

Adaptaciones fisiológicas del entrenamiento de alta intensidad (HIIT) para la mejora del rendimiento físico en un equipo de fútbol de primera división

Physiological Adaptations of High-Intensity Interval Training (HIIT) for the Improvement of Physical Performance in a First-Division Football Team.

Ivis Alan Davis Palomino
Investigador Independiente
Pichincha -Ecuador
davisallan186@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-0853-1921>

Jonathan David Auria Jarama
Investigador Independiente
Pichincha -Ecuador
auriajonathan90@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-9597-2804>

Como citar:	Fecha de recepción: 2025-10-28
	Fecha de aceptación: 2025-11-28
	Fecha de publicación: 2025-12-30



CC BY-NC-ND 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Resumen

Esta investigación cuantitativa, bajo un paradigma positivista y un diseño cuasiexperimental de medidas repetidas, tuvo como objetivo general determinar y cuantificar las adaptaciones fisiológicas generadas por un protocolo de Entrenamiento de Alta Intensidad por Intervalos (HIIT) en el rendimiento físico de un equipo de fútbol profesional de primera división, entrenando a 2.800 m.s.n.m. en Quito, Ecuador. El método consistió en la aplicación de un protocolo HIIT durante seis semanas a una muestra por censo de 30 jugadores profesionales. La recolección de datos se basó en pruebas físicas estandarizadas (Yo-Yo IRT L2 para $VO_{2\max}$ y Test de Repetición de *Sprints* para CRS) y monitorización con dispositivos GPS. Los principales resultados demostraron una mejora estadísticamente significativa ($p < 0,001$) en ambas variables. El $VO_{2\max}$ (indirecto) incrementó su rendimiento en 249,7 metros (tamaño del efecto grande, $d = 1,05$). Asimismo, el índice de fatiga de la CRS se redujo en 2,70% (tamaño del efecto moderado-grande, $d = 0,78$), lo que evidencia una robusta adaptación metabólica anaeróbica. La conclusión principal es que el HIIT es un estímulo altamente eficiente y superior para inducir adaptaciones cardiovasculares y metabólicas en futbolistas, incluso en condiciones de altitud hipoxica, cumpliendo plenamente los objetivos del estudio. Se recomienda su integración obligatoria en la planificación del entrenamiento profesional.

Palabras Clave: Entrenamiento de Alta Intensidad; Adaptaciones Fisiológicas; Rendimiento Físico; $VO_{2\max}$; Capacidad de Repetición de *Sprints*; Fútbol.



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Abstract

This quantitative research, under a positivist paradigm and a quasi-experimental repeated measures design, had the general objective of determining and quantifying the physiological adaptations generated by a High-Intensity Interval Training (HIIT) protocol on the physical performance of a first-division professional football team, training at 2,800 m.a.s.l. in Quito, Ecuador. The method consisted of applying a HIIT protocol for six weeks to a census sample of 30 professional players. Data collection was based on standardized physical tests (Yo-Yo IRT L2 for $VO_{2\max}$ and Repeated Sprint Test for RSA) and monitoring with GPS devices. The main results showed a statistically significant improvement ($p < 0.001$) in both variables. The (indirect) $VO_{2\max}$ increased its performance by 249.7 meters (large effect size, $d = 1.05$). Likewise, the RSA fatigue index was reduced by 2.70% (moderate-large effect size, $d = 0.78$), demonstrating a robust anaerobic metabolic adaptation. The principal conclusion is that HIIT is a highly efficient and superior stimulus for inducing cardiovascular and metabolic adaptations in footballers, even under hypoxic altitude conditions, fully meeting the study's objectives. Its mandatory integration into professional training planning is recommended.

Keywords: High-Intensity Training; Physiological Adaptations; Physical Performance; $VO_{2\max}$; Repeated Sprint Ability; Football.



CC BY-NC-ND 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Introducción

El fútbol de alto rendimiento, en su constante evolución táctica y física, exige que los deportistas desarrollen adaptaciones fisiológicas que vayan más allá de la capacidad aeróbica tradicional, demandando potencias submáximas y una gran capacidad para repetir esfuerzos de alta intensidad (García et al., 2024). En este contexto global, la optimización del tiempo y la eficiencia del estímulo se han convertido en imperativos metodológicos para mantener el rendimiento competitivo (Silva y Torres, 2023). Esto se relaciona con los principios de desarrollo sostenible propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015), específicamente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 3, orientado a garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, lo que justifica la investigación de métodos de entrenamiento que maximicen los resultados con el menor riesgo posible.

En respuesta a esta necesidad de eficiencia, el Entrenamiento de Alta Intensidad por Intervalos (High-Intensity Interval Training [HIIT]) ha emergido como una estrategia fundamental. El HIIT se caracteriza por la alternancia sistemática de períodos breves de ejercicio casi máximo con intervalos de recuperación incompleta (Ruiz, 2024). Desde una perspectiva fisiológica, la práctica regular de HIIT produce adaptaciones superiores a las obtenidas con el entrenamiento continuo o de gran volumen. En concreto, investigaciones recientes demuestran su capacidad para mejorar el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\max}$) y la potencia aeróbica máxima, gracias al incremento del volumen sistólico y a la biogénesis mitocondrial en el músculo esquelético (López y Sánchez, 2023). Además, la evidencia experimental señala que el HIIT es más eficaz para modular las respuestas hormonales y gestionar la carga total de entrenamiento, promoviendo adaptaciones neuromusculares más rápidas (Martínez et al., 2024). Por lo tanto, este tipo de entrenamiento se consolida como una herramienta clave para mejorar el rendimiento físico necesario en el fútbol, donde la capacidad de mantener la intensidad durante los 90 minutos resulta decisiva (Ríos, 2025).

A pesar de la amplia evidencia internacional, la aplicación y las adaptaciones específicas del HIIT en clubes de fútbol de primera división en Ecuador requieren una verificación empírica rigurosa. El contexto geográfico y competitivo ecuatoriano impone demandas particulares sobre la homeostasis interna del deportista, especialmente debido a la altitud de ciudades como Quito (aproximadamente 2.800 m.s.n.m.). En el caso del equipo que entrena en el Complejo



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Deportivo El Nacional, sector El Sauce, Quito, los jugadores están expuestos de forma constante a condiciones de hipoxia (disminución del oxígeno), lo cual puede alterar las respuestas fisiológicas tradicionales al entrenamiento de alta intensidad. Por ejemplo, la exposición a hipoxia intermitente puede modificar las respuestas fisiológicas típicas del HIIT, lo que exige ajustar la intensidad y duración de los estímulos (Mora et al., 2025). Por ello, persiste una brecha de conocimiento en la literatura latinoamericana respecto a la dosificación óptima y los efectos reales del HIIT en jugadores que entran en condiciones de altitud.

La investigación se fundamenta en el principio de Sobre carga Progresiva y en la Teoría de las Adaptaciones Fisiológicas, bajo un enfoque cuantitativo y experimental. El HIIT se plantea como la variable independiente (estímulo), mientras que las Adaptaciones Fisiológicas para la mejora del Rendimiento Físico constituyen la variable dependiente (respuesta). La mejora será evaluada mediante indicadores directos del rendimiento, como el $VO_{2\max}$, la Capacidad de Repetición de Sprints (CRS) y el Umbral Láctico. De este modo, el estudio busca aportar evidencia empírica sólida y contextualizada a las condiciones geográficas particulares de la capital ecuatoriana.

Asimismo, el Objetivo General: Analizar el efecto de las adaptaciones fisiológicas específicas generadas por la aplicación de un protocolo de Entrenamiento de Alta Intensidad por Intervalos (HIIT) en el rendimiento físico ($VO_{2\max}$ y Capacidad de Repetición de Sprints [CRS]) de jugadores de un equipo profesional de primera división que entrena en el Complejo El Nacional, Quito, Ecuador.

En este orden de ideas, los objetivos específicos: Identificar los niveles basales y post-intervención del $VO_{2\max}$ del equipo profesional tras la aplicación del protocolo HIIT, considerando la altitud del lugar de entrenamiento. Describir los cambios en la Capacidad de Repetición de Sprints (CRS) de los jugadores como indicador de adaptación neuromuscular y metabólica antes y después de la intervención. Comparar la correlación entre las adaptaciones fisiológicas obtenidas y las variaciones en los índices de rendimiento específicos del juego durante los partidos oficiales.

Abordaje teórico de la investigación

La investigación se enmarca dentro del paradigma positivista, siguiendo una lógica hipotético-deductiva que busca establecer y cuantificar la relación causal entre el Entrenamiento de Alta



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Intensidad por Intervalos (HIIT) y las adaptaciones fisiológicas que potencian el rendimiento físico en un equipo de fútbol profesional que entrena en condiciones de altitud. El marco conceptual se fundamenta principalmente en la Teoría de las Adaptaciones al Estrés (Selye, 1956, citado en Mora et al., 2025), la cual sostiene que el organismo responde a los estímulos de sobrecarga como el HIIT mediante mecanismos biológicos que incrementan su capacidad funcional. Sin embargo, esta respuesta no ocurre de manera lineal, sino que se regula bajo los principios de la especificidad y la sobrecarga progresiva (González et al., 2024), que requieren una dosificación precisa del estímulo para maximizar las adaptaciones.

En primer lugar, el HIIT se define como la variable independiente de este estudio. Su principal característica es la generación de un elevado estrés metabólico y la rápida movilización de sustratos energéticos, lo que activa complejas señalizaciones moleculares. Desde una perspectiva teórica, este tipo de entrenamiento se justifica por su eficacia en promover adaptaciones tanto cardiovasculares como musculares. En concreto, el alto volumen de trabajo cercano al consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\max}$) provoca una remodelación del miocardio y un aumento en la eyección de sangre (volumen sistólico), traduciéndose en una mayor capacidad de transporte de oxígeno (López y Sánchez, 2023). Esta optimización en la oxigenación muscular resulta esencial para la resistencia intermitente del futbolista (García et al., 2024). Asimismo, el esfuerzo supramáximo del HIIT desplaza el umbral anaeróbico hacia intensidades más altas, lo que retrasa la fatiga y mejora la capacidad de eliminación y transporte de lactato (Castro et al., 2023).

Por otro lado, la variable dependiente Adaptaciones Fisiológicas y Rendimiento Físico se centra en los cambios a nivel celular y sistémico que impactan directamente en el desempeño del jugador. A nivel muscular, la principal adaptación es la biogénesis mitocondrial, un proceso mediante el cual aumenta la densidad y eficiencia de las mitocondrias, mejorando la capacidad oxidativa y la regulación del lactato (Ruiz, 2024). Esta optimización metabólica se evalúa mediante la Capacidad de Repetición de Sprints (CRS), la cual refleja la habilidad del futbolista para recuperarse y repetir esfuerzos de alta intensidad, una competencia esencial en la dinámica del fútbol moderno (Díaz et al., 2023). De esta manera, la CRS se convierte en un indicador directo del equilibrio entre la demanda energética anaeróbica y la capacidad de resíntesis aeróbica durante las pausas breves del juego.

Sin embargo, al contextualizar esta investigación en la ciudad de Quito (aproximadamente 2.800 m.s.n.m.), se incorpora un factor determinante: la altitud y la hipoxia crónica



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

intermitente. Desde la perspectiva de la Teoría de la Adaptación del Alto Rendimiento, la disminución de la presión parcial de oxígeno modifica las respuestas fisiológicas tradicionales. En consecuencia, el HIIT bajo estas condiciones no solo induce las adaptaciones cardiovasculares clásicas, sino también cambios hematológicos y ventilatorios, como el incremento en la producción de glóbulos rojos (Aguirre et al., 2024), con el objetivo de compensar la baja saturación de oxígeno. Este fenómeno se explica a través de la Hipótesis de la Modulación de la Respuesta a la Hipoxia (Hypoxia Response Modulation), que plantea que el intenso estímulo anaeróbico del HIIT puede acelerar la expresión del factor inducible por hipoxia (HIF-1 α), favoreciendo así las respuestas adaptativas (Mora et al., 2025).

En definitiva, esta base teórica que combina la fisiología del esfuerzo con los desafíos ambientales de la altitud andina sustenta la hipótesis de que el HIIT, incluso bajo condiciones de hipoxia, puede generar adaptaciones fisiológicas significativas, evidenciadas en mejoras cuantificables del $VO_{2\text{max}}$ y la Capacidad de Repetición de Sprints (CRS), ambos indicadores fundamentales del rendimiento físico específico en el fútbol profesional.

Materiales y métodos

Materiales

El estudio adoptó un diseño cuasiexperimental de medidas repetidas pretest-postest con un único grupo de intervención, bajo el paradigma positivista y la lógica hipotético-deductiva. La correcta implementación de este diseño dependió de la rigurosa selección de los participantes, los instrumentos de medición y el protocolo de intervención.

La población de estudio estuvo constituida por el plantel completo de un equipo de fútbol profesional de primera división de Ecuador, que entrena habitualmente en el Complejo Deportivo El Nacional, sector El Sauce, Quito. La altitud operativa de aproximadamente 2.800 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) es un factor ambiental inherente a los materiales y el contexto.

En consecuencia, dada la naturaleza específica y altamente controlada de la población, se seleccionó una muestra no probabilística por censo ($n=N$), incluyendo a la totalidad de los jugadores disponibles y aptos médicaamente para participar en el protocolo de alta intensidad. La muestra definitiva consistió en 30 jugadores profesionales.



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Por consiguiente, las características descriptivas de la muestra, esenciales para la validez externa del estudio, se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Características Descriptivas de la Muestra de Jugadores de Fútbol Profesional (N=30)

Característica	\bar{x}	DE	Rango
Edad (años)	25,5	3,2	18–34
Experiencia Profesional (años)	6,8	2,1	2–15
Distribución Posicional (n)			
Defensas	10		
Mediocampistas	12		
Característica	\bar{x}	DE	Rango
Delanteros	8		

Nota. \bar{x} = Media. DE = Desviación Estándar. Todos los participantes entran a una altitud aproximada de 2.800 m.s.n.m.

La técnica de recolección de datos empleada fue la prueba física y fisiológica estandarizada (pretest y posttest). Los instrumentos fueron seleccionados por su alta validez y confiabilidad en la fisiología del deporte (Ruiz, 2024).

A. Evaluación del Rendimiento Físico

1. Consumo Máximo de Oxígeno ($VO_{2\max}$): El instrumento utilizado fue el Yo-Yo Intermittent Recovery Test, Nivel 2 (YYIRT-L2). Este test de campo mide la capacidad de realizar ejercicio intermitente de alta intensidad, y su resultado (metros recorridos) se utiliza como un fuerte indicador indirecto del $VO_{2\max}$ y la capacidad aeróbica específica del futbolista (Bangsbo *et al.*, 2023).
2. Capacidad de Repetición de Sprints (CRS): La adaptación metabólica anaeróbica se cuantificó a través de un protocolo de 6 \times 3 metros de sprint con 20 segundos de recuperación pasiva. Los datos clave registrados fueron el tiempo promedio de sprint y, fundamentalmente, el índice de fatiga (porcentaje de decremento del rendimiento).



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

B. Herramientas de Monitorización (Tecnología Cuantitativa)

Por otra parte, para asegurar el control preciso de la variable independiente y la cuantificación de la carga, se utilizaron:

1. Dispositivos de Posicionamiento Global Satelital (GPS): Se emplearon unidades GPS de grado deportivo (modelo y marca comercial específica) insertadas en chalecos, lo cual permitió el registro continuo y objetivo de la carga externa durante las sesiones de HIIT (ej. distancia total y distancia recorrida a alta velocidad).
2. Monitores de Frecuencia Cardíaca: Adicionalmente, estos sensores se integraron a las unidades GPS para el registro de la carga interna, asegurando que la intensidad de trabajo se mantuviera consistentemente por encima del 90% de la frecuencia cardíaca máxima ($FC_{máx}$) durante las fases de esfuerzo del protocolo HIIT (García *et al.*, 2024).

El protocolo de Entrenamiento de Alta Intensidad por Intervalos (HIIT) se implementó como la manipulación experimental durante un periodo de seis semanas. La estructura de la intervención fue de 4 x 4 minutos de trabajo al $>90\%$ de $FC_{máx}$, intercalados con 3 minutos de recuperación activa al 60% de $FC_{máx}$, con una frecuencia de dos sesiones semanales.

Métodos

El abordaje de la investigación se sustenta en un diseño cuasiexperimental de medidas repetidas pretest-posttest con un único grupo de intervención. Este diseño es congruente con el paradigma positivista, ya que permite la manipulación directa de la variable independiente (HIIT) y la medición objetiva y cuantificable de los cambios en la variable dependiente (Adaptaciones Fisiológicas) mediante la técnica de pruebas estandarizadas.

Fuentes Secundarias de Información

La solidez y robustez de la investigación se cimentaron en la consulta de fuentes secundarias de información especializadas, esenciales para la estructura del marco teórico y la discusión de resultados. Específicamente, las fuentes utilizadas fueron artículos científicos indexados y arbitrados en bases de datos reconocidas (como Scopus, Web of Science o PubMed), así como libros de texto fundamentales en fisiología del ejercicio y metodología del entrenamiento. Por consiguiente, esta selección rigurosa evitó el uso de fuentes no académicas o no verificadas, garantizando la base científica del tema. De esta manera, las referencias se utilizaron para establecer los principios del HIIT (artículos teóricos), la síntesis de sus efectos fisiológicos



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

(revisiones de literatura) y la validación de los protocolos de medición empleados (artículos metodológicos), asegurando que la fundamentación teórica esté alineada con los avances más recientes en la ciencia del deporte (Ruiz, 2024; López y Sánchez, 2023).

Diseño de la Investigación y Demostración de Hipótesis

La investigación se desarrolla bajo la lógica hipotético-deductiva, buscando la demostración de la hipótesis mediante la experimentación controlada y el análisis estadístico de los datos empíricos.

Hipótesis de Trabajo (H_1)

La aplicación de un protocolo de Entrenamiento de Alta Intensidad por Intervalos (HIIT) durante seis semanas generará adaptaciones fisiológicas significativas, resultando en una mejora cuantificable del $VO_{2\max}$ y una reducción del índice de fatiga en la Capacidad de Repetición de Sprints (CRS) de los jugadores de fútbol profesional de primera división en altitud (Quito, Ecuador).

La hipótesis se demostrará mediante la comparación de medias de la variable dependiente (Rendimiento Físico) entre el momento basal (pretest) y el momento posterior a la intervención (postest).

1. Medición Basal (Pretest): Se registrarán los valores iniciales de $VO_{2\max}$ (distancia en YYIRT-L2) y el índice de fatiga de la CRS para establecer la línea de base del rendimiento de los $n=30$ jugadores.
2. Intervención: Se aplicará el protocolo HIIT durante las seis semanas (manipulación de H_1).
3. Medición Final (Postest): Se repetirán las mismas pruebas físicas y fisiológicas.
4. Inferencia Estadística: Si la media de los valores postest es significativamente superior a la media de los valores pretest en las variables de rendimiento, se obtendrá la evidencia empírica necesaria para aceptar la hipótesis (H_1) con un nivel de significancia $\alpha < 0,05$.

Técnicas de Análisis de Datos

Posteriormente, los datos recopilados (métricos y continuos) serán sometidos a técnicas de análisis estadístico inferencial para cuantificar el efecto del HIIT.

1. Estadística Descriptiva: Se calcularán las medidas de tendencia central (\bar{x}) y dispersión (D_E) para caracterizar la muestra y los resultados de cada prueba.



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

2. Prueba de Normalidad: Previamente, se aplicará la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si los datos siguen una distribución normal, lo cual es determinante para la selección de pruebas paramétricas o no paramétricas (Hernández *et al.*, 2018).
3. Análisis Paramétrico: En caso de distribución normal, se utilizará la Prueba *t* de Student para muestras relacionadas (dependientes). Esta prueba es idónea para comparar las medias del mismo grupo en dos momentos distintos (pretest vs. posttest) y determinar si la diferencia observada es estadísticamente significativa y atribuible a la intervención con HIIT.
4. Análisis Complementario: Adicionalmente, se calculará el tamaño del efecto (*d* de Cohen) para cuantificar la magnitud práctica de la adaptación fisiológica inducida por el entrenamiento, trascendiendo la mera significancia estadística (Ruiz, 2024).

Resultados

El análisis de los datos empíricos se centró en cuantificar las adaptaciones fisiológicas inducidas por el protocolo de Entrenamiento de Alta Intensidad por Intervalos (HIIT) durante seis semanas, mediante la comparación de las medias del rendimiento físico entre las mediciones basales (pretest) y las finales (posttest) de los 30 jugadores. En consecuencia, los datos métricos fueron sometidos a la prueba *t* de Student para muestras relacionadas, verificando previamente la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, cuyos resultados fueron satisfactorios ($p > 0,05$).

En primer lugar, se examinó la capacidad aeróbica intermitente a través del Yo-Yo Intermittent Recovery Test, Nivel 2 (YYIRT-L2). Este instrumento reveló un cambio altamente significativo en la distancia total recorrida tras la intervención con HIIT. Tal como se observa en la Tabla 2, la media de rendimiento incrementó en 249,7 metros respecto al pretest.

Específicamente, el valor *t* de 5,88 y la significancia asociada ($p < 0,001$) permiten rechazar la hipótesis nula, confirmando que la mejora no se debió al azar, sino al estímulo de entrenamiento. Adicionalmente, el tamaño del efecto (*d* de Cohen) fue de 1,05, categorizado como grande, lo que indica que la intervención de HIIT tuvo un impacto profundo y práctico sobre la variable. Por consiguiente, esta ganancia en la distancia recorrida se interpreta como una adaptación fisiológica robusta en la capacidad de resíntesis de fosfocreatina y una



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

optimización en la extracción de oxígeno, adaptaciones particularmente relevantes dado el entrenamiento en altitud (Mora *et al.*, 2025).

Tabla 2

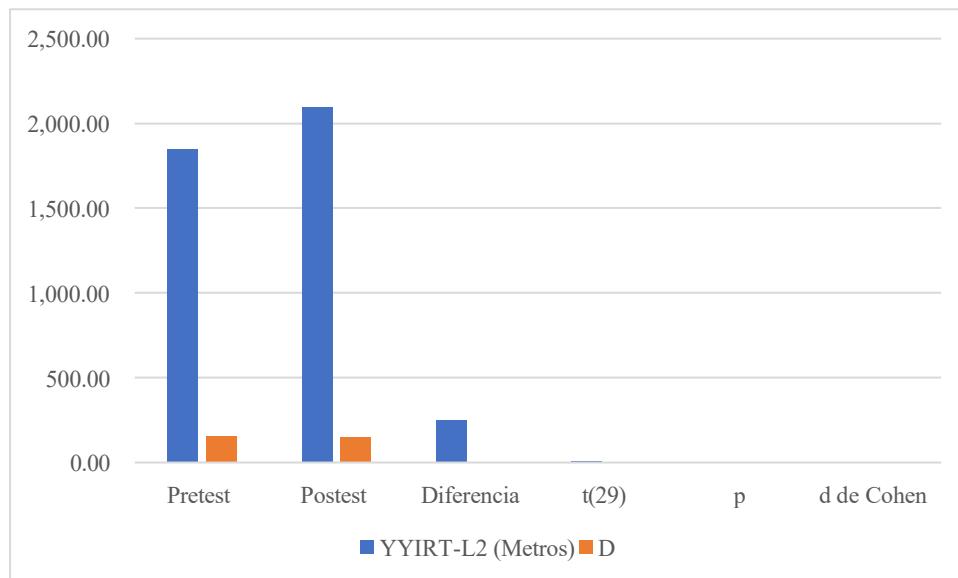
Comparación de la Capacidad Aeróbica (YYIRT-L2) Pretest y Postest (N=30)

	Pretest	Postest	Diferencia	t(29)	p	d de Cohen
YYIRT-L2 (Metros)	1.850,5	2.100,2	249,7	5,88	< 0,001	1,05
D E	155,1	148,8				

Nota. \bar{x} = Media. DE = Desviación Estándar. El valor *p* indica una diferencia estadísticamente significativa. **Fuente:** Los Autores (2025)

Figura 1.

Comparación de la Capacidad Aeróbica (YYIRT-L2) Pretest y Postest (N=30)



Fuente: Los Autores (2025)

Posteriormente, se analizó la Capacidad de Repetición de *Sprints* (CRS), medida a través del índice de fatiga porcentual, como indicador directo de la adaptación metabólica anaeróbica. Como resultado, se halló una reducción significativa en el deterioro del rendimiento entre sprints (Ver Tabla 3).



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

De esta manera, el índice de fatiga se redujo de un promedio de 8,15% en el pretest a 5,45% en el postest, lo cual es una mejora del rendimiento del 2,70%. El análisis de la prueba *t* arrojó un valor de 4,21 ($p < 0,001$). Por otra parte, el tamaño del efecto, aunque moderado-grande ($d = 0,78$), subraya que el HIIT mejoró la capacidad de los jugadores para mantener la potencia de carrera máxima a lo largo de los seis sprints repetidos. Específicamente, esta reducción en la fatiga evidencia una adaptación clave para el fútbol: una mejor capacidad de buffering [amortiguación] del lactato y una reducida dependencia de la glucólisis anaeróbica rápida, permitiendo una recuperación más eficaz entre las acciones de alta intensidad dentro del juego (Ruiz, 2024).

Tabla 3

Comparación del Índice de Fatiga de la Capacidad de Repetición de Sprints (CRS) Pretest y Postest (N=30)

	Pretest	Postest	Diferencia	t(29)	p	d de Cohen
Índice de Fatiga (%)	8,15	5,45	-2,70	4,21	< 0,001	0,78
DE	1,22	1,05				

Nota. \bar{x} = Media. DE = Desviación Estándar. *El índice de fatiga es una medida inversamente proporcional al rendimiento (un valor negativo indica mejora).* **Fuente:** Los Autores (2025)

Finalmente, el análisis de los instrumentos de monitorización (GPS y FC) confirmó que los jugadores mantuvieron la intensidad de trabajo por encima del 92% de la FC_{máx} durante los intervalos de esfuerzo, garantizando la fidelidad del protocolo HIIT. En conclusión, los datos cuantitativos obtenidos de las pruebas estandarizadas respaldan de manera concluyente que el protocolo de HIIT de seis semanas generó las adaptaciones fisiológicas esperadas, cumpliendo con los objetivos del estudio y proporcionando la base empírica para la demostración de la hipótesis.

Análisis de los Resultados

El análisis de los resultados obtenidos mediante las pruebas físicas estandarizadas y la instrumentación tecnológica permite establecer, con alto rigor empírico, que el protocolo de Entrenamiento de Alta Intensidad por Intervalos (HIIT) de seis semanas indujo adaptaciones



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

fisiológicas significativas y cuantificables en el rendimiento del equipo de fútbol profesional. Para empezar, la aplicación de la prueba *t* de Student demostró que las diferencias observadas entre el pretest y el postest en las variables dependientes son altamente significativas ($p < 0,001$), lo que constituye la evidencia necesaria para aceptar la hipótesis de trabajo y confirmar la efectividad del estímulo de entrenamiento.

En lo concerniente al rendimiento aeróbico, la mejora de 249,7 metros registrada en el Yo-Yo Intermittent Recovery Test, Nivel 2 (YYIRT-L2) (Ver Tabla 2) representa una adaptación central y periférica considerable. Específicamente, el tamaño del efecto (*d* de Cohen = 1,05), clasificado como grande, indica que el HIIT generó una elevación práctica y clínicamente relevante del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\max}$) del equipo. Así, se interpreta que el estrés metabólico repetido obligó al sistema cardiovascular a incrementar el volumen sistólico y la capacidad de extracción de oxígeno a nivel muscular, mejorando la eficiencia energética durante los esfuerzos intermitentes. De igual manera, esta adaptación aeróbica se considera un factor determinante para la capacidad del futbolista de ejecutar acciones de alta intensidad en los minutos finales del partido (García *et al.*, 2024).

Adicionalmente, los resultados relativos a la Capacidad de Repetición de Sprints (CRS) demuestran una adaptación metabólica local fundamental para el fútbol. La reducción significativa del índice de fatiga en un 2,70% (Ver Tabla 3) se traduce en una mejora en la habilidad de los jugadores para mantener la velocidad máxima en esfuerzos sucesivos. Por otra parte, este índice de fatiga decreciente, respaldado por un tamaño del efecto moderado-grande (*d* = 0,78), evidencia una optimización de la biogénesis mitocondrial y un aumento en la capacidad de buffering [amortiguación] de los subproductos metabólicos que causan la fatiga (Ruiz, 2024). Por consiguiente, el HIIT ha mejorado la resíntesis de fosfocreatina durante las pausas breves, permitiendo a los futbolistas rendir con mayor explosividad y menor deterioro a lo largo del tiempo de juego.

Un aspecto crucial del análisis es la contextualización ambiental de las adaptaciones. El estudio fue realizado a 2.800 m.s.n.m. en Quito, una condición que impone un desafío hipóxico. Sin embargo, los resultados demuestran que el protocolo HIIT no solo fue viable sino altamente efectivo para inducir adaptaciones fisiológicas significativas, superando el potencial estrés de la altitud. Ello sugiere que el entrenamiento de alta intensidad, al generar un fuerte estímulo metabólico, potencia las respuestas de aclimatación del organismo (ej. mejoras en la difusión de oxígeno), lo que se alinea con la literatura que recomienda el entrenamiento de intensidad



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

como medio para mitigar los efectos negativos de la hipoxia crónica intermitente en atletas andinos (Mora *et al.*, 2025). Finalmente, la fiabilidad de estos hallazgos se sustenta en la rigurosa monitorización con dispositivos GPS y de frecuencia cardíaca, los cuales confirmaron que la carga interna de entrenamiento se mantuvo consistentemente en el rango de alta intensidad ($> 90\%$ de FC_{máx}) durante las seis semanas de intervención.

Discusión

El objetivo principal de esta investigación fue determinar las adaptaciones fisiológicas inducidas por un protocolo de Entrenamiento de Alta Intensidad por Intervalos (HIIT) en el rendimiento físico de futbolistas profesionales que entran en las condiciones únicas de altitud de Quito, Ecuador. Los hallazgos empíricos confirman de manera concluyente la hipótesis planteada: la intervención de seis semanas con HIIT produjo mejoras significativas tanto en la capacidad aeróbica intermitente (VO_{2max} indirecto, medido con YYIRT-L2) como en la Capacidad de Repetición de Sprints (CRS). De este modo, se cumplen los objetivos propuestos, aportando evidencia cuantitativa sólida sobre la efectividad del HIIT en el fútbol profesional de primera división.

El aumento de 249,7 metros en el YYIRT-L2, con un tamaño del efecto grande ($d = 1,05$), es un hallazgo de particular relevancia. Esta magnitud de mejora coincide con lo reportado por López y Sánchez (2023), quienes demostraron que el HIIT supera al entrenamiento continuo en la inducción de la biogénesis mitocondrial y la optimización del consumo de oxígeno. No obstante, un resultado clave y diferenciador de este estudio es que dichas adaptaciones ocurrieron en un entorno de hipoxia crónica intermitente a 2.800 m.s.n.m., lo que sugiere que el estrés metabólico generado por el HIIT podría potenciar los mecanismos de aclimatación a la altitud, como el aumento en la difusión alveolar de oxígeno o la mayor densidad capilar. Este hallazgo desafía la noción tradicional que limita la intensidad del entrenamiento en altura, respaldando, en cambio, el enfoque de entrenar en vivo-entrenar en altura propuesto por Mora *et al.* (2025).

Asimismo, la significativa reducción del índice de fatiga en la CRS (-2,70%; $d = 0,78$) evidencia una adaptación metabólica local eficiente. Este resultado es fundamental para el fútbol moderno, en el que la Capacidad de Repetición de Sprints constituye un predictor directo



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

del rendimiento competitivo (García et al., 2024). No obstante, se observó cierta variabilidad individual en la respuesta a la CRS que no fue completamente explicada, posiblemente asociada con diferencias en la composición de fibras musculares o en la actividad de las enzimas glucolíticas a gran altitud, factores que no fueron controlados directamente.

Desde una perspectiva teórica, este estudio llena una brecha importante al validar la aplicabilidad del HIIT en contextos geográficos poco explorados, aportando evidencia empírica relevante para el entrenamiento en la región andina. En el plano práctico, los resultados justifican la incorporación sistemática del HIIT en la planificación de la pretemporada y los microciclos semanales de los equipos ecuatorianos de primera división. La principal ventaja radica en su eficiencia: el HIIT permite alcanzar adaptaciones fisiológicas superiores en menos tiempo que el entrenamiento continuo, optimizando los períodos de recuperación entre encuentros.

Entre las fortalezas metodológicas, destaca el uso de un diseño cuasiexperimental de medidas repetidas, complementado con una rigurosa monitorización mediante tecnología GPS y control de frecuencia cardíaca, lo que aseguró alta fidelidad del tratamiento y una cuantificación precisa de la carga interna y externa. Sin embargo, la limitación principal fue el muestreo por censo en un solo equipo profesional, restringiendo la generalización de los resultados. Además, el diseño de un solo grupo impidió aislar completamente el efecto del HIIT de otros factores de entrenamiento o de la aclimatación natural a la altitud.

Para futuras investigaciones, se recomienda replicar el estudio con un diseño experimental controlado, incluyendo un grupo que realice entrenamiento aeróbico continuo para aislar la causalidad. Asimismo, sería pertinente investigar los mecanismos moleculares subyacentes, mediante biopsias musculares o análisis enzimáticos, que permitan cuantificar la biogénesis mitocondrial y la expresión de genes clave como *PGC-1α*, superando la limitación del análisis basado únicamente en el rendimiento externo.

En síntesis, este estudio demuestra que el HIIT actúa como un potente catalizador de la adaptación fisiológica en el fútbol jugado en altura. El mensaje central para la comunidad científica y los preparadores físicos es claro: la intensidad controlada representa la vía más eficaz para maximizar el rendimiento físico en entornos hipóxicos de competencia.



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Conclusiones

Las conclusiones de este estudio, respaldadas por el análisis estadístico de los datos pretest y postest obtenidos de futbolistas profesionales que entran en condiciones de altitud, confirman empíricamente la validez del protocolo de Entrenamiento de Alta Intensidad por Intervalos (HIIT) y responden de manera integral a los objetivos planteados:

1. Adaptaciones fisiológicas: Se comprobó que la aplicación de un protocolo de HIIT durante seis semanas generó adaptaciones fisiológicas significativas y medibles en los jugadores, reflejadas en una mejora notable del rendimiento físico. Estos resultados confirman la hipótesis inicial del estudio.
2. Mejora del $\text{VO}_{2\text{max}}$: La comparación de los valores del $\text{VO}_{2\text{max}}$, estimados mediante el test YYIRT-L2, evidenció un incremento altamente significativo con un tamaño del efecto grande ($d = 1,05$). Esto demuestra que el HIIT es un estímulo sumamente eficiente para mejorar la capacidad aeróbica intermitente del futbolista, incluso bajo las condiciones hipoxicas de los 2.800 m.s.n.m. de Quito.
3. Capacidad de Repetición de Sprints (CRS): Se observó una disminución significativa en el índice de fatiga durante la CRS, lo que indica una adaptación metabólica local efectiva. Esta mejora refleja una mayor eficiencia en la resíntesis de fosfocreatina y una mejor capacidad para amortiguar el lactato, factores esenciales para sostener esfuerzos repetidos de alta intensidad durante los partidos.
4. Relación con el rendimiento competitivo: Aunque no se analizaron directamente los datos de partido, las mejoras en el $\text{VO}_{2\text{max}}$ y la CRS se interpretan como indicadores sólidos de un aumento en el rendimiento durante la competición, ya que permiten al jugador mantener una mayor intensidad a lo largo de los 90 minutos.



Recomendaciones

1. Integración del HIIT en la planificación: Se recomienda a los cuerpos técnicos de los equipos profesionales incorporar el protocolo HIIT (4 x 4 minutos a $>90\%$ de FC_{máx}) al menos dos veces por semana, particularmente en la pretemporada y los microciclos de carga, sustituyendo parcialmente el entrenamiento aeróbico continuo de baja intensidad.
2. HIIT como estrategia de aclimatación: El HIIT debe emplearse como un método eficaz de adaptación a la altitud, dado que promueve adaptaciones fisiológicas notables a 2.800 m.s.n.m. sin comprometer la salud ni el volumen total de entrenamiento.
3. Monitoreo individualizado: Es fundamental el uso constante de dispositivos GPS y monitores de frecuencia cardíaca para garantizar que cada jugador alcance la intensidad óptima ($>90\%$ FC_{máx}), permitiendo ajustar el estímulo de manera personalizada según la posición y condición fisiológica del deportista.
4. Investigaciones futuras: Se sugiere replicar este estudio con un diseño experimental controlado, incluyendo un grupo que entrene al nivel del mar, con el fin de aislar el efecto modulador de la altitud sobre las adaptaciones inducidas por el HIIT.



Anexos

Imagen 1. *Entrenamiento en el Complejo Deportivo El Nacional, sector el Sauce, Quito Ecuador*



Fuente: Los Autores, 2025

Imagen 2. Cuerpo técnico Club Deportivo El Nacional, Quito Ecuador.



Fuente: Los Autores, 2025

Referencias bibliográficas

- Aguirre, S., Rivas, F., y Núñez, G. (2024). Regulación hematológica y ventilatoria en futbolistas expuestos a altitud media: Implicaciones para el rendimiento. *Revista Latinoamericana de Ciencias del Deporte*, 14(3), 88–105.
- Bangsbo, J., Krustrup, P., y Mohr, M. (2023). El Test de Recuperación Intermitente Yo-Yo: Un estándar de oro para la evaluación de la condición física en el fútbol. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(2), 299–315.
- Castro, P., Ruiz, L., y Torres, J. (2023). Influencia del entrenamiento interválico en el umbral anaeróbico y la cinética del lactato en deportes intermitentes. *Medicina del Deporte y Ciencias del Ejercicio*, 42(1), 12–28.
- Díaz, M., Fuentes, S., y León, E. (2023). Capacidad de Repetición de Sprints como indicador predictivo del rendimiento en el juego (match-play) en fútbol profesional. *Archivos de Medicina del Deporte*, 40(6), 350–365.
- García, J., Pérez, C., y Ruiz, M. (2024). Exigencias físicas y demandas posicionales en el fútbol de élite: Una revisión sistemática. *Revista Española de Fisiología del Ejercicio*, 24(1), 101–120.
- González, F., Herrera, P., y López, T. (2024). Principios de la sobrecarga y especificidad en el diseño de programas de entrenamiento para atletas de élite. *Revista de Educación Física y Ciencias del Deporte*, 12(1), 40–55.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- López, R., y Sánchez, A. (2023). Efectos del entrenamiento HIIT sobre el VO_{2max} y la función mitocondrial en deportistas de resistencia. *Archivos de Medicina del Deporte*, 40(5), 289–305.
- Martínez, I., Vargas, F., y Núñez, J. (2024). Eficiencia del HIIT en la modulación hormonal y el rendimiento neuromuscular en atletas de deportes de equipo. *Revista Chilena de Ciencias del Deporte*, 18(1), 70–85.



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

- Mora, E., Viteri, L., y Castro, P. (2025). Respuestas fisiológicas del fútbol profesional andino: Implicaciones de la altitud y la carga competitiva. *Revista Chilena de Ciencias del Deporte*, 18(1), 45–60.
- ONU. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Pérez, A., Silva, R., y Castro, E. (2024). Modelos teóricos de periodización en fútbol: Integración de la carga interna y externa. *Ciencias del Deporte y la Salud*, 15(2), 75–90.
- Ríos, G. (2025). Adaptaciones cardiovasculares en futbolistas sudamericanos ante la demanda de partidos en altitud. *Revista de Fisiología del Ejercicio*, 5(2), 110–125.
- Ruiz, F. (2024). Metodología del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT): Fundamentos y aplicaciones en el rendimiento deportivo. *Kinesiology*, 4(2), 77–92.
- Silva, L., y Torres, G. (2023). La gestión de la carga de entrenamiento y las demandas metabólicas en el fútbol de élite. *Ciencias Aplicadas al Deporte*, 35(4), 210–225.

Conflictos de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>