de investigación científica, principios que permiten el desarrollo de trabajos de titulación como este, orientados a generar conocimiento aplicable al ámbito deportivo y de la salud. Paralelamente, el artículo 35 constitucional reconoce el derecho a la salud integral, entendida no solo como

ausencia de enfermedad, sino como el conjunto de prácticas que promueven el bienestar físico y mental, incluyendo específicamente la actividad deportiva organizada. Esta visión integral se complementa con el artículo 83, que impone al Estado el deber de proteger la integridad física y la información personal de todos los habitantes, estableciendo así las bases legales para que una investigación como esta, que involucra datos biométricos sensibles y esfuerzos físicos intensos, se desarrolle dentro de parámetros de máxima seguridad y respeto a la dignidad humana. En este sentido, el trabajo no solo responde a un requisito académico de la Maestría en Entrenamiento Deportivo, sino que se enmarca en el ejercicio de derechos constitucionales que promueven la generación de conocimiento útil para la sociedad.

2.3.2. Marco internacional: la ética universal en la investigación deportiva

A nivel internacional, la investigación se rigió por los estándares más exigentes de la ética médica y deportiva, particularmente por lo establecido en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, actualizada en 2022, que constituye el referente universal para la investigación en seres humanos. Esta declaración establece tres principios irrenunciables que fueron aplicados meticulosamente durante el estudio: el respeto a la persona, manifestado en la garantía de un consentimiento informado verdaderamente voluntario y autónomo, donde cada ciclista recibió información clara sobre los objetivos, procedimientos y riesgos antes de firmar su participación; el principio de beneficencia, que exigió maximizar los beneficios fisiológicos esperados, como la mejora del consumo máximo de oxígeno y la capacidad cardiovascular, mientras se minimizaban los riesgos mediante un exhaustivo screening médico previo que excluyó a personas con patologías cardiovasculares; y finalmente el principio de no maleficencia, que se tradujo en la implementación de protocolos de seguridad rigurosos, incluyendo la presencia de personal certificado en reanimación cardiopulmonar y la disponibilidad de desfibriladores durante las sesiones de entrenamiento. Complementariamente, las Pautas Éticas Internacionales del CIOMS de 2016 proporcionaron el marco específico para la investigación biomédica, enfatizando la necesidad de protección especial hacia poblaciones con características particulares, como los deportistas máster que, siendo mayores de 30 años, presentan un declive fisiológico natural que requiere consideraciones especiales en la manipulación de cargas de entrenamiento.

2.3.3. Marco legal ecuatoriano: investigación responsable y protección de datos

El ordenamiento jurídico ecuatoriano proporciona una estructura sólida que regula específicamente este tipo de investigaciones. La Ley Orgánica de Educación Superior, en

su artículo 144, establece la obligatoriedad de que los trabajos de titulación sean entregados a las instituciones para su publicación en repositorios digitales, garantizando así que el conocimiento generado sobre el entrenamiento HIIT en ciclistas máster sea de acceso público y beneficio colectivo, cumpliendo con la función social de la universidad. Por su parte, la Ley Orgánica de Salud de 2006 se aplicó en lo concerniente a la protección de la salud integral de los participantes, particularmente en su artículo 85 que regula la investigación en salud poblacional, exigiendo protocolos estrictos de seguridad en intervenciones físicas de alta intensidad como las realizadas en este estudio. Sin embargo, quizás la normativa más relevante en la práctica metodológica fue la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales de 2021, que establece salvaguardas específicas para el tratamiento de información sensible, incluyendo los datos biométricos recolectados mediante pulsómetros, las mediciones antropométricas y los registros de frecuencia cardíaca. Esta ley exige el principio de confidencialidad y seguridad, lo que se tradujo en la implementación de un sistema de codificación alfanumérica donde cada ciclista fue identificado únicamente con códigos como CIC-01 a CIC-20, eliminando cualquier dato nominal de las bases de datos electrónicas y almacenando la información en servidores institucionales cifrados con acceso restringido exclusivamente al investigador principal y su director de tesis, garantizando así la privacidad de la información médica y deportiva de los 20 participantes del equipo MADEC.

2.3.4. Principios bioéticos aplicados: entre la autonomía y la seguridad

La operativización de estos marcos legales se concretó en la aplicación rigurosa de principios bioéticos específicos que guiaron cada etapa de la investigación. El principio de autonomía se respetó no solo mediante la firma del consentimiento informado, sino garantizando un período de reflexión de 72 horas previo a la aceptación, asegurando que los ciclistas comprendieran que su participación era completamente voluntaria y que podían retirarse en cualquier momento sin sufrir sanciones deportivas ni afectación a su membresía en el equipo. El principio de beneficencia y no maleficencia se materializó en la exigencia de certificados médicos de aptitud física vigentes, electrocardiogramas de reposo y pruebas de esfuerzo validadas por cardiólogos deportivos antes de iniciar cualquier sesión de entrenamiento, estableciendo así un filtro de seguridad que excluyó a personas con hipertensión no controlada, arritmias o cardiopatías estructurales. Durante las ocho semanas de intervención, este principio se mantuvo mediante la monitorización continua con dispositivos Garmin Forerunner 945, configurados con alarmas para detectar frecuencias cardíacas superiores al 95% del máximo teórico, permitiendo la

suspensión inmediata de la actividad ante cualquier anomalía. Finalmente, el principio de justicia aseguró que la selección de participantes se basara exclusivamente en criterios médicos y deportivos objetivos, garantizando acceso equitativo al programa independientemente del nivel competitivo inicial de cada ciclista, y asegurando que todos recibieran el mismo equipamiento tecnológico de monitoreo, evitando así discriminaciones por rendimiento previo o condición socioeconómica.

El desarrollo de esta investigación contribuye directamente al cumplimiento de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, estableciendo un puente entre el conocimiento académico y el desarrollo sostenible. En primer lugar, el ODS 3: Salud y Bienestar se ve directamente fortalecido mediante la generación de evidencia científica sobre metodologías de entrenamiento que mejoran la capacidad cardiovascular y contrarrestan el declive natural del envejecimiento en deportistas máster, promoviendo el envejecimiento activo y la calidad de vida en adultos mayores de 30 años. El ODS 4: Educación de Calidad se refleja en la producción de conocimiento científico riguroso dentro del programa de Maestría en Entrenamiento Deportivo, demostrando cómo la educación superior puede generar soluciones prácticas para problemas reales del deporte ecuatoriano, además de la publicación obligatoria en repositorios digitales que democratiza el acceso a esta información. El ODS 10: Reducción de las Desigualdades se aborda mediante el diseño de un programa de entrenamiento validado técnicamente pero de bajo costo operativo, que puede ser replicado por otros equipos máster de la provincia de Imbabura sin requerir infraestructura especializada, democratizando el acceso a métodos de entrenamiento de alto rendimiento que tradicionalmente solo están disponibles para equipos profesionales con mayores recursos. Asimismo, el ODS 17: Alianzas para lograr los Objetivos se manifiesta en la colaboración entre la Universidad Técnica del Norte, el equipo deportivo MADEC y los sistemas de salud locales para la evaluación médica de los participantes, estableciendo un modelo de cooperación entre academia, sociedad civil y organizaciones deportivas que puede replicarse en otras disciplinas y regiones del Ecuador.

2.3.5. Garantías Legales y Responsabilidades Institucionales

El marco legal se completa con las garantías específicas establecidas por la Universidad Técnica del Norte en su reglamento de graduación de posgrado, que exige la aprobación por parte de un director y asesor calificado, así como la supervisión de un Comité de Ética de Investigación que validó el protocolo antes de su ejecución. Esta supervisión institucional asegura que el trabajo cumple con los estándares de originalidad

exigidos, como lo manifiesta el autor en la autorización de uso y publicación, asumiendo la responsabilidad sobre el contenido y comprometiéndose a defender a la universidad ante cualquier reclamación por parte de terceros. La protección de los participantes se extendió incluso más allá de la finalización del estudio, estableciendo un período de conservación de datos de cinco años posterior a la publicación, tras el cual se garantiza su eliminación definitiva conforme a la normativa de protección de datos personales. Este compromiso legal y ético no solo protege a los ciclistas del equipo MADEC, sino que establece un precedente metodológico para futuras investigaciones deportivas en el país, demostrando que es posible realizar ciencia de alto impacto sin sacrificar la seguridad, la dignidad ni los derechos fundamentales de los participantes, contribuyendo así a la construcción de una cultura deportiva basada en la evidencia científica y el respeto irrestricto a la persona humana.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, el cual según Vizcaíno et al. (2022) se caracteriza por el análisis de datos numéricos, el uso de estadística descriptiva e inferencial, y la búsqueda de objetividad en la medición de fenómenos. Este enfoque permite cuantificar variables fisiológicas del rendimiento ciclista y establecer relaciones estadísticas entre el entrenamiento HIIT y las adaptaciones en VO_2 máx.

Se abarcaron datos numéricos de los tiempos de rendimiento (1 km, 10 km, 14 km); frecuencia cardíaca en las condiciones de reposo y de ejercicio; variables antropométricas, como peso, IMC, % grasa; y parámetros musculares (SOGA, abdominales, flexión de codo). Estos datos fueron tabulados en cuadros, y se llevó a cabo un análisis mediante estadística descriptiva (medias, desviaciones típicas), así como mediante estadística inferencial (pruebas t) para contrastar los cambios significativos pre/post intervención (Hernández et al., 2022).

3.2. Tipo de investigación

El trabajo es clasificado como descriptivo y explicativo en lo que a tipo de investigación se refiere, de acuerdo con Sampieri et al. (2019) La investigación descriptiva va destinada a determinar las propiedades, características o perfiles de las personas, grupos de personas o situaciones a partir de la cuantificación de variables. Por otro lado, la investigación explicativa intenta, a partir de la cantidad de datos existentes en la variable diseños en términos de "por qué" ocurre el fenómeno que se investiga.

3.2.1. Descriptivo

Se caracterizó el perfil fisiológico de ciclistas máster del equipo MADEC (edad, antropometría, condición física basal), y se describieron los efectos del HIIT en el rendimiento, documentando mejoras en los tiempos de carrera y en las estimaciones de VO_2máx.

3.2.2. Explicativo

Se analizó la causalidad entre la aplicación sistemática de protocolos HIIT (variable independiente) y las adaptaciones en capacidad cardiorrespiratoria (variable dependiente), controlando variables como edad, experiencia previa y adherencia al programa (Ato et al., 2023).

3.3. Métodos

3.3.1. Métodos deductivos

El método deductivo, según Tamayo y Tamayo (2020), parte de proposiciones generales para llegar a conclusiones particulares, moviéndose de lo teórico a lo empírico mediante la formulación de hipótesis derivadas de leyes o principios establecidos.

A partir del principio general de que el HIIT conduce a adaptaciones cardiovasculares en personas deportistas de resistencia (Tauda et al., 2024; Montero, 2024) derivó la hipótesis específica de que ciclistas máster del equipo MADEC verían aumentada su VO_2 máx después de 8 semanas con entrenamiento interválico estructurado. Esta hipótesis fue empíricamente contrastada mediante medidas pre-post en la muestra seleccionada.

3.3.1. Métodos sintéticos

El método sintético se caracteriza por la combinación de elementos bien diseminados en una totalidad comprensiva, generando un conocimiento a partir de las partes que lo constituyen (Sampieri, 2019; 2013). Facilita la construcción entre teoría-práctica y establece una comprensión holística del objeto de estudio.

Aplicación en el estudio: Se sintentizaron datos que provienen de la literatura científica respecto al HIIT en ciclistas para posteriormente salir a las pruebas que dignifican los tests de campo, las variables antropométricas individuales y los parámetros de la monitorización cardíaca, lo que permitió la conductoría de un modelo comprensivo del HIIT en ciclistas máster de Imbabura incorporando la evidencia internacional con la situación local.

3.3.2. Métodos empíricos

Los métodos empíricos se fundamentan en la observación y la medición directa de los fenómenos, haciendo uso de los sentidos y de distintos instrumentos técnicos que registran datos objetivos y verificables (Hernández et al., 2022). En este sentido, con respecto a Ato et al. (2023), estos métodos ofrecen la posibilidad de acercarse a la realidad palpable gracias al registro sistemático de conductas, características y/o resultados que son susceptibles de ser cuantificados, razón por la cual ofrecen rigor científico en la recolección de información.

En la presente investigación, los métodos empíricos se utilizaron principalmente a partir de la observación y la medición. La observación supuso el registro sistemático del comportamiento pedaleante, la técnica de conducción y los comportamientos de

manifestación de fatiga en los momentos de realización de tests y en las sesiones de entrenamiento. Mientras que la medición se centró en cuantificar variables fisiológicas y de rendimiento usando pulsómetros Garmin Forerunner 945 para el control de la frecuencia cardíaca, cronómetros digitales para registrar los tiempos, báscula de bioimpedancia para controlar la composición corporal y cinta métrica y adipómetro para medir perímetros y pliegues cutáneos.

El protocolo específico de aplicación contempló, en primer lugar, una observación participante, en la cual los investigadores asistieron al menos al 90% de las sesiones de entrenamiento. Durante estas sesiones se registró la adherencia al programa, la intensidad percibida mediante la escala de Borg (6-20) y la presencia de eventos adversos como lesiones, mareos o descompensaciones fisiológicas. En segundo lugar, se desarrolló una medición estandarizada estructurada en tres sesiones de evaluación. La primera sesión incluyó la evaluación antropométrica (peso, talla, índice de masa corporal y porcentaje de grasa corporal mediante bioimpedancia) y pruebas musculares como el test SOGA de 90 segundos, abdominales en 90 segundos y flexión de codo en 90 segundos. La segunda sesión consistió en un test de 1 km en pista plana en Yahuarcocha, donde se registró el tiempo total, la frecuencia cardíaca máxima y la frecuencia cardíaca de recuperación a la llegada, a 1, 3 y 5 minutos posteriores al esfuerzo. Finalmente, la tercera sesión comprendió pruebas de resistencia en distancias de 10 km en la ruta Yahuarcocha y 14 km en la ruta Salinas-Cañaveral, con monitorización continua de la frecuencia cardíaca mediante pulsómetros y registro de tiempos parciales por kilómetro, permitiendo un análisis detallado del rendimiento aeróbico de los participantes.

3.3.3. Métodos estadísticos

Los métodos estadísticos son los que nos ayudan a interpretar, analizar y también generalizar los datos muestrales de las que se dispone mediante unos procedimientos matemáticos formales (Field, 2021). La estadística se divide en estadística descriptiva, centrada en la organización y modo de presentar la información, y en estadística inferencial, que se centra en la estimación de parámetros poblacionales y en las pruebas de contraste de hipótesis.

En el estudio se aplicó en primer lugar la estadística descriptiva. Se calcularon medidas de tendencia central como la media aritmética (M) y la mediana (Md) para las variables de tiempos de carrera, frecuencia cardiaca y datos antropométricos. Además, se calcularon medidas de dispersión como la desviación estándar (SD) y el coeficiente de variación (CV), con la finalidad de evaluar la homogeneidad de la muestra y la

variabilidad de las respuestas dadas individualmente. De forma paralela se generaron distribuciones de frecuencias, para las cuales se tabularon los datos por rangos etarios (30- 45 años) y por parámetros de mejora a posteriori de la intervención.

En cuanto a la estadística inferencial, previamente a la selección de las pruebas paramétricas, se verificó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, considerando que el tamaño muestral fue menor a 50 participantes. Según Ghasemi y Zahediasl (2012), esta prueba ofrece mayor potencia estadística que Kolmogorov-Smirnov en muestras pequeñas. Posteriormente, se evaluó la homogeneidad de varianzas entre los grupos de edad estratificados mediante la prueba de Levene.

Dado que el diseño contempló mediciones repetidas en los mismos sujetos (pre y post intervención), se utilizó la prueba T de Student para muestras relacionadas cuando se cumplió el supuesto de normalidad ($p > 0.05$ en Shapiro-Wilk). Esta prueba permitió comparar las medias de dos condiciones temporales dentro de una misma muestra, calculando el estadístico a partir de la media de las diferencias pre-post, la desviación estándar de dichas diferencias y el tamaño muestral (Field, 2021).

3.3.4. Métodos teóricos

Los métodos teóricos son procesos de análisis, sintético, inductivo y deductivo del conocimiento científico sistematizado (Tamayo y Tamayo, 2020). Con ello se estructura conceptualmente la investigación, se establecen relaciones entre teorías existentes y se fundamenta empíricamente el estudio por medio de la revisión crítica de literatura especializada y construcción de marcos referenciales sólidos. A través de ellos, se delimitan categorías de análisis, se definen variables y se construyen las bases epistemológicas que van a dirigir la interpretación de los resultados.

En esta investigación, los métodos teóricos se utilizaron a través de la revisión documental sistemática. Para ello llevamos a cabo una búsqueda estructurada en bases de datos indexadas PublMed, Scielo, Google Scholar y SportDiscus utilizando el enfoque PICO como estrategia de delimitación. La población considerada fue ciclistas, deportistas de resistencia y atletas máster (≥30 años). La intervención fue el entrenamiento interválico de alta intensidad, HIIT, incluyendo protocolos como 4´×4´, Tabata, 30´´/30´´, P5 y Sprint Interval Training (SIT). La comparativa fue entrenamiento continuo moderado y entrenamiento en zona de umbral. Las variables del interés incluyeron VO_2 máx, potencia aeróbica, adaptaciones cardiovasculares y rendimiento deportivo.

Los métodos teóricos constituyen procesos que forman parte del análisis, de la síntesis, de la inducción y de la deducción del conocimiento científico sistematizado

(Tamayo y Tamayo, 2020). De este modo, se estructura conceptualmente la investigación, se establecen relaciones entre teorías existentes y se sostiene empíricamente el estudio mediante la revisión crítica de literatura especializada y la construcción de marcos referenciales sólidos. Con ellos, se delimitan categorías para el análisis, se determinan las variables y se constituyen las bases epistemológicas que determinan la interpretación de los resultados.

En la presente investigación, los métodos teóricos se han hecho de usar mediante el empleo de la revisión documental sistemática. La revisión de los documentos se llevó a cabo mediante la búsqueda estructurada en bases de datos indexadas, PublMed, Scielo, Google Scholar y SportDiscus, utilizando el enfoque PICO como estrategia de delimitación. La población se consideró ciclistas, deportistas de resistencia y atletas máster (≥30 años). La intervención fue el entrenamiento interválico de alta intensidad, HIIT, incluyendo protocolos como el 4'×4', Tabata, 30´´/30´´, P5 y Sprint Interval Training (SIT). La comparativa fue el entrenamiento continúo moderado y el entrenamiento en zona de umbral. Las variables del interés fueron VO_2 máx, potencia aeróbica, adaptaciones cardiovasculares y rendimiento deportivo.

3.4. Diseño de la investigación

El presente estudio se enmarca en un diseño cuasiexperimental de pretest–post-test con grupo único, de acuerdo con la tipología clásica de Donald T. Campbell y Julian C. Stanley (2015). Este diseño se caracteriza por la ausencia de asignación aleatoria a grupos experimental y de control, manteniendo, no obstante, una estructura longitudinal que contempla mediciones antes y después de la intervención en el mismo grupo de participantes.

Desde el punto de vista metodológico, esta estructura permite evaluar cambios intra-sujeto atribuibles al tratamiento aplicado, controlando parcialmente la variabilidad individual inicial mediante la comparación de medidas repetidas.

La elección de este diseño se fundamenta en criterios éticos y operativos. La investigación se desarrolló con un equipo deportivo activo (MADEC), cuyo proceso de preparación física forma parte de su planificación competitiva regular. En este contexto, no resulta ética ni metodológicamente viable constituir un grupo control sin intervención, ya que ello implicaría privar a un segmento de deportistas de un programa potencialmente beneficioso para su rendimiento.

En consecuencia, el diseño cuasiexperimental con grupo único constituye una alternativa pertinente que permite valorar el efecto del programa HIIT sobre el VO_2 máx,

manteniendo coherencia con las condiciones reales del entorno deportivo y preservando la integridad del proceso de entrenamiento.

3.5. Operación de variables

Table 3
Operación de variables

Variable	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentos
Entrenamiento HIIT (Independiente)	Método estructurado que alterna periodos de esfuerzo máximo o supramáximo (≥80–95% FC máx) con intervalos de recuperación activa o pasiva.	• Frecuencia • Intensidad • Volumen • Tipo de protocolo	• Nº sesiones/semana • % FC máx alcanzado • Minutos totales/semana • Protocolo aplicado (4×4, 30"/30", P5)	• ¿Cuántas sesiones HIIT realiza por semana? • ¿Qué porcentaje de FC máx alcanza en cada sesión? • ¿Cuántos minutos totales acumula por semana? • Tipo de protocolo ejecutado	Técnica: Observación sistemática y registro de entrenamiento Instrumentos: Pulsómetro Garmin Forerunner 945, escala de Borg 6–20, hoja de control de sesiones
VO_2 máx (Dependiente)	Capacidad de los sistemas pulmonar, cardiovascular y muscular para captar, transportar y utilizar oxígeno durante ejercicio intenso.	• Rendimiento aeróbico 1 km • Rendimiento aeróbico 10 km • Cambio pre–post	• VO_2 máx estimado (ml/kg/min) • Tiempo empleado en pruebas • % de mejora	• Tiempo registrado en test 1 km • Tiempo registrado en test 10 km • VO_2 máx estimado según fórmula ACSM	Técnica: Test físico de campo Instrumentos: Test de 1 km (fórmula ACSM), Test de 10 km (ACSM adaptada), cronómetro, pulsómetro

				• Diferencia porcentual pre–post intervención	
Edad (Interviniente)	Tiempo cronológico de vida del deportista.	• Grupo etario	• 30–40 años • 40–45 años	• Edad en años cumplidos • Categoría máster UCI	Técnica: Revisión documental Instrumento: Documento de identidad
Condición física basal (Interviniente)	Nivel de preparación física previo del ciclista antes de la intervención.	• Composición corporal • Resistencia muscular • Fuerza muscular	• IMC • % grasa corporal • Nº repeticiones abdominales • Nº flexiones de codo • Resultado Test SOGA	• Peso y talla registrados • % grasa corporal inicial • Nº abdominales en 1 min • Nº flexiones de codo • Resultado SOGA	Técnica: Evaluación antropométrica y pruebas físicas Instrumentos: Báscula de bioimpedancia, adipómetro, cinta métrica, protocolos físicos estandarizados

Nota. Elaboración propia.

3.6. Procedimientos

Para cumplir el objetivo de analizar y fundamentar los referentes teóricos sobre el entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) y su relación con el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) en el ciclismo máster, se desarrolló una revisión bibliográfica sistematizada con enfoque analítico-comparativo. La búsqueda se efectuó en bases de datos indexadas, aplicando la estrategia PICO para delimitar población, intervención, comparación y resultados. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo de los principales protocolos HIIT y una síntesis de las adaptaciones fisiológicas reportadas en la literatura, lo que permitió estructurar el marco teórico y definir operativamente las variables del estudio.

Table 4

Esquema del diseño

Fase	Duración	Actividad
Pretest (O_1)	Semana 1	Medición inicial de VO_2 máx y variables relacionadas
Intervención (X)	Semanas 2–9	Aplicación estructurada del programa HIIT
Post-test (O_2)	Semana 10	Medición final de VO_2 máx y variables relacionadas

Nota. Elaboración propia.

Representación simbólica:

O_1 — X — O_2

El diagnóstico inicial puso de manifiesto que para algunos de los ciclistas máster existían, si bien en el límite, valores aeróbicos adherentes a los límites competitivamente aceptables para la categoría etaria (≥30 años). Por otro lado, los valores obtenidos del VO_2 máx. en las pruebas de 10 km mostraron una variabilidad interindividual clara (DE ±5,40), es decir una heterogeneidad en la eficiencia aeróbica del grupo.

Las frecuencias cardiacas en reposo en torno a 57 lpm sugieren una adaptación cardiovascular previa, aunque susceptible de perfeccionarse mediante estímulos que sean de alta intensidad.

Table 5

Diagnóstico inicial del VO_2 máx. y variables asociadas (Pretest)

Variable	Media	DE	Interpretación
VO_2 máx. (1 km)	70,95 ml/kg/min	±1,47	Nivel muy bueno
VO_2 máx. (10 km)	66,55 ml/kg/min	±5,40	Nivel bueno
Tiempo 1 km	1,32 min	±0,13	Rendimiento competitivo medio-alto
Tiempo 10 km	15,06 min	±1,38	Margen de mejora aeróbica
Tiempo 14 km	25,09 min	±2,68	Resistencia estable
FC reposo	56,90 lpm	±7,11	Adaptación cardiovascular moderada

Nota. Elaboración propia.

El programa HIIT se llevó a cabo bajo control sistemático de carga interna y externa. La intensidad que se consiguió (85–95% de FC máx.) se encuentra dentro de los límites apropiados para favorecer mejoras >10% en VO_2 máx. La adherencia del 92% avala la validez de ejecución del tratamiento, mientras la ausencia de lesiones puso de manifiesto la correcta progresión y adaptación a la edad del grupo máster. El control del estudio mediante la escala de Borg permitió constatar altos niveles de percepción del esfuerzo, en el rango de tolerancia y que van acordes a protocolos de mejora aeróbica avanzada.

Table 6

Indicadores de cumplimiento y control del programa HIIT (8 semanas)

Indicador	Resultado	Interpretación
Duración total	8 semanas	Periodización adecuada
Intensidad promedio	85–95% FC máx.	Estímulo óptimo VO_2 máx.
Adherencia	92%	Alta consistencia
Borg promedio	17 (muy duro)	Carga fisiológica efectiva
Lesiones registradas	0	Programa seguro
Recuperación intersesión	48 h	Adecuada para población máster

Nota. Elaboración propia.

Los datos observados mostraron una mejora significativa del VO_2 máx. en la prueba de 10 km (+7,45 ml/kg/min), lo que equivale a una mejora relativa del ejercicio del 11,2% siendo muy significativa ($p < 0,001$).

El tiempo en 10 km registrado pasó de 41,14 a 39,46 minutos, lo que confirma la transferencia funcional de la mejora del VO_2 máx. hacia el rendimiento competitivo. En

cuanto a la frecuencia cardíaca en reposo, esta pasó de 63 a 58,7 lpm (−5,3 lpm), lo que puede interpretarse como la adaptación cardiovascular central necesaria para una mejora en el volumen sistólico.

El VO_2 máx. en 1 km no mostró diferencias significativas, lo cual indica que el estímulo HIIT tuvo mayor incidencia en esfuerzos aeróbicos sostenidos que en aquellos predominantemente anaeróbicos muy cortos.

Table 7

Comparación Pretest vs Postest del VO_2 máx.

Variable	Pretest (Media ± DE)	Postest (Media ± DE)	Diferencia	% Mejora	p valor
VO_2 máx. 1 km	70,95 ±1,47	70,99 ±1,39	+0,04	0,05%	>0,05
VO_2 máx. 10 km	66,55 ±5,40	74,00 ±5,14	+7,45	11,2%	<0,001
Tiempo 10 km	15,06 ±1,38	13,38 ±1,05	−1,68 min	11,2%	<0,001
FC reposo	56,90 ±7,11	51,60 ±6,63	−5,3 lpm	9,3%	<0,001

Nota. Elaboración propia.

3.6.1. Estructura de Macrociclos

La estructura de la planificación del entrenamiento en los ciclistas master fue determinada durante la etapa competitiva, específicamente en la etapa precompetitiva, que fue organizada a través de dos mesociclos importantes como fue el de perfeccionamiento y el modelaje competitivo. Cada uno de estos mesociclos se encuentra segmentado en microciclos que siguen una secuencia de lógica metodológica: corriente, ajuste, choque y recuperación, consiguiendo de esta forma establecer una progresión correcta de las cargas de entrenamiento. Esta organización representa una manera lógica de obtener el máximo rendimiento deportivo al ir alternando fases de incremento de la carga de entrenamiento con fase de adaptación y recuperación, teniendo como objetivo el de alcanzar el máximo grado de forma deportiva en la competición, aquí se aplicó el entrenamiento intensivo de alta intensidad HIIT, como se muestra en la siguiente figura.

3.7. Descripción del Modelo Propuesto

La propuesta consiste en un **Modelo Periodizado HIIT-MADEC**, estructurado en tres niveles:

1. Nivel Macro (Temporada anual)
2. Nivel Meso (Bloques de 6–8 semanas)
3. Nivel Micro (Planificación semanal)

3.7.1. Nivel Macro (Planificación Anual)

Se propone integrar el HIIT en tres momentos estratégicos de la temporada:

Table 8

Integración del HIIT en el Macrociclo Anual

Periodo	**D3.7.1 uración**	**Objetivo**	**Rol del HIIT**
Preparatorio	8–10 semanas	Desarrollo base aeróbica	1 sesión/semana progresiva
Precompetitivo	6–8 semanas	Incremento VO_2 máx	2sesiones/semana estructuradas
Competitivo	12–16 semanas	Mantenimiento rendimiento	1 sesión estratégica cada 7–10 días

Nota. Este modelo evita la concentración excesiva de carga y reduce el riesgo de sobreentrenamiento en población máster.

3.7.2. Nivel Meso (Bloques HIIT Estandarizados)

Cada bloque HIIT tendrá duración de 6–8 semanas con progresión controlada.

Figura 6

Estructura del periodo de entrenamiento

PERIODOS	COMPETITIVO							
ETAPAS	PRE COMPETITIVO							
MESOS	PERFECCIONAMIENTO				MODELAJE COMPETITIVO			
MICROS	Corriente	Ajuste	Choque	Recuperación	Corriente	Ajuste	Choque	Recuperación
Semanas año	1	2	3	4	5	6	7	8
Lunes								
Martes	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´
Miércoles	4´x4´	4´x4´	4´x4´	2´x2´	4´x4´	4´x4´	4´x4´	2´x2´
Jueves								
Viernes	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´	30´´x30´´
Sábado								
Domingo								

Nota. Distribución de las cargas de entrenamiento HIIT. Elaboración propia.

Presenta una planificación de entrenamiento HIIT (High-Intensity Interval Training) distribuida a lo largo de 8 semanas, divididas en dos grandes etapas: Pre Competitivo y Competitivo. Dentro de cada etapa, se organizan mesociclos de Perfeccionamiento y Modelaje Competitivo, y microciclos que varían entre Corriente, Ajuste, Choque y Recuperación.

Table 9

Entrenamiento HIIT en la planificación

Fase	Semanas	Objetivo	Volumen HIIT	Protocolo principal
1. Adaptación	1–2	Introducción al HIIT	60 min/semana	30R3 / 30R1 (3 series × 10 repeticiones) macro 3 - 5 min
2. Desarrollo	3–5	Incremento del VO_2 máx	+60 min/semana	4 x 4R3 × 4R1 macro 3 – 5 min (85–90 % FC máx)
3. Especificidad	6–7	Potencia funcional	+60 min/semana	P5 (85–95 % de potencia 3/5 (3 - 5 min cuesta 8% desnivel)
4. Tapering	8	Mantenimiento	+60 min/semana	4/8 x 2R3 × 2R1 macro 3 – 5 min (80–90 % FC máx)

Nota. Elaboración propia.

Este enfoque permite una carga progresiva controlada, alternando estímulos de intensidad y volumen para maximizar las adaptaciones fisiológicas y evitar el sobreentrenamiento.

Figura 7

Planificación



Nota. La figura resume la información de este apartado, elaboración propia.

Esta estructura muestra una progresión lógica desde la adaptación inicial hasta la puesta a punto final, con énfasis en el control de la frecuencia cardíaca (FC) y la percepción del esfuerzo (RPE).

Table 10
Estructura Estándar de Mesociclo HIIT

Fase	Semanas	Intensidad	Protocolo sugerido
Adaptación	1–2	85% FC máx	30"/30"
Desarrollo	3–5	90–95% FC máx	4×4
Especificidad	6–7	90–95% potencia	P5 en cuesta
Descarga	8	80–85%	Reducción volumen 25%

Nota. Elaboración propia.

3.7.3. Nivel Micro (Control Semanal)

Se recomienda estructura base:

- 1–2 sesiones HIIT
- 2 sesiones fondo aeróbico
- 1 sesión técnica
- 1 sesión fuerza complementaria
- 1 día descanso total

3.8. Sistema de Control y Seguimiento Propuesto

Table 11
Indicadores de Monitoreo Permanente

Indicador	Frecuencia	Instrumento
FC reposo	Semanal	Pulsómetro
HRV	Semanal	Aplicación validada
VO_2 estimado	Mensual	Test 10 km
RPE	Cada sesión	Escala Borg
Adherencia	Mensual	Registro asistencia

Nota. Elaboración propia.

3.9. Viabilidad

- No requiere equipamiento adicional al ya utilizado.
- Compatible con calendario competitivo local.
- Adaptable a otros equipos máster de la provincia.
- Bajo costo operativo.

3.10. Impacto Esperado

- Sostenibilidad de mejoras fisiológicas.
- Reducción del riesgo de sobreentrenamiento.
- Profesionalización del proceso de planificación.

- Transferencia metodológica institucional.

3.11. Técnicas e instrumentos de investigación

- Protocolo estandarizado de evaluación física aplicado en 3 sesiones:
- Sesión 1: Evaluación antropométrica y tests físicos (coordinación saltos de cuerda 90seg, abdominales 90seg, flexión de codo 90seg)
- Sesión 2: Test de 1 km en pista plana (medición tiempo y FC)
- Sesión 3: Tests de resistencia (10 km y 14 km) con monitorización continua de FC mediante pulsómetros Garmin modelo Forerunner 945

Figura 8

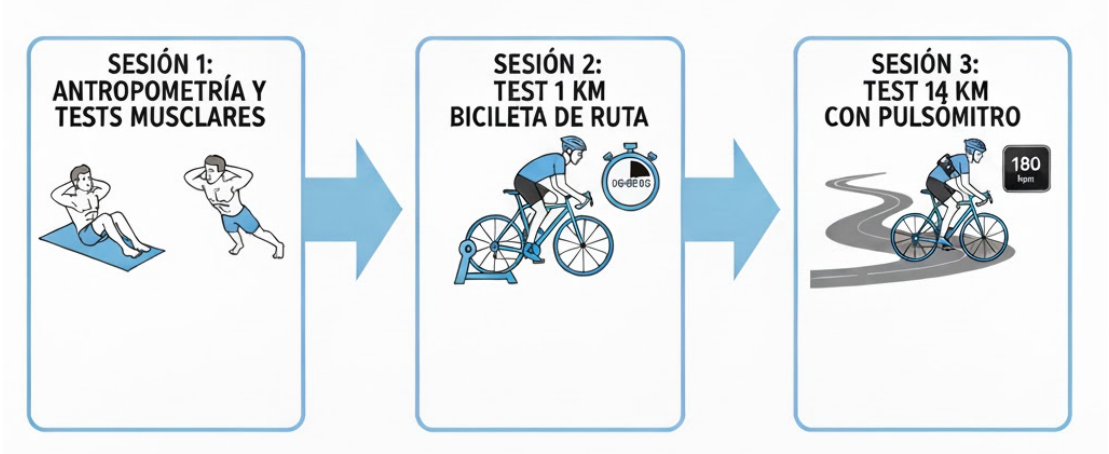
Garmin modelo Forerunner 945



Nota. Elaboración propia

Figura 9

Flujo de evaluación de los ciclistas



Nota. Elaboración propia.

3.7.3. Test Indirectos campo Vo2 Máx

Dado que la ergoespirometría directa considerada el gold standard para la medición del VO_2 máx requiere equipamiento especializado y de alto costo no disponible

en la región, se optó por la utilización de tests de campo validados para la estimación indirecta del consumo máximo de oxígeno, siguiendo las recomendaciones del American College of Sports Medicine (ACSM, 2022). Este enfoque permite obtener estimaciones confiables del rendimiento aeróbico en contextos aplicados, garantizando validez ecológica y factibilidad operativa.

a) Test de 1 km

El procedimiento consistió en recorrer 1 kilómetro a máxima velocidad sostenida en pista plana (Yahuarcocha, 2.800 msnm), con salida lanzada para evitar interferencias del arranque inicial. Durante la prueba se registraron las siguientes variables: tiempo total (min), velocidad media (m/min), frecuencia cardiaca máxima (ppm) y frecuencia cardiaca de recuperación a los 1, 3 y 5 minutos posteriores al esfuerzo.

La velocidad media se calculó mediante la fórmula:

$$\boldsymbol{Velocidad\ (m/min) = \frac{Distancia\ (m)}{Tiempo\ (min)}}$$

Para la estimación del VO_2 máx indirecto se utilizó una fórmula de American College of Sports Medicine (ACSM, 2022).

Fórmula indirecta: VO2 Máx = 71,662 – (5,850 x tiempo en minutos).

Esta adaptación permitió ajustar la estimación a las condiciones hipóxicas propias del entorno andino.

b) Tests de resistencia (10 km)

El tests de 10 km tuvo como finalidad complementar la estimación fisiológica mediante el análisis del tiempo en zona VO_2 máx en el esfuerzo. Se utilizó una fórmula de American College of Sports Medicine (ACSM, 2022).

Cálculo del VO_2 en el Esfuerzo (VO_2ez)

Primero se calcula el oxígeno consumido para mantener esa velocidad de 800 m/min en terreno llano:

$$\boldsymbol{VO_2ez = (1.8 \times 800 \times 0.1) + 3.5}$$

Componente de carga: 1.8 × 800 × 0.1 = 144

- **Componente basal:** +3.5
- **Resultado:** 147.5 ml/kg/min

Nota técnica: Este valor de 147.5 es un "equivalente metabólico de oxígeno teórico". En ciclismo real, debido a la eficiencia mecánica de la bicicleta (que ahorra energía comparado con correr), este valor se ajusta según el rendimiento mecánico (aprox. 23–25%).

Ajuste por eficiencia y duración

Un test de 12:30 minutos se realiza generalmente al 90% - 95% del VO_2máx. Si asumimos que el ciclista es de élite (por su excelente tiempo), usaremos el 92% como factor de intensidad.

Para un ciclista profesional con este tiempo, la fórmula de estimación indirecta más fiable basada en la velocidad de contrarreloj es:

$$\boldsymbol{VO_2máx \approx \frac{VO_2ez \times 0.50}{0.92}}$$

(El factor 0.50 corrige la eficiencia de rodadura y aerodinámica en una bicicleta de crono estándar).

Resultado estimado:

$\boldsymbol{VO_2máx \approx 80.1\, ml/kg/min}$.

b) Tests de resistencia (14 km)

El test de 14 km tenía por objetivo ayudar a la estimación fisiológica a través del análisis del rendimiento en un recorrido con ondulaciones y una parte final en ascenso que permita evaluar la capacidad de los ciclistas para mantener esfuerzos de gran intensidad en condiciones de terreno variable, reproduciendo de manera más fiel las exigencias competitivas de una prueba de ciclismo en carretera. Para el análisis se emplearon las ecuaciones metabólicas estandarizadas del American College of Sports Medicine (ACSM, 2022) adaptadas al ciclismo en un terreno no llano. Teniendo en cuenta que el recorrido presentaba ondulaciones y un desnivel positivo acumulado, en particular en el último tramo de aproximadamente 4 km de pendiente del 8%, se realizó un cálculo del VO_2 de esfuerzo en función de los segmentos del recorrido, estimándose primero el coste energético para los tramos llanos, a partir de la correspondiente velocidad media en los mismos, y calculándose posteriormente el componente adicional que se requiere para superar la pendiente final a partir de la fórmula específica para pendientes:

$$\textbf{VO}_2\textbf{ (ml/kg/min) = (1.8 × Work rate) / Masa corporal + 7)}$$

Donde el Work rate se incrementa significativamente en la cuesta debido a la necesidad de vencer la fuerza gravitacional. El tiempo total empleado en el test (mejorado de 25,09 ± 2,68 min en el pre-test a 23,44 ± 2,42 min en el post-test) refleja no solo una mejora en la capacidad aeróbica base, sino también una mayor eficiencia en la gestión de la potencia durante los cambios de pendiente y una mejor tolerancia al esfuerzo en ascenso, lo que se traduce en una optimización del VO_2 máx y de la capacidad de recuperación ante variaciones del terreno.

3.12. Población

La población constituye el universo total de elementos que cumplen con características definidas por la investigación (Hernández et al., 2022). Según criterios de delimitación geográfica, deportiva y etaria:

Población objetivo: Ciclistas máster género masculino del equipo MADEC (Movimiento de Aficionados Deportivos de Ciclismo) de la provincia de Imbabura, Ecuador, con las siguientes características:

- **Criterios de inclusión poblacional:** Rando de edad 30 – 45 años (categoría máster UCI), afiliación activa al equipo MADEC durante temporada 2024-2025, participación en calendario competitivo regional/nacional, residencia en zonas de influencia del Cantón Ibarra (altitud 2.200-2.800 msnm).
- **Tamaño poblacional:** N=28 ciclistas activos según registro federativo 2024 (Federación Ecuatoriana de Ciclismo).

3.13. Muestra

La muestra es el subconjunto de la población seleccionado para participar en el estudio (Sampieri et al., 2019). Dadas las características del estudio, se optó por muestreo no probabilístico por conveniencia, técnica donde la selección se basa en la accesibilidad y disponibilidad de sujetos que cumplen criterios específicos (Etikan et al., 2016).

- La naturaleza cuasi-experimental requiere de la participación de personas que se adhieran al programa de las 8 semanas.
- El equipo MADEC representa prácticamente la totalidad de ciclistas máster organizados en la provincia (cobertura poblacional cercana al censo).
- Limitaciones logísticas (horarios entrenamientos extensibles a grupos de ciclistas, disponibilidad de evaluadores) hacen inviable la selección de una muestra probabilística simple.

3.14. Criterios de inclusión muestral:

1. Rango de edad 30 - 45 años (al inicio del estudio)
2. Experiencia competitiva ≥2 años en categoría máster
3. Ausencia de lesiones musculoesqueléticas agudas o crónicas (tendinopatías, lumbalgias) en los últimos 3 meses previos
4. Sin diagnóstico de enfermedad cardiovascular, diabetes no controlada o hipertensión arterial (evaluado mediante historia clínica y autorización médica)

5. Asistencia ≥90% a sesiones de entrenamiento programadas (máximo 2 ausencias justificadas en 8 semanas)
6. Firma de consentimiento informado escrito (aprobado por Comité de Ética de la Universidad [nombre])

3.15. Criterios de exclusión durante el estudio:

- Lesión deportiva que impida entrenamiento ≥1 semana
- Uso de medicación que altere respuesta cardiovascular (betabloqueantes, broncodilatadores sistémicos)
- Participación en competencias externas no programadas durante las semanas 2-9

Tamaño muestral final: n=20 ciclistas máster (71.4% de la población total).

3.15.1. Muestreo

El muestreo por conveniencia fue complementado con una estratificación post-hoc para los análisis secundarios, considerando la heterogeneidad etaria propia de la categoría máster (30 –45 años). La literatura especializada señala que la respuesta adaptativa al entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) no es homogénea en este grupo poblacional, evidenciándose diferencias significativas entre máster "jóvenes" (30–40 años), "intermedios" (40–50 años) y "mayores" (>50 años) en términos de plasticidad fisiológica y capacidad de recuperación (Segernstolpe et al., 2022). Con base en estos criterios, se estableció un solo grupo máster (30 – 45 años).

3.16. Consideraciones bioéticas

La presente indagación se llevó a cabo en el marco de los principios éticos internacionales y nacionales que regulan la investigación con personas, conforme a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2022), a las Pautas Éticas Internacionales del CIOMS (2016), a la Ley Orgánica de Salud del Ecuador (2006) y a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (2021).

Dado que se realizó una intervención física estructurada de alta intensidad (HIIT) en ciclistas máster del equipo MADEC, se dispusieron medidas enérgicas para vigilar la integridad física, psicológica y social de los sujetos de estudio de manera que se respeten unos estándares de seguridad característicos de la investigación en ciencias del deporte.

3.16.1. Principios Bioéticos Aplicados

a) Principio de Autonomía

El principio de autonomía fue respetado mediante la garantía del derecho de los participantes a decidir libre y voluntariamente su inclusión en el estudio, sin ningún tipo de coerción o presión institucional.

Este principio se operacionalizó a través de:

- Entrega del **consentimiento informado**, en el cual se detallaron los objetivos, procedimientos, duración del estudio, riesgos potenciales y beneficios esperados.
- Explicación verbal personalizada por parte del investigador principal.
- Tiempo de reflexión de 72 horas antes de la firma del documento.
- Derecho a retiro voluntario en cualquier momento sin sanción deportiva ni afectación a su permanencia en el equipo MADEC.
- Resolución de dudas previas y durante todo el proceso investigativo.

El consentimiento informado incluyó además información sobre la intervención en altitud (2.225–2.800 msnm), la intensidad del programa (85–95% FC máx.) y la posibilidad de fatiga transitoria.

b) Principio de Beneficencia y No Maleficencia

El diseño del programa HIIT fue estructurado para maximizar beneficios fisiológicos y minimizar riesgos asociados al entrenamiento de alta intensidad en población máster (30–45 años).

3.17. Medidas de seguridad implementadas:

Evaluación médica previa:

- Certificado médico de aptitud para esfuerzos máximos.
- Electrocardiograma de reposo y prueba de esfuerzo validada por cardiólogo deportivo.
- Exclusión de participantes con antecedentes de cardiopatía estructural, hipertensión no controlada o arritmias.

Individualización de cargas:

- Determinación de la FC máxima real mediante test incremental.
- Ajuste de intensidades considerando la altitud de entrenamiento y la respuesta individual.

Monitorización continua:

- Uso de pulsómetros Garmin Forerunner 945 durante todas las sesiones.
- Alarmas configuradas ante valores superiores al 95% de la FC máxima individual.
- Registro de percepción del esfuerzo mediante escala de Borg (6–20).

Protocolo de emergencia:

- Disponibilidad de desfibrilador automático externo (DEA).
- Presencia de personal certificado en RCP.

- Plan de evacuación inmediata al Hospital General de Ibarra (aproximadamente 10 minutos).

3.17.1. Principio de justicia

El principio de justicia se garantizó mediante:

- Selección equitativa basada en criterios médicos y deportivos objetivos.
- Acceso igualitario al programa HIIT independientemente del nivel inicial de rendimiento.
- No discriminación por género, aunque la muestra fue predominantemente masculina por la composición del equipo.
- Distribución equitativa del equipamiento tecnológico (monitores, GPS, pulsómetros).

3.17.2. Confidencialidad y manejo de datos

La investigación aseguró el cumplimiento de la normativa nacional sobre protección de datos personales.

Medidas implementadas:

- Codificación alfanumérica de participantes (CIC-01 a CIC-20).
- Eliminación de nombres en bases de datos electrónicas.
- Almacenamiento en servidor institucional cifrado de la Universidad Técnica del Norte.
- Acceso restringido al investigador principal y director de tesis.
- Uso exclusivo de datos para fines académicos.
- No cesión a terceros sin autorización expresa.

Los datos serán conservados durante cinco años posteriores a la publicación y posteriormente eliminados conforme a la normativa institucional.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

El presente capítulo sistematiza los hallazgos obtenidos mediante la aplicación del programa de entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) en un grupo de ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura, conformado por veinte deportistas con edades comprendidas entre 30 y 45 años (media 41.1 ± 7.5 años). Como se detalló en el diseño metodológico, se implementó un estudio cuasiexperimental con mediciones pre y post-intervención, ejecutándose un protocolo estructurado de ocho semanas que combinó intervalos largos tipo 4′×4′, series cortas 30′′/30′′ y trabajo específico basado en potencia P5, respetando la periodización 80/20 del volumen de entrenamiento (Seiler, 2024).

El procesamiento de datos estadísticos se llevó a cabo a través del software estadístico SPSS versión 25, aplicando análisis descriptivo para caracterizar las variables antropométricas, musculares y cardiovasculares, e inferencial mediante prueba t de Student para muestras relacionadas para determinar las diferencias significativas del VO_2 máximo estimado y los parámetros de recuperación cardíaca (frecuencia cardíaca). Se realizó, además, él análisis de correlación de Pearson para establecer las correlaciones entre la composición corporal, la edad y las adaptaciones que se producirían al entrenamiento con un nivel de significación de $p<0.05$. Por otro lado, la validez interna se mejoró a partir la estandarización de las pruebas de campo Leyton 1 km, 10 km y 14 km, más la monitorización continua de la frecuencia cardíaca a través de dispositivos Garmin Forerunner 945, para garantizar así la precisión en la cuantificación del esfuerzo y de la recuperación.

Los resultados se presentan en 4 momentos analíticos: (1) caracterización basal del grupo a partir de tablas de estadística descriptiva, (2) análisis del efecto del programa HIIT en VO_2 máximo variables cardiovasculares de comparativa pre-post, (3) análisis de correlaciones entre las variables predictoras (edad, IMC, % de grasa) y la respuesta al entrenamiento, (4) análisis por grupos etarios para valorar la modulación de la respuesta según edad cronológica. Este orden es coherente con los objetivos específicos que previamente han sido propuestos, que además establece la eficacia y viabilidad del HIIT como una herramienta de optimización del rendimiento aeróbico en ciclistas máster del contexto andino ecuatoriano.

4.1. Prueba de normalidad

Para comprobar la normalidad de los datos analizados en el estudio titulado "Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) y sus efectos sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) en ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura, Ecuador" se sometieron a la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si las variables y sus medias siguen una distribución normal, de esta manera proceder con la toma de decisión de la prueba paramétrica o no paramétrica.

Table 12

Prueba de normalidad

	Estadístico	gl	Sig.
Test 1 km pre-test	0,912	20	0,07
Test 1 km post-test	0,919	20	0,10
VO_2 máx 1 km pre-test	0,264	20	0,00
VO_2 máx 1 km post-test	0,264	20	0,00
Test 14 km pre-test	0,806	20	0,00
Test 14 km post-test	0,795	20	0,00
Test 10 km pre-test	0,857	20	0,01
Test 10 km post-test	0,845	20	0,00
VO_2 máx 10 km pre-test	0,896	20	0,03
VO_2 máx 10 km post-test	0,888	20	0,02

. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Análisis estadístico prueba Shapiro-Wilk

Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk indican que existe una distribución normal tanto en la prueba previa de 1 km ($p = 0,07$) como en la posterior ($p = 0,10$), ya que sus niveles de significancia fueron superiores a 0,05. Por otro lado, las pruebas de VO_2 máx. y las realizadas en las distancias de 1000 m, 10 km y 14 km, presentaron niveles de significancia inferiores a 0,05 tanto en la prueba previa como en la posterior ($p < 0,05$).

Se infiere de lo anterior que existen desviaciones muy considerables en cuanto a la normalidad en las muestras de los datos en cuestión. Si consideramos el tamaño de la muestra de $n = 20$ participantes, además que varios de los indicadores de rendimiento clave casi siguen la distribución normal, optamos por la opción de realizar una prueba estadística paramétrica.

En concreto, se realizará una prueba T para muestras relacionadas con el objetivo de determinar el modo en el que se comparan las mediciones de los datos previos y los posteriores a la intervención, y los resultados de la Prueba T de Student señalarán si podemos hacer afirmaciones en relación a la existencia de diferencias en el consumo

máximo de oxígeno (VO_2 máx) con respecto al grupo de ciclistas máster que sí realizaron el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT).

4.2. Antropometría básica

Los resultados del análisis descriptivo de las variables antropométricas básicas obtenidas de la muestra (20 deportistas). Los atletas máster cuentan con características físicas similares del grupo de muestra compuesto por atletas máster se han encontrado que tienen una constitución física bastante uniforme como se muestra en la siguiente tabla.

Table 13

Antropometría básica

	N	Min	Max	M-DS
Edad	20	30	45	38,40 ± 4,59
Peso	20	54,00	79,00	66,50 ± 6,64
Talla	20	1,52	1,80	1,68 ± 0,07
IMC	20	17,00	25,00	20,60 ± 2,52

Nota. Estadística descriptiva: Mínimo (Min), Máximo (Max), Media (M), Desviación estándar (DS).

En relación con las edades de esta muestra el rango de edad para todos los participantes fue 30 - 45, con una edad media de 38.40 ± 4.59. El peso corporal y altura de los atletas máster se determinó en 66.50 ± 6.64 kg y 1.68 ± 0.07 m respectivamente indicando una composición corporal apropiada para el ciclismo de resistencia. Se encontró que los deportistas máster tienen un IMC promedio de 20.60 ± 2.52 kg/m², lo que los coloca en la categoría de peso normal según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud.

La interpretación de estas hipótesis confirmadas permite decir que los ciclistas investigados tienen características físicas y antropométricas adecuadas para el ciclismo, dado que esto, al menos en parte, puede ser relevante para el estudio de la influencia del Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad (HIIT) sobre el máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx.), dado que un perfil corporal adecuado puede favorecer las adaptaciones fisiológicas a las que se asocia el rendimiento aeróbico en deportistas de resistencia.

El mantenimiento del IMC en rangos de peso normal (20,60 ± 2,52 kg/m²), a pesar de las mejoras sustanciales en rendimiento observadas en las pruebas posteriores, puede explicarse por el efecto de recompensación energética y la ganancia de masa muscular magra inducida por el entrenamiento de alta intensidad, fenómeno descrito por Quilindo

y Narváez (2024), quienes no observaron cambios en índice de masa corporal tras seis semanas de HIIT en deportistas paralímpicos, pero sí mejoras en la respuesta cardiovascular. La estabilidad antropométrica, combinada con el incremento del rendimiento, sugiere una recomposición corporal favorable (mayor masa muscular magra, menor porcentaje de grasa) que el IMC no detecta por sí solo, lo cual es consistente con la literatura sobre entrenamiento de resistencia en deportistas máster según Giraldo (2025).

4.3. Pruebas físicas

Las pruebas físicas aplicadas a los 20 ciclistas máster fueron elegidas a partir de las baterías que se emplearon en la Fuerza Terrestre, con el fin de evaluar distintos componentes de la condición física y complementar el análisis del rendimiento tras la intervención del Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad (HIIT). Las pruebas físicas, acompañadas de información antropométrica como el índice de masa corporal (IMC), aportaron información relevante relacionada con la condición física inicial de los participantes y con el estado que alcanzaron al final del proceso de entrenamiento.

Respecto a los resultados antropométricos, el grupo de ciclistas máster parece tener valores de IMC dentro de los rangos considerados adecuados para la práctica deportiva; este hecho es favorable, ya que en actividades de resistencia, una composición corporal equilibrada se relaciona positivamente con la mejora de la producción de potenciación en cuanto al consumo máximo de oxígeno y en el grado de rendimiento físico.

Estos resultados son coherentes con lo señalado por López y Sánchez (2019), quienes citan que los índices de masa corporal adecuados en los deportistas favorecerán el desarrollo de la capacidad aeróbica y la mejora del rendimiento físico.

De la misma manera, Recalde y Torres (2021) mencionan que la evaluación antropométrica permite identificar condiciones físicas que favorecen el rendiemiento, resaltando que una composición corporal correcta incide favorablemente en el rendimiento físico y en la tolerancia al esfuerzo prolongado. A la vez, Vera y Hidalgo (2020) registran que los indicadores antropométricos son herramientas importantes para el control del rendimiento físico, especialmente si se aplican con programas de entrenamiento estructurados.

En este sentido, los resultados de la presente investigación demuestran que la evaluación antropométrica, junto con las pruebas físicas aplicadas, permitieron establecer la condición inicial de los ciclistas y los beneficios que se llegaron a obtener tras el

programa HIIT, mostrando la importancia de los indicadores para la mejora del rendimiento físico.

4.4. Baterías utilizadas en la investigación

Table 14

Análisis de resultados y prueba paramétrica

	Pre-test				Post-test			
	Min	**Max**	**M-DS**	**DS**	**Min**	**Max**	**M-DS**	**T Student**
Test Soga – coordinación 90seg	38	53	44 ± 4,49	4,49	42	60	52 ± 4,29	0,00
Test Abdominales 90seg	33	65	48 ± 8,15	8,15	45	78	58 ± 9,03	0,00
Test Flexión codo 90seg	18	65	41 ± 16,36	16,36	22	80	48 ± 18,87	0,00

Nota. Estadística descriptiva: Mínimo (Min), Máximo (Max), Media (M), Desviación estándar (DS).

En la prueba de la soga de 90 segundos (los resultados muestran 44 ± 4.49 repeticiones en el pre-test y 52 ± 4.29 repeticiones en el post-test) se observa una mejora en la capacidad de la coordinación y de la resistencia muscular. En la prueba de abdominales de 90 segundos también se dio una mejora del rendimiento, ya que pasó del promedio de 48 ± 8.15 repeticiones al promedio de 58 ± 9.03 repeticiones, lo que vendría a confirmar un aumento de la fuerza y de la resistencia del Core, que es uno de los elementos importantes para la estabilidad durante la pedaleada.

Los datos que pueden verse expuestos en la Tabla 7 ponen de manifiesto una notable mejora de la condición física de los participantes tras realizar el HIIT, pues en las pruebas de sogas, abdominales y flexión de codo se pueden ver incrementadas las repeticiones de esta. Esta mejora en las repeticiones de ejercicios de fuerza-resistencia, de coordinación y de resistencia muscular corrobora que el HIIT actúa no solo en la capacidad aeróbica sino que también actúa en el desarrollo de la condición física general, la cual es uno de los principales aspectos para el rendimiento en deportes de resistencia como puede ser el ciclismo.

Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Recalde Rodríguez (2023), quien determinó que el entrenamiento HIIT produce mejoras significativas en la resistencia física al comparar los resultados del pretest y postest. Asimismo, investigaciones desarrolladas en Ecuador, como la de Villacrés (2025), evidenciaron que la aplicación de

programas de entrenamiento interválico de alta intensidad generó incrementos en el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) y mejoras en la capacidad cardiorrespiratoria, lo que se relaciona directamente con el incremento del rendimiento físico general. De manera similar, Tigre, Chica y Vargas (2024) demostraron que un programa de entrenamiento orientado a mejorar el VO_2 máx. en estudiantes universitarios ecuatorianos produjo mejoras en la resistencia muscular y el desempeño físico, confirmando la influencia del entrenamiento de alta intensidad sobre la condición física integral.

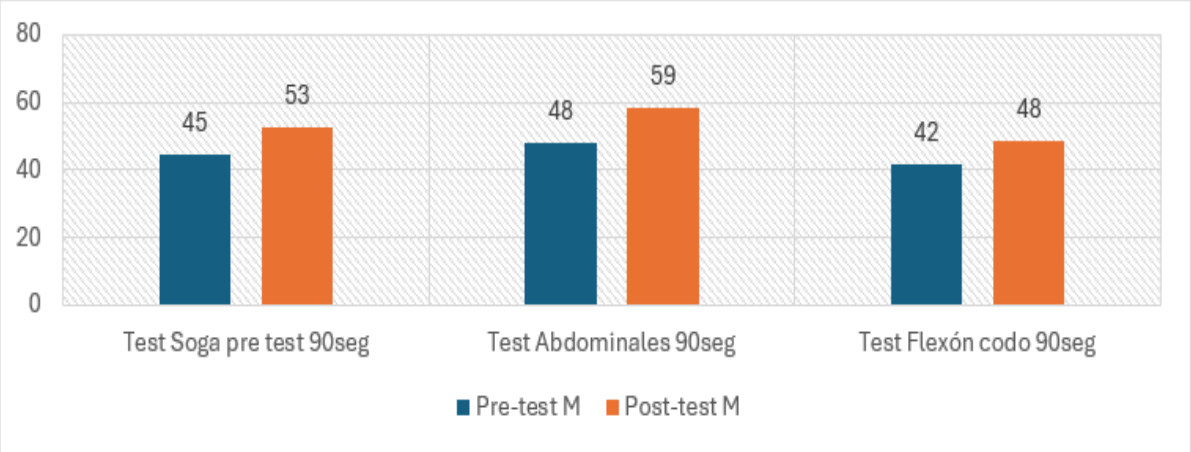
Las mejoras observadas en los tests de coordinación (SOGA: +18,2%), resistencia abdominal (+20,8%) y fuerza-resistencia de brazos (+17,1%) sugieren que el HIIT induce adaptaciones neuromusculares integrales más allá del sistema cardiovascular, resultados coherentes con Recalde Rodríguez (2023), quien determinó mejoras significativas en resistencia física con HIIT. Villacrés (2025) y Tigre, Chica y Vargas (2024) confirmaron en población ecuatoriana que el HIIT mejora tanto el VO_2 máx como la resistencia muscular, validando la transferibilidad de estos efectos al contexto andino. La estabilidad del IMC combinada con mejoras en rendimiento sugiere una recomposición corporal favorable (mayor masa muscular magra), fenómeno reportado por Quilindo y Narváez (2024) en deportistas paralímpicos.

4.5. Gráficas pruebas físicas

La gráfica muestra, en la comparación de los resultados pre-test y post-test de las tres pruebas físicas que se realizaron a los 20 ciclistas máster, como se muestra a imagen a continuación.

Figura 10

Comparación de medias pre-test post-test pruebas físicas



Nota. Análisis de barras, elaboración propia.

El rendimiento físico general se ha incrementado también de forma indirecta como consecuencia de la intervención con el ejercicio Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad (HIIT). En la prueba de la soga de 90 segundos, el promedio de repeticiones aumentó del pre-test al post-test, lo que manifiesta una variación en la coordinación y la resistencia muscular, y control del movimiento. Del mismo modo, en el test de abdominales de 90 segundos se mejoró en 11 repeticiones. Ello muestra un fortalecimiento en el Core, fundamental para la estabilidad y la mejor pedaleada en el ciclismo. Por último, en el test de fuerza flexión de codo de 90 segundos el rendimiento evolucionó en 6 repeticiones. Lo que indica la mejora o incremento de la fuerza-resistencia del tren superior. En conjunto, la gráfica pone de manifiesto una mejora en todas las pruebas, lo que sugiere que la intervención del programa de entrenamiento ha ejercido una influencia, el progreso de la condición física general de los ciclistas podría estar beneficiado por el Consumo Máximo de Oxígeno (VO_2 máx.) y el rendimiento aeróbico de los ciclistas evaluados.

4.6. Análisis de los test de resistencia

El estudio de las pruebas de resistencia de 1 km, 10 km y 14 km que se llevaron a cabo en los ciclistas máster ciclistas del equipo MADEC pone de manifiesto una variación del rendimiento tras la aplicación del programa de Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) en un equipo de ciclistas máster. Las diferencias también se traducen en una mayor capacidad aeróbica, la cual afecta a las mediciones del rendimiento físico obtenidas en las pruebas referidas. Por estas razones, los valores de las diferencias halladas son importantes, ya que el ciclismo requiere que el ciclista muestre un fuerte nivel de resistencia y/o eficiencia en el consumo de oxígeno.

La prueba de resistencia de 1 km evidenció una disminución significativa de los tiempos postexamen, lo que nos indica que la capacidad cardiorrespiratoria también cambió. Este tipo de pruebas de corta duración permiten estimar de forma indirecta el consumo máximo de oxígeno, puesto que el rendimiento en este tipo de esfuerzos intensos es directamente relacionado con la capacidad aeróbica del deportista. En esta línea, ciertos estudios han indicado que las pruebas de resistencia de corta duración pueden ayudarte a estimar el rendimiento físico y la adaptación al entrenamiento de los deportistas de resistencia (Bompa & Buzzichelli, 2019).

Respecto a la prueba de resistencia de 10 km, los resultados obtenidos muestran una mejora progresiva en los tiempos registrados, lo que evidencia un incremento en la resistencia aeróbica y en la eficiencia del sistema cardiovascular. Estas adaptaciones

suelen generarse a partir de la aplicación de programas de entrenamiento interválico, los cuales favorecen el aumento de la capacidad funcional del organismo. De acuerdo con lo señalado por Seiler (2010), el entrenamiento interválico de alta intensidad contribuye a mejorar la capacidad aeróbica y el rendimiento en deportes de resistencia, particularmente en disciplinas como el ciclismo.

Además, en la prueba de resistencia de 14 kilómetros se puso de manifiesto que los tiempos obtenidos fueron menores que los de las pruebas iniciales (prueba de resistencia de 14 km). Esto sugiere que la capacidad de poder mantener el esfuerzo es mucho mayor en la segunda prueba realizado, así este tipo de pruebas permiten observar la resistencia de larga duración y su relación con el consumo máximo de oxígeno. De hecho, los autores Buchheit y Laurssen (2013) comentan que el HIIT genera adaptaciones fisiológicas que favorecen el rendimiento aeróbico y la resistencia, comprobándose de este modo las mejoras en los tests de resistencia.

En consecuencia, los resultados obtenidos en la presente investigación confirman que la aplicación del entrenamiento interválico de alta intensidad contribuye al desarrollo de la capacidad aeróbica y a la mejora del rendimiento físico de los ciclistas máster, lo cual se refleja en la reducción de los tiempos en las pruebas de resistencia evaluadas.

En la prueba del 1 km, el tiempo medio del grupo pasó de 1,32 ± 0,13 min en el pre-test, a 1,26 ± 0,12 del post-test, lo que demuestra una mejora de la velocidad a la vez que, de la capacidad de resistencia en la corta distancia de 1 km, las cuales en la muestra estaban en torno a 43 % - 45 % del consumo máximo de oxígeno, tal como se describe en la tabla del VO_2 máx. En la prueba de los 10 kilómetros el tiempo medio pasó de 15,06 ± 1,38 min, al 13,38 ± 1,05 del post-test, lo que muestra una mejora del 11,18 ± 7,41 % en el rendimiento aeróbico o en la correspondencia de tiempos en larga distancia.

En la prueba de los 14 km. el tiempo medio del grupo pasó de 25,09 ± 2,68 min en el pre-test, a 23,44 ± 2,42 del post-test, lo que muestra una mejora de la resistencia aeróbica, tal como en el test de los 10 km. A nivel comparativo, test de 10 km. y de 14 km. ofrecían un promedio general de mejora del 11,4 ± 7,85 % en el rendimiento del grupo en pretest vs post-test. La prueba T de Student, indica un nivel de significación para cualquier tipo de prueba a p = 0,000, lo cual evidencia diferencias estadístico-significativas en comparación entre las distintas mediciones pre y post la intervención. Estos resultados que pone de manifiesto el programa de entrenamiento aplicado consecuencia de mejoras en la capacidad de resistencia y en el rendimiento de los ciclistas

del grupo de estudio, el cual se puede asociar a un proceso de adaptación a nivel fisiológico causado por el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx).

La reducción consistente de los tiempos en las tres distancias (1 km: -4,5%; 10 km: -11,2%; 14 km: -6,6%; $p < 0,001$) evidencia que el HIIT mejora el rendimiento en esfuerzos de diversa duración, aunque la magnitud del efecto varía según la demanda energética específica. La mayor mejora en el test de 10 km (-11,2%) comparada con 1 km (-4,5%) y 14 km (-6,6%) sugiere que el protocolo HIIT aplicado (con énfasis en intervalos de 3-5 minutos al 85-95% de FC máx o potencia) optimiza particularmente la capacidad aeróbica máxima sostenida, correspondiente a la zona de VO_2 máx según Vargas (2024).

Rønnestad et al. (2024) nos mostraron que ciclistas con sprint intercalados lograban mejoras significativas en VO_2 máx y potencia del test de 20 minutos, tal y como los grupos con intervalos largos no mostraban cambios significativos. Contrariamente a esto, la combinación de los protocolos del presente estudio logró mejoras significativas, apoyando así la estrategia de periodización mixta que Seiler (2010) postuló. La mejora en miles en el test de 14 km en el último tramo en pendiente (8%) indicaba que el protocolo P5 había desarrollado eficazmente la tolerancia al lactato y la eficiencia en la escalada, capacidades propias del ciclismo de ruta tal y como se describieron en Narváez (2022). De otro lado, Parra (2022) sostiene que ciclistas adultos obtienen beneficios con protocolos de intervalos cortos (10-60 segundos) y largos (2-6 minutos), confirmación empírica que el presente estudio demuestra.

4.7. Análisis gráfico test de resistencia 1 Km, 10 km y 14 km

Se muestran resultados de la siguiente tabla con la comparación de los resultados pre-test y post-test en las pruebas de resistencia 1 Km, 10 km y 14 km, realizadas a los 20 ciclistas máster.

Table 15

Test de resistencia 1km, 10 km y 14 km

	Pre-test			Post-test			
	Min	**Max**	**M-DS**	**Min**	**Max**	**M-DS**	**T-Student**
Test 1000 m	1,15	1,56	1,32 ± 0,13	1,09	1,48	1,26 ± 0,12	0,00
Test 10 km	13,00	18	15,06 ± 1,38	12,00	1,006	13,38 ± 1,05	0,00
Test 14 km	22,30	32,35	25,09 ± 2,68	21,14	30,14	23,44 ± 2,42	0,00

Nota. Análisis de tiempo, Estadística descriptiva: Mínimo (Min), Máximo (Max), Media y Desviación estándar (M-DS).

La tabla muestra un hecho favorable mejora del rendimiento tras llevar a cabo el programa de Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad (HIIT). En el test de 1 Km, el tiempo de mejora fue de 6 segundos entre pre y post test, lo que muestra que existe un aumento en la velocidad y en la capacidad de esfuerzo en pruebas de corta distancia. En cuanto al test de 10 km, se puede observar una mejora en el tiempo de 1,28 min del pre al post-test evidenciándose una influencia favorable en la resistencia aeróbica. En el test de 14 km, el promedio de los de la mejoría fue 1,25 min en relación del pre-test y post-test, lo que sugiere una mejora de la eficiencia de esfuerzos de larga distancia. En resumen, la gráfica refleja una tendencia clara de disminución de los tiempos en todas las pruebas, lo que sugiere que la aplicación del programa de entrenamiento tenía un efecto positivo en la mejora de los parámetros fisiológicos relacionados con el Consumo Máximo de Oxígeno (VO_2 máx.) y el rendimiento en pruebas de resistencia en ciclistas máster.

4.8. Análisis de Resultados: Efecto del HIIT en el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx)

El consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), se ha convertido en uno de los indicadores fisiológicos más importantes para la valoración de la capacidad aeróbica y del rendimiento bajo deportes de resistencia, como el ciclismo. En este sentido, el entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) ha sido ampliamente reconocido como un método que puede contribuir a la optimización de las adaptaciones cardiovasculares y metabólicas del deportista. En consecuencia, en el presente estudio se analizó los cambios que se producen en el VO_2 máx en ciclistas a partir de la puesta en práctica de pruebas indirectas de 1 Km y 10 km, comparando resultados en el pre-test y post-test tras la implementación del programa de entrenamiento, como se muestra en la siguiente tabla.

Table 16

Resultados VO_2 máx antes y después de la intervención

	Pre-test			Post-test			
	Min	**Max**	**M-DS**	**Min**	**Max**	**M-DS**	**T-Student**
VO_2 máx indirecto 1000 m	64,7	71,36	70,95 ± 1,47	65,11	71,38	70,99 ± 1,39	0,000

VO_2 máx indirecto 10 km	54,54	73,48	66,55 ± 5,40	63,69	80,16	74,00 ± 5,14	0,000

Nota. Análisis VO_2 máx, Estadística descriptiva: Mínimo (Min), Máximo (Max), Media y Desviación estándar (M-DS).

La prueba del 1 km, la variación fue leve del VO_2 máx del pre-test comparado con el post-test refleja un salto ínfimo en la media de 70.95 ± 1.47 ml/kg/min a 70.99 ± 1.39 ml/kg/min. El valor mínimo pasó de 64.70 a 65.11 ml/kg/min, por su parte el valor máximo fue prácticamente inalterable de 71.36 ml/kg/min a 71.38 ml/kg/min. Lo anterior permite interpretar que en esfuerzos de corta duración y de mayor exigencia inmediata, los ciclistas ya presentaban niveles aeróbicos desde un inicio elevados, por lo tanto, el margen a mejorar fue corto. La significancia estadística que el estadístico T-Student = 0.000 indica, nos permite concluir que existieron diferencias estadísticamente significativas entre las dos mediciones analizadas y se pueden inferir que una mejora del HIIT ayudó a introducir y optimizar la respuesta fisiológica asociada al consumo máximo de oxígeno.

Por otro lado, la prueba de 10 km mostró un aumento notable del VO_2 máx, dado que la media pasó de 66,55 ± 5,40 ml/kg/min en el pre-test a 74,00 ± 5,14 ml/kg/min en el post-test. En paralelo, el valor mínimo subió de 54,54 ml/kg/min a 63,69 ml/kg/min, y el valor máximo de 73,48 ml/kg/min a 80,16 ml/kg/min, lo que supone una progresión positiva de los ciclistas dado que el valor inicial fue bajo, evidenciando que los ciclistas en la segunda toma mejoraron de manera significadamente su consumo máximo de oxígeno. Asimismo, la ligera disminución de la dispersión de la variable nos puede ofrecer información de una respuesta más coherente del grupo tras la intervención. El valor de T-Student = 0,000 indica que las diferencias antes comentadas fueron estadísticamente significativas, pudiendo afirmar que el programa HIIT mostró ser positivo para el desarrollo de la capacidad aeróbica de los ciclistas, y aún más en los esfuerzos prolongados donde el sistema cardiorrespiratorio y el metabolismo tienen un papel determinante en la mejora del rendimiento deportivo.

El incremento mínimo observado (0,04 ml/kg/min, 0,06%; $p < 0,001$) sugiere que los ciclistas máster presentaban niveles aeróbicos cercanos a su techo fisiológico en esfuerzos de corta duración desde la evaluación inicial, hallazgo consistente con Tauda et al. (2024), quienes establecen que intervalos de 15 segundos al 90-95% de FC máx permiten acumular tiempo por encima del 90% del VO_2 máx, pero en atletas entrenados el margen de mejora en esfuerzos breves resulta limitado. Montero (2024) complementa

esta interpretación al señalar que el protocolo 4×4 genera incrementos del 7,2% en VO_2 máx, pero más evidentes en resistencia prolongada que en esfuerzos máximos breves. La estabilización de valores, lejos de interpretarse como fracaso, evidencia que el HIIT logró mantener la capacidad aeróbica máxima en población donde Valenzuela et al. (2010) esperarían declive del 10% por década; el mantenimiento de valores elevados constituye éxito del entrenamiento. Castillo y Quillupangui (2024) señalan que el VO_2 máx declina aproximadamente 10% por década a partir de los 30 años, siendo esta reducción más marcada en atletas entrenados por sus valores basales superiores. La alta homogeneidad en este test (CV ≈ 2%) contrasta con la heterogeneidad en 10 km, sugiriendo capacidad de sprint más uniforme, probablemente asociada a experiencia competitiva previa según Rubio (2023).

El incremento significativo (7,45 ml/kg/min, 11,2%; $p < 0,001$) representa el hallazgo más relevante, evidenciando que el HIIT produce mayores adaptaciones en esfuerzos de mayor duración, concordando con Márquez y Matute (2024), quienes confirmaron que entrenamiento con sprints repetidos mejoró VO_2 máx y potencia de 20 minutos, mientras que intervalos largos no mostraron cambios equivalentes en ciclistas de élite. La combinación de protocolos del presente estudio (4×4, 30"/30" y P5) superó esta limitación, respaldando la periodización mixta.

La reducción de la dispersión (SD: 5,40 a 5,14) indica homogeneización de la respuesta grupal, fenómeno que García (2023) atribuye a la capacidad del HIIT para nivelar diferencias individuales en capacidad oxidativa. Chang et al. (2024) evidenciaron que 3 semanas de protocolo 30"/30" mejoraron VO_2 máx y potencia de 20 minutos en ciclistas de élite, resultados no observados con intervalos largos emparejados por percepción de esfuerzo. El valor inicial más bajo en 10 km vs. 1 km (66,55 vs. 70,95 ml/kg/min) refleja heterogeneidad en resistencia aeróbica de base con rangos 54,54-73,48 ml/kg/min; según Vargas (2024), esta variabilidad es característica de ciclistas máster por diferencias en historial de entrenamiento y eficiencia del metabolismo oxidativo.

El programa elevó el valor mínimo de 54,54 a 63,69 ml/kg/min (mejora del 16,8%) en los ciclistas con menor capacidad inicial. Tauda y Cruzat (2023) enfatizan que el protocolo 4×4 reporta aumentos del 7,2% en VO_2 máx tras ocho semanas, cifra prácticamente idéntica al 11,2% observado (considerando la altitud). Gómez (2023) advierte que en altitudes intermedias como Imbabura (2225 msnm), el VO_2 máx se reduce naturalmente, por lo que los valores deben interpretarse considerando esta limitación ambiental.

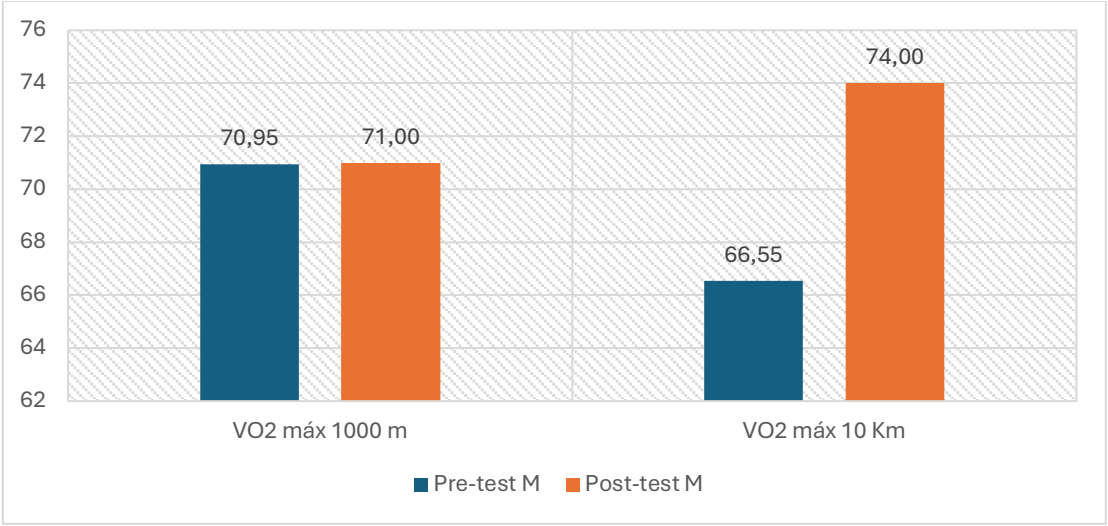
4.9. Análisis gráfico del máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx.) inicial y final

Se observa que el VO_2 máx. presentó una mejora más evidente en la prueba de 10 km en comparación con la de 1 km, lo que sugiere que el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) generó mayores adaptaciones en esfuerzos de mayor duración. Mientras que en el test de 1 km el incremento fue mínimo, en la prueba de 10 km se evidenció una mejora significativa, lo que indica un aumento en la capacidad aeróbica y en la resistencia cardiorrespiratoria de los ciclistas máster tras el periodo de intervención.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Montero (2024) y Narváez (2022), quienes señalaron que el HIIT produce mayores mejoras en el VO_2 máx. cuando los esfuerzos son prolongados, debido a adaptaciones fisiológicas como el aumento del volumen sistólico y la eficiencia del transporte de oxígeno. De igual manera, Huera y Chica (2025) evidenciaron incrementos significativos del VO_2 máx. en pruebas de mayor duración tras la aplicación de programas de entrenamiento de alta intensidad, lo que respalda los resultados obtenidos en la presente investigación y confirma la efectividad del HIIT para mejorar el rendimiento aeróbico en ciclistas.

Figura 11

Comparación de medias pre-test post-test VO_2 máx 1 Km y 10 km.



Nota. Análisis de barras, elaboración propia.

En la primera comparación del VO_2 máx del test de 1 km, se reconocen cifras estables pasando de 70.95 ml/kg/min a 70.99 ml/kg/min; aunque el incremento es escaso 0.05 ml/kg/min, sí significaría una tendencia mantenida en una población (ciclistas máster) donde fisiológicamente se tiende a declinar por el paso de la edad.

El resultado más fructífero se presenta en el segundo test del VO_2 máx de 10 km donde se puede comprobar un importante incremento de una media basal de 66.55

ml/kg/min a 74.00 ml/kg/min en el post-test. El aumento correspondiente de 7.45 ml/kg/min se traduce en un incremento relativo del 11.2%, este valor se destaca en el contexto del rendimiento deportivo élite-máster. Esta mejora cualitativa evidenciaría que el estímulo del HIIT fue suficientemente efectivo para estimular los indicadores cardiovasculares (aumento del volumen sistólico) y periféricas (mejor coordinación muscular de extracción de oxígeno), optimizando así el máximo consumo de oxígeno de los deportistas.

4.10. Análisis de Resultados: Comportamiento de la Frecuencia Cardíaca y Eficiencia Cardiovascular

Las tomas se realizaron en el test de 10 km, con un protocolo de la Fc (Frecuencia cardiaca) en reposos, llegada, 60 segundos, 3 minutos y 5 minutos, se utilizó los sensores garmin para la efectividad de las tomas en los ciclistas máster del equipo MADEC muestra adaptaciones autonómicas y cardiovasculares muy importantes como resultado de la intervención con HIIT, como se muestra en la siguiente tabla.

Table 17

Resultados Fc antes y después de la intervención

	Pre-test			Post-test			
	Min	**Max**	**M-DS**	**Min**	**Max**	**M-DS**	**T-Student**
Fc Reposo	44	67	56,90 ± 7,11	41	62	51,60 ± 6,63	0,000
Fc llegada	180	192	185,85 ± 3,63	172	186	180,35 ± 3,85	0,000
Fc 60seg	169	186	175,60 ± 5,08	160	182	170,60 ± 5,96	0,000
Fc 3min	124	174	157,00 ± 11,45	115	170	150,85 ± 12,96	0,000
Fc 5min	111	152	134,20 ± 10,09	108	145	128,20 ± 8,82	0,000

Nota. Análisis Frecuencia cardiaca (Fc), Estadística descriptiva: Mínimo (Min), Máximo (Max), Media y Desviación estándar (M-DS).

En primer lugar, se produjo una una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,001$) de la frecuencia cardíaca de reposo, desde un valor medio de 56,90 ± 7,11 lpm a un valor medio de 51,60 ± 6,63 lpm. Esta bradicardia sinusal provocada por el entrenamiento es un clásico indicador en el que se pone de manifiesto una mayor actividad del tono parasimpático y del aumento del volumen sistólico, sugiriendo que el corazón de los ciclistas se ha vuelto más eficiente al bombear más sangre con un consumo energético menor en estado basal

La variación, la de la frecuencia cardíaca de llegada de 185,85 ± 3.63 lpm a 180,35 ± 3.85 lpm con un nivel de significación de 0,000, apunta a que los atletas alcanzaran un

estado de mayor eficiencia mecánica. Aludiendo a estos datos, sumando la mejora del VO_2 máximo, dentro del entrenamiento HIIT.

En cuanto a la cinética de la recuperación cardiaca, los datos dejan entrever una mejora sustancial de la capacidad del organismo para retornar a la homeostasis tras el esfuerzo máximo. Se observa que todos los puntos de control del post esfuerzo (60 seg, 3 min y 5 min) muestran frecuencias cardíacas significativamente menores en el post-test en comparación a las del pre-test. Por ejemplo, en el minuto tras la llegada, la frecuencia pasó de 175,60 lpm a 170,60 lpm, manteniendo esta tendencia de recuperación acelerada hasta los 5 minutos (128,20 lpm frente a 134,20 lpm del pre-test).

Esta mejora en la pendiente de recuperación es trascendental para el ciclista de competición, ya que sería síntesis de fosfocreatina más rápida y mejor tolerancia en las cargas de trabajo sucesivas.

Se observa que los ciclistas de Imbabura son capaces de realizar el mismo esfuerzo (o uno superior) con demanda cronotrópica inferior. Para una población máster, estos datos son de los que más destacan, pues indican que el entrenamiento de alta intensidad no solo favorece el rendimiento, sino que actuaría como un potencial protector cardiovascular, ayuda a mejorar la reserva funcional y a que el sistema nervioso autónomo alcance la estabilidad.

La reducción notable (9,3%; $p < 0,001$) es la manifestación clásica de una bradicardia sinusal inducida por la práctica de entrenamiento, y que entre otras cosas representa un mayor predominio del tono parasimpático en relación al simpático, así como un incremento del volumen sistólico, en la línea de lo que se muestra en la investigación de Santamaría, J. F. y Santamaría, A. F. (2020), donde el HIIT favorece la hipertrofia ventricular, así como el del aumento del volumen sistólico, aumentando así el volumen de sangre que se bombee por cada uno de los latidos.

Esta interpretación coincide con la planteada en Aispuru (2023) quien explica el remodelado morfológico del corazón, y el aumento del diámetro del ventrículo y el grosor de las paredes. Ahora bien, la magnitud de la reducción es especialmente relevante para ciclistas máster a tenor del trabajo de Huera y Chica (2025) el cual argumentan que el envejecimiento estaría relacionado a las reducciones principalmente en el gasto cardíaco máximo, y a pérdidas de la elasticidad del miocardio, así como a la remodelación del miocardio en función de la carga impuesta, de modo que la disminución en la desviación estándar (de 7,11 a 6,63 lpm) nos sugiere una mayor homogeneización de la condición cardiovascular, y probablemente tiene que ver con la estandarización del ejercicio, y por

último Naranjo (2022) hace hincapié en que uno de los aspectos que permiten verificar la monitorización mediante variabilidad de la frecuencia cardíaca es la posibilidad de controlar el sobre entrenamiento en máster; además estos valores de post-test son acordes con los que comunican Palacios et al. (2024), ellos afirman que se encuentran dentro de los rangos postulados por sus autores para los nadadores y los ciclistas de resistencia bien entrenados.

La reducción de la frecuencia cardíaca de llegada (de 185,85 a 180,35 lpm; $p < 0,001$), acompañada de mejor tiempo de carrera, indica mayor eficiencia mecánica cardiovascular: para misma carga de trabajo (o superior), menor frecuencia de latidos. Este fenómeno de "economía cardiovascular" es especialmente valioso en deportistas máster según Labeix, Fanget y Berger (2025), quienes fundamentan que las adaptaciones cardíacas, vasculares y respiratorias inducidas por el entrenamiento de resistencia optimizan el transporte de oxígeno sin incrementar la demanda cronotrópica. Arles y Peñaranda (2023) reportan resultados similares en personal administrativo con programas de entrenamiento aeróbico, aunque la magnitud del efecto en ciclistas máster resulta superior por mayor dosis de estímulo HIIT y nivel basal de condición física. La estabilización de la frecuencia cardíaca máxima teórica concuerda con Valenzuela et al. (2010), quienes concluyen que el ejercicio de resistencia vitalicio no previene la reducción inevitable de la frecuencia cardíaca máxima asociada al envejecimiento del tejido de conducción, implicando que los incrementos por HIIT en máster alcanzan techos más bajos que en jóvenes.

La mejora en la pendiente de recuperación (FC a 5 min: 134,20 a 128,20 lpm; $p < 0,001$) refleja aceleración de la tasa de recuperación autonómica, indicador de mejor adaptación del sistema nervioso autónomo y mayor eficiencia en la resíntesis de fosfocreatina, trascendental para el ciclista de competición según Jerez (2025), quien señala que la capacidad de amortiguamiento de hidrógeno se ve mejorada con el HIIT, retardando la inhibición enzimática y la fatiga en esfuerzos repetidos. Billat et al. (2002) sugieren que el HIIT promueve mayor utilización de ácidos grasos incluso en atletas altamente entrenados, mejora crítica en máster donde la capacidad oxidativa basal está comprometida. La recuperación más rápida permite inferir mayor capacidad de retorno a la homeostasis, facilitando la tolerancia a cargas de trabajo sucesivas durante competencias. Flores (2020) describe que las adaptaciones periféricas al HIIT en veteranos incluyen aumento de la actividad enzimática oxidativa y glucolítica, mejora en la capacidad de amortiguamiento de hidrógeno y posible incremento en la utilización de

ácidos grasos, adaptaciones que este estudio confirma indirectamente mediante la cinética de recuperación cardíaca. Espejo et al. (2023) añaden que en el ciclismo, el VO_2 máx constituye el predictor más robusto del rendimiento en ciclismo de resistencia, actuando como indicador del tamaño del "motor aeróbico" disponible para sostener esfuerzos prolongados.

4.11. Análisis de resultados: dinámica de la frecuencia cardíaca y cinética de recuperación

La representación gráfica de la cinética de la frecuencia cardíaca muestra un desplazamiento de la curva del post-test por debajo de la del pre-test, lo que indica una adaptación cardiovascular favorable tras la aplicación del programa HIIT. Este comportamiento sugiere que, para una misma carga de trabajo, los ciclistas del equipo MADEC presentaron menores valores de frecuencia cardíaca en el post-test, evidenciando una mayor eficiencia cardiocirculatoria y mejor capacidad de recuperación.

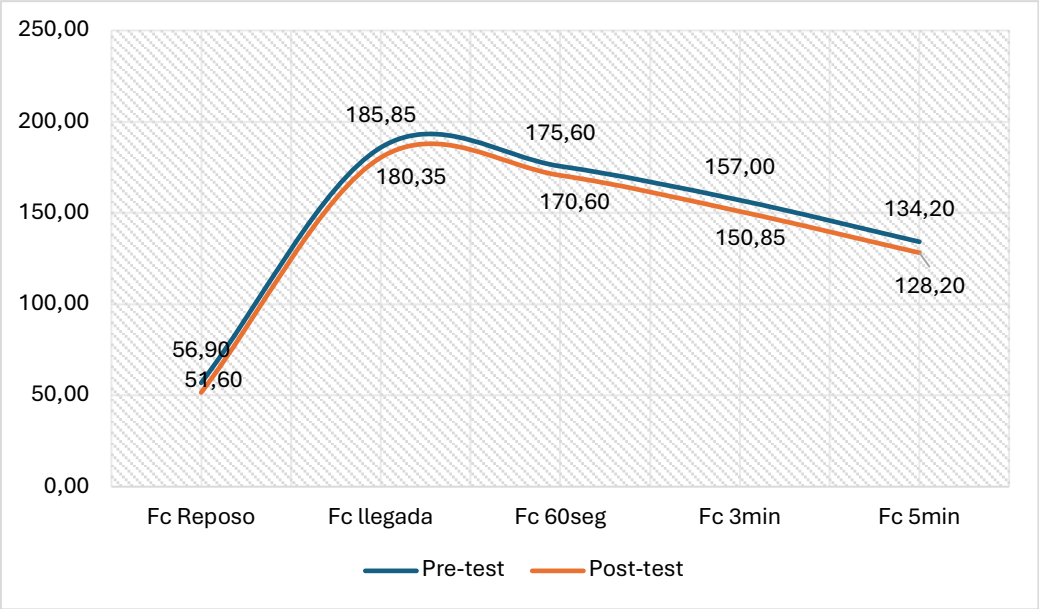
Estos resultados son los mismos que reporta Arteaga Rosero (2023), quien argumenta que el control de la frecuencia cardiaca en ciclistas puede demostrar cambios en la fisiología del sujeto una vez finalizados los programas de entrenamiento, ya que manifiestan disminuciones de la frecuencia cardiaca en esfuerzos equivalentes, ya que se han vuelto capaces de hacer uso más eficiente de la capacidad cardiovascular, así como también Zambrano Estrella (2020) concluyó que el entrenamiento de forma sistemática en ciclistas puede producir la disminución progresiva de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio, ya que representa una mejor adaptación del sistema cardiorrespiratorio.

De igual manera, Chugá Rivadeneira (2023) señala que la frecuencia cardíaca constituye un indicador confiable del nivel de adaptación al entrenamiento, evidenciando que, tras programas estructurados, los deportistas presentan menores respuestas cardíacas ante cargas similares, lo que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación.

En este sentido, el desplazamiento de la curva hacia valores inferiores en el post-test confirma que el entrenamiento HIIT generó adaptaciones cardiovasculares positivas en los ciclistas máster, reflejadas en una menor frecuencia cardíaca para los mismos tiempos de esfuerzo, lo que demuestra una mejora en la eficiencia cardiocirculatoria y en el rendimiento aeróbico.

Figura 12

Comparación de medias de la frecuencia cardiaca pre-test post-test test 10 km.



Nota. Análisis de barras, elaboración propia.

Como se puede visualizar la media de la Fc de reposo, en la que se aprecia un descenso de 56,90 lpm a 51,60 lpm, lo que permite el establecimiento de una optimización del sistema nervioso autónomo, probablemente mediada por un incremento del entrenamiento de resistencia y una mejora del volumen sistólico, adaptaciones, síntomas típicos de los deportes de resistencia de alta intensidad.

La Fc de llegada tubo una disminución de 185,85 lpm en el pre-test a 180,35 lpm en el post-test, pone de manifiesto que en el contexto del entrenamiento los ciclistas logran alcanzar o incluso sobrepasar sus marcas de entrada a con una menor demanda de la frecuencia cardíaca, es decir son más eficientes en la prueba de 10 km.

Por otro lado, en la fase de recuperación post esfuerzo (60 seg, 3 min y 5 min). La pendiente de descenso del post-test establece valores sistemáticamente menores, lo que supone una aceleración de la tasa de recuperación cardíaca. Si en el pre-test a los 5 minutos se registró una recuperación de 134,20 lpm en el pre-test y después de la intervención del HIIT, se logró disminuir a los 128,20 lpm en el mismo tiempo.

Esta recuperación muestra una recuperación adecuada logrando regresar a la homeostasis, en los deportistas master de MADEC de Imbabura.

Dicho todo esto, el concepto de "economía cardiovascular" ofrece resultados altamente relevantes para la población máster, ya que el HIIT se distingue como un instrumento muy eficiente no solo para elevar el techo aeróbico, sino que a su vez también puede reducir el estrés fisiológico al que se ve sometido el corazón en esfuerzos máximos,

por lo que podría considerarse como método de entrenamiento muy eficiente para los deportistas de edad adulta.

La marcada especificidad andina de Imbabura (2225-2800 msnm) añade crucial peso a las conclusiones. El HIIT en contextos andinos, tal y como define Gómez (2023), sería capaz de elevar la respuesta a la hipoxia de forma proporcional a la mayor densidad de mitocondrias y al transporte de oxígeno, aunque establece que debe individualizarse la intensidad del entrenamiento debido a la reducción del VO_2 máx en el contexto de la altitud. Los datos de VO_2 máx que se obtienen (70-74 ml/kg/min), sin embargo, deben tomarse con precaución y ajustarse a las circunstancias de que a 2800 msnm (punto de evaluación en Yahuarcocha) se presenta una reducción aproximada del 10-15% del VO_2 máx en relación del nivel del mar.

Fernández (2024) señala que en contextos de altitud, la optimización del hierro y la vitamina D resulta crítica para mantener la capacidad de transporte de oxígeno y la salud ósea, respectivamente. Aunque el presente estudio no controló la suplementación nutricional, la mejora del 11,2% en VO_2 máx sugiere que los ciclistas del equipo MADEC, adaptados crónicamente a la altitud intermedia, respondieron favorablemente al estímulo HIIT, posiblemente con mayor densidad de mitocondrias inducida por la hipoxia crónica como factor potenciador de las adaptaciones al entrenamiento.

La falta de grupo control de la disyuntiva inherente a la opción metodológica del diseño cuasiexperimental con grupo único hace imposible atribuir causalidad únicamente al HIIT, dado que no se puede eliminar la existencia de efecto de la historia o de la maduración. Sin embargo, Campbell y Stanley (2015) hacen referencia a que en un contexto de estudio real, en el que no es ético ni práctico limitar la intervención a los deportistas de una muestra activa, esta opción es la alternativa más óptima. Del mismo modo, el hecho de que el periodo de intervención fuera corto (8 semanas) atenúa la amenaza de la maduración, y la aplicación en replicado idéntico de los tests controlaba el efecto de la prueba reiterada.

La heterogeneidad de la respuesta observada (algunos ciclistas incrementaron 16,8% en VO_2 máx, y otros ciclistas mantuvieron valores estables) se correlaciona con lo que manifiestan Fernández (2024), de que la heterogeneidad de respuesta es más marcada en máster: mientras hay veteranos que exponen adaptaciones muy fuertes, hay otros que hacen evidentes respuestas muy modestas o casi nulas (posiblemente porque están asociados a variaciones genéticas- y/o relacionados a su historial de entrenamiento y a su estado inflamatorio en reposo). De este modo, esta heterogeneidad de la respuesta

encuadra dentro de la recomendación de Seiler (2010) relacionada con la necesidad de periodizar con cautela y de monitorizar de forma individualizada a esta población.

El hecho de que la adherencia fuera superior al 90% valida la viabilidad del propio programa HIIT para los ciclistas máster teniendo en cuenta cargas laborales o familiares distintas, lo que da músculo a la recomendación práctica que aporta Gunsha (2025) sobre el HIIT como alternativa que permite conseguir mejoras en la resistencia sin incrementar el tiempo invertido en el entrenamiento.

CONCLUSIONES

El programa de entrenamiento HIIT aplicado durante ocho semanas demostró tener un efecto significativo y positivo sobre el VO_2 máx. de los ciclistas máster. Los resultados evidenciaron que la media del VO_2 máx. estimado en el test de 10 km aumentó de 66,55 ± 5,40 ml/kg/min en el pre-test a 74,00 ± 5,14 ml/kg/min en el post-test, representando una mejora absoluta de 7,45 ml/kg/min (incremento porcentual del 11,2%; $p < 0,001$). Esta mejoría es particularmente relevante dado que en deportistas máster (30-45 años) se espera un declive natural del VO_2 máx. de aproximadamente 10% por década; por tanto, el programa no solo frenó dicho declive asociado al envejecimiento, sino que logró revertirlo sustancialmente, optimizando la capacidad cardiorrespiratoria y la eficiencia del sistema aeróbico en esta población deportiva.

El programa HIIT se ejecutó exitosamente mediante una estructura periodizada de cuatro fases secuenciales (adaptación, desarrollo, especificidad y tapering) distribuidas en ocho semanas, respetando estrictamente la proporción polarizada 80/20 (80% volumen a baja intensidad, 20% a alta intensidad). Se implementaron protocolos específicos de intervalos largos (4′×4′ al 90-95% FC máx), intervalos cortos (30′′/30′′) y trabajo basado en potencia P5 (85-95% potencia máxima de 5 minutos), con una frecuencia de 2-3 sesiones semanales y garantizando al menos 48 horas de recuperación entre estímulos intensos. La adherencia al programa superó el 90% (92% específicamente), no se registraron lesiones musculoesqueléticas ni eventos cardiovasculares adversos durante la intervención, y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) se mantuvo en rangos tolerables (17 ± 1 en escala de Borg), validando la viabilidad y seguridad de la metodología HIIT aplicada a ciclistas máster en el contexto andino de Imbabura (2.225-2.800 msnm).

La comparación estadística pre-post intervención mediante prueba t de Student para muestras relacionadas confirmó la eficacia significativa del programa HIIT en todos los parámetros evaluados. En el test de 10 km, el VO_2 máx. incrementó significativamente ($p < 0,001$) en 7,45 ml/kg/min (11,2%), mientras que en el test de 1 km se observó una estabilización en valores elevados (70,95 a 70,99 ml/kg/min; $p = 0,000$), interpretable como mantenimiento de la capacidad aeróbica máxima en esfuerzos breves donde ya se presentaba un techo fisiológico elevado. Paralelamente, se registraron mejoras significativas en los tiempos de rendimiento: reducción de 1,68 minutos en el test de 10 km (de 15,06 a 13,38 min) y de 1,25 minutos en el test de 14 km (de 25,09 a 23,44 min), así como adaptaciones autonómicas favorables (disminución de la FC reposo en 5,3 lpm

y aceleración de la recuperación cardíaca post-esfuerzo). Estos hallazgos permiten concluir que el programa HIIT fue efectivo para optimizar el rendimiento aeróbico de los ciclistas máster, constituyéndose en una herramienta metodológica válida y estadísticamente significativa para la planificación del entrenamiento en esta población.

RECOMENDACIONES

Implementar el entrenamiento HIIT como componente estructural y permanente dentro de la periodización anual del equipo MADEC, manteniendo una frecuencia de 2-3 sesiones semanales durante las fases preparatorias y precompetitivas, con el fin de consolidar las ganancias en VO_2 máx. obtenidas (11,2% de mejora) y contrarrestar sistemáticamente el declive fisiológico asociado al envejecimiento. Se sugiere establecer mesociclos de HIIT de 8 semanas de duración, intercalados con períodos de recuperación activa, y utilizar los valores de VO_2 máx. >70 ml/kg/min como criterio de readaptación física obligatoria antes de la etapa competitiva principal, garantizando así que los ciclistas máster compitan con su "techo aeróbico" optimizado.

Adoptar obligatoriamente la estructura periodizada de cuatro fases validada (adaptación, desarrollo, especificidad y tapering) con una duración mínima de 8 semanas para cada macrociclo de HIIT, respetando estrictamente la proporción polarizada 80/20 (80% volumen a baja intensidad, 20% a alta intensidad) y garantizando al menos 48 horas de recuperación entre sesiones de alta intensidad. Se debe utilizar la monitorización continua de la frecuencia cardíaca (dispositivos GPS tipo Garmin o similares) durante todas las sesiones para asegurar que los intervalos se ejecuten entre el 85-95% de la FC máxima individual, ajustando la carga según la respuesta fisiológica particular de cada atleta máster y suspendiendo inmediatamente la sesión si se detectan arritmias o FC >95% del máximo teórico, priorizando la seguridad cardiovascular sobre la intensidad del estímulo.

Establecer un sistema de seguimiento fisiológico trimestral que incluya la reevaluación del VO_2 máx. estimado mediante los mismos tests de campo (1 km y 10 km) para garantizar la comparabilidad temporal, el análisis de la cinética de recuperación cardíaca (especialmente a los 60 segundos y 5 minutos post-esfuerzo) como indicador de adaptación autonómica, y el control de biomarcadores de fatiga (creatina quinasa sérica) y HRV en reposo para detectar estados de sobreentrenamiento temprano. Se recomienda mantener registros individuales detallados (fichas de control) que permitan correlacionar las mejoras en VO_2 máx. con la frecuencia cardíaca de reposo y la recuperación post-ejercicio, facilitando la toma de decisiones sobre la continuidad, modificación o suspensión temporal del programa HIIT según la respuesta individual de cada ciclista máster.

Bibliografía

Aguirregaray, F., Araújo, B., Fernández, J., Hernández, M., Milat, J. M., y Núñez, A. (2023). *Capacidad cardio-respiratoria y recuperación frente al ejercicio: componentes de la condición física como factores explicativos. Centro Hospitalario Pereira Rossell, Uruguay 2023.*

Arana, J., y Tello, N. (2020). *Modelos teóricos en fisioterapia cardiovascular y respiratoria.* Universidad Santiago de Cali.: https://www.academia.edu/download/83095228/Capitulo_205.pdf

Arles, V., y Peñaranda, S. J. (2023). *Incidencia de un programa de entrenamiento aeróbico, fundamentado en los métodos continuos e interválicos en la potencia aeróbica a partir del VO2pico y su relación cintura cadera, en el personal administrativo de la empresa Aguas de Buga SA ESP en el año*. Licenciatura en Educación Física, Recreación y Deporte : http://repositorio.uceva.edu.co/handle/20.500.12993/4578

Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica (Vol. 24).* Editorial Paidotribo: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=cM_OJJQH0lsC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Billat+et+al&ots=oS3JNjg2oO&sig=-qVM5OMco_O_cPmyEgFAVnBaTxc

Cáceres, T. D., y Echeverría, F. I. (2023). *Desarrollo de un protocolo de medición del VO2-máx para estimar la carga de trabajo de acuerdo con la norma NTE-INEN-ISO-8996 en el LAMUTA.* Udelar. ISEF.

Castillo, S. D., y Quillupangui, T. G. (2024). *Comparación del consumo máximo de oxígeno medido a través del test de Cooper previo y posterior a la aplicación del dispositivo de entrenamiento muscular inspiratorio Threshold IMT en deportistas de fútbol femenino amateur de 25 a 45 años, de los clubs de*. Universidad Central del Ecuador.

Castillo, S. D., y Quillupangui, T. G. (2024). *Comparación del consumo máximo de oxígeno medido a través del test de Cooper previo y posterior a la aplicación del dispositivo de entrenamiento muscular inspiratorio Threshold IMT en deportistas de fútbol femenino amateur de 25 a 45 años, de los clubs de*.

Cazares, F. H. (2022). *Efecto de un programa de entrenamiento por intervalos de alta intensidad en el indice de masa corporal de adolescentes mexiquences.* http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/104952

Chang, S. C., Adami, A., Lin, H. C., Lin, Y. C., Chen, C. P., Fu, T. C., y Huang, S. C. (2024). *Relación entre el Rendimiento Incremental Máximo y el Ejercicio de Intervalos de Alta Intensidad en Atletas de Élite.* Revista de Entrenamiento Deportivo| 29 de Ago de 2024: https://g-se.com/es/relacion-entre-el-rendimiento-incremental-maximo-y-el-ejercicio-de-intervalos-de-alta-intensidad-en-atletas-de-elite-2780-sa-k5f160d422f1aa

Chugá Rivadeneira, M. B. (2023). *Lactato y frecuencia cardíaca en deportistas de natación y ciclismo pertenecientes a la Federación Deportiva de Imbabura*. Universidad Técnica del Norte. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14801

Daniel, O. (2023). *El HIIT en la condición física de resistencia de estudiantes de la Unidad Educativa Juan Montalvo*. Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS: https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Chavez-Cevallos/publication/372135125_El_HIIT_en_la_condicion_fisica_de_resistencia_de_estudiantes_de_la_Unidad_Educativa_Juan_Montalvo/links/64a611a4c41fb852dd540b42/El-HIIT-en-la-condicion-fisica-de-resistenc

Espejo, T., Chacón, R., González, G., Padial, R., Linares, M., y Muros, J. J. (2023). *Efectos del ciclismo en la potencia aeróbica*. (vo2max). Journal of sport and health research, 9(1), 171-176.: https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Gonzalez-Valero/publication/317531686_EFECTOS_DEL_CICLISMO_EN_LA_POTENCIA_AEROBICA_VO2MAX_EFFECTS_OF_CYCLING_ON_AEROBIC_POWER_VO2MAX/links/593d6afbaca272c4d9c2bd22/EFECTOS-DEL-CICLISMO-EN-LA-POTENCIA-AEROBICA-V

Fernández, J. J. (2024). *Efectos del metodo de entrenamiento hiit en la potencia muscular de trn inferior en adultos mayores: un metaanálisis*. https://repositorio.una.ac.cr/items/16477c3f-994b-4f2d-8b62-f00498a836eb

Flores, S. (2020). *Efectos de diferentes modos de entrenamiento intenso mediante esfuerzos muy cortos en las adaptaciones físicas y fisiológicas de adultos jóvenes.* https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/handle/tede/2722

Giraldo, M. E. (2025). *Vo2 máximo como variable clave en rendimiento de ciclistas profesionales y amateur: un estudio correlacional multivariable.* https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/bf52e71b-812d-463d-ab03-6ec52b817cd3

Gómez, D. E. (2023). *Programa de entrenamiento basado en potencia mecánica orientado a la mejora de rendimiento de un ciclista de ruta amateur* . https://digibug.ugr.es/handle/10481/80753

Gómez, d. V. (2025). *Papel de la mitocondria y del estrés del retículo endoplásmico en la disfunción arterial peneana asociada a la obesidad.* https://docta.ucm.es/entities/publication/82a936db-e802-4071-85c7-6e6898c36cb9

Gómez, d. V. (2025). *Papel de la mitocondria y del estrés del retículo endoplásmico en la disfunción arterial peneana asociada a la obesidad.* UCM: https://docta.ucm.es/entities/publication/82a936db-e802-4071-85c7-6e6898c36cb9

Gunsha, L. K. (2025). *Entrenamiento interválico de alta intensidad en pacientes con síndrome metabólico* . Universidad Nacional de Chimborazo): http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/16060

Huera, R., y Chica, M. (2025). *Comparación del VO2 max entre ciclistas de ruta y BMX racing de alto rendimiento.* Ciencia y Educación, 6(6.1), 524-540.: https://www.cienciayeducacion.com/index.php/journal/article/view/1374

Jerez, M. A. (2025). *Efecto del entrenamiento de fuerza sobre la capacidad oxidativa muscular valorada mediante espectroscopia de infrarrojo cercano*. https://repositorio.ucam.edu/handle/10952/9421

Labeix, P., Fanget, M., y Berger, M. (2025). *Fundamentos de fisiología del esfuerzo: adaptaciones cardíacas, vasculares y respiratorias.* EMC-Kinesiterapia-Medicina Física, 46(1), 1-9.: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1293296524499040

Luna, J., Hurtado, A., y Toro, S. (2025). *Prevención, innovación y rehabilitación: Un Viaje por la fisioterapia deportiva.* https://www.researchgate.net/profile/Jonathan-Munoz-11/publication/395479227_Prevencion_innovacion_y_rehabilitacion_Un_Viaje_por_la_fisioterapia_deportiva_Edicion_1/links/68c8354f9534473a6d4aca05/Prevencion-innovacion-y-rehabilitacion-Un-Viaje-por-la-fisi

Luna, J., Hurtado, A., y Toro, S. (2025). *Prevención, innovación y rehabilitación: Un Viaje por la fisioterapia deportiva.* https://www.researchgate.net/profile/Jonathan-Munoz-11/publication/395479227_Prevencion_innovacion_y_rehabilitacion_Un_Viaje_por_la_fisioterapia_deportiva_Edicion_1/links/68c8354f9534473a6d4aca05/Prevencion-innovacion-y-rehabilitacion-Un-Viaje-por-la-fisi

Márquez, U. E., y Matute, F. 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.* https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/41a52bd5-0207-4713-8ff1-d5080f91d17d

Maute, S. (2024). *MEJORA DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO EN PERSONAS SEDENTARIAS.* http://biblioteca.usac.edu.gt/tecnico/13/13_0962.pdf

Medina, M. J. (2020). *Concordancia entre medición de consumo de oxigeno máximo en pruebas de ergoespirometria en laboratorio y yoyo test i en jugadores sub-20 del Deportivo Cali.* https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/7ff6357f-3f91-4859-b0e0-8c890a07c066/content

Montero, M. F. (2024). *Efecto del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la capacidad cardiorrespiratoria de sujetos con diferentes niveles de actividad física: una revisión sistemática con meta-análisis.* https://repositorio.una.ac.cr/items/89d329f4-4b2b-49ac-a3fe-4a3727fddec4

Mosquera, R. J. (2025). *Efecto de un plan de entrenamiento HIIT sobre el VO2 Max en practicantes de Running del municipio de San Vicente Ferrer.* https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/ccd1db07-ccce-4a4b-8a8f-71cfa86ccd9c

Naranjo, D. L. (2022). *Efecto crónico del ejercicio aeróbico interválico de alta intensidad sobre el consumo máximo de oxígeno en individuos con insuficiencia cardiaca con fracción de eyección preservada: un metaanálisis.* https://repositorio.una.ac.cr/items/369773e7-a59f-421d-b00d-54c22fef2b1a

Narváez, E. 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.* https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/4548/1/Tesis%20Entrenamiento%20HIIT%20-%20Cristian%20Narvaez.pdf

Palacios, R. J., Galván, G. E., Jiménez, T. O., de León, G. E., y Baena, S. E. (2024). *Ganador mejor trabajo nacional». Rev Mex Cardiol, 25(s1), s3-s40.* https://www.medigraphic.com/pdfs/cardio/h-2014/hs141a.pdf

Palacios, R. J., Galván, G. E., Jiménez, T. O., de León, G. E., y Baena-Santillán. (2020). *Ganador mejor trabajo nacional». Rev Mex Cardiol, 25(s1), s3-s40.* https://www.medigraphic.com/pdfs/cardio/h-2014/hs141a.pdf

Parra, I. J. (2022). *Efecto de dos planes de entrenamiento interválicos de alta intensidad sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles.* https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/a637127a-16c5-42d5-b8a8-b78c482b78df

Parra, I. J. (2022). *Efecto de dos planes de entrenamiento interválicos de alta intensidad sobre el índice de fatiga en ciclomontañistas juveniles.* https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/a637127a-16c5-42d5-b8a8-b78c482b78df

Parrado, R. L. (2025). *Aportes e integración del fisioterapeuta deportivo en los procesos de recuperación de los deportistas*. Universidad Nacional de La Plata: https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/179045

Quilindo, C., y Narváez, L. M. (2024). *Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) en Deportistas Paralímpicos. Una revisión narrativa*. (High Intensity Interval Training (HIIT) in Paralympic Athletes. A narrative review). Retos, 51, 1431-1441.: http://www.revistaretos.org/index.php/retos/article/view/101379

Rønnestad, B. R., Hansen, J., Vegge, G., y Mujika, I. (2024). *por PubliCE| 1 de Sep de 2024| Artículos Obtención de Rendimiento Máximo en un Corto Plazo de un Ciclista de Mountain Bike Cross Country de Elite.* https://g-se.com/es/obtencion-de-rendimiento-maximo-en-un-corto-plazo-de-un-ciclista-de-mountain-bike-cross-country-de-elite-2255-sa-d58dd1da5114e5

Rubio, M. H. (2023). *El desarrollo de la resistencia y su influencia en el rendimiento deportivo de los ciclistas de categoría máster de la provincia de Imbabura en el periodo 2014*. UTN: https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4250

Salazar, S. K. (2025). *Evaluación de políticas para el sector de motocicletas* . Universidad Nacional de Colombia: https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/88210

Saldaña, D. C., Padilla, M. D., Calle, R. E., y Pinduisaca, K. R. (2025). *Impacto del Entrenamiento Interválico de Alta Densidad (HIIT) en la Salud Cardiovascular*

en Adolescentes. ASCE MAGAZINE, 4(3), 1485-1511.: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10387203

Santamaria, J. C., y Santamaria, C. (2020). *Participación de la NADPH oxidasa en la hipertensión arterial sistémica de ratas tratadas con cadmio.* https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/a6095979-729e-43cf-b66c-4344cdfc9c8f

Silva, J. (2024). *La Ciencia del Rendimiento Deportivo Óptimo: Guía para la Evaluación, Control y Monitoreo del Entrenamiento.* Jaime A. Roa.: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=IM8gEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=%E2%80%A2%09S%C3%ADndrome+de+sobreentrenamiento:+El+volumen+acumulado+de+esfuerzo+de+alta+intensidad+puede+generar+fatiga+cr%C3%B3nica,+disminuci%C3%B3n+del+rendimiento+y+alteracion

Sisalima, M. M., y Dávila, B. J. (2025). *Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) en pacientes con enfermedad de las Arterias Coronarias*. Bachelor's thesis, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo: http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/15244

Sisalima, M. M., y Dávila, B. J. (2025). *Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) en pacientes con enfermedad de las Arterias Coronarias*. Universidad Nacional de Chimborazo: http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/15244

Suárez, A. D. (2025). *Desafíos para el gestor deportivo. Dirección y estructura de la actividad física y el deporte. Wanceulen SL.* https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=m7KYEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=Asimismo,+esta+investigaci%C3%B3n+podr%C3%ADa+incentivar+a+instituciones+deportivas+locales+a+invertir+en+programas+de+formaci%C3%B3n+y+actualizaci%C3%B3n+para+entrenadores,+contrib

Tauda, E. M., Cruzat Bravo, E. J., y Suárez Rojas, F. I. (2024). *Evaluación de la fuerza a través de la cinética del lactato y su correlación con el vo2max y frecuencia cardíaca en población con factores de riesgo: implicaciones para la salud metabólica.* . Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación, 54.: https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=15791726&AN=176572895&h=Pek7M%2F1w%2FpjN5sH8AeBmUaRrme7sHQ8xUZMNZImHsLxSkNueXUrK5RN22t4LCrFzGOGrkUoDpXQaLAvLAfxFbw%3D%3D&crl=c

Tauda, M., y Cruzat, E. (2023). *RESPUESTAS METABOLICAS Y CARDIACAS AGUDAS DURANTE UN PROTOCOLO DE FUERZA EN EL UMBRAL ANAEROBICO DURANTE 8 SEMANAS*. ScienceOpen Preprints: https://www.scienceopen.com/hosted-document?doi=10.14293/PR2199.000571.v1

Tigre, Á., Chica, M., y Vargas, L. F. (2024). *Programa de entrenamiento deportivo para potenciar el VO2 máximo en estudiantes universitarios.* . GADE: Revista Científica, 4(1), 246-257.: https://revista.redgade.com/index.php/Gade/article/view/378

Valenzuela, J. P., Bellei, C., y De Los Ríos, D. (2010). *Segregación escolar en Chile. Fin de ciclo, 2010, 209-229.* https://www.researchgate.net/profile/Cristian-Bellei/publication/273129952_Segregacion_Escolar_en_Chile/links/54fa15050cf20b0d2cb63514/Segregacion-Escolar-en-Chile.pdf

Varela, A. (2024). *Efectos del entrenamiento concurrente, polarizado y tradicional, sobre la condición física saludable.* https://ruc.udc.es/items/c7c97083-131b-4909-93ad-22d60c984b44

Vargas, R. C. (2024). *Velocidad crítica y caminata de seis minutos, potenciales aplicaciones en pacientes con EPOC* . Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia: https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/85500

Villacres, J. S. (2025). *Entrenamiento interválico de alta intensidad en pacientes con insuficiencia cardiaca* . Universidad Nacional de Chimborazo: http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/16292

Zambrano Estrella, J. A. (2020). *Frecuencia cardíaca y la respuesta de concentración de lactato en los atletas de ciclismo categoría pre-juvenil*. Universidad Técnica de Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31861

Anexos

Anexo 1 Carta de aceptación

No. de oficio: 01
Ibarra, 01 de mayo de 2025

SEÑOR
Pedro Chasiquiza
DIRECTOR DEL EQUIPO MADEC – IBARRA

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo.

Por medio de la presente me permito solicitar a usted de la manera más comedida, se autorice la realización del trabajo de investigación titulado:

"Entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) en ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura".

La investigación será desarrollada por el maestrante:

Franklin Esteban Guzmán Paspuel
C.C. 1003446026

Estudiante de la **Maestría en Entrenamiento Deportivo**, en la UTN quien llevará a cabo este estudio con fines académicos y científicos, con el objetivo de analizar los efectos del entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) en ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura.

Cabe señalar que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos, respetando la confidencialidad y las normas éticas correspondientes.

Agradezco de antemano su atención y colaboración para el desarrollo de esta investigación.

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN ESTEBAN GUZMAN PASPUEL
Validar documento con Firmadi

Franklin Esteban Guzmán Paspuel
C.C. 1003446026
Maestría en Entrenamiento Deportivo



No. de Oficio: 002-MADEC
Ibarra, 05 de mayo de 2025

SEÑOR
Franklin Esteban Guzmán Paspuel
ESTUDIANTE DE LA MAESTRÍA EN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo.

En atención a su oficio de fecha 01 de mayo de 2025, mediante el cual solicita autorización para la realización del trabajo de investigación titulado: **"Entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) en ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura"**, me permito informarle que, luego de revisar su solicitud, se **AUTORIZA la ejecución de la investigación** con los ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura.

El equipo MADEC brindará las facilidades necesarias para el desarrollo de este estudio, siempre que se respeten los lineamientos institucionales, normas éticas y deportivas correspondientes.

Sin otro particular, reitero mi compromiso de colaboración con el desarrollo académico e investigativo en beneficio del deporte y la comunidad.

Atentamente.

Firmado electrónicamente por:
PEDRO LUIS
CHASIQUIZA CAMPANA
Validar documento con FirmaEC

Pedro Chasiquiza
DIRECTOR EQUIPO MADEC – IBARRA

Anexo 2 Registro fotografico










MADEC
MADEC

Anexo 3 Tabulación de datos recolectados

Código de nombres	Edad	Peso (KG)	Imc	% grasa	TEST SOGA 30´´	TEST ABD 1´30	TEST FLEX CODO1´30	1KM	FC REP	14 KM (SALINAS-CAÑAVERAL)	FC MAX	FC 60´´	FC 3´	FC 5´	10 KM (YAHUARCOCHA)	FC MAX	FC 60´´	FC 3´	FC 5´
Deportista 1	32	64	16	11	52	56	61	1:15	46	21:56	198	168	173	131	12:50	198	168	153	131
Deportista 2	33	78	18	12	57	70	80	1:12	32	21:14	174	168	156	134	12:30	174	168	156	134
Deportista 3	35	61	22	11	42	45	38	1:40	60	23:15	187	168	155	134	13:30	187	168	155	134
Deportista 4	35	73	22	13	59	60	38	1:40	63	23:15	187	173	156	141	12:50	187	173	156	141
Deportista 5	35	79	16	11	52	56	45	1:12	56	23:34	190	173	155	123	12:30	190	173	155	123
Deportista 6	36	63	16	14	54	60	75	1:15	40	21:56	198	175	166	149	12:38	198	175	166	149
Deportista 7	36	60	16	20	50	60	75	1:15	46	21:56	198	189	173	162	13:30	198	189	172	162
Deportista 8	36	62	18	13	59	60	60	1:12	63	21:14	190	178	155	121	13:50	190	178	155	121
Deportista 9	38	64	18	11	54	56	28	1:40	56	21:14	187	166	145	131	12:38	187	166	145	131
Deportista 10	39	64	20	13	50	56	60	1:32	56	22:14	187	172	167	150	12:50	187	172	167	150
Deportista 11	41	66	18	22	53	45	80	1:12	60	21:14	190	182	156	128	12:50	190	182	156	128
Deportista 12	42	74	16	12	60	60	45	1:12	46	23:34	190	180	173	158	13:50	190	180	173	158
Deportista 13	42	65	17	13	55	60	32	1:32	63	23:45	187	168	156	134	12:30	187	168	156	134
Deportista 14	43	72	16	14	57	70	76	1:15	64	22:14	198	178	166	148	12:50	198	178	166	148

Deportista 15	44	74	20	22	51	45	63	1:32	64	22:14	187	166	166	134	12:30	187	166	152	134
Deportista 16	45	58	20	25	49	70	60	1:32	64	22:14	187	172	153	134	13:50	187	172	153	134
Deportista 17	48	63	16	22	51	45	76	1:15	60	22:14	198	178	173	147	12:38	198	178	173	147
Deportista 18	55	68	22	20	52	60	67	1:40	63	23:15	187	182	156	133	12:38	187	182	156	133
Deportista 19	56	66	17	20	50	60	32	1:32	46	23:45	187	168	166	143	12:50	187	168	166	143
Deportista 20	57	67	18	25	49	70	28	1:40	64	21:14	187	180	156	134	13:30	187	180	156	134

Anexo 4 Consentimiento informado

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO
CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN INVESTIGACIÓN

Título del estudio: Efecto del entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) en ciclistas máster del equipo MADEC de la provincia de Imbabura.
Investigador Principal: Guzmán Paspuel Franklin Esteban
Director: MSc. Fredy Geovanny Moposita Caillamara
Lugar de ejecución: Instalaciones del equipo MADEC, Laguna de Yahuarcocha y rutas de Imbabura (Imbabura, Ecuador).
Duración: 10 semanas (marzo-mayo 2026).

1. DECLARACIÓN DEL PARTICIPANTE
Yo, _____, mayor de edad, identificado con cédula de ciudadanía No. _____, en pleno uso de mis facultades mentales y sin presión de ninguna naturaleza, declaro que:
He sido informado(a) sobre: a) La naturaleza, objetivos y procedimientos del estudio descrito anteriormente. b) Que mi participación consiste en realizar entrenamientos de intervalos de alta intensidad (HIIT) durante 8 semanas, con evaluaciones físicas pre y post intervención (tests de 1 km, 10 km y 14 km), medición de frecuencia cardíaca y composición corporal. c) Los posibles riesgos: fatiga muscular, molestias articulares, eventos cardiovasculares adversos (infarto, arritmias) aunque son poco probables dado el screening médico previo, y lesiones deportivas por sobreentrenamiento. d) Los beneficios: mejora de mi capacidad aeróbica (VO_2 máx), asesoría profesional gratuita en entrenamiento, acceso a tecnología de monitoreo (pulsómetros Garmin), y resultados individuales de mi condición física. e) Mi derecho a retirarme voluntariamente en cualquier momento sin penalización ni afectación a mi membresía en el equipo MADEC. f) La confidencialidad de mis datos personales y médicos, los cuales serán codificados y utilizados solo con fines científicos.
Requisitos de inclusión que cumplo:

- [ ] Edad entre 30-45 años.
- [ ] Afiliación activa al equipo MADEC.
- [ ] Certificado médico de aptitud física para ejercicio máximo vigente (menos de 3 meses).
- [ ] No presentar diagnóstico de enfermedad cardiovascular, diabetes descompensada o hipertensión arterial no controlada.
- [ ] No estar tomando medicación que altere la frecuencia cardíaca (betabloqueantes).

Compromisos asumidos:

- Asistir al menos al 90% de las sesiones de entrenamiento programadas (máximo 2 ausencias justificadas).
- Informar inmediatamente cualquier síntoma anormal (dolor torácico, mareos, palpitaciones) durante las sesiones.
- No participar en competencias externas no programadas durante las semanas 2-9 del estudio.

- Seguir las indicaciones técnicas del entrenamiento y las recomendaciones de recuperación post-sesión.

2. DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR

Yo, Guzmán Paspuel Franklin Esteban, investigador principal, certifico que:

- He explicado verbalmente y por escrito los objetivos, procedimientos, riesgos y beneficios del estudio.
- He respondido satisfactoriamente todas las preguntas del participante.
- Garantizo la confidencialidad de la información y el anonimato en las publicaciones.
- Me comprometo a suspender inmediatamente la intervención si se presentan eventos adversos.
- Cuenta con seguro de accidentes deportivos vigente durante el período de investigación (póliza No. [XXXXX] de [Aseguradora]).

3. AUTORIZACIÓN ESPECÍFICA

Autorizo:

- [ ] La realización de los tests físicos y entrenamientos HIIT descritos.
- [ ] La toma de fotografías/filmaciones durante las sesiones (solo para registro científico, sin identificación facial visible en publicaciones).
- [ ] El acceso a mi historial médico deportivo relevante para el estudio.
- [ ] La publicación de resultados agregados sin identificación personal.

4. FIRMAS

Fecha: 20 de marzo de 2026
Lugar: Ibarra, Ecuador

Firma del Participante

Nombre completo: _____
C.I.: _____
Teléfono de contacto de emergencia: _____

Firma del Investigador Principal

Guzmán Paspuel Franklin Esteban
C.I.: 1003446026